

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

Демонстрационный вариант

задания заключительного (очного) этапа

по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника»»

Категория участия: «Бакалавриат»

Задание 1

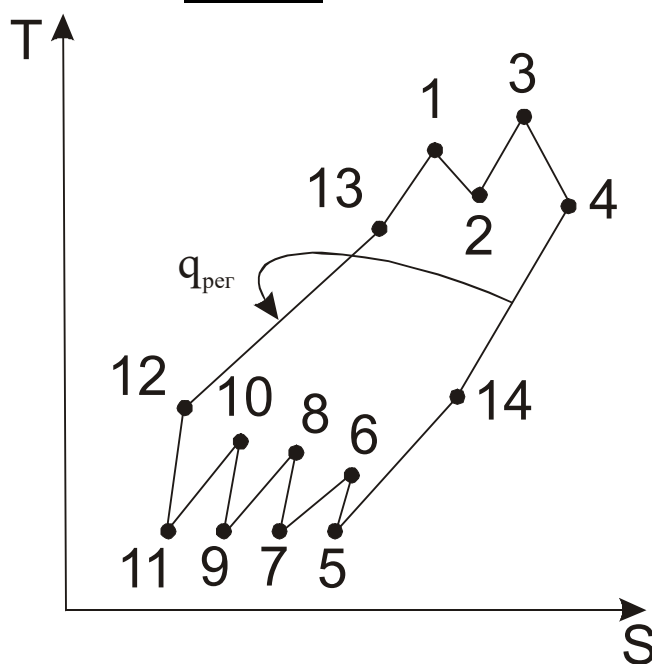


Рис. 1 – Цикл ГТ-100-750.

На рис. 1 представлен действительный цикл газотурбинной установки ГТ-100-750 мощностью $N_3=100$ МВт. Максимальные параметры рабочего тела: $t_1=t_3=750^\circ\text{C}$, $P_1=18,9$ бар. Минимальные параметры: $t_5=17^\circ\text{C}$, $P_5=1$ бар. Значения энтальпий для узловых точек действительного цикла приведены в таблице 1. Механический КПД турбины $\eta_M^m=0,99$, механический КПД компрессора $\eta_M^k=0,97$, КПД генератора электрического тока $\eta_e=0,99$, КПД камеры сгорания $\eta_{kc}=0,98$.

Начертить схему установки и нанести цифры, соответствующие узловым точкам действительного цикла. Для действительного цикла ГТУ рассчитать подводимую теплоту (q_1 , кДж/кг), внутреннюю работу цикла (l_i , кДж/кг), абсолютный внутренний КПД цикла (η_i).

Таблица 1 – Энтальпии в ключевых точках цикла.

Точки	1	2	3	4	5	6	7
h, кДж/кг	1072,4	814,4	1072,4	708,1	290,3	375,5	308,4
Точки	8	9	10	11	12	13	14
h, кДж/кг	398,6	308,4	396,7	308,4	377,6	640,2	434,6

Задание 2

Для решения данной задачи использовать данные задачи №1. В регенераторе газотурбинной установки воздух имеет давление P_{12} внутри труб, смесь воздуха с продуктами сгорания – в межтрубном пространстве при давлении $1,1 \cdot P_5$. Определить теплоту, передаваемую от продуктов сгорания к воздуху (Q , кВт), температуру воздуха и смеси воздуха и продуктов сгорания на выходе из регенератора, площадь поверхности теплообмена регенератора (F , м^2), если средний коэффициент теплопередачи через стенку трубы $K=50$ Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), электрическая мощность ГТУ – согласно марке. Разностью

теплоемкостей и расходов воздуха и продуктов сгорания пренебречь. Теплоемкость рабочего тела принять равной среднему значению в диапазоне от t_5 до t_1 .

Задание 3

Используя данные задач 1 и 2, определите степень сжатия в каждой ступени компрессора, считая теплоемкость сжимаемого воздуха постоянной, а также считая внутренний относительный КПД каждой ступени одинаковым.

Задание 4

Подобрать стандартную шпонку для концевой секции тихоходного вала редуктора привода вращающегося теплообменника и проверить шпоночное соединение на прочность, если допускаемое напряжение на смятие для материала шпонки $[\sigma]_{\text{см}}=100$ МПа, крутящий момент на роторе теплообменника $T=2100$ Нм, а передаточное число открытой передачи $u_{\text{откр.п.}}=10$. Для вала редуктора $[\tau]_{\text{кр}}=25$ МПа. Примечание: воспользуйтесь справочной таблицей (СТ СЭВ 189-75 Шпонки призматические) ниже.

Диаметр вала d , мм	Сечение шпонки		Глубина вала ступицы		Длина l , мм	
	b	h	t_1	t_2		
22-30	8	7	4	3,3	18-90	
30-38	10	8	5	3,3	22-110	
38-44	12	8	5	3,3	28-140	

Задание 5

Атомная станция с мощностью 1000 МВт имеет электрический КПД 34 %. После внедрения теплофикации, КПД станции по выработке электрической энергии вырос вдвое, при этом электрическая мощность АЭС снизилась на 5 %. Определите количество теплоты, отпускаемой потребителю, если тепловая мощность парогенераторов не изменилась. Потери энергии при транспорте тепла равны 30 %.

Спецификация для заключительного (очного) этапа Олимпиады «Я – профессионал»

Название направления	Теплоэнергетика и теплотехника»
Указание уровня подготовки	«Бакалавриат»
Описание целевой аудитории	Данный комплект заданий подготовлен в рамках олимпиады «Я – профессионал» и предназначен для оценки знаний и навыков выпускников и студентов бакалавриата, обучающихся, в первую очередь, по направлениям: <ul style="list-style-type: none"> • «Электроэнергетика и электротехника» • «Теплоэнергетика и теплотехника»
Максимальное количество баллов	100 баллов
Время на выполнение	240 минут
Список ресурсов для самостоятельной подготовки	<p>Печатные издания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Учебник для вузов. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — 496 с.: ил. 2. Исаченко, Виктор Павлович. Теплопередача : учебник для вузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — 5-е изд., стер.. — Москва: АРИС, 2014. — 417 с. 3. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., испр. и доп.. — Москва: Юрайт, 2019. — 454 с. 4. Лойцянский, Лев Герасимович. Механика жидкости и газа : учебник / Л. Г. Лойцянский. — 7-е изд., испр.. — Москва: Дрофа, 2003. — 840 с. 5. Рыжкин, Вениамин Яковлевич. Тепловые электрические станции : учебник для вузов / В. Я. Рыжкин; под ред. В. Я. Гиршфельда. — 4-е изд., стер.. — Москва: АРИС, 2014. — 328 с. 6. Костюк А.Г.. Паровые и газовые турбины для электростанций / Костюк А.Г. , Фролов В. В., Булкин А.Е. , Трухний А.Д. ; Под ред. А.Г. Костюка. — Издательский дом МЭИ, 2016. — 557 с. 7. Трояновский, Борис Михайлович. Паровые и газовые турбины атомных электростанций : учебное пособие / Б. М. Трояновский, Г.А. Филиппов, А. Е. Булкин. — Екатеринбург: Юланд, 2016. 8. Турбины тепловых и атомных электрических станций / Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. Под редакцией А. Г. Костюка, В. В. Фролова. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с. ил. 9. Трухний, Алексей Данилович. Парогазовые установки электростанций : учебное пособие для вузов / А. Д. Трухний. — Москва: Изд-во МЭИ, 2013. — 648 с. 10. Соколов Е.Я.. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов / Соколов Е.Я. . — 9-е изд., стереот.. — Издательский дом МЭИ, 2009. — 472 с. 11. Липов, Юрий Михайлович. Котельные установки и парогенераторы: учебник/ Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков : учебник / Ю. М. Липов, Ю. М. Третьяков. — 2-е изд., испр.. — Москва: Регулярная и

	<p>хаотическая динамика, 2006. — 592 с.</p> <p>Турбины тепловых и атомных электрических станций / Под редакцией Беляева Е.А. — Томск: ТПУ, 2009. — 142 стр.</p> <p>12. Howell, John R.. Fundamentals of Engineering Thermodynamics: English II Version / J. R. Howell, R. O. Buckius. — New York: McGraw-Hill, 1987. — 696 p.. — ISBN 0-07-079663-7</p> <p>13. Eastor, T. D.. Applied Thermodynamics: For Engineering Technologists / T. D. Eastor, A. McConkey. — 5th ed. — Addison Wesley Longman, 1998. — 715 p. — ISBN 0-582-09193-4.</p> <p>14. Look, Dwight. Engineering Thermodynamics: Student Price Book / D.C. Look, H. J. Sauer. — Boston: PWS Engineering, 1986. — 799 p.: il. — Index: p. 795-799. — ISBN 0-534-05448-X.</p> <p>15. Rogers, G. F. C. Engineering Thermodynamics Work and Heat Transfer / G. F. C. Rogers, Y. R. Mayhew. — 3rd ed. — London; New York: Longman, 1980. — 667 p.: il.. — Index: p. 655-667.</p> <p>16. Karlekar, B. V.. Thermodynamics for engineers. — London: Prentice Hall, 1983. — 586 с.: ил.</p> <p>17. Obert, Edward Fredric. Concepts of Thermodynamics / E. F. Obert. — New York: McGraw-Hill Book Company, 1960. — 528 p.: il..</p> <p>18. Lasukov, Vladimir Vasilievich. Thermodynamics of the Early Universe [Electronic resource] / V. V. Lasukov // Russian Physics Journal . — 2005 . — Vol. 48, iss. 3 . — P. 224-237.</p> <p>Интернет-ресурсы:</p> <p>1. Научная электронная библиотека: https://elibrary.ru</p> <p>2. База данных Scopus: https://scopus.com</p> <p>3. MIT website – Thermodynamics and Propulsion: http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/index.html</p> <p>3. Coursera website – Statistical molecular thermodynamics: https://www.coursera.org/learn/statistical-thermodynamics.</p>
Формат состязаний. Требования к содержанию и оформлению заданий.	<p>Формат состязаний: письменный.</p> <p>Каждый участник получает бумажный бланк с условиями задач с пространством для решения и ответов, а также бланки черновиков. Обязательна запись всех этапов решения: порядок и верность этапов решения также будет оцениваться. Участнику, по требованию, могут дополнительно предоставляться таблицы свойств воды и водяного пара в печатном виде.</p>
Дополнительная информация/инструкции для участников, которые не вошли в Регламент по направлению	нет
Краткое описание структуры задания и его основные характеристики.	<p>Задание состоит из пяти задач. Каждая задача максимально может быть оценена в 10 баллов. Каждое задание требует написания развернутого решения и численного ответа.</p> <p>Первое задание требует знаний о реальных термодинамических процессах, их связью с реальным</p>

Система оценивания заданий.	<p>оборудованием, их изображении в Ts-диаграммах, а также навыки расчета сложных термодинамических циклов. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Второе задание требует знаний о методах расчета процессов тепломассопереноса в теплоэнергетическом оборудовании, а также знание номенклатуры энергетических установок. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Третье задание требует глубокого понимания основных физических процессов в технологическом оборудовании, их закономерностей, а также математических методов их описания. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Четвертое задание требует понимания инженерной документации, технологических документов и требований, лежащих в их основе, а также условий и последствий их соблюдения. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Пятое задание требует понимания взаимосвязей между эксплуатационными параметрами и технико-экономическими характеристиками тепловых станций. Максимальный балл за задание: 20.</p>																										
Информация об элементах практикоориентированности в заданиях (участие работодателей в составлении заданий)	Задания 1-5 подготовлены при участии АО «Томская генерация» (на основании данных программы развития АО «Томская генерация»).																										
Критерии оценивания	<p>Задание 1:</p> <table> <tr> <td>1. Корректно построена схема установки</td><td>8 баллов</td></tr> <tr> <td>2. Корректно расставлены точки на схеме</td><td>2 балла</td></tr> <tr> <td>3. Корректно определены подводимая теплота и внутренняя работа цикла</td><td>4 балла</td></tr> <tr> <td>4. Корректно записана формула и определен термический КПД цикла</td><td>6 баллов</td></tr> <tr> <td><u>Всего за задание 1</u></td><td><u>20 баллов</u></td></tr> </table> <p>Задание 2:</p> <table> <tr> <td>1. Корректно определена мощность установки</td><td>3 баллов</td></tr> <tr> <td>2. Корректно определена теплоемкость рабочего тела</td><td>3 балла</td></tr> <tr> <td>3. Корректно определены расходы и температуры рабочих сред, тепловая мощность регенератора</td><td>6 балла</td></tr> <tr> <td>4. Корректно определен среднелогарифмический температурный напор</td><td>4 баллов</td></tr> <tr> <td>5. Корректно определена площадь теплопередающей поверхности регенератора</td><td>4 баллов</td></tr> <tr> <td><u>Всего за задание 2</u></td><td><u>20 баллов</u></td></tr> </table> <p>Задание 3:</p> <table> <tr> <td>1. Корректно записаны уравнения потребляемой мощности ступеней компрессора</td><td>5 баллов</td></tr> <tr> <td>2. Корректно записана система уравнений для полной работы компрессора</td><td>5 баллов</td></tr> </table>	1. Корректно построена схема установки	8 баллов	2. Корректно расставлены точки на схеме	2 балла	3. Корректно определены подводимая теплота и внутренняя работа цикла	4 балла	4. Корректно записана формула и определен термический КПД цикла	6 баллов	<u>Всего за задание 1</u>	<u>20 баллов</u>	1. Корректно определена мощность установки	3 баллов	2. Корректно определена теплоемкость рабочего тела	3 балла	3. Корректно определены расходы и температуры рабочих сред, тепловая мощность регенератора	6 балла	4. Корректно определен среднелогарифмический температурный напор	4 баллов	5. Корректно определена площадь теплопередающей поверхности регенератора	4 баллов	<u>Всего за задание 2</u>	<u>20 баллов</u>	1. Корректно записаны уравнения потребляемой мощности ступеней компрессора	5 баллов	2. Корректно записана система уравнений для полной работы компрессора	5 баллов
1. Корректно построена схема установки	8 баллов																										
2. Корректно расставлены точки на схеме	2 балла																										
3. Корректно определены подводимая теплота и внутренняя работа цикла	4 балла																										
4. Корректно записана формула и определен термический КПД цикла	6 баллов																										
<u>Всего за задание 1</u>	<u>20 баллов</u>																										
1. Корректно определена мощность установки	3 баллов																										
2. Корректно определена теплоемкость рабочего тела	3 балла																										
3. Корректно определены расходы и температуры рабочих сред, тепловая мощность регенератора	6 балла																										
4. Корректно определен среднелогарифмический температурный напор	4 баллов																										
5. Корректно определена площадь теплопередающей поверхности регенератора	4 баллов																										
<u>Всего за задание 2</u>	<u>20 баллов</u>																										
1. Корректно записаны уравнения потребляемой мощности ступеней компрессора	5 баллов																										
2. Корректно записана система уравнений для полной работы компрессора	5 баллов																										

	3. Корректно определена степень сжатия в каждой ступени	5 баллов
	4. Корректно определено значение внутреннего относительного КПД каждой ступени	5 баллов
	<u>Всего за задание 3</u>	<u>20 баллов</u>
	Задание 4:	
	1. Корректно определен крутящий момент шпонки	10 баллов
	2. Корректно определены геометрические размеры шпонки	10 баллов
	<u>Всего за задание 4</u>	<u>20 баллов</u>
	Задание 5:	
	1. Корректно записаны уравнения КПД станции по выработке электрической и тепловой энергии	10 баллов
	2. Корректно записана система уравнений, включающая КПД станций до и после теплофикации	5 баллов
	3. Корректно определена тепловая мощность	5 баллов
	<u>Всего за задание 5</u>	<u>20 баллов</u>