

Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»

Демонстрационный вариант

задания заключительного (очного) этапа

по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника»

Категория участия: «Магистратура/специалитет»

Задание 1

На рис.1 представлен действительный цикл парогазовой установки. В газо-водяном теплообменнике за счет тепла газов, отработавших в газовой турбине, нагревается вода до температуры t_{12} , а процессы 4-5 и 12-8 протекают в одной камере сгорания одновременно. Начертить схему установки и нанести цифры, соответствующие узловым точкам действительного цикла.

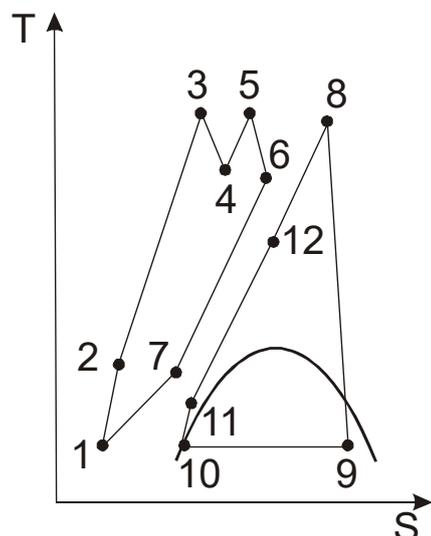


Рис. 1. Действительный цикл парогазовой установки

Таблица 1 – Параметры в ключевых точках

Точка	P, бар	t, °C	h, кДж/кг	s, кДж/(кг·К)
1	0,98	17	290,3	6,669
2	9,5	305,7	584,8	6,7206
3	9,2	1273	1691,8	7,8392
4	3,14	958	1315	7,8757
5	3,09	1273	1691,8	8,1532
6	1,04	983	1285	8,1715
7	1,01	148	422,43	7,0362
8	294	1000	4520	7,2984
9	0,034	26,4	2513,4	8,4079
10	0,034	26,4	110	0,386
11	372	31	165	0,4413
12	343	550	322,5	5,933

Для действительного цикла парогазовой установки рассчитать относительный расход газа ($m=G_g/G_p$, кг газа/кг пара), подводимую теплоту (q_1 , кДж/кг на 1 кг пара), внутреннюю работу цикла (l_i , кДж/кг на 1 кг пара), абсолютный внутренний КПД цикла (η_i).

Задание 2

Для решения данной задачи использовать данные задачи №1. В конденсаторе парогазовой установки водяной пар конденсируется при давлении P_9 (процесс 9-10) на поверхности труб, внутри которых движется охлаждающая вода. Относительный расход охлаждающей воды $m=G_b/G_p=50$ кг воды/кг пара, температура воды на входе в конденсатор $t'_b=8^\circ\text{C}$.

Определить теплоту, передаваемую от конденсирующегося пара к воде (Q , кВт), температуру охлаждающей воды на выходе из конденсатора ($t''_в$) и площадь поверхности теплообмена конденсатора (F , m^2), если средний коэффициент теплопередачи от пара к воде через стенку трубы $K=3500$ Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$), электрическая мощность парогазовой установки $N=200$ МВт, КПД электрогенератора – 0,985, механический КПД – 0,990.

Задание 3

В приводе встраивания электродов электрофилтра очистки газов от золы поломался вал. Был изготовлен новый вал с размером $d=45,0$ мм. На чертеже вала размер этой ступени проставлен $\varnothing 45 p6$. Можно ли считать этот вал годным и отдать на сборку привода или отнести его к браку? Обоснуйте ваше решение.

Задание 4

После внедрения теплофикации в парогазовую установку (задание 1 2), КПД станции по выработке электрической энергии вырос на 10 % (абсолютных), при этом электрическая мощность ПГУ снизилась на 7 %. Определите количество теплоты, отпускаемой потребителю, если тепловая мощность, подводимая к газам в цикле, не изменилась. Потери энергии при транспорте тепла равны 20 %.

Задание 5

В компрессор газотурбинной установки мощностью 10 МВт с внутренним относительным КПД 0,85 поступает атмосферный воздух (состоящий на 82 % из азота и на 18 % из кислорода) при нормальных условиях и сжимается до 2 МПа. Для повышения КПД установки было предложено организовать единовременный впрыск холодной воды с температурой 20 $^\circ C$ в компрессор с расходом 2 кг/с. Определите оптимальное давление впрыска и новую мощность компрессора. Все газы при расчетах считать идеальными.

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

Название направления	Теплоэнергетика и теплотехника
Указание уровня подготовки	«Магистратура/специалитет»
Описание целевой аудитории	<p>Данный комплект заданий подготовлен в рамках олимпиады «Я – профессионал» и предназначен для оценки знаний и навыков выпускников и студентов магистратуры и специалитета, обучающихся, в первую очередь, по направлению:</p> <ul style="list-style-type: none"> • «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>12. Турбины тепловых и атомных электрических станций / Под редакцией Беляева Е.А. – Томск: ТПУ, 2009. – 142 стр.</p> <p>13. 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>14. 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>15. 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>16. 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>17. Karlekar, B. V.. Thermodynamics for engineers. — London: Prentice Hall, 1983. — 586 с.: ил.</p> <p>18. Obert, Edward Fredric. Concepts of Thermodynamics / E. F. Obert. — New York: McGraw-Hill Book Company, 1960. — 528 p.: il..</p> <p>19. 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>
<p>Формат состязаний. Требования к содержанию и оформлению заданий.</p>	<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>
<p>Дополнительная информация/инструкции для участников, которые не вошли в Регламент по направлению</p>	<p>нет</p>
<p>Краткое описание структуры задания и его основные характеристики. Система оценивания заданий.</p>	<p>Задание состоит из пяти задач. Каждая задача максимально может быть оценена в 10 баллов. Каждое задание требует написания развернутого решения, задачи 1, 2, 4 и 5 требуют численного ответа.</p> <p>Первое задание требует знаний о реальных термодинамических процессах, их связью с реальным оборудованием,</p>

	<p>их изображении в Ts-диаграммах, а также навыки расчета сложных бинарных термодинамических циклов. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Второе задание требует знаний о методах расчета процессов теплопереноса в теплоэнергетическом оборудовании, а также способностей их применения. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Третье задание требует понимания инженерной документации, технологических документов и требований, а также условий и последствий их соблюдения. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Четвертое задание требует глубокого понимания взаимосвязей между эксплуатационными параметрами и технико-экономическими характеристиками тепловых станций. Максимальный балл за задание: 20.</p> <p>Пятое задание требует понимания основных физических процессов в технологическом оборудовании, а также математических методов их оптимизации. Максимальный балл за задание: 20.</p>																												
<p>Информация об элементах практикоориентированности в заданиях (участие работодателей в составлении заданий)</p>	<p>Задания 1-5 подготовлены при участии АО «Томская генерация» (на основании данных программы развития АО «Томская генерация»).</p>																												
<p>Критерии оценивания</p>	<p>Задание 1:</p> <table data-bbox="651 727 2101 927"> <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 определен относительный расход газа</td> <td>2 балла</td> </tr> <tr> <td>4. Корректно определены подводимая теплота и внутренняя работа цикла</td> <td>2 балла</td> </tr> <tr> <td>5. Корректно записана формула и определен термический КПД цикла</td> <td>6 баллов</td> </tr> <tr> <td>Всего за задание 1</td> <td>20 баллов</td> </tr> </table> <p>Задание 2:</p> <table data-bbox="651 999 2101 1166"> <tr> <td>1. Корректно определен расход пара в конденсатор</td> <td>6 баллов</td> </tr> <tr> <td>2. Корректно определен среднелогарифмический температурный напор в конденсаторе</td> <td>6 балла</td> </tr> <tr> <td>3. Корректно определена температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора и поверхность теплообмена</td> <td>12 балла</td> </tr> <tr> <td>Всего за задание 1</td> <td>20 баллов</td> </tr> </table> <p>Задание 3:</p> <table data-bbox="651 1238 2101 1334"> <tr> <td>1. Корректно определен диапазон размеров вала и сделан вывод о его пригодности</td> <td>10 баллов</td> </tr> <tr> <td>2. Приведено обоснование применимости вала с описанием последствий такого решения</td> <td>6 балла</td> </tr> <tr> <td>Всего за задание 1</td> <td>20 баллов</td> </tr> </table> <p>Задание 4:</p> <table data-bbox="651 1406 2101 1437"> <tr> <td>1. Корректно записаны уравнения КПД станции по выработке электрической и тепловой энергии</td> <td>10 баллов</td> </tr> </table>	1. Корректно построена схема установки	8 баллов	2. Корректно расставлены точки на схеме	2 балла	3. Корректно определен относительный расход газа	2 балла	4. Корректно определены подводимая теплота и внутренняя работа цикла	2 балла	5. Корректно записана формула и определен термический КПД цикла	6 баллов	Всего за задание 1	20 баллов	1. Корректно определен расход пара в конденсатор	6 баллов	2. Корректно определен среднелогарифмический температурный напор в конденсаторе	6 балла	3. Корректно определена температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора и поверхность теплообмена	12 балла	Всего за задание 1	20 баллов	1. Корректно определен диапазон размеров вала и сделан вывод о его пригодности	10 баллов	2. Приведено обоснование применимости вала с описанием последствий такого решения	6 балла	Всего за задание 1	20 баллов	1. Корректно записаны уравнения КПД станции по выработке электрической и тепловой энергии	10 баллов
1. Корректно построена схема установки	8 баллов																												
2. Корректно расставлены точки на схеме	2 балла																												
3. Корректно определен относительный расход газа	2 балла																												
4. Корректно определены подводимая теплота и внутренняя работа цикла	2 балла																												
5. Корректно записана формула и определен термический КПД цикла	6 баллов																												
Всего за задание 1	20 баллов																												
1. Корректно определен расход пара в конденсатор	6 баллов																												
2. Корректно определен среднелогарифмический температурный напор в конденсаторе	6 балла																												
3. Корректно определена температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора и поверхность теплообмена	12 балла																												
Всего за задание 1	20 баллов																												
1. Корректно определен диапазон размеров вала и сделан вывод о его пригодности	10 баллов																												
2. Приведено обоснование применимости вала с описанием последствий такого решения	6 балла																												
Всего за задание 1	20 баллов																												
1. Корректно записаны уравнения КПД станции по выработке электрической и тепловой энергии	10 баллов																												

	2. <i>Корректно записана система уравнений, включающая КПД станций до и после теплофикации</i>	5 баллов
	3. <i>Корректно определена тепловая мощность</i>	5 баллов
	<i>Всего за задание 1</i>	<i>20 баллов</i>
	Задание 5:	
	1. <i>Корректно записаны уравнения потребляемой мощности ступеней компрессора</i>	10 баллов
	2. <i>Корректно взята производная работы по степени сжатия</i>	5 баллов
	3. <i>Корректно определена давление впрыска и мощность компрессора (даже в случае использования вариативных расчетов без определения производной)</i>	5 баллов
	<i>Всего за задание 1</i>	<i>20 баллов</i>