

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

Физика горения натурального топлива

Направление подготовки/ специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Агрегаты электростанций и газоперекачивающих систем		
Специализация	Агрегаты газоперекачивающих станций		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	5		

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры		Заворин А.С.
Руководитель ООП		Тайлашева Т.С.
Преподаватель		Субботин А.Н.

2020 г.

1. Роль дисциплины «Физика горения натурального топлива» в формировании компетенций выпускника:

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
Физика горения натурального топлива	6	ОПК(У)-3	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	И.ОПК(У)-3.4	Определяет и анализирует процессы горения и свойства натуральных топлив, а также углеводородных смесей и газовых конденсатов	ОПК(У)-3.4В1	Владеет опытом исследования и анализ свойств натурального топлива и процессов горения
						ОПК(У)-3.4У1	Умеет оценивать технологические параметры работы оборудования для сжигания натуральных топлив
						ОПК(У)-3.4З1	Знает свойств натуральных топлив и продуктов их сгорания, а также углеводородных смесей и газовых конденсатов
				И.ОПК(У)-3.5	Делает выводы об эффективности технологий получения, преобразования, транспорта и использования энергии в теплоэнергетических установках, нетрадиционных источниках энергии	ОПК(У)-3.5В1	Владеет опытом расчетного анализа параметров и показателей энергетических установок и их оборудования
						ОПК(У)-3.5У1	Умеет рассчитывать параметры и показатели энергетических установок и их оборудования
						ОПК(У)-3.5З1	Знает основные технологии преобразования, транспортировки и использования энергии топлива; принцип действия и устройство нетрадиционных и возобновляемых источников энергии
		ПК(У)-1	Способен руководить производственным коллективом, осуществляющим эксплуатацию котлов, работающих на твердом топливе	И.ПК(У)-1.1	Планирование деятельности по эксплуатации котлов, работающих на твердом топливе	ПК(У)-1.1З1	Знает свойства топлива и влияние качества топлива на процесс горения и теплопроизводительность котлоагрегатов

2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД 1	Понимать сущность и условия протекания физико-химических процессов в энергетическом оборудовании	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1	Химическое равновесие реакций горения Кинетика реакций горения Диффузия и массообмен при горении	контрольная работа, защита отчета по ЛБ, экзамен
РД 2	Использовать методы математического анализа физико-химических процессов, протекающих в топках котлов,	И.ОПК(У)-3.4 И.ОПК(У)-3.5 И.ПК(У)-1.1	Химическое равновесие реакций горения	контрольная работа, защита отчета по ЛБ, экзамен

	камерах сгорания, в том числе с применением пакетов прикладных программ		Кинетика реакций горения Диффузия и массообмен при горении	
РД 3	Определять константы равновесия реакций, находить основные характеристики воспламенения и горения натурального топлива	и.ОПК(У)-3.4 и.ОПК(У)-3.5 и.ПК(У)-1.1	Кинетика реакций горения Диффузия и массообмен при горении Теория теплового самовоспламенения	контрольная работа, защита отчета по ЛБ, экзамен
РД 4	Использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности	и.ОПК(У)-3.4 и.ОПК(У)-3.5 и.ПК(У)-1.1	Кинетика реакций горения Диффузия и массообмен при горении Теория теплового самовоспламенения	контрольная работа, защита отчета по ЛБ, экзамен
РД 5	Проводить расчеты констант равновесия, кинетических констант, коэффициентов диффузии	и.ОПК(У)-3.4 и.ОПК(У)-3.5 и.ПК(У)-1.1	Кинетика реакций горения Диффузия и массообмен при горении	контрольная работа, защита отчета по ЛБ, экзамен
РД 6	Проводить расчеты по определению характеристик воспламенения и горения натурального топлива, турбулентной струи и зоны смешения.	и.ОПК(У)-3.4 и.ОПК(У)-3.5 и.ПК(У)-1.1	Теория теплового самовоспламенения Аэродинамические основы процесса горения	контрольная работа, защита отчета по ЛБ, экзамен

3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Шкала для оценочных мероприятий экзамена

% выполнения заданий экзамена	Экзамен, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	14 ÷ 17	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	11 ÷ 13	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

4. Перечень типовых заданий

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
1.	Контрольная работа	Задания: 1. Вычислить константу равновесия реакции $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ при температуре 1700 и 2400 К. 2. Рассчитать константу равновесия K_p и степень диссоциации углекислого газа по реакции $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2$ при температуре 1600, 2500 К и давлении $1,01 \cdot 10^6$ Па для случая, когда углекислый газ разбавлен посторонним (не участвующим в реакции) газом. Принять молярное отношение $\gamma = 20$ молей на моль CO_2. 3. Рассчитать степень диссоциации водяного пара по двум параллельно протекающим реакциям $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$, $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{OH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$ при наличии не участвующего в реакциях газа. Содержание примеси в исходной смеси $\gamma=100$ молей на моль H_2O. Общее давление $1,01 \cdot 10^7$ Па, температура 2000 К. Константы равновесия $K_{p1}=2,84 \cdot 10^{-4}$ и $K_{p1}^*=1,64 \cdot 10^{-4}$. 4. Определить параметры воспламенения и горения в закрытом сосуде для СО-воздушной смеси при адиабатных условиях. Кинетические параметры: $E = 96,3$ МДж/кмоль, $k_0 = 7,05 \cdot 10^6$ с⁻¹, адиабатная температура горения $T_a = 1700 + T_0$, К, если $T_0 = 300$ К. 5. Определить скорость реакции между молекулами А и В, если молярное содержание компонентов в смеси равное, массы молекул равны между собой, $m_A = m_B = 5,31 \cdot 10^{-26}$ кг, а радиусы молекул соответственно равны $r_A = 1,8 \cdot 10^{-10}$ м, $r_B = 2,4 \cdot 10^{-10}$ м. Давление смеси $P = 10^5$ Па, температура $T = 1000$ К, энергия активации $E=168$ МДж/кмоль, стерический фактор равен 0,7. 6. Провести расчет коэффициента диффузии для смеси кислород – азот при температуре 1600 К и

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
		атмосферном давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па, $5,05 \cdot 10^4$ Па. 7. Провести расчет коэффициентов бинарной диффузии для смеси – водород (H_2), окись азота (NO_2), бензол (C_6H_6), метан (CH_4) при температуре 1500 К и атмосферном давлении $5,05 \cdot 10^4$ Па. Вычислить эффективные коэффициенты диффузии для компонентов данной смеси при $x_1 = 0.1$, $x_2 = 0.25$, $x_3 = 0.45$, $x_4 = 0.2$. 8. Рассчитать теплопроводность азота N_2 для температуре 750 К. При вычислении поправки Эйкена принять для азота $c_v = 2,86R$ 9. Вычислить коэффициент теплопроводность многокомпонентной смеси – кислород (O_2), водяной пар (H_2O), изобутан (C_4H_{10}), пропан (C_3H_8) при температуре 2600 К и $x_1 = 0.2$, $x_2 = 0.45$, $x_3 = 0.25$, $x_4 = 0.1$. При вычислении поправки Эйкена принять $c_v = 3,46 R$. 10. Определить размер сферического сосуда, в котором может произойти самовоспламенение газовой смеси спустя 0,4 с после выпуска, если кинетические константы равны $E = 71,2$ МДж/кмоль, $k_0 = 1 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$. Начальная температура смеси и температура стенок одинакова и равна 300 К, адиабатная температура горения $T_a = 1900$ К. Теплоемкость смеси $c_v = 1,88$ кДж/(кг·К), плотность смеси $\rho_0 = 1,45$ кг/м³, а коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha = 11,63$ Вт/(м²·К). 11. Определить параметры воспламенения и горения в закрытом сосуде для СО-воздушной смеси при адиабатных условиях. Кинетические параметры: $E = 96,3$ МДж/кмоль, $k_0 = 7,05 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$, адиабатная температура горения $T_a = 1700 + T_0$, К, если $T_0 = 300$ К.
2.	Защита отчета по ЛБ	Вопросы на защиту отчета по ЛБ: 1. Какую горючую смесь называют гомогенной? 2. Какую горючую смесь называют гетерогенной? 3. Какие реакции называются химически обратимыми? 4. Какое состояние реагирующей системы называют химически равновесным? 5. Сформулировать принцип Ле Шателье – Брауна. 6. Сформулировать словами закон действующих масс. 7. Математическое выражение закона действующих масс. 8. Записать уравнение состояния смеси газов. 9. Записать уравнение состояния для i-го газа. 10. От каких параметров зависит константа равновесия? 11. Применим ли закон действующих масс к гетерогенным реакциям? 12. По каким парциальным давлениям рассчитывается константа равновесия для гетерогенной реакции? 13. Что такое диссоциация?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		14. Что такое степень диссоциации? 15. Как изменяется степень диссоциации при понижении давления и постоянной температуре? 16. Как изменяется степень диссоциации при повышении температуры и постоянном давлении? 17. Как влияет диссоциация на температуру горения? 18. Дать определение адиабатической температуры горения. 19. Дать определение теоретической температуры горения. 20. Какая реакция называется гомогенной? 21. Какая реакция называется гетерогенной? 22. Дать определение скорости гомогенной реакции. 23. Что понимают под скоростью гетерогенной реакции? 24. Какие реакции называются необратимыми? 25. Какие реакции называются обратимыми? 26. Какие реакции называют мономолекулярными? 27. Какие реакции называют бимолекулярными? 28. Какие реакции называют тримолекулярными? 29. Что такое порядок реакции? 30. Дать определение энергии активации? 31. Сформулировать закон Аррениуса. 32. Каким образом определяют константы скорости химической реакции с помощью закона Аррениуса? 33. Дать термодинамическое объяснение закона Аррениуса. 34. Как осуществляется статистическое обоснование закона Аррениуса? 35. Как зависит скорость химической реакции от температуры? 36. Как зависит скорость химической реакции от давления при постоянной температуре? 37. Как зависит скорость химической реакции от состава смеси при постоянных давлении и температуре? 38. Как влияет наличие инертной примеси на скорость реакции? 39. Дать понятие цепных реакций? 40. Какие три процесса включает в себя цепная реакция? 41. Что такое разветвление и обрыв цепей? 42. Какая цепная реакция называется неразветвленной? 43. Привести пример неразветвленной цепной реакции. 44. Какая цепная реакция называется разветвленной? 45. Привести пример разветвленной цепной реакции.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		46. Какое явление называется цепным воспламенением? 47. Дать определение диффузионного и кинетического режима горения. 48. Что такое смешанный режим горения? 49. Записать, как коэффициент кинематической вязкости выражается через коэффициент динамической вязкости. 50. На какие две основные группы делят топочные процессы при сжигании топлива? 51. За счет чего обеспечивается воспламенение свежего топлива в топочной камере? 52. Каким образом обеспечивается время пребывания горючего в топочной камере до достижения желаемой степени выгорания? 53. За счет чего создается вихревая структура в топке? 54. Для каких целей применяются закрученные струи? Вопросы – отметить правильный ответ 1. Какое уравнение представляет собой математическое выражение <i>закона действующих масс</i>? 2. Какое уравнение устанавливает связь между константами равновесия, вычисленными через молярные концентрации и парциальные давления? 3. Какое уравнение устанавливает связь между константами равновесия, вычисленными через относительные молярные концентрации и парциальные давления? 4. Какая зависимость является уравнением состояния газовой смеси? 5. По какой формуле вычисляется скорость прямой бимолекулярной реакции? 6. По какой формуле вычисляется скорость обратной бимолекулярной реакции? 7. Какая зависимость является уравнением состояния для <i>i</i>-го газа? 8. По какой формуле вычисляется изменение изобаро-изотермического потенциала реакции 9. Какой общий вид имеет зависимость для константы равновесия, вычисляемой по парциальным давлениям? 10. Какой общий вид имеет зависимость для константы равновесия, если реакция бимолекулярная? 11. По каким формулам вычисляется степень диссоциации компонентов при параллельном протекании двух реакций? 12. Примером какой цепной реакции является реакция водорода с хлором? 13. Примером какой цепной реакции является реакция горения водорода? 14. По какой формуле вычисляется коэффициент бинарной диффузии? 15. По какой формуле вычисляется коэффициент теплопроводности «чистого» газа, с невозмущенными внутренними степенями свободы?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий						
		16. По какой формуле вычисляется коэффициент теплопроводности с учетом поправки Эйнена на внутренние степени свободы? 17. По какой формуле вычисляется коэффициент вязкости газа? 18. По какой формуле вычисляется коэффициент теплопроводности многокомпонентного газа? 19. На рисунках показано взаимное расположение кривых тепловыделения (1) и теплоотвода (2). Какой рисунок характеризует не воспламенение? 20. На рисунках показано взаимное расположение кривых тепловыделения (1) и теплоотвода (2). Какой рисунок характеризует воспламенение. 21. На рисунках показано взаимное расположение кривых тепловыделения (1) и теплоотвода (2). Какой рисунок характеризует критический теплоотвод? Билеты:						
3.	Экзамен	Пример билета: БИЛЕТ № 1 по дисциплине «Физика горения натурального топлива» <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Дата</td><td style="width: 50%; text-align: center;">Ф И О</td><td style="width: 30%; text-align: center;">№ группы</td></tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td><td></td><td></td></tr> </table> Оценивание. Каждый правильный ответ оценивается в 2 балла. - Какую горючую смесь называют гомогенной? - Какое уравнение представляет собой математическое выражение <i>закона действующих масс</i>? а) $\frac{k_1}{k_2} = \frac{C_M^{\nu_M} C_N^{\nu_N}}{C_A^{\nu_A} C_B^{\nu_B}} = K_C$, б) $p_i V = n_i R T$, в) $K_C = K_P (RT)^{\Delta n}$, д) $K_x = K_P \cdot p^{\Delta n}$. - Применим ли закон действующих масс к гетерогенным реакциям? - По какой формуле вычисляется скорость прямой бимолекулярной реакции? а) $p_i V = n_i R T$, б) $W_1 = k_1 C_A^{\nu_A} C_B^{\nu_B}$, в) $k_1 C_A^{\nu_A} C_B^{\nu_B} = k_2 C_M^{\nu_M} C_N^{\nu_N}$, д) $W_2 = k_2 C_M^{\nu_M} C_N^{\nu_N}$. - Какая реакция называется гетерогенной? - Какой общий вид имеет зависимость для константы равновесия, вычисляемой по парциальным давлениям?	Дата	Ф И О	№ группы			
Дата	Ф И О	№ группы						

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		a) $K_{P_1} = \frac{p_{H_2O}^2}{p_{H_2}^2 p_{O_2}}$, b) $K_x = \frac{x_M^{v_M} x_N^{v_N}}{x_A^{v_A} x_B^{v_B}}$, c) $K_x = K_p \cdot p^{\Delta n}$, d) $K_p = \frac{p_{B_1}^{v_{B_1}} p_{B_2}^{v_{B_2}} \dots}{p_{A_1}^{v_{A_1}} p_{A_2}^{v_{A_2}} \dots} = \exp(-\Delta Z / RT) = \exp\left(\frac{T\Delta S - \Delta H}{RT}\right).$ 7. Сформулировать закон Аррениуса. 8. Примером какой цепной реакции является реакция горения водорода? <pre> graph LR A[H+O2] --> B[OH+H2] A --> C[O+H2] B --> D[H2O] B --> E[H] C --> F[H] C --> G[OH+H2] G --> H[H] G --> I[H2O] </pre> Схема развития цепной реакции окисления водорода a) многофазной, b) неразветвленной, c) гетерогенной, d) разветвленной. 9. Что такое разветвление и обрыв цепей? 10. По какой формуле вычисляется коэффициент вязкости газа? a) $\lambda_{0j} = 8,32 \cdot 10^{-2} \frac{\sqrt{T/M_j}}{\sigma_j^2 \Omega_j^{(2.2)*}}$, b) $\mu = \rho \cdot \nu = 2,67 \cdot 10^{-6} \frac{\sqrt{M \cdot T}}{\sigma^2 \Omega^{(2.2)*}}$, c) $\mu = \rho \cdot \nu = 2,67 \cdot 10^{-6} \frac{\sqrt{T/M_j}}{\sigma_j^2 \Omega_j^{(2.2)*}}$, d) $\lambda = \sum_j \frac{\lambda_j}{1 + \sum_{k \neq j} G_{jk} \frac{x_k}{x_j}}.$

5. Методические указания по процедуре оценивания

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Контрольная работа	Контрольная работа проводится в письменном виде на специальном занятии в период конференц-недели, продолжительно работы 45 минут.
2.	Защита отчета по ЛБ	Защита лабораторных работ проводится при наличии готового отчета во время аудиторного занятия путем опроса и обсуждения выполненных работ и полученных результатов.
3.	Экзамен	Экзамен проводится в период сессии. Студенту предоставляется 45 минут для предварительной подготовки, после чего проводится собеседование по обозначенным вопросам.