

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
И.о. декана  
А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

**Основы интеграции и энергоэффективности химико-технологических процессов**

по направлению подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:

**Цифровая химия**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
А. С. Князев

Председатель УМК  
В.В. Шелковников

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1. Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения;

ОПК-3. Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности;

ПК-2. Способен к реализации и управлению химическими процессами на базе математического прогнозирования и моделирования.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.2 Знает теоретические основы инструментальных методов исследования веществ для грамотного планирования научного исследования

РООПК-3.1 Знает стандартные и оригинальные программные продукты, современные вычислительные методы

РООПК-3.3 Умеет применять современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств полимерных и композиционных веществ и материалов, а также процессов с их участием

РОПК-2.1 Знает современные технологии производства химической продукции

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Ознакомление с современными системными подходами к проектированию ресурсо- и энергоэффективных ХТС;

– Изучение теоретических основ интеграции процессов и инструментов, необходимых для концептуального проектирования теплообменной сети ХТС;

– Формирование навыков проектирования теплообменных сетей ХТС с учетом экономических ограничений.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: процессы и аппараты химической технологии, общая химическая технология, основы проектирования химических и нефтехимических производств, термодинамика, и кинетика в химической технологии, основы системного анализа и моделирование технологических процессов, процессы и аппараты нефтехимической промышленности.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Энергетические цели и Пинч-принципы**

Структура ХТС как объект проектирования и ее иерархия. Характеристика иерархических слоев ХТС. Интеграция процессов, как подход к созданию экономически оптимальных ХТС. Введение в пинч-анализ. Передача тепловой энергии через пинч. Основное уравнение пинча.

### **Тема 2. Синтез систем теплообмена химико-технологических производств**

Концептуальное проектирование и оптимизация систем теплообмена. Влиянии системы теплообмена на функционирование и энергоэффективность ХТС. Представление систем теплообменных аппаратов. Сеточная диаграмма. Правило эвристической отметки. Принципы проектирования систем теплообмена с различными критериями оптимальности.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, проведения коллоквиума, выполнения лабораторных работ, защиты индивидуального задания, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Экзамен в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в среде электронного обучения iDO - <https://lms.tsu.ru>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Смит Р., Клемеш Й., Тобажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков: НТУ «ХПИ». – 2000. – 458 с.

– Ian C. Kemp. Pinch Analysis for Energy and Carbon Footprint Reduction User Guide to Process Integration for the Efficient Use of Energy. 3rd Edition, / Ian C. Kemp, Jeng Shiun Lim. – Butterworth-Heinemann, 2020. – 566 p.

– Smith R., Chemical Process Design and Integration. 2nd Edition. Chichester. UK: Wiley & Sons Ltd. 2016.

–

б) дополнительная литература:

– Ульев, Л. М. Введение в пинч-анализ. Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 208 с.

– Капустенко П.А., Кузин А.К., Макаровский Е.Л., Товажнянский Л.Л., Ульев Л.М., Черная Е.Б. Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы. – Харьков: ООО Издательский дом «Вокруг цвета». – 2004. – 312 с.

– Хусанов А.Е., Ульев Л.М., Калдыбаева Б.М., Сабырханов Д. С., Болдырев С.А. Моделирование и оптимизация энергопотребления, снижение уровня загрязнения промышленных предприятий на основе интеграций процессов с применением методов пинч-анализа. Шымкент. – Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова. – 2017. – 266 с.

– Čuček L. et al. Approaches for retrofitting heat exchanger networks within processes and Total Sites // J. Clean. Prod. 2019. Vol. 211. P. 884–894.

в) ресурсы сети Интернет:

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.ru>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– Aspen Energy Analyser;

– Pinch 2.02;

– Hint;

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

## **15. Информация о разработчиках**

Норин Владислав Вадимович, директор НОЦ «ГПН-ТГУ», ведущий специалист отдела предпроектной подготовки ООО «ИХТЦ», ассистент кафедры неорганической химии ХФ НИ ТГУ;

Кузнецов Максим Тарасович, заместитель директора, научно-образовательный центр «Газпромнефть-ТГУ» Национального исследовательского Томского государственного университета.