

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики
Г.Н. Суворов
« 25 » мая 2026 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ
АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ, СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ И
НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**
Научная специальность 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

1. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине «Теплофизические основы обеспечения тепловых режимов автономных мобильных систем, систем накопления энергии и низкоуглеродных энергетических технологий» предназначены для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации аспирантов, обучающихся по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника.

Оценочные материалы обеспечивают проверку уровня освоения аспирантами углубленных теоретических положений, расчетно-аналитических и исследовательских подходов к анализу, расчету, моделированию, экспериментальному исследованию и оптимизации тепловых режимов автономных мобильных систем, систем накопления энергии, тепловыделяющего оборудования, водородных и низкоуглеродных энергетических технологий.

Настоящие оценочные материалы являются приложением к рабочей программе дисциплины. Они используются при проведении текущего контроля, самостоятельной работы аспиранта и промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета. Оценочные материалы не заменяют отдельный комплект заданий для промежуточной аттестации; примерные вопросы и задания используются как банк материалов для подготовки аспирантов и формирования индивидуальных вариантов контроля.

1.1. Компетенции, проверяемые оценочными материалами

Оценочные материалы соотнесены с профессиональными компетенциями, формируемыми при освоении дисциплины.

Код	Содержание компетенции
ПК-1	способность обосновывать и формулировать научную задачу в области теоретической и прикладной теплотехники, включая определение актуальности, цели, задач, объекта, предмета, гипотезы, физической и математической постановки исследования, а также его соответствия паспорту научной специальности 2.4.6
ПК-2	способность применять расчетные, экспериментальные, расчетно-экспериментальные, численные и информационные методы исследования термодинамических, теплогидравлических и тепломассопереносных процессов в теплотехнических системах, одно- и многофазных, пористых, флюидонасыщенных и мерзлых средах, включая обработку, верификацию, валидацию и интерпретацию полученных результатов
ПК-3	способность обосновывать достоверность, научную новизну, теоретическую и практическую значимость результатов исследований в области теоретической и прикладной теплотехники, представлять и апробировать их в форме диссертации, научных публикаций, докладов, отчетов, результатов интеллектуальной деятельности и материалов научно-образовательной деятельности

1.2. Паспорт оценочных материалов

В таблице указаны темы дисциплины и вид промежуточной аттестации в соответствии с рабочей программой. В целях компактности в графе «Код и содержание компетенции» приведены коды компетенций; полное содержание компетенций приведено в пункте 1.1 настоящих оценочных материалов.

№ п/п	Темы дисциплины (модуля) в ходе текущего контроля, вид промежуточной аттестации	Код и содержание компетенции	Оценочные материалы (виды и количество)
1.	Тепловые режимы автономных мобильных и компактных энергетических систем	ПК-1, ПК-2	Участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях; расчетно-аналитическое задание; вопросы

			для текущего контроля и дифференцированного зачета
2.	Теплофизические основы систем накопления энергии	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Расчетно-аналитическое задание; аналитический обзор; вопросы для текущего контроля и дифференцированного зачета
3.	Методы теплоотвода, термостабилизации и тепловой защиты	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Концепция обеспечения теплового режима; расчетно-аналитическое задание; итоговый доклад (презентация); вопросы для текущего контроля и дифференцированного зачета
4.	Теплофизические процессы в водородных и низкоуглеродных энергетических системах	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Аналитический обзор; итоговый доклад (презентация); устное собеседование; вопросы для текущего контроля и дифференцированного зачета
5.	Термодинамический, энергетический и эксергетический анализ низкоуглеродных теплотехнологий	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Расчетно-аналитическое задание; аналитический обзор; итоговый доклад (презентация); вопросы для текущего контроля и дифференцированного зачета
6.	Расчетные и экспериментальные подходы к обеспечению тепловых режимов	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Расчетно-аналитическое задание; концепция обеспечения теплового режима; интерпретация расчетных, экспериментальных или литературных данных
7.	Дифференцированный зачет, 4 семестр	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Устное собеседование по вопросам дисциплины с учетом выполненных работ текущего контроля

2. Виды и характеристика оценочных средств

Для оценки результатов освоения дисциплины используются следующие оценочные средства:

- 1) участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях;
- 2) расчетно-аналитическое задание;
- 3) аналитический обзор современной научной литературы;
- 4) концепция обеспечения теплового режима выбранной системы;
- 5) итоговый доклад (презентация) по тематике дисциплины;
- 6) дифференцированный зачет.

2.1. Участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях

Участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях используется для проверки теоретической подготовки аспиранта, владения профессиональной терминологией, понимания физических механизмов тепловыделения, теплоотвода, термостабилизации, тепловой защиты, энергоэффективности и способности аргументированно обсуждать расчетные, экспериментальные и прикладные задачи дисциплины.

В ходе семинарских занятий оцениваются:

- 1) знание основных понятий дисциплины;

- 2) корректность использования терминов: тепловой режим, тепловой баланс, тепловая нагрузка, тепловое сопротивление, тепловая безопасность, температурная неоднородность, термостабилизация, тепловая защита, теплоотвод, тепловой интерфейс, фазопереходный материал, тепловая труба, термосифон, энергоэффективность, эксергия;
- 3) способность объяснять физический смысл тепловыделения, теплопроводности, конвекции, излучения, фазовых превращений и сопряженного теплообмена;
- 4) понимание роли конструктивных ограничений, массы, габаритов, режима работы и внешних условий в формировании теплового режима;
- 5) способность выбирать метод теплоотвода и обосновывать его применимость;
- 6) умение связывать обсуждаемый материал с темой диссертационного исследования и паспортом научной специальности 2.4.6.

2.2. Расчетно-аналитическое задание

Расчетно-аналитическое задание используется для проверки способности аспиранта применять теоретические положения дисциплины к постановке и решению задач обеспечения теплового режима автономных мобильных систем, систем накопления энергии, тепловыделяющего оборудования и низкоуглеродных энергетических технологий.

Расчетно-аналитическое задание должно включать:

- 1) формулировку задачи;
- 2) описание объекта исследования;
- 3) исходные данные;
- 4) физическую постановку задачи;
- 5) схему теплового баланса;
- 6) определение источников тепловыделения;
- 7) определение каналов теплоотвода и тепловых сопротивлений;
- 8) выбор расчетной модели;
- 9) обоснование допущений;
- 10) запись основных уравнений;
- 11) указание начальных и граничных условий при необходимости;
- 12) расчет температур, тепловых потоков, тепловых нагрузок или показателей эффективности;
- 13) проверку размерностей и физической реалистичности результата;
- 14) анализ влияния ключевых параметров при необходимости;
- 15) интерпретацию результата;
- 16) вывод;
- 17) указание связи задачи с паспортом научной специальности 2.4.6.

2.3. Аналитический обзор современной научной литературы

Аналитический обзор современной научной литературы используется для проверки способности аспиранта критически анализировать современные публикации по управлению тепловым режимом, системам накопления энергии, автономным мобильным системам, тепловой защите, термостабилизации, водородным и низкоуглеродным энергетическим технологиям.

Обзор должен быть связан с темой диссертационного исследования аспиранта или с одним из разделов дисциплины.

Рекомендуемая структура аналитического обзора:

- 1) тема обзора;
- 2) связь темы с дисциплиной и паспортом 2.4.6;
- 3) актуальность научной проблемы;
- 4) характеристика объекта или класса объектов;
- 5) анализ не менее 10 научных источников, включая публикации последних 5 лет;
- 6) классификация методов теплоотвода, термостабилизации, тепловой защиты или энергетического анализа;
- 7) сопоставление результатов, представленных в литературе;

- 8) анализ области применимости моделей и технических решений;
- 9) выявление ограничений существующих подходов;
- 10) определение нерешенных вопросов;
- 11) связь выявленной научной проблемы с темой диссертации;
- 12) вывод о перспективности дальнейшего исследования.

2.4. Концепция обеспечения теплового режима выбранной системы

Концепция обеспечения теплового режима используется для проверки способности аспиранта предложить физически и технически обоснованную схему теплоотвода, тепловой защиты или термостабилизации для выбранного объекта.

В качестве объекта могут быть выбраны: автономная мобильная платформа; беспилотная авиационная система; бортовой энергетический модуль; аккумуляторный элемент, батарейный модуль или система накопления энергии; силовая электроника; электрический привод; топливный элемент; электролизер; система хранения или подготовки водорода; тепловой насос; компактная энергетическая установка; система утилизации низкопотенциальной теплоты; теплотехнологическая установка с пониженной экологической нагрузкой; объект, связанный с темой диссертационного исследования аспиранта.

Концепция должна включать:

- 1) название объекта;
- 2) назначение системы обеспечения теплового режима;
- 3) основные источники тепловыделения;
- 4) допустимые температурные ограничения;
- 5) расчетную схему теплового баланса;
- 6) основные тепловые сопротивления;
- 7) выбранный метод теплоотвода или термостабилизации;
- 8) обоснование выбора метода;
- 9) ожидаемые преимущества и ограничения;
- 10) критерии тепловой безопасности и энергоэффективности;
- 11) возможные расчетные или экспериментальные методы проверки;
- 12) связь с темой диссертационного исследования;
- 13) связь с паспортом научной специальности 2.4.6.

2.5. Итоговый доклад (презентация)

Итоговый доклад (презентация) используется для проверки способности аспиранта систематизировать теоретический материал, анализировать научную литературу, формулировать теплотехническую задачу и представлять результаты в научной форме.

Доклад должен быть связан с одним из разделов дисциплины и, по возможности, с темой диссертационного исследования аспиранта.

Рекомендуемая структура доклада:

- 1) название темы;
- 2) актуальность выбранной проблемы;
- 3) связь темы с научной специальностью 2.4.6;
- 4) объект и предмет рассмотрения;
- 5) основные физические процессы;
- 6) источники тепловыделения и каналы теплоотвода;
- 7) расчетные, экспериментальные или аналитические методы исследования;
- 8) современное состояние вопроса;
- 9) ограничения существующих подходов;
- 10) связь с темой диссертационного исследования;
- 11) выводы.

2.6. Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам дисциплины с учетом выполненных аспирантом работ текущего контроля.

На дифференцированном зачете оцениваются:

- 1) знание теоретических основ дисциплины;
- 2) понимание физических механизмов тепловыделения, теплоотвода, теплопроводности, конвекции, излучения, фазовых превращений и сопряженного теплообмена;
- 3) способность формулировать физическую и расчетную постановку задачи обеспечения теплового режима;
- 4) умение выявлять источники тепловыделения, тепловые сопротивления и каналы теплоотвода;
- 5) способность выбирать методы охлаждения, тепловой защиты и термостабилизации;
- 6) умение оценивать тепловую безопасность, энергоэффективность и температурную устойчивость системы;
- 7) способность выполнять энергетический и эксергетический анализ;
- 8) способность связывать содержание дисциплины с темой диссертации и паспортом 2.4.6.

2.7. Распределение баллов текущего контроля

Вид работы	Максимальное количество баллов
Участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях	15
Расчетно-аналитическое задание	25
Аналитический обзор современной научной литературы	20
Концепция обеспечения теплового режима выбранной системы	20
Итоговый доклад (презентация) по теме дисциплины	20
Итого	100

2.8. Шкала оценивания текущего контроля

Баллы	Оценка
91-100	отлично
76-90	хорошо
61-75	удовлетворительно
60 и менее	неудовлетворительно

Результаты текущего контроля используются для допуска аспиранта к дифференцированному зачету и учитываются при выставлении итоговой оценки по дисциплине.

2.9. Критерии оценивания текущего контроля

2.9.1. Участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях – до 15 баллов

Баллы	Критерии
13–15	Аспирант регулярно и содержательно участвует в обсуждениях, корректно использует терминологию дисциплины, демонстрирует понимание физических механизмов тепловыделения, теплоотвода, термостабилизации и тепловой защиты, аргументированно отвечает на вопросы, связывает обсуждаемые темы с паспортом 2.4.6 и темой диссертационного исследования.
10–12	Аспирант участвует в обсуждениях, в целом корректно использует терминологию и демонстрирует понимание основных положений дисциплины, но отдельные ответы недостаточно глубоки или требуют уточнения.

6–9	Участие нерегулярное или преимущественно формальное; аспирант демонстрирует фрагментарное понимание обсуждаемых вопросов, допускает отдельные терминологические или содержательные неточности.
0–5	Аспирант практически не участвует в обсуждениях или допускает грубые ошибки в базовых понятиях, физических законах и терминологии дисциплины.

2.9.2. Расчетно-аналитическое задание – до 25 баллов

Баллы	Критерии
22–25	Задание выполнено корректно; физическая постановка обоснована; источники тепловыделения, тепловые сопротивления и каналы теплоотвода определены верно; модель, допущения, уравнения, начальные и граничные условия выбраны корректно; размерности соблюдены; результат физически интерпретирован; показана связь задачи с паспортом 2.4.6.
18–21	Задание выполнено в целом правильно; имеются отдельные неточности в расчетах, обосновании допущений, записи уравнений, выборе параметров или интерпретации результата.
12–17	Работа выполнена частично; расчетная схема выбрана недостаточно обоснованно; имеются ошибки в уравнениях, размерностях, начальных или граничных условиях, но общий подход к решению задачи прослеживается.
0–11	Задание не выполнено или выполнено неверно; физическая модель выбрана неправильно; допущены грубые ошибки в физических законах, расчетах, размерностях или интерпретации результата.

2.9.3. Аналитический обзор современной научной литературы – до 20 баллов

Баллы	Критерии
18–20	Обзор выполнен системно и критически; использованы современные научные источники; показано состояние исследований, сопоставлены методы теплоотвода, термостабилизации, тепловой защиты или энергетического анализа; выявлены ограничения существующих подходов; сформулирована исследовательская ниша; показана связь с темой диссертации и паспортом 2.4.6.
14–17	Обзор в целом соответствует теме, содержит современные источники и анализ подходов, но отдельные ограничения моделей, противоречия, нерешенные вопросы или перспективы раскрыты недостаточно.
9–13	Обзор носит преимущественно реферативный характер; анализ источников ограничен; связь с темой диссертации и паспортом 2.4.6 показана неполно.
0–8	Обзор не соответствует теме, содержит нерелевантные источники, не отражает современное состояние научной проблемы или не представлен.

2.9.4. Концепция обеспечения теплового режима выбранной системы

Баллы	Критерии
18–20	Концепция разработана полно и научно обоснованно; корректно определены объект, источники тепловыделения, допустимые температурные ограничения, тепловой баланс, тепловые сопротивления, метод теплоотвода или термостабилизации, критерии тепловой безопасности и энергоэффективности; показана связь с темой диссертации и паспортом 2.4.6.
14–17	Концепция в целом соответствует заданию, но отдельные элементы требуют уточнения: тепловой баланс, температурные ограничения, выбор метода охлаждения, критерии эффективности или ограничения применимости.
9–13	Концепция носит преимущественно описательный характер; система обеспечения

	теплового режима представлена без достаточной физической и расчетной основы; связь с 2.4.6 показана неполно.
0–8	Концепция не соответствует тематике дисциплины, не содержит физической постановки задачи, подменяет теплотехнический анализ общим описанием объекта или не представлена.

2.9.5. Итоговый доклад (презентация) – до 20 баллов

Баллы	Критерии
18–20	Доклад логичен, содержателен и выполнен на высоком научном уровне; раскрыты физические механизмы рассматриваемого процесса; показаны источники тепловыделения, каналы теплоотвода, методы исследования и ограничения; презентация оформлена корректно; аспирант уверенно отвечает на вопросы и связывает тему с диссертационным исследованием.
14–17	Доклад в целом раскрывает тему, но имеются отдельные замечания к глубине анализа, структуре, подбору источников, визуализации, обоснованию моделей или ответам на вопросы.
9–13	Доклад преимущественно описательный, недостаточно структурирован, слабо раскрывает физическую постановку задачи, содержит ограниченный анализ источников или неполную связь с темой диссертации.
0–8	Доклад не соответствует тематике дисциплины, не раскрывает содержание выбранного раздела, содержит существенные терминологические или физические ошибки либо не представлен.

2.10. Критерии оценки результатов кандидатского экзамена

Оценка	Критерии
Отлично	Аспирант демонстрирует глубокое и системное понимание физических механизмов тепловыделения, теплоотвода, термостабилизации и тепловой защиты автономных мобильных систем, систем накопления энергии и низкоуглеродных энергетических технологий; грамотно использует профессиональную терминологию; корректно формулирует физическую и расчетную постановку задачи; обоснованно выбирает методы охлаждения, тепловой защиты и термостабилизации; способен выполнять энергетический и эксергетический анализ; уверенно связывает содержание дисциплины с темой диссертационного исследования и паспортом 2.4.6.
Хорошо	Аспирант в целом правильно раскрывает содержание дисциплины, владеет основными понятиями управления тепловым режимом, тепловой безопасности, энергоэффективности и тепловой защиты, способен анализировать типовые тепловые режимы автономных и накопительных систем, но допускает отдельные неточности при обосновании моделей, допущений, расчетных параметров, методов теплоотвода или границ применимости решений.
Удовлетворительно	Аспирант владеет базовой терминологией и общими представлениями о тепловых режимах автономных, накопительных и низкоуглеродных энергетических систем, но испытывает затруднения при самостоятельной постановке расчетной задачи, выборе метода теплоотвода, анализе тепловой безопасности, выполнении энергетической оценки или интерпретации результатов.
Неудовлетворительно	Аспирант не владеет основными понятиями дисциплины; не способен объяснить физические механизмы тепловыделения и теплоотвода;

	допускает грубые ошибки в терминологии и расчетных постановках; не может связать содержание дисциплины с направлением диссертационного исследования по специальности 2.4.6.
--	---

2.11. Условия допуска к дифференцированному зачету

К дифференцированному зачету по дисциплине «Теплофизические основы обеспечения тепловых режимов автономных мобильных систем, систем накопления энергии и низкоуглеродных энергетических технологий» допускается аспирант, который:

- 1) освоил основные разделы дисциплины;
- 2) принял участие в семинарских занятиях и научных обсуждениях;
- 3) выполнил предусмотренные рабочей программой дисциплины виды текущего контроля в объеме, достаточном для получения положительной оценки;
- 4) выполнил расчетно-аналитическое задание и / или аналитический обзор современной научной литературы;
- 5) подготовил концепцию обеспечения теплового режима выбранной системы;
- 6) подготовил итоговый доклад (презентацию) по теме дисциплины или теме, связанной с диссертационным исследованием;
- 7) продемонстрировал способность связать содержание дисциплины с паспортом научной специальности 2.4.6;
- 8) не имеет академической задолженности по дисциплине;
- 9) выполнил требования, установленные рабочей программой дисциплины и локальными нормативными актами университета.

При наличии неудовлетворительных результатов текущего контроля аспиранту может быть предложена доработка соответствующих материалов до прохождения дифференцированного зачета.

3. Оценочные средства

3.1. Примерные вопросы для текущего контроля и дифференцированного зачета

- 1) Автономная мобильная система как объект теоретической и прикладной теплотехники.
- 2) Компактная энергетическая система как тепловыделяющий и теплоиспользующий объект.
- 3) Основные источники тепловыделения в автономных мобильных системах.
- 4) Тепловой баланс автономной мобильной или компактной энергетической системы.
- 5) Особенности теплообмена в условиях ограниченных массы, габаритов и энергетического ресурса.
- 6) Влияние внешних условий эксплуатации на тепловой режим автономной системы.
- 7) Системы накопления энергии как тепловыделяющие и теплоаккумулирующие объекты.
- 8) Тепловые режимы аккумуляторных батарей.
- 9) Источники тепловыделения в аккумуляторном элементе и батарейном модуле.
- 10) Температурная неоднородность и ее влияние на надежность систем накопления энергии.
- 11) Тепловая безопасность систем накопления энергии.
- 12) Тепловой разгон аккумуляторных систем: физическая сущность и теплотехнические факторы риска.
- 13) Воздушное охлаждение: достоинства, ограничения и область применения.
- 14) Жидкостное охлаждение: физические основы и расчетные особенности.
- 15) Испарительное охлаждение и его применение в компактных системах.
- 16) Тепловые трубы и термосифоны в системах обеспечения тепловых режимов.
- 17) Фазопереходные материалы в системах термостабилизации.
- 18) Тепловые аккумуляторы и системы накопления низкопотенциальной теплоты.
- 19) Тепловые интерфейсы и контактное тепловое сопротивление.
- 20) Интенсификация теплообмена в компактных теплообменных устройствах.
- 21) Тепловая защита тепловыделяющего оборудования.
- 22) Силовая электроника и электрические приводы как источники тепловыделения.

- 23) Теплофизические процессы в топливных элементах.
- 24) Тепломассоперенос в пористых структурах водородных энергетических систем.
- 25) Тепловой режим электролизера.
- 26) Теплофизические аспекты хранения, сжатия и расширения водорода.
- 27) Тепловая безопасность водородных энергетических систем.
- 28) Термодинамический анализ низкоуглеродных энергетических технологий.
- 29) Эксергетический анализ энергетической системы.
- 30) Тепловые насосы и термотрансформаторы как объекты прикладной теплотехники.
- 31) Утилизация низкопотенциальной теплоты.
- 32) Низкоотходные теплотехнологические процессы.
- 33) Оценка энергоэффективности теплотехнической системы.
- 34) Граничные условия в задачах обеспечения теплового режима.
- 35) Верификация расчетной модели теплового режима.
- 36) Анализ чувствительности модели теплового режима к теплофизическим параметрам.
- 37) Сравнение расчетных, экспериментальных и литературных данных при анализе тепловых режимов.
- 38) Критерии выбора метода охлаждения для компактной энергетической системы.
- 39) Тепловой режим автономной мобильной системы в условиях низких температур.
- 40) Примеры постановки диссертационных задач по обеспечению тепловых режимов автономных, накопительных и низкоуглеродных энергетических систем.

3.2. Примерные расчетно-аналитические задания

- 1) **Тепловой баланс автономного мобильного объекта.**
Составить тепловой баланс автономного мобильного объекта с заданными источниками тепловыделения и условиями теплообмена с окружающей средой. Определить основные каналы теплоотвода и факторы, влияющие на температурное состояние системы.
- 2) **Расчет температурного режима компактной энергетической системы.**
Для компактной энергетической системы с заданной тепловой мощностью, площадью теплообмена и условиями охлаждения оценить стационарную температуру корпуса или критического элемента.
- 3) **Охлаждение аккумуляторного модуля.**
Сформулировать расчетную постановку задачи охлаждения аккумуляторного модуля с воздушным или жидкостным теплоотводом. Определить граничные условия, критерии тепловой безопасности и ожидаемые выходные параметры.
- 4) **Температурная неоднородность батарейного модуля.**
Оценить температурный перепад между элементами батарейного модуля при заданной тепловой нагрузке и условиях теплоотвода. Сделать вывод о влиянии температурной неоднородности на надежность системы.
- 5) **Контактное тепловое сопротивление.**
Оценить влияние контактного теплового сопротивления на температурный режим батарейного элемента, силового электронного компонента или тепловыделяющего модуля.
- 6) **Сравнение методов охлаждения.**
Сравнить эффективность воздушного, жидкостного и фазопереходного охлаждения для компактной тепловыделяющей системы. Указать преимущества, ограничения и область применимости каждого метода.
- 7) **Тепловая труба или термосифон как элемент термостабилизации.**
Построить расчетную схему тепловой трубы или термосифона как элемента системы термостабилизации. Определить основные тепловые сопротивления и факторы, ограничивающие теплоперенос.
- 8) **Фазопереходный материал в системе сглаживания пиковых тепловых нагрузок.**
Оценить количество фазопереходного материала, необходимое для ограничения роста температуры при заданной тепловой нагрузке и продолжительности теплового импульса.

9) Тепловой режим силовой электроники.

Сформулировать расчетную задачу теплоотвода от силового электронного компонента с учетом теплового сопротивления корпуса, интерфейсного слоя и радиатора.

10) Тепловой режим топливного элемента.

Сформулировать задачу теплового режима топливного элемента с учетом тепловыделения, теплоотвода и межфазного переноса. Указать основные теплотехнические параметры и граничные условия.

11) Тепловой режим электролизера.

Составить расчетную схему теплового баланса электролизера, определить источники тепловыделения и возможные каналы теплоотвода.

12) Теплофизические аспекты хранения водорода.

Сформулировать теплотехническую постановку задачи хранения, сжатия или расширения водорода. Указать роль температуры, давления, теплообмена и тепловой безопасности.

13) Энергетическая и эксергетическая оценка теплового насоса.

Выполнить энергетическую и эксергетическую оценку теплового насоса или системы утилизации низкопотенциальной теплоты. Определить основные источники потерь и возможные пути повышения эффективности.

14) Утилизация низкопотенциальной теплоты.

Рассчитать полезный тепловой эффект системы утилизации низкопотенциальной теплоты при заданных температурах источника, потребителя и расходах теплоносителей.

15) Анализ научной статьи по управлению тепловым режимом.

Выполнить анализ научной статьи по управлению тепловым режимом систем накопления энергии или автономных энергетических систем по схеме: объект, тепловая проблема, физическая модель, метод исследования, результаты, ограничения, связь с 2.4.6.

16) Концепция системы обеспечения теплового режима.

Предложить концепцию системы обеспечения теплового режима автономной мобильной платформы, батарейного модуля, топливного элемента, электролизера или низкоуглеродной энергетической установки.

17) Фрагмент расчетного раздела диссертационной работы.

Подготовить фрагмент расчетного раздела диссертационной работы: цель расчета, объект, физические допущения, уравнения, граничные условия, критерии эффективности и связь с паспортом 2.4.6.

18) Сравнение расчетной и экспериментальной оценки теплового режима.

Для выбранного объекта предложить схему сопоставления расчетных и экспериментальных данных: контролируемые температуры, тепловые потоки, погрешности, критерии согласования и ограничения модели.

3.3. Примерные темы аналитических обзоров, докладов и презентаций

- 1) Современные подходы к управлению тепловым режимом аккумуляторных систем.
- 2) Тепловая безопасность систем накопления энергии.
- 3) Температурная неоднородность батарейных модулей и методы ее снижения.
- 4) Воздушное охлаждение аккумуляторных систем: преимущества и ограничения.
- 5) Жидкостное охлаждение батарейных модулей.
- 6) Фазопереходные материалы в системах термостабилизации.
- 7) Тепловые трубы и термосифоны в автономных энергетических системах.
- 8) Испарительное охлаждение компактных тепловыделяющих систем.
- 9) Тепловые интерфейсы и контактное тепловое сопротивление.
- 10) Тепловой режим силовой электроники автономных мобильных систем.
- 11) Тепловой режим электрических приводов.
- 12) Теплофизические ограничения беспилотных авиационных систем.
- 13) Тепловая защита компактного тепловыделяющего оборудования.
- 14) Теплофизические аспекты работы топливных элементов.
- 15) Тепломассоперенос в водородных энергетических системах.

- 16) Тепловые режимы электролизеров.
- 17) Теплофизические аспекты хранения и подготовки водорода.
- 18) Эксергетический анализ низкоуглеродных энергетических технологий.
- 19) Тепловые насосы и утилизация низкопотенциальной теплоты.
- 20) Низкоотходные теплотехнологические процессы.
- 21) Энергетическая и эксергетическая оценка систем накопления и преобразования энергии.
- 22) Верификация моделей теплового режима систем накопления энергии.
- 23) Расчетные и экспериментальные методы исследования тепловых режимов автономных систем.
- 24) Современные научные тренды в обеспечении тепловых режимов автономных и накопительных энергетических систем.
- 25) Связь темы диссертационного исследования аспиранта с задачами обеспечения тепловых режимов по паспорту научной специальности 2.4.6.

3.4. Задание на разработку концепции расчетно-экспериментального исследования

Аспиранту необходимо подготовить концепцию обеспечения теплового режима автономной мобильной системы, системы накопления энергии, водородной или низкоуглеродной энергетической установки, тепловыделяющего оборудования либо иного объекта, связанного с темой диссертационного исследования. Концепция должна показывать принадлежность выбранной задачи к научной специальности 2.4.6 и содержать выраженную теплотехническую постановку.

Рекомендуемая форма таблицы:

Элемент концепции	Формулировка по теме исследования	Обоснование и ожидаемый результат
Объект или система		
Назначение системы обеспечения теплового режима		
Основные источники тепловыделения		
Допустимые температурные ограничения		
Расчетная схема теплового баланса		
Основные тепловые сопротивления		
Выбранный метод теплоотвода или термостабилизации		
Обоснование выбора метода		
Ожидаемые преимущества и ограничения		
Критерии тепловой безопасности и энергоэффективности		
Расчетные или экспериментальные методы проверки		
Связь с темой диссертации		
Связь с паспортом научной специальности 2.4.6		
Объект или система		

3.6. Рекомендуемая структура ответа на дифференцированном зачете

При ответе на вопрос дифференцированного зачета аспиранту рекомендуется придерживаться следующей структуры:

- 1) дать определение рассматриваемого понятия, процесса, объекта или метода;
- 2) раскрыть физический смысл рассматриваемого теплотехнического процесса;
- 3) указать объект или класс объектов, для которых характерна данная задача;
- 4) определить источники тепловыделения, каналы теплоотвода и тепловые сопротивления;
- 5) записать основные уравнения или расчетные соотношения;
- 6) пояснить используемые параметры и размерности;

- 7) указать начальные и граничные условия при необходимости;
- 8) обосновать исходные допущения;
- 9) раскрыть метод теплоотвода, тепловой защиты или термостабилизации;
- 10) указать критерии тепловой безопасности, энергоэффективности или температурной устойчивости;
- 11) пояснить ограничения модели или технического решения;
- 12) привести пример прикладного использования;
- 13) показать связь с научной специальностью 2.4.6;
- 14) при возможности показать связь с темой собственного диссертационного исследования.