

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к расчетно-графической работе по дисциплине
**«Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснаб-
жения, газоснабжения и теплоисточников»**
по направлению 08.04.01 «Строительство»
направленность (профиль) «Теплогазоснабжение населенных мест и
предприятий»

Содержание

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РГР
2. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ
3. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РГР ПО РАЗДЕЛАМ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ПОРЯДОК ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ
4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РГР
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НАД РГР, ПРИМЕРНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ
6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО РГР
7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Введение

Целью изучения дисциплины «Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников» является формирование набора компетенций ПК-1, ПК - 8.

Задачей дисциплины является формирование у магистрантов знаний и навыков расчетов современных энергоэффективных систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников в промышленности и коммунально-бытовом хозяйстве.

Освоение дисциплины происходит во 2 семестре.

Разработанные методические указания к РГР по дисциплине **«Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников»** для студентов специальности 08.04.01 Строительство - Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий содержат задание и исходные данные на проектирование. В них даны рекомендации по объему, содержанию и последовательности выполнения расчетов, входящих в расчетно-пояснительную записку, составу и объему графической части работы.

Приводятся практические рекомендации по использованию при расчетах методической, учебной и справочной литературы.

Методические указания выполнены согласно рабочей программе по дисциплине **«Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников»** для студентов специальности 08.04.01 Строительство - Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РГР

Целью РГР является освоение особенностей современного проектирования и эксплуатации систем газоснабжения, теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха зданий, теплогенерирующих установок, приобретения умения и навыков в расчетах, в том числе с применением ЭВМ, и приемах проектирования, технологии эксплуатации систем, ознакомление с путями повышения технической и экономической эффективности.

Глубокое изучение рассматриваемых технологических вопросов, анализ и оценка работы оборудования и систем позволят студенту подготовиться к более качественному выполнению выпускной квалификационной работы.

2. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

2.1 ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

Тема РГР «Разработка энергоэффективной технологии для систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников».

РГР состоит из расчетно-пояснительной записки (15 – 25 с. формата А4) и графической части (1 лист формата А2).

2.1.1 Содержание расчетно-пояснительной записки

- краткое описание технологии, установки, места расположения, расчетные метеорологические данные;
- разработка схемы энергоэффективной установки;
- расчет технологических характеристик;
- расчет показателей энергоэффективности технологии, установки.

2.1.2 Содержание графической части

Технологическая схема энергоэффективной установки.

2.2 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.2.1 Исходные данные

Исходные данные выбираются студентом в процессе прохождения производственных практик и принимаются по индивидуальному заданию, согласованному с преподавателем.

3. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РГР ПО РАЗДЕЛАМ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ПОРЯДОК ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Расчетно-пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел работы, содержать анализ и обоснование принимаемых решений и другие материалы, в том числе и иллюстративные.

ВВЕДЕНИЕ. Во введении требуется обосновать актуальность выбранной темы, цель и краткое содержание поставленных задач, формулируется объект и предмет проектирования, характеризуются принятые методы проектирования.

3.1 Краткое описание технологии, установки, места расположения, расчетные метеорологические данные.

Приводятся исходные данные и характеристика объекта, полученные во время производственных практик (строительный объем, планировка, конструкции наружных ограждений, расчетные параметры наружного воздуха, нормируемые параметры внутреннего воздуха, источники теплоснабжения, параметры теплоносителя, тепловые нагрузки, характеристики микрорайона и т. д.), сведения о технологических процессах, описание технологических процессов, характеристика технологического оборудования, режим работы производства и оборудования, виды вредных выделений, их влияние на орга-

низм человека и качество продукции, технологические, температурно-влажностные и другие требования к воздушной среде.

3.2 Разработка схемы энергоэффективной установки

Выполняется анализ поставленной проблемы, выполненный на основе изучения литературных и патентных источников.

Формулируются задачи научного, научно-производственного или научно-методического направления.

Разрабатывается предложение и обоснование метода или способа решения задачи. Прорабатываются вопросы повышения энергоэффективности объекта в т. ч. с использованием вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Разрабатывается принципиальная технологическая схема энергоэффективной установки (теплогенерирующей установки, теплоутилизационной установки использования вторичных энергоресурсов или установки использования возобновляемых источников энергии).

3.3 Расчет технологических характеристик.

В зависимости от выбранного направления (геотермальные тепловые насосы, солнечные коллектора активного и пассивного типа, ветроустановки, комбинированные схемы для получения тепловой энергии, автономные системы энергоснабжения) выполняется расчет технологических характеристик:

- расчет технологических показателей работы установки (годовой отпуск теплоты установкой, удельный расход топлива, годовые расходы: топлива, электроэнергии и воды на собственные нужды);
- расчет снижения расхода топлива;
- расчет себестоимости отпускаемой тепловой энергии.

Экономия топлива за счёт использования ВЭР может быть определена по следующей методике.

При топливном направлении использования ВЭР экономия топлива $B_{ЭК}$ (т у. т.) составит:

$$B_{ЭК} = \frac{m \cdot M \cdot Q_H^P \cdot \eta_y \cdot \sigma}{Q_y^P} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где m – выход ВЭР на единицу продукции, кг/кг ($\text{м}^3/\text{кг}$);

M – выход основной продукции за данный период, кг;

Q_H^P, Q_y^P – теплотворная способность ВЭР и условного топлива, кДж/кг ($\text{кДж}/\text{м}^3$);

η_y – КПД утилизационной установки;

σ – коэффициент использования теплоты, вырабатываемой в утилизационной установке.

За счёт тепловых ВЭР возможна выработка теплоты в виде пара или горячей воды в утилизационной установке

$$Q_m = (i_1 \cdot G_1 - i_2 \cdot G_2) \cdot \beta \cdot (1 - \xi), \quad (2)$$

или холода

$$Q_x = Q_m \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

где G_1, G_2 – количество энергоносителя на входе в утилизационную установку и на выходе из неё;

i_1, i_2 – энтальпия энергоносителя на входе в утилизационную установку и на выходе из неё;

β – коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и агрегата – источника ВЭР;

ξ – коэффициент потерь тепла в утилизационной установке;

ε – холодильный коэффициент холодильной машины.

Экономия топлива при этом составит:

$$B_{ЭК} = Q_m / Q_y^P. \quad (4)$$

Экономия топлива при силовом использовании ВЭР:

$$B_{ЭК} = \epsilon \cdot m \cdot M \cdot L_{\max} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_g = \epsilon \cdot W, \quad (5)$$

где ϵ – удельный расход топлива на выработку электроэнергии;

$L_{\max}$ – техническая работа адиабатного расширения в утилизационной турбине;

η_{oi} – относительный внутренний КПД турбины;

η_m – механический КПД;

η_g – КПД электрогенератора;

W – возможная выработка электроэнергии в утилизационной установке за счёт ВЭР.

3.4 Расчет показателей энергоэффективности технологии, установки.

3.4.1 **Срок окупаемости (PB)**, рассчитываемый как простое отношение капиталовложений I_0 к годовому экономическому эффекту B_0 ($B_0 = R_0 - Z_0$),

$$PB = I_0 / B_0, \quad (6)$$

и может служить в качестве первой самой грубой оценки рентабельности проекта.

Следует иметь в виду, что получаемое значение оказывается сильно заниженным, показатель не отражает развитие проекта по истечении срока окупаемости и не позволяет оценить ожидаемую прибыль.

3.4.2 **Чистый дисконтированный доход (NPV)** – превышение интегральных (за расчетный период времени) дисконтированных результатов над интегральными дисконтированными затратами, обусловленными реализаци-

ей инвестиционного проекта:

$$NPV = \sum (R_t - Z_t) \alpha_t - I_0, \quad (7)$$

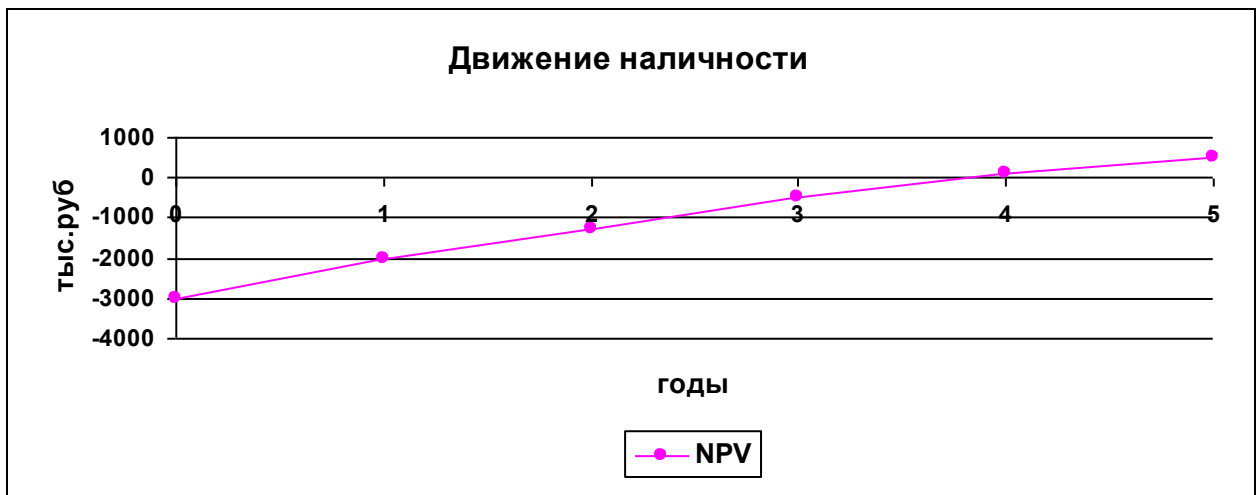
где R_t – финансовый результат на t -ом шаге;

Z_t – затраты на t -ом шаге за исключением капиталовложений (в частности эксплуатационные затраты);

I_0 – сумма дисконтированных (если они распределены во времени) капиталовложений.

Рассматриваемый проект может быть признан экономически эффективным, если интегральный эффект положителен ($NPV > 0$). При сравнении вариантов осуществления инвестиционных проектов с одинаковым горизонтом следует руководствоваться критерием максимума интегрального экономического эффекта ($NPV \rightarrow \max$).

К недостаткам рассмотренного показателя интегрального экономического эффекта обычно относят то обстоятельство, что он не показывает точной прибыльности проекта и сложен для понимания предпринимателей, привыкших принимать инвестиционные решения по величине отдачи на единицу авансированного капитала. Ниже приведен график изменения величины чистого дисконтированного дохода со временем для следующих условий: среднегодовой эффект $(R - Z) = 1200$ тыс. руб., капвложения $I_0 = 3000$ тыс. руб., норма дисконтирования $E = 0,18$, расчетный период $t = 5$ лет.



3.4.3 Индекс прибыльности (PI) (доходности инвестиций) – отношение интегральных дисконтированных доходов к интегральным дисконтированным капиталовложениям:

$$PI = \frac{\sum (R_t - Z_t) \alpha_t}{I_0}, \quad (8)$$

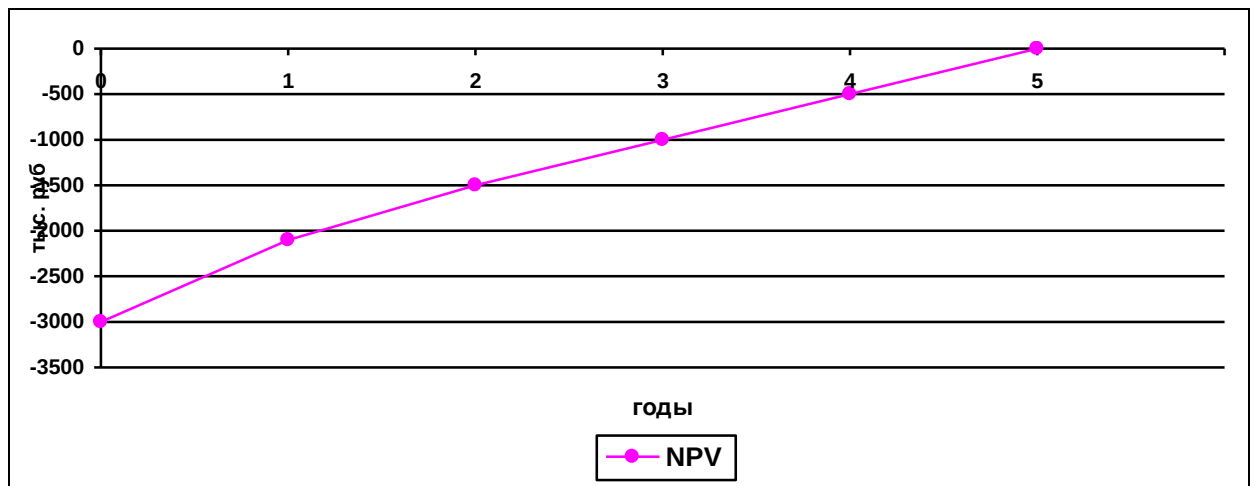
Для экономически эффективных проектов должно соблюдаться условие $PI > 1.0$

К достоинствам рассматриваемого показателя, как правило, относят возможность его использовать в качестве меры устойчивости проекта.

Индекс прибыльности инвестиций связан с чистым дисконтированным доходом: если чистый дисконтированный доход положителен ($NPV > 0$), то условие $PI > 1$ и на оборот.

3.4.4 Внутренняя норма прибыли (IRR) (синонимы – внутренняя норма рентабельности, внутренняя норма доходности) – норма дисконтирования, обращающая в нуль величину интегрального экономического эффекта (или обеспечивающая равенство интегральных дисконтированных капиталовложений и доходов).

Графическая интерпретация при принятых в пункте 3.4.3 значениях:

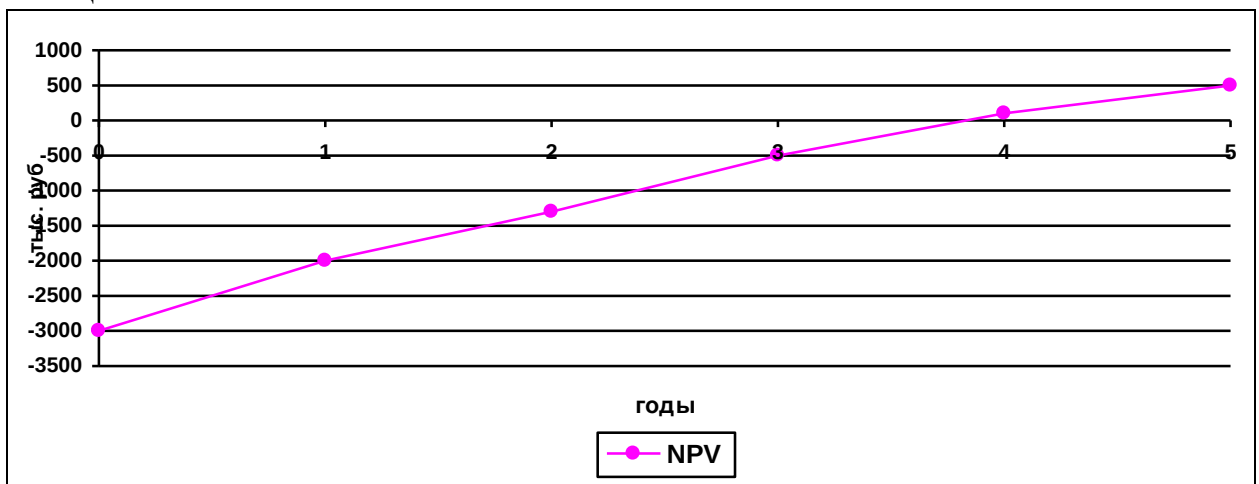


Если определенная из данного уравнения величина внутренней нормы прибыли превышает требуемую инвестором минимально–допустимую норму дохода на вложенный капитал, то реализация проекта признается целесообразной.

3.4.5 Время выплаты (PO) (синоним – период возмещения) – минимальный период времени, в течение которого интегральный экономический эффект становится положительным (или интегральные дисконтированные капиталовложения возмещаются интегральными дисконтированными доходами от реализации проекта):

$$\sum_{t=0}^T I_t * \alpha_t \leq \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) * \alpha_t \quad (9)$$

Графическая интерпретация методики определения периода возмещения.



Для экономически эффективных проектов должно выполняться условие $PO < T_p$, т. е. капиталовложения должны окупаться в пределах установленного расчетного периода.

3.4.6 Отчет о движении наличности (Cashflow). Отчет о движении наличности включает в себя временной график баланса наличности по проекту и временной график накопленной чистой прибыли, представляется в виде таблицы или графика.

Рассчитывается движение наличности следующим образом:

$$CF_t = R_t - Z_t - T_t + CF_{t-1}, \quad (10)$$

где R_t – поступления на шаге t ;

Z_t – расходы на шаге t ;

T_t – выплата налогов на шаге t ;

CF_{t-1} – наличность за предыдущий период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Делаются краткие выводы, с оценкой достигнутого эффекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ. Приводится согласно требованиям ГОСТ 7.1 – 2003.

4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РГР

Расчетно-пояснительную записку оформляют в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Расчетно-пояснительная записка должна быть отпечатана через полтора интервала на одной стороне листа формата А4. Допускается применять для графиков и диаграмм, входящих в состав расчетно-пояснительной записки, другие форматы, оставляя постоянной сторону листа 297 мм. Рабочее поле чертежа должно иметь рамку (на первых 5–7 листах), отстоящую от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева на 20 мм. Внизу должен размещаться штамп (основная надпись для первого листа текстовых документов и основная надпись для последующих листов). Листы пояснительной записки должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами, проставляемыми в правом верхнем углу страницы.

Название раздела пишется прописными буквами и располагается симметрично строке без переноса в словах. Точка в конце названия раздела не ставится, название не подчеркивается. Название раздела отделяется от последующего текста интервалом в одну строку. Каждый раздел начинается с новой страницы.

Подразделы должны иметь двойную нумерацию арабскими цифрами (например, 1.1).

Название подраздела отделяется от последующего текста интервалом в 1 строку.

Части подраздела могут иметь тройную нумерацию (например, 1.1.1). Дальнейшее деление не допускается.

Ссылки на использованные источники должны нумероваться арабскими цифрами по порядку появления в записке и помещаться в квадратные скобки.

Приложения, если их больше одного, обозначаются заглавными буквами русского алфавита. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы.

Все иллюстрации должны иметь названия и последовательную нумерацию в пределах каждого раздела арабскими цифрами. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и своего порядкового номера, например, Рис. 3.2 (второй рисунок, третьего раздела). Ссылки на иллюстрации в тексте обязательны. Иллюстрации могут выполняться карандашом или тушью. Разрешается использовать фотографии, ксерокопии и т. п.

Таблицы должны иметь названия и номер в пределах каждого раздела. Название и номер пишутся над таблицей, например, Таблица 1.1 – Номенклатура выпускаемой продукции. Точка в конце названия таблицы не ставится. Если таблица имеет продолжение, то на следующей странице пишется: Продолжение таблицы 1.1. Ссылки на таблицы в тексте обязательны.

Формулы должны писаться на отдельной строке. Формулы нумеруются арабскими цифрами, помещаемыми в круглых скобках справа от формулы по краю текста. Нумерация формул в пределах раздела – (4.2), (формула вторая, четвертого раздела). После формулы ставится запятая и с новой строки после слова «где» идет расшифровка каждого обозначения. Расшифровке подлежат только обозначения, встречающиеся впервые. Ссылки на формулы в тексте обязательны.

При выполнении расчетов на ПЭВМ, являющихся обязательными, студент должен изложить методику расчета, привести основные расчетные формулы, блок-схему алгоритма, обосновать выбор исходных данных и привести анализ полученных результатов.

Все размерности физических величин должны даваться в системе СИ.

Запрещаются любые сокращения, кроме общепринятых, в тексте пояснительной записки и на чертежах.

Чертежи всех видов должны выполняться в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов. Чертеж должен выполняться на листе формата А2. Допускается применять другие форматы, оставляя постоянной короткую сторону листа (594 мм). Рабочее поле чертежа должно иметь рамку, отстоящую от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева на 20 мм. В правом нижнем углу рабочего поля должен размещаться штамп (основная надпись для чертежей курсового проекта). Спецификация размещается над штампом или на отдельном листе формата А4.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НАД РГР, ПРИМЕРНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Для написания курсовой работы необходимо познакомиться и подобрать специальную научную литературу по выбранной теме. Подбор литературы производится студентом самостоятельно по заданному темой направлению. При этом следует пользоваться предметным алфавитным каталогом в читальном зале библиотеки университета и других библиотеках. Отбирать следует литературу, которая освещает как общетеоретическую сторону проблемы, так и действующую практику. При этом студент может составить список, включая в него литературу изданную за последние пять лет, отечественные стандарты и инструктивный материал.

Особое внимание следует обратить на научные публикации в специальных журналах за последние два года. Перечень всех статей за год содержится в последнем номере журналов.

Сначала следует изучить основную литературу (учебники, пособия), а затем перейти к работам исследовательского характера. Особенно следует обратить внимание на дискуссионные статьи в журналах и позиции тех или

иных авторов, продумать их аргументацию, что позволит сделать правильное сопоставление различных точек зрения и сформировать свое отношение к ним.

6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО РГР

Выполненная работа проверяется руководителем, который дает допуск к защите или возвращает ее на доработку. РГР, выполненная не по варианту, указанному в задании, не рассматривается. При положительном заключении работа допускается к защите, при наличии замечаний возвращается на доработку. При подготовке к защите РГР студент обязан повторить теоретический материал дисциплины и подготовить доклад по материалу работы. В докладе следует изложить сущность работы, методы решения задач, наиболее важные результаты и выводы по работе. После доклада студенту могут быть заданы вопросы, как по содержанию работы, так и по дисциплине в целом. Прием РГР производится комиссией.

Оценка уровня выполнения РГР, а также степени усвоения теоретического материала производится преподавателем – руководителем работы. Оценка за РГР выставляется дифференцированно. Основными факторами, влияющими на оценку работы, являются:

- использование в ней результатов своих исследований;
- уровень теоретической подготовки студента;
- грамотность и практическая ценность принятых решений;
- качество оформления всех материалов курсовой работы;
- подготовленность доклада и правильность ответов на вопросы при защите РГР

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перечень основной литературы:

1. Малышев, В. С. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Холод и энергосбережение / В. С. Малышев, С. П. Пантеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 96 с.
2. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебник / А. Б. Гаряев, И. В. Яковлев, А. В. Клименко [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2021. — 504 с.

2. Перечень дополнительной литературы:

1. Башмаков И. А. Региональная политика повышения энергетической эффективности: от проблем к решениям. Часть 1 и 2. М., Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), 1998 г.
2. Стоянов Н.И. Энергосбережение (Энергоаудит. Использование вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии) (монография). Издательство ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет. Ставрополь, 2008. — 162 с.
3. Гордеев А.С., Огородников Д.Д., Юдаев И.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Лань, 2014. — 384 с..
4. Протасевич А.М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Лань, 2012. — 286 с.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям

по дисциплине

**«Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснаб-
жения, газоснабжения и теплоисточников»**

по направлению 08.04.01 «Строительство»

**направленность (профиль) «Теплогазоснабжение населенных мест и
предприятий»**

Содержание

Практическое занятие

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Практические занятия

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

Практические занятия

СОСТАВЛЕНИЕ БЛОК-СХЕМЫ РАСЧЕТА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Введение

Целью изучения дисциплины «Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников» является формирование набора компетенций ПК-1, ПК - 8.

Задачей дисциплины является формирование у магистрантов знаний и навыков расчетов современных энергоэффективных систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников в промышленности и коммунально-бытовом хозяйстве.

Освоение дисциплины происходит во 2 семестре.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснабжения, газоснабжения и теплоисточников» содержат краткие теоретические сведения о расчетах систем, рекомендуемую литературу и задачи для закрепления теоретических знаний практическими примерами. Предназначены для студентов по направлению «Строительство» 08.04.01 - Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий.

Практическое занятие
ИЗУЧЕНИЕ СХЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ
ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

1.1 Теоретическая часть

Существенным недостатком использования термальных вод в различных практических целях определяется не только их теплопроизводительностью, но также и особенностями химического состава вод (значений pH, степени минерализации, ионно-солевого и газового состава и др.). Отработанные термальные воды содержат часто высокие концентрации мышьяка, бора, различных металлов, это представляет важную проблему, связанную с природоохранными мероприятиями.

Кроме того, распределение гидротермальных источников не соответствует плотности населения, в связи с преимущественным расположением высокопотенциальных гидротермических источников в зонах высокой геологической активности. Транспортирование же низкопотенциальной тепловой энергии экономически не оправдано, что предполагает для окупаемости проекта выработку электроэнергии как наиболее мобильного источника энергии и развитие теплopotребляющей инфраструктуры вокруг источника (теплицы, зарыбленные водоемы, бальнеологические объекты и жилые дома).

Наибольшую долю капитальных вложений составляет стоимость буровых работ.

Капитальные затраты могут быть сокращены за счет использования законсервированных скважин.

Использование тепла сухих горячих пород позволит снизить эксплуатационные затраты по сравнению с использованием термальных вод, т. к. при этом:

- не происходит загрязнения теплоносителя и не требуются затраты на мероприятия по охране окружающей среды от вредных выбросов;
- циркуляционный насос потребляет энергию только на преодоление гидравлических сопротивлений скважины. При глубинах до 3÷5 км эти сопротивления соизмеримы с гидравлическими потерями на теплотрассах систем теплоснабжения.

Предлагаемая, экологически чистая технологическая схема извлечения глубинного тепла Земли приведена на рисунке 1.1.

Вода обратного трубопровода с температурой (t_0) поступает в скважину по обсадной трубе диаметром (d_4 / d_3) и, получив тепло от сухого слоя породы, нагревается до температуры (t'_2) и поднимается вверх по внутренней трубе диаметром (d_2 / d_1). Нагретая вода подается потребителю с температурой (t_2).

Охлажденную воду от потребителя с температурой t_2 подают по межтрубному пространству в скважину. Вода нагревается от стенок обсадной трубы, а затем нагретая до температуры t_1 – подается потребителю. Так как температура нагретой воды t_1 в зависимости от температурного градиента может быть недостаточно высокой для прямого использования в системе теплоснабжения, устанавливается тепловой насос. Применение теплового насоса позволяет увеличить теплоотдачу скважины за счет понижения температуры обратной воды t_2 , закачиваемой в скважину. При этом исключается необходимость тепловой изоляции оголовка скважины (в прототипе осуществляется изоляция скважин на глубину до 300 м для предотвращения прогрева верхних слоев земной коры).

Преимущества предлагаемой схемы уже указывались, а ее недостаток – низкая интенсивность теплопередачи в связи с передачей тепла теплопроводностью в породах – может компенсироваться тем, что при использовании для

нужд теплоснабжения температуры теплоносителя t_1 и t_2 могут быть снижены. Возможна открытая система теплоснабжения.

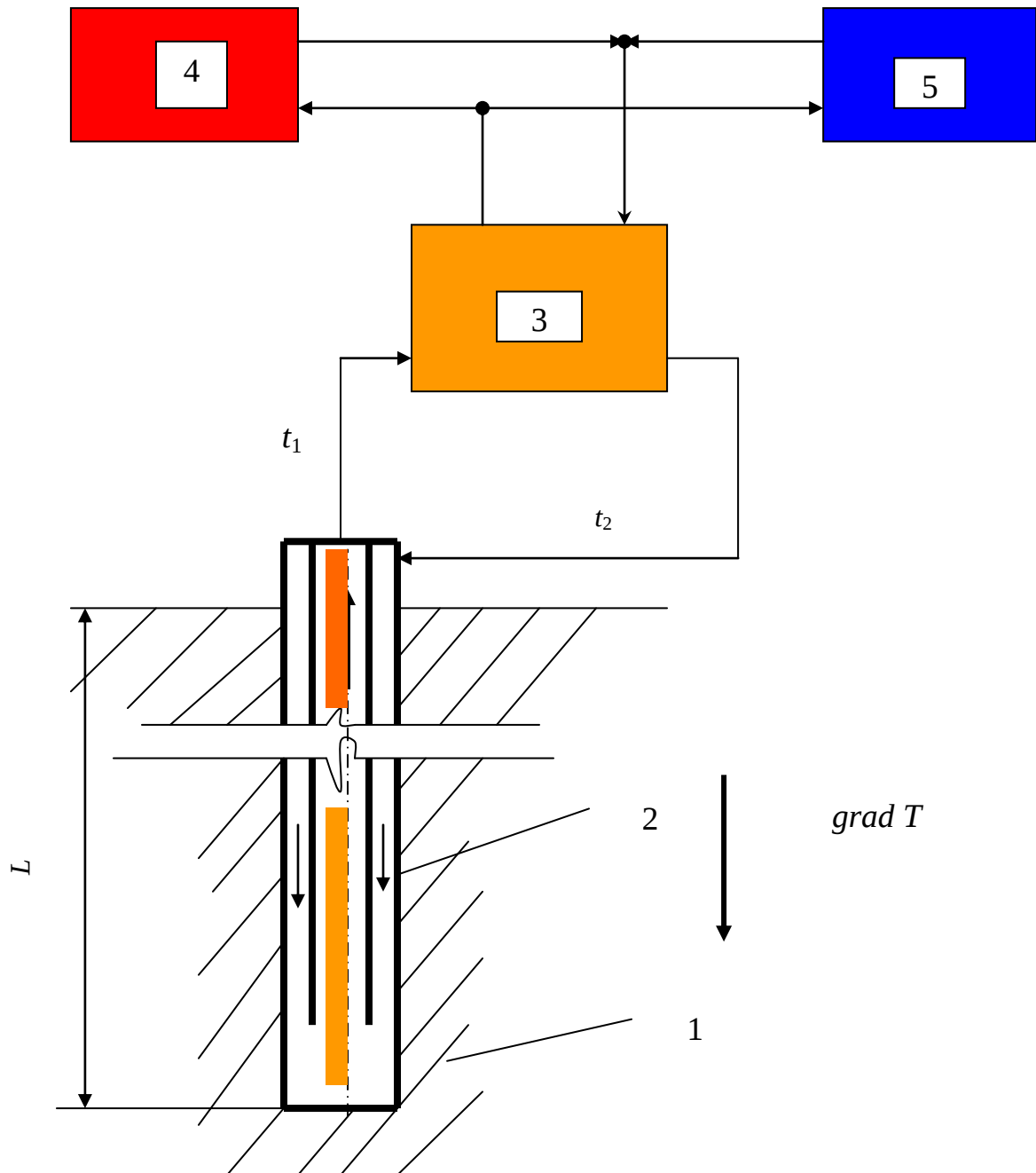


Рисунок 1.1 – Способ извлечения геотермального тепла:

1– грунты; 2 – скважина; 3 – тепловой насос; 4 – объект теплоснабжения; 5 – объект холодоснабжения

Скважина предназначена для круглогодичного использования: в холодный период – на производственные нужды и коммунально-бытовые

(отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение); в теплый период – на производственные нужды, коммунально-бытовые (горячее водоснабжение) и холодоснабжение.

Т. к. контур для извлечения тепла является закрытым, то исключаются: загрязнение теплоносителя от грунтов; утечки теплоносителя в грунт. Не требуется создавать давление насосом для закачки теплоносителя в пласт; напор насоса используется только для преодоления гидравлических сопротивлений в системе, которые сравнимы с гидравлическими сопротивлениями в обычных тепловых сетях.

Применение тепловых насосов позволяют увеличить теплосъем со скважины в 1,5 – 2 раза.

1.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1. Построить графики распределения температур по глубине скважин для следующих условий (до глубины 3 – 5 км):

1) малоперспективные; со стационарным режимом, нормальным тепловым потоком ($q \leq 60$ мВт/м²) и геотермическим градиентом ($grad\ T < 20$ °С/км) (фундамент древних платформ, палеозойской складчатой области и др.);

2) ограниченно перспективные; охлаждающиеся блоки ($q \approx 80$ мВт/м²; $gradT \geq (20 \div 30)$ °С/км) (области кайнозойского оледенения и др.);

3) перспективные; с эволюционным верхнекоровым разогревом осадочных отложений и заключенных в них подземных вод, температура которых на глубинах 1,5 – 2,5 км достигает 50 – 100 °С при весьма значительной площади их распространения ($q = (40 \div 60)$ мВт/м²; $gradT \geq (20 \div 30)$ °С/км) (чехол молодых платформ и др.);

4) весьма перспективные; области с разогревом благодаря притоку глубинного тепла и его экранизации слаболитифицированными осадочными от-

ложениями ($q = (60 \div 80) \text{ мВт/м}^2$; $\text{grad}T \geq (30 \div 50) \text{ }^\circ\text{C/км}$) (рифтовые впадины, межгорные и краевые впадины в регионах с орогенным режимом и др.);

5) перспективные; разогревающиеся блоки без проявлений магматизма ($q \geq 80 \text{ мВт}$; $\text{grad}T \geq (25 \div 30) \text{ }^\circ\text{C/км}$) в пределах рифтовых структур и современных орогенов;

6) наиболее перспективные; с современными проявлениями вулканизма и гидротермальной деятельности ($q > 70 \text{ мВт/м}^2$; $\text{grad}T = (25 \div 90) \text{ }^\circ\text{C/км}$).

1.3 Вопросы к практическому занятию

1. Дать характеристику градиента температуры скважины.
2. Дать характеристику циркуляции теплоносителя в контуре.

Практические занятия

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

2.1 Теоретическая часть

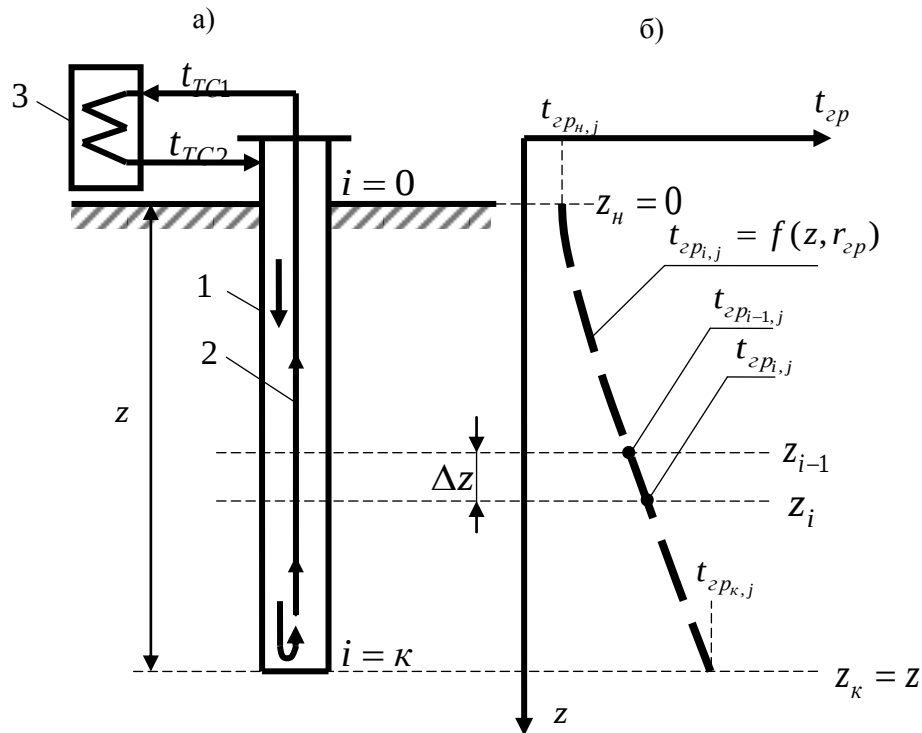
Схема геотермальной скважины и график изменения температур грунта представлены на рисунке 2.1.

Тепловой поток $q_{TC2i,j}^{cp}$ определяется величиной потока геотермальной тепловой энергии, передаваемой из неограниченного цилиндрического слоя грунта вокруг скважины к боковой стенке наружной трубы за счет теплопроводности грунта.

Схема и температурный график этого процесса для расчетного участка i в момент времени j представлены на рисунке 3.2.

Для элементарного цилиндрического слоя грунта dr_{zp} на переменном радиусе r_{zp} от оси скважины дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности в цилиндрическом массиве грунта на расчетном участке после некоторых упрощений будет иметь вид:

$$\frac{\partial t_{zp}^{cp}}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t_{zp}^{cp}}{\partial r_{zp}^2} + \frac{1}{r_{zp}} \frac{\partial t_{zp}^{cp}}{\partial r_{zp}} \right), \quad (2.1)$$



а) Схема геотермальной скважины: 1 – наружная опускная труба скважины, в которой подогревается обратная вода теплосети (t_{TC2}) за счет геотермальной тепловой энергии; 2 – внутренняя подъемная труба скважины, по которой отводится горячая вода (t_{TC1}) в теплосеть; 3 – теплосеть, использующая геотермальную энергию для теплоснабжения; z – глубина скважины, м; Δz – постоянная длина текущего расчетного отрезка, на которые разбивается скважина по высоте, м; i – номер текущего отрезка отсчитываемого по высоте, начиная от поверхности земли

б) График изменения температуры грунта по высоте скважины: t_{zpn} – начальная температура грунта на поверхности земли $z_n = 0$, °C; t_{zpk} – конечная температура грунта на глубине скважины $z_k = Z$, °C; t_{zpi} , t_{zpi-1} – текущая температура грунта на границах расчетного отрезка скважины Δz , °C

Рисунок 2.1 – Схема геотермальной скважины и график изменения температур грунта

где t_{zp}^{cp} – текущая средняя температура грунта на расчетном участке, °C;

τ – текущее время для этого участка, с;

$a = \frac{\lambda_{zp}}{c_{zp}\rho_{zp}}$ – коэффициент температуропроводности грунта, м²/с;

λ_{zp} – коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м К). Коэффициент λ_{zp} определяется по данным геологических исследований скважины в зави-

симости от характера грунта. Для приближенных расчетов можно принимать: для сухих грунтов (скальные породы, сухие пески и др.) $\lambda_{zp}=0,6 \div 1,2$; для слабовлажных грунтов (глины, известняки и др.) $\lambda_{zp}=1,2 \div 2,0$; для влажных грунтов (растительный грунт, водоносные пески и т. д.) $\lambda_{zp}=2,0 \div 3,0$;

c_{zp} – теплоемкость грунта, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, определяется по геологическим данным. Для приближенных расчетов можно принять $c_{zp}=800 - 1200$;

ρ_{zp} – плотность грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяется по геологическим данным. Для приближенных расчетов можно принять $\rho_{zp}=2500 - 3000$.

Уравнение (2.1) принято с учетом следующих упрощающих предположений:

– непрерывный удельный поток геотермальной тепловой энергии из недр к поверхности земли (q_3), обусловленный вертикальным градиентом температуры земных недр ($Gr = \frac{dt_{zp}}{dz}$) пренебрежимо мал и не оказывает заметного влияния на температурное поле грунта в призабойной зоне скважины;

– температура грунта на данном расчетном отрезке i в данный момент времени j меняется только в зависимости от радиуса r_{zp} , а по высоте отрезка Δz остается постоянной и равной $t_{zp,i,j}^{cp}$;

– температура грунта в данном расчетном отрезке i в данный момент времени j меняется от $t_{zp,i,j}^{cp} = t_{2\theta i,j}^{cp}$ при $r_{zp} = r_{2\theta}$ до $t_{zp,i,j}^{cp} = t_{i,0}^{cp}$ при $r_{zp} \rightarrow \infty$.

2.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 2.1. Сформировать исходные данные для расчета. Характеристики скважины: внутренняя труба: $d_{1\theta}$, м; $d_{1н}$, м; λ_1 , Вт/(м К); наружная

труба: $d_{2\theta}$, м; $d_{2н}$, м; λ_2 , Вт/(м К); обратная вода из теплосети: $t_{TC20,j}$, °С; W_2 , м/с (или m , кг/с); глубина скважины: z , м.

2. Характеристика грунта: Gr , К/м; c_{zp} , Дж/(кг К); ρ_{zp} , кг/м³; λ_{zp} , Вт/(м К); $t_n = t_{zp0,j}$, °С.

Вопросы к практическому занятию

1. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности в цилиндрическом массиве грунта.
2. Характеристика схемы геотермальной скважины и графика изменения температур грунта.
3. Упрощающие предположения для разработки математической модели.

3.1 Теоретическая часть

Уравнение (2.1) должно быть дополнено уравнением удельного теплового потока в грунте у поверхности наружной трубы скважины равному:

$$q_{zp_{i,j}}^{cp} = \frac{1}{\Delta\tau} (Q_{zp_{i,j}}^{cp} - Q_{zp_{i,j-1}}^{cp}), \frac{\text{Вт}}{\text{м}}, \quad (3.1)$$

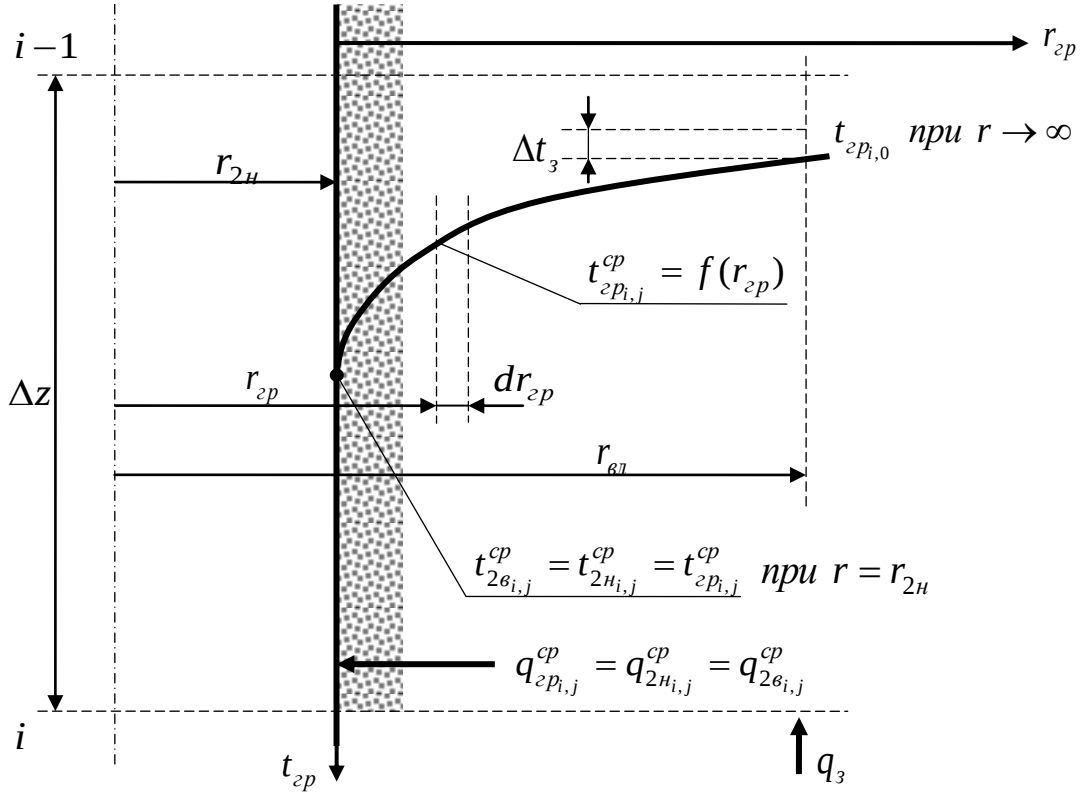


Рисунок 3.2 – Схема и температурный график потока геотермальной тепловой энергии

Величина $Q_{2p,i,j}^{cp}$ определяется по интегральному уравнению:

$$Q_{2p,i,j}^{cp} = 2\pi c_{2p} \rho_{2p} \int_{r=r_{2n}}^{r=r_{вл}} (t_{2p,i,0}^{cp} - t_{2p,i,j}^{cp}) r_{2p} dr_{2p}, \frac{\text{Дж}}{\text{м}}, \quad (3.2)$$

где $t_{2p,i,j}^{cp} = f(r_{cp})$ – переменная температура грунта, °C, $t_{2p,i,j}^{cp}$ меняется от $t_{2p,i,j}^{cp} = t_{2\theta,i,j}^{cp}$ при $r_{cp} = r_{2n}$ до $t_{2p,i,j}^{cp} = t_{2p,i,0}^{cp} - \Delta t_3$ при $r_{cp} = r_{вл}$.

Введя обозначение безразмерного радиуса грунта, получим $R = \frac{r_{cp}}{r_{2n}}$, от-

куда имеем:

$$r_{zp} = R r_{2n}, \quad dr_{zp} = r_{2n} dR \quad \text{и} \quad d^2 r_{zp} = r_{2n}^2 dR^2. \quad (3.3)$$

Подставляя принятые обозначения в уравнения (2.1) и (3.2), получим:

$$\frac{\partial t_{zp}^{cp}}{\partial \tau} = \frac{a}{r_{2n}^2} \left(\frac{\partial^2 t_{zp}^{cp}}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial t_{zp}^{cp}}{\partial R} \right), \quad Q_{zp,i,j}^{cp} = 2 \pi r_{2n}^2 c_{zp} \rho_{zp} \int_{\rho=1}^{\rho=\rho_{st}} (t_{zp,i,0}^{cp} - t_{zp,i,j}^{cp}) R dR. \quad (3.4, 3.5)$$

3.4 Задачи для самостоятельного решения

Задача 3.1 Сделать вывод дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в цилиндрическом массиве грунта на расчетном участке.

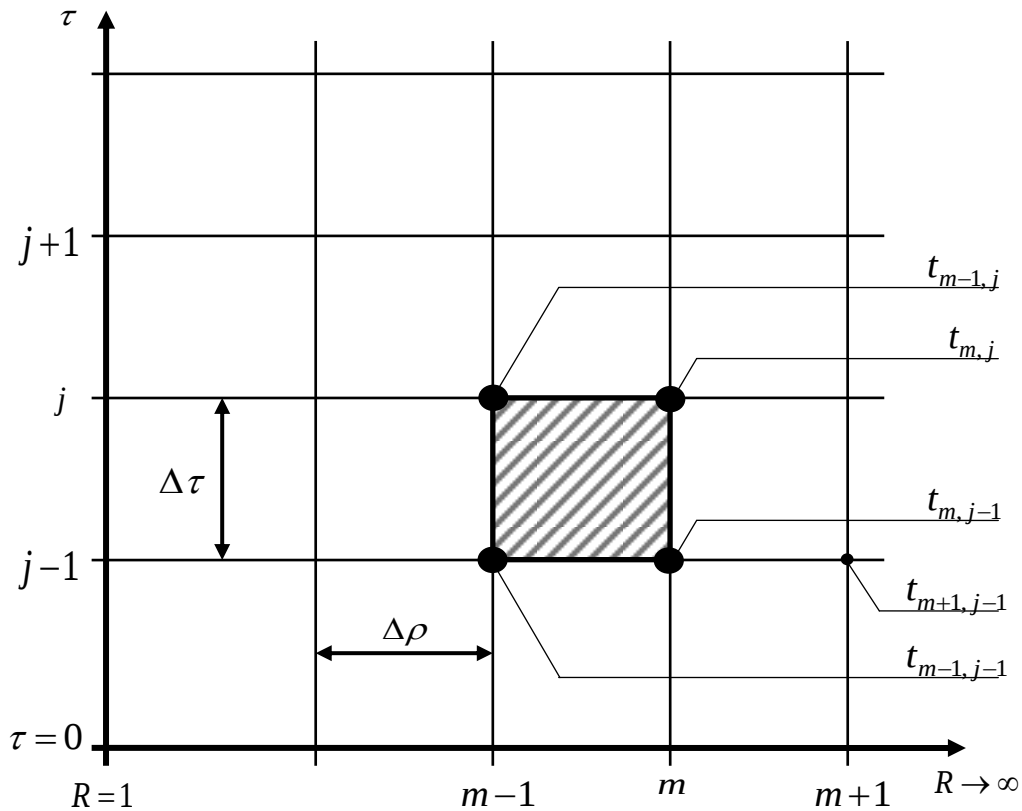
3.5 Вопросы к практическому занятию

1. Уравнение удельного теплового потока в грунте у поверхности наружной трубы скважины.
2. Уравнение удельного теплового потока в грунте у поверхности наружной трубы скважины.
3. Охарактеризовать понятие безразмерного радиуса грунта.

4.1 Теоретическая часть

Решение уравнений (3.1), (3.4) и (3.5) для определения распределения температур в призабойной зоне скважины и величины $q_{zp,i,j}^{cp}$ в явном виде невозможно. Поэтому поставленная задача решается методом последовательного приближения с применением конечно-разностных схем.

На рисунке 4.1 представлена принятая конечно-разностная схема по координатам $R - \tau$, для расчетного участка i .



ΔR – конечное приращение относительного радиуса цилиндрического слоя грунта вокруг трубопровода; m – число равных конечных приращений, на которые разбивается текущий относительный радиус цилиндрического слоя грунта вокруг трубопровода

Рисунок 4.1 – Конечно-разностная схема по координатам $R-\tau$, для расчетного участка i

По условиям задания R величина m меняется от $m=1$ при $r_{zp}=r_{2n}$ до $m=m_{\text{вл}}$ при $r_{zp}=r_{\text{вл}}$. При этом $R_m = m \cdot \Delta R$ – конечное приращение текущего радиуса, м; $\tau_j = j \cdot \Delta \tau$ – текущее время рассчитываемого этапа процесса нестационарной теплопроводности, с; j – число равных конечных отрезков времени ($\Delta \tau$), отсчитываемое от $\tau=0$ до τ_i ; $t_{m,j} = t_{zp,i,j}^{cp}$ при $R_m = m$ – текущая переменная температура грунта в момент времени j на текущем радиусе $R_m = m$ для расчетного участка i , °C.

Численные значения производных температуры грунта по времени j и по радиусу R_m :

– производная температуры по времени r для данного радиуса R_m

$$\frac{\partial t_{ep}^{cp}}{\partial \tau} = \frac{\Delta t_{m,j}^{\tau}}{\Delta \tau} = \frac{t_{m,j} - t_{m,j-1}}{\Delta \tau}; \quad (4.1)$$

– производная температуры грунта по радиусу R

$$\frac{\partial t_{ep}^{cp}}{\partial R} = \frac{\Delta t_{m,j-1}^R}{\Delta R} = \frac{t_{m+1,j-1} - t_{m,j-1}}{\Delta R}; \quad (4.2)$$

– вторая производная температуры грунта по радиусу R

$$\frac{\partial^2 t_{ep}^{cp}}{\partial R^2} = \frac{\Delta^2 t_{m,j-1}^R}{\Delta R^2} = \frac{(t_{m+1,j-1} - t_{m,j-1}) - (t_{m,j-1} - t_{m-1,j-1})}{\Delta R^2}; \quad \frac{\Delta^2 t_{m,j-1}^R}{\Delta R^2} = \frac{\Delta t_{m,j-1}^R - \overline{\Delta t}_{m-1,j}^R}{\Delta R^2}. \quad (4.3)$$

В приведенных уравнениях приняты следующие обозначения приращения температуры:

$$\Delta t_{m,j}^{\tau} = t_{m,j} - t_{m,j-1}; \quad \Delta t_{m,j-1}^R = t_{m+1,j-1} - t_{m,j-1}; \quad \overline{\Delta t}_{m-1,j}^R = t_{m,j-1} - t_{m-1,j-1}. \quad (4.4)$$

Подставляя полученные численные значения производных и обозначения разности температур грунта в уравнение (3.4), получим:

$$\Delta t_{m,j}^{\tau} = \frac{a \cdot \Delta \tau}{r_{2H}^2} \left(\frac{\Delta t_{m,j-1}^R - \overline{\Delta t}_{m-1,j}^R}{\Delta R^2} + \frac{1}{R_m} \frac{\Delta t_{m,j-1}^R}{\Delta R} \right). \quad (4.5)$$

Учитывая, что $\Delta R = 1$, а $R_m = m$, преобразуем уравнение (4.4) с учетом обозначений (4.3) в расчетное уравнение:

$$t_{m,j} = t_{m,j-1} + \frac{a \cdot \Delta \tau}{r_{2H}^2} \left(\Delta t_{m,j-1}^R - \overline{\Delta t_{m-1,j}^R} + \frac{1}{m} \Delta t_{m,j-1}^R \right), \quad (4.6)$$

которое после соответствующих преобразований будет иметь вид:

$$t_{m,j} = t_{m,j-1} + M \left[\left(1 + \frac{1}{m} \right) t_{m+1,j-1} - \left(2 + \frac{1}{m} \right) t_{m,j-1} + t_{m-1,j-1} \right], \quad (4.7)$$

где $M = \frac{a \cdot \Delta \tau}{r_{2H}^2}$ – постоянный коэффициент.

Подставляя принятые выше обозначения в уравнения (3.1) и (3.5), получим:

$$q_{zp,j}^{cp} = \frac{2\pi r_{2H}^2 c_{zp} \rho_{zp}}{\Delta \tau} \left[\sum_{m=1}^{m=m_{\text{гз}}} (t_{zp,0}^{cp} - t_{m,j}) R_m \Delta R - \sum_{m=1}^{m=m_{\text{гз}}} (t_{zp,0}^{cp} - t_{m,j-1}) R_m \Delta R \right]. \quad (4.8)$$

После соответствующих преобразований получим конечно-разностное уравнение теплового потока при теплопроводности в грунте:

$$q_{zp,j}^{cp} = \frac{2\pi r_{2H}^2 c_{zp} \rho_{zp}}{\Delta \tau} \sum_{m=1}^{m=m_{\text{гз}}} \Delta t_{m,j} R_m \Delta R. \quad (4.9)$$

$\Delta t_{m,j}$ – изменение температуры грунта на радиусе R_m за время $\Delta \tau$ в момент времени j равно: $\Delta t_{m,j} = t_{m,j-1} - t_{m,j}$, $^{\circ}\text{C}$.

Для уменьшения погрешности вычислений, особенно при больших значениях конечных разностей – $\Delta \tau$, ΔR и др., можно использовать сред-

ную разность температур в интервале от R_{m-1} до R_m и вычисление площади сечения кольцевого слоя грунта по геометрическим характеристикам. Вводя новые обозначения, получим:

$$\Delta t_{m,j}^{cp} = 0,5(\Delta t_{m,j} + \Delta t_{m-1,j}), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.10)$$

где
$$\Delta t_{m-1,j} = t_{m-1,j-1} - t_{m-1,j}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.11)$$

Площадь кольцевого сечения ($2\pi R_m \Delta R$) заменяется выражением

$$F_{\kappa c} = \pi(R_m^2 - R_{m-1}^2) = \pi[m^2 - (m-1)^2] = \pi(2m-1). \quad (4.12)$$

Подставляя принятые новые обозначения (4.10) и (4.11) в уравнение (4.12), получим окончательно расчетное уравнение:

$$q_{\varepsilon p i, j}^{cp} = \frac{\pi r_{2n}^2 c_{\varepsilon p} \rho_{\varepsilon p}}{2 \Delta \tau} \sum_{m=2}^{m=m_{\text{вн}}} (2m-1) (\Delta t_{m,j} + \Delta t_{m-1,j}). \quad (4.13)$$

При выполнении расчетов по уравнениям (4.6) и (4.13) необходимо учитывать следующие начальные и граничные условия: при $\tau=0$ и $j=0$ $t_{m,0} = t_{0,j}^{cp}$; при $m=1$ $t_{1,j} = t_{2\theta i, j}^{cp} = t_{\varepsilon p i, j}^{cp}$; при $m=1$ соблюдается равенство удельных тепловых потоков на границе между грунтом и наружной трубой скважины — $q_{TC2i, j}^{cp} = q_{\varepsilon p i, j}^{cp}$

4.6 Задачи для самостоятельного решения

Задача 4.1. На основе конечно-разностной схемы изменения температуры по координатам $R-\tau$ определить значения производных температуры грунта по времени j и по радиусу R_m :

– производную температуры по времени r для данного радиуса R_m ;

- производную температуры грунта по радиусу R ;
- вторую производную температуры грунта по радиусу R .

4.7 Вопросы к практическому занятию

1. Охарактеризовать конечно-разностную схему изменения температуры по координатам $R-\tau$.

Практические занятия

СОСТАВЛЕНИЕ БЛОК-СХЕМЫ РАСЧЕТА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

5.1 Теоретическая часть

а) Исходные данные для расчета:

1. Характеристики скважины: внутренняя труба: $d_{1в}$, м; $d_{1н}$, м; λ_1 , Вт/(м К); наружная труба: $d_{2в}$, м; $d_{2н}$, м; λ_2 , Вт/(м К); обратная вода из теплосети: $t_{TC20,j}$, °С; W_2 , м/с (или m , кг/с); глубина скважины: z , м.

2. Характеристика грунта: Gr , К/м; $c_{зр}$, Дж/(кг К); $\rho_{зр}$, кг/м³; $\lambda_{зр}$, Вт/(м К); $t_n = t_{зр0,j}$, °С.

3. Задаваемые предварительно значения конечных разностей: Δz – длина отдельного расчетного участка, м; i – порядковый номер текущего расчетного участка, откуда глубина расположения расчетного участка $z_i = i \cdot \Delta z$, м; $\Delta \tau$ – продолжительность отдельного текущего отрезка времени, с; j – порядковый номер отдельного текущего отрезка времени, откуда текущее время $\tau_j = j \cdot \Delta \tau$, с; ΔR – конечное приращение относительного радиуса цилиндрического слоя грунта. По условию задания величины ρ , $\Delta R = 1$; m – порядковый номер текущего относительного радиуса цилиндрического слоя грунта, откуда $R_m = m \cdot \Delta R = m$.

б) Общая характеристика методики расчета геотермальной скважины:

1. Задачей расчета является определение температуры горячей воды теплосети на выходе из геотермальной скважины $t_{TC10,j}$ и связанной с ней тепловой мощности скважины по уравнению:

$$Q_{2TCj} = m \cdot c_s \cdot (t_{TC10,j} - t_{TC20,j}), \text{ Вт.} \quad (5.1)$$

Для анализа применения тепловой мощности скважины с течением времени, необходимо так же определить изменение температуры грунта в призабойной зоне скважины и изменение радиуса зоны влияния скважины на грунт $r_{\text{вл}}$ с течением времени и по глубине скважины.

2. Расчет скважины производится для каждого расчетного момента времени j , по каждому расчетному участку отдельно, начиная с $i = 1$, при этом температура $t_{TC20,j}$ задается в исходных данных, а температура $(t_{TC10,j})_1$ предварительно принимается по условию:

при $j = 0$ и $i = 0$

$$(t_{TC10,0})_1 = t_{TC20,0} + 0,7Grz_{\kappa}; \quad (5.2)$$

при остальных значениях j и при $i = 0$

$$(t_{TC10,j})_1 = t_{TC10,j-1}. \quad (5.3)$$

Задачей на расчетном участке является определение температур $t_{TC2i,j}$ и $t_{TC1i,j}$ для каждого расчетного участка i .

Расчет заканчивается на участке $i = \kappa$ и $z = z_{\kappa}$. После этого выполняется проверка по уравнению:

$$|t_{TC1\kappa,j} - t_{TC2\kappa,j}| \leq \varepsilon, \quad (5.4)$$

где ε – очень малая, наперед заданная величина, $\varepsilon = 10^{-4} \div 10^{-6}$, °C.

Если условие (5.2) не соблюдается, то принимается следующее приближение величин по уравнению:

$$(t_{TC1_{0,j}})_3 = \frac{(t_{TC1_{0,j}})_2 \Delta t_1 + (t_{TC1_{0,j}})_1 \Delta t_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2}, \quad (5.5)$$

где

$$\Delta t_1 = |(t_{TC1_{\kappa,j}})_1 - (t_{TC2_{\kappa,j}})_1|, \quad \Delta t_2 = |(t_{TC1_{\kappa,j}})_2 - (t_{TC2_{\kappa,j}})_2| \quad (5.6, 5.7)$$

задается новое значение $(t_{TC1_{0,j}})_2$ по уравнению:

$$(t_{TC1_{0,j}})_2 = (t_{TC1_{0,j}})_1 - 0,2[(t_{TC1_{\kappa,j}})_1 - (t_{TC1_{\kappa,j}})_2], \quad (5.8)$$

после чего расчет повторяется от $i=1$ до $i=\kappa$ до соблюдения условия (5.2) и заканчивается определением величины Q_{2TC_j} по уравнению (5.1).

5.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 5.1 Составить блок-схему алгоритма расчета отдельного участка геотермальной скважины.

Пример дан в приложении А.

5.3 Вопросы к практическому занятию

1. Как определяются площади сечения внутренней трубы и кольцевого пространства.
2. Как определяется эквивалентный диаметр кольцевого пространства.
3. Как определяется плотность сетевой воды при средней температуре воды на расчетном участке.

6.1 Теоретическая часть

Методика расчета отдельного участка геотермальной скважины

1. Для участка скважины i в момент времени j из расчета предыдущего участка $(i-1)$ известны величины $t_{TC2_{i-1,j}}$ и $t_{TC1_{i-1,j}}$. Задачей расчета является определение температур $t_{TC2_{i,j}}$ и $t_{TC1_{i,j}}$, а также распределение температур в призабойной зоне скважины.

Предварительно принимается значение

$$(t_{TC2_{i,j}})_1 = 0,5(t_{TC2_{i-1,j}} + t_{\varepsilon p_{i,j-1}}^{cp}). \quad (6.1)$$

Вычисляют значение $t_{TC2_{i,j}}^{cp}$ по уравнению $t_{TC2_{i,j}}^{cp} = 0,5(t_{TC2_{i,j}} + t_{TC2_{i-1,j}})$, °С, плотность $\rho_{\varepsilon 2}$ по уравнению $\rho_{\varepsilon i,j}^{cp} = 988 - 0,71(t_{i,j}^{cp} - 50)$ кг/м³, скорость воды $W_{2_{i,j}}$ по уравнению $W_{2_{i,j}} = \frac{4m}{\pi(d_{2\phi}^2 - d_{1н}^2)\rho_{2\phi i,j}}$, м/с и коэффициент теплоотдачи $\alpha_{2_{i,j}}$ по эмпирическому уравнению $\alpha_{2_{i,j}}^{cp} = \kappa \left[1430 + 23,3t_{2_{i,j}}^{cp} - 0,048(t_{2_{i,j}}^{cp})^2 \right] \frac{W_{2_{i,j}}^{0,8}}{d_{2\phi}^{0,2}}$.

2. Предварительно производится расчет нестационарной теплопроводности в призабойной зоне скважины.

Принимается предварительно значение температуры грунта на поверхности наружной трубы скважины (при $m=1$)

$$(t_{2\phi i,j}^{cp})_1 = (t_{\varepsilon p_{i,j}}^{cp})_1 = 0,5[t_{\varepsilon p_{i,j-1}}^{cp} + (t_{TC2_{i,j}}^{cp})_1]. \quad (6.2)$$

Расчет температур грунта $t_{m,j}$ ведется по уравнению (4.7) от $m=2$ до $m=m_{\phi l}$, с учетом того, что $t_{1,j} = (t_{\varepsilon p_{i,j}}^{cp})_1$. При этом величина $m_{\phi l}$ определяется по условию:

$$\left| t_{\varepsilon p_{0,j}}^{cp} - t_{m_{\phi l,j}} \right| \leq \Delta t_3. \quad (6.3)$$

Значение m , при котором это условие выполняется, есть величина $m_{\text{вл}}$, а радиус влияния равен:

$$r_{\text{вл}} = m_{\text{вл}} d_{2\text{н}}. \quad (6.4)$$

Определяется удельный тепловой поток на расчетном участке от грунта к поверхности наружной трубы скважины $(q_{\text{э}p_{i,j}}^{\text{cp}})_1$ по уравнению (3.13), где

$$\Delta t_{m,j} = t_{m,j-1} - t_{m,j}, \quad \Delta t_{m-1,j} = t_{m-1,j-1} - t_{m-1,j}.$$

Определяется удельный тепловой поток от внутренней поверхности наружной трубы к воде $(q_{2\theta_{i,j}}^{\text{cp}})_1$ по уравнению $q_{\text{TC}2_{i,j}}^{\text{cp}} = \alpha_{2_{i,j}}^{\text{cp}} \pi d_{2\theta} (t_{2\theta_{i,j}}^{\text{cp}} - t_{\text{TC}2_{i,j}}^{\text{cp}})$, Вт/м.

Производится проверка расчета по условию:

$$\left| (q_{\text{э}p_{i,j}}^{\text{cp}})_1 - (q_{2\theta_{i,j}}^{\text{cp}})_1 \right| \leq \varepsilon, \quad (6.5)$$

где $\varepsilon = 10^{-4} \div 10^{-6}$ Вт/м, наперед заданная малая величина.

Если условие (6.5) не соблюдается, то принимается новое значение температуры грунта при $m = 1$:

$$(t_{2\theta_{i,j}}^{\text{cp}})_2 = (t_{\text{э}p_{i,j}}^{\text{cp}})_2 = (t_{\text{TC}2_{i,j}}^{\text{cp}})_1 + \frac{q_{\text{э}p_{i,j-1}}^{\text{cp}}}{\alpha_{2_{i,j}}^{\text{cp}} \pi d_{2\theta}}. \quad (6.6)$$

После этого расчет теплопроводности в грунте повторяют до выполнения условия (6.6). По окончании расчета принимают последние полученные значения $t_{2\theta_{i,j}}^{\text{cp}}$ и $q_{2\theta_{i,j}}^{\text{cp}}$.

Расчетный участок геотермальной скважины

Схема расчетного участка геотермальной скважины представлена на рисунке 6.1.

Принятые обозначения на рисунке 6.1:

$d_{1в}, d_{1н}$ – внутренний и наружный диаметр внутренней подъемной трубы скважины, м;

$d_{2в}, d_{2н}$ – внутренний и наружный диаметр наружной опускной трубы скважины, м;

W_1, W_2 – скорость движения горячей воды теплосети во внутренней трубе и в кольцевом пространстве опускной трубы, м/с;

m – расход сетевой воды в скважине, кг/с;

$t_{TC1_{i-1,j}}, t_{TC1_{i,j}}$ – температура прямой сетевой воды в подъемной трубе в начале и в конце расчетного участка, °C;

$t_{TC2_{i-1,j}}, t_{TC2_{i,j}}$ – то же в кольцевом пространстве опускной трубы;

$t_{TC1_{i,j}}^{cp}, t_{TC2_{i,j}}^{cp}$ – средняя температура прямой и обратной сетевой воды на расчетном участке, определяемая по уравнениям:

$$\begin{aligned} t_{TC1_{i,j}}^{cp} &= 0,5(t_{TC1_{i,j}} + t_{TC1_{i-1,j}}), \text{ } ^\circ\text{C}, \\ t_{TC2_{i,j}}^{cp} &= 0,5(t_{TC2_{i,j}} + t_{TC2_{i-1,j}}), \text{ } ^\circ\text{C}, \end{aligned} \quad (6.7)$$

$q_{TC1_{i,j}}^{cp}$ – средний удельный тепловой поток на расчетном участке при теплообмене между прямой горячей водой теплосети в подъемной трубе и нагреваемой обратной водой теплосети в опускной трубе, рассчитанный на 1 погонный метр трубы, Вт/м;

$q_{TC2_{i,j}}^{cp}$ – средний удельный тепловой поток на расчетном участке, передаваемый через наружную трубу нагреваемой воде от грунта, Вт/м;

$q_{zp_i,j}^{cp}$ – средний удельный тепловой поток на расчетном участке, передаваемый теплопроводностью от грунта к наружной поверхности трубы скважины, Вт/м.

По условию баланса тепла:

$$q_{zp_i,j}^{cp} = q_{TC2i,j}^{cp} \cdot \quad (6.8)$$

Учитывая также малое термическое сопротивление стальной стенки наружной трубы геотермальной скважины, можно принять:

$$t_{2\theta i,j}^{cp} = t_{2n i,j}^{cp} = t_{zp_i,j}^{cp} \quad (6.9)$$

при радиусе грунта $r_{zp} = r_{2n}$;

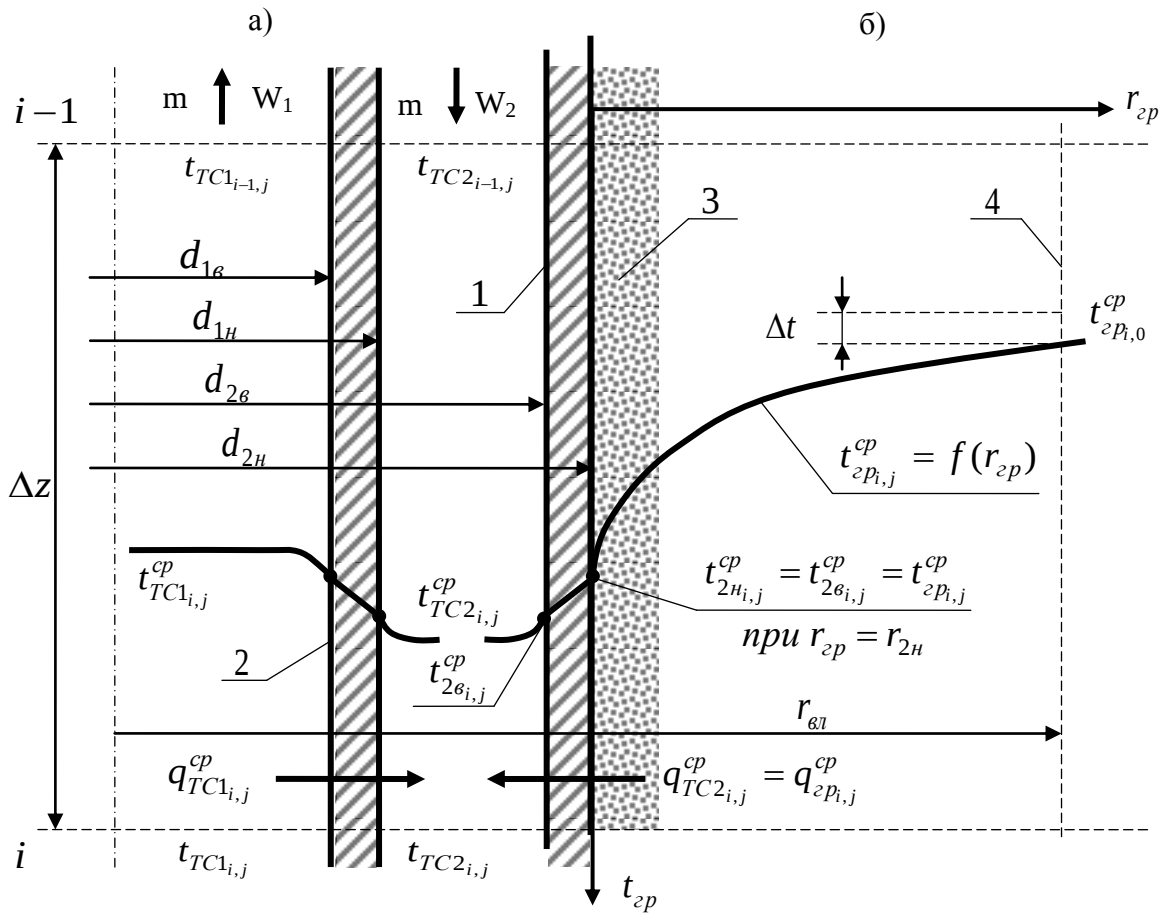
Δt_3 – наперед заданная малая разность температур, между текущей температурой грунта $t_{zp_i,j}$ для текущего радиуса цилиндрического слоя грунта вокруг скважины r_{zp} и постоянной средней температурой грунта на расчетном участке при $r \rightarrow \infty$, определяющая границу зоны влияния геотермальной скважины на температуру грунта на расстоянии $r_{zp} = r_{\text{вл}}$ по уравнению:

$$\Delta t = \left| t_{zp_i,0}^{cp} - t_{zp_i,j}^{cp}(r_{\text{вл}}) \right| \leq \Delta t_3. \quad (6.10)$$

В уравнениях (5.17) и (5.18) принято:

$$t_{zp_i,j}^{cp} = 0,5(t_{zp_i,j} + t_{zp_{i-1},j}), \quad (6.11)$$

при всех значениях радиуса цилиндрического слоя грунта вблизи скважины на расчетном участке.



а) - Схема текущего расчетного участка геотермальной скважины i в момент времени j ;

б) - Схематический график изменения температуры грунта в призабойной зоне скважины: 1 – внутренняя подъемная труба скважины; 2 – наружная опускная труба скважины; 3 – грунт в призабойной зоне скважины; 4 – граница зоны влияния скважины на температуру грунта в слое i , в момент времени j .

Рисунок 6.1 - Схема расчетного участка геотермальной скважины (а) и схематический график изменения температуры грунта в призабойной зоне скважины

1 Определение геометрических и гидродинамических характеристик трубопроводов скважины на расчетном участке

Площадь сечения внутренней трубы и кольцевого пространства определяются по уравнениям:

$$F_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d_{1\theta}^2, \text{ м}^2; \quad (6.12)$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{2\theta}^2 - d_{1\theta}^2), \text{ м}^2. \quad (6.13)$$

Эквивалентный диаметр кольцевого пространства равен:

$$d_{2\text{экв}} = \frac{4 \cdot F_2}{P} = \frac{4 \cdot \pi \cdot (d_{2\theta}^2 - d_{1\theta}^2)}{4 \cdot \pi \cdot (d_{1\theta} + d_{2\theta})} = d_{2\theta} - d_{1\theta}, \text{ м}. \quad (6.14)$$

Расход сетевой воды в скважине равен:

$$m = \rho_{1\theta_{i,j}}^{cp} \cdot F_1 \cdot W_1 = \rho_{2\theta_{i,j}} \cdot F_2 \cdot W_2, \text{ кг/с}, \quad (6.15)$$

где $\rho_{1\theta_{i,j}}^{cp}$, $\rho_{2\theta_{i,j}}$ – плотность сетевой воды при средней температуре воды на расчетном участке, кг/м^3 . В зависимости от средней температуры плотность воды на расчетном участке определяется с достаточной точностью в интервале температур 30 – 150 °С:

$$\rho_{\theta_{i,j}}^{cp} = 988 - 0,71 \cdot (t_{i,j}^{cp} - 50). \quad (6.16)$$

При принятом постоянном расходе m , скорости в сечениях трубопровода будут равны:

$$W_{1i,j} = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d_{1\theta}^2 \cdot \rho_{1\theta i,j}}, \text{ м/с;} \quad (6.17)$$

$$W_{2i,j} = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot (d_{2\theta}^2 - d_{1n}^2) \cdot \rho_{2\theta i,j}}, \text{ м/с.} \quad (6.18)$$

2 Основные уравнения для теплового расчета трубопровода скважины на расчетном участке

Весь тепловой расчет ведется для 1 погонного метра трубопровода на расчетном участке с использованием только средней температуры грунта.

Средний удельный тепловой поток от воды внутренней трубы скважины к обратной сетевой воде в кольцевом пространстве между трубами равен по уравнению теплопередачи:

$$q_{TC1i,j}^{cp} = \kappa_{1i,j}^{cp} \cdot (t_{TC1i,j}^{cp} - t_{TC2i,j}^{cp}), \text{ Вт/м.} \quad (6.19)$$

Этот же тепловой поток по уравнению теплового баланса равен:

$$q_{TC1i,j}^{cp} = m \cdot c_{\theta} \cdot (t_{TC1i,j} - t_{TC1i-1,j}) \cdot \frac{1}{\Delta z}, \text{ Вт/м.} \quad (6.20)$$

Тепловой поток за счет теплоотдачи от внутренней поверхности наружной трубы к обратной сетевой воде в кольцевом пространстве равен:

$$q_{TC2i,j}^{cp} = \alpha_{2i,j}^{cp} \cdot \pi \cdot d_{2\theta} \cdot (t_{2\theta i,j}^{cp} - t_{TC2i,j}^{cp}), \text{ Вт/м.} \quad (6.21)$$

Уравнение теплового баланса для обратной сетевой воды в кольцевом пространстве имеет вид:

$$q_{TC2_{i,j}}^{cp} = q_{TC1_{i,j}}^{cp} + q_{2\theta_{i,j}}^{cp} = m \cdot c_{\theta} \cdot (t_{TC2_{i,j}} - t_{TC2_{i-1,j}}) \cdot \frac{1}{\Delta z}, \text{ Вт/м.} \quad (6.22)$$

В уравнениях (6.18) – (6.22) приняты следующие обозначения:

$\kappa_{1_{i,j}}^{cp}$ – средний коэффициент теплопередачи для внутренней трубы на расчетном участке i в момент времени j , Вт/(м К), определяемый для цилиндрической стенки по уравнению:

$$\kappa_{1_{i,j}}^{cp} = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_{1_{i,j}}^{cp} \cdot d_{1\theta}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{d_{1H}}{d_{1\theta}} + \frac{1}{\alpha_{2_{i,j}}^{cp} \cdot d_{1H_{i,j}}}}; \quad (6.23)$$

$\alpha_{1_{i,j}}^{cp}$, $\alpha_{2_{i,j}}^{cp}$ – соответственно, средние коэффициенты теплоотдачи от воды к стенке внутренней трубы и от стенки к воде в кольцевом пространстве, Вт/(м² К). Для воды теплосетей в пределах изменения температур от 30 до 150 °С коэффициенты теплоотдачи могут быть определены по упрощенным уравнениям:

$$\alpha_{1_{i,j}}^{cp} = \kappa \cdot \left[1430 + 23,3 \cdot t_{TC1_{i,j}}^{cp} - 0,048 \cdot (t_{TC1_{i,j}}^{cp})^2 \right] \cdot \frac{w_{1,j}^{0,8}}{d_{1\theta}^{0,2}}; \quad (6.24)$$

$$\alpha_{2_{i,j}}^{cp} = \kappa \cdot \left[1430 + 23,3 \cdot t_{2_{i,j}}^{cp} - 0,048 \cdot (t_{2_{i,j}}^{cp})^2 \right] \cdot \frac{w_{2,j}^{0,8}}{d_{2\theta_{жв}}^{0,2}}; \quad (6.25)$$

κ – поправочный коэффициент на состояние поверхности материала стенки трубы. Для стальных труб $\kappa=1,0$; для труб из полимерных материалов $\kappa=0,85$;

$d_{2экв}$ – эквивалентный диаметр кольцевого сечения между внутренней и наружной трубой скважины, м;

c_g – теплоемкость воды в теплосети, Дж/(кг К). Для воды теплосетей в пределах температур 30 – 150 °С с достаточной точностью можно принять $c_g = 4208$ Дж/(кг К);

λ_1 – коэффициент теплопроводности материала стенки внутренней трубы, Вт/(м К).

6.4 Задачи для самостоятельного решения

Задача 6.1 Составить блок-схему алгоритма для теплового расчета трубопровода скважины на расчетном участке.

Пример дан в приложении Б.

6.5 Вопросы к практическому занятию

1. Как определяются средние коэффициенты теплоотдачи от воды к стенке внутренней трубы и от стенки к воде в кольцевом пространстве.
2. Как определяется средний коэффициент теплопередачи для внутренней трубы на расчетном участке i в момент времени j .

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

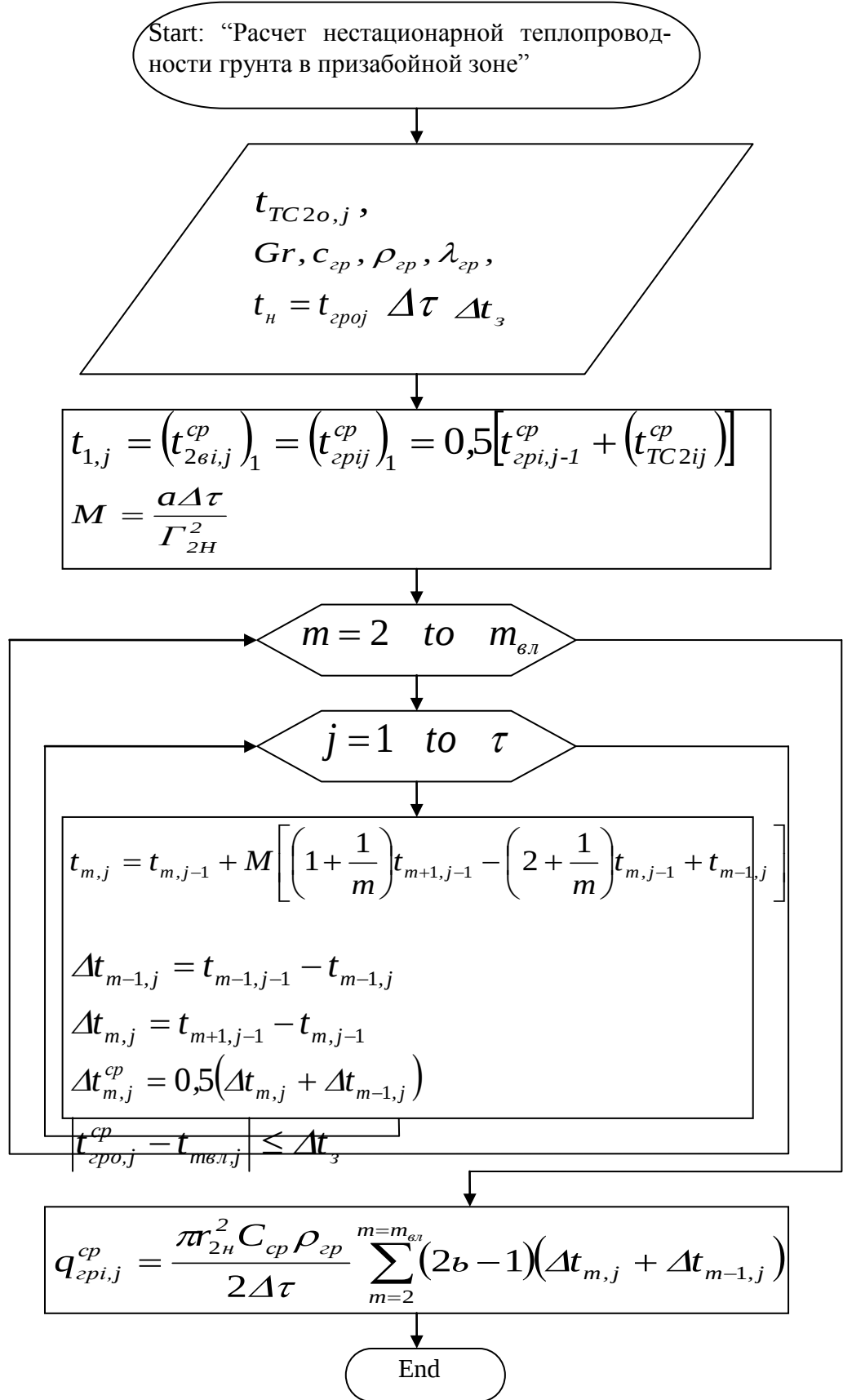
1. Перечень основной литературы:

3. Малышев, В. С. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Холод и энергосбережение / В. С. Малышев, С. П. Пантеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 96 с.
4. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебник / А. Б. Гаряев, И. В. Яковлев, А. В. Клименко [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2021. — 504 с.

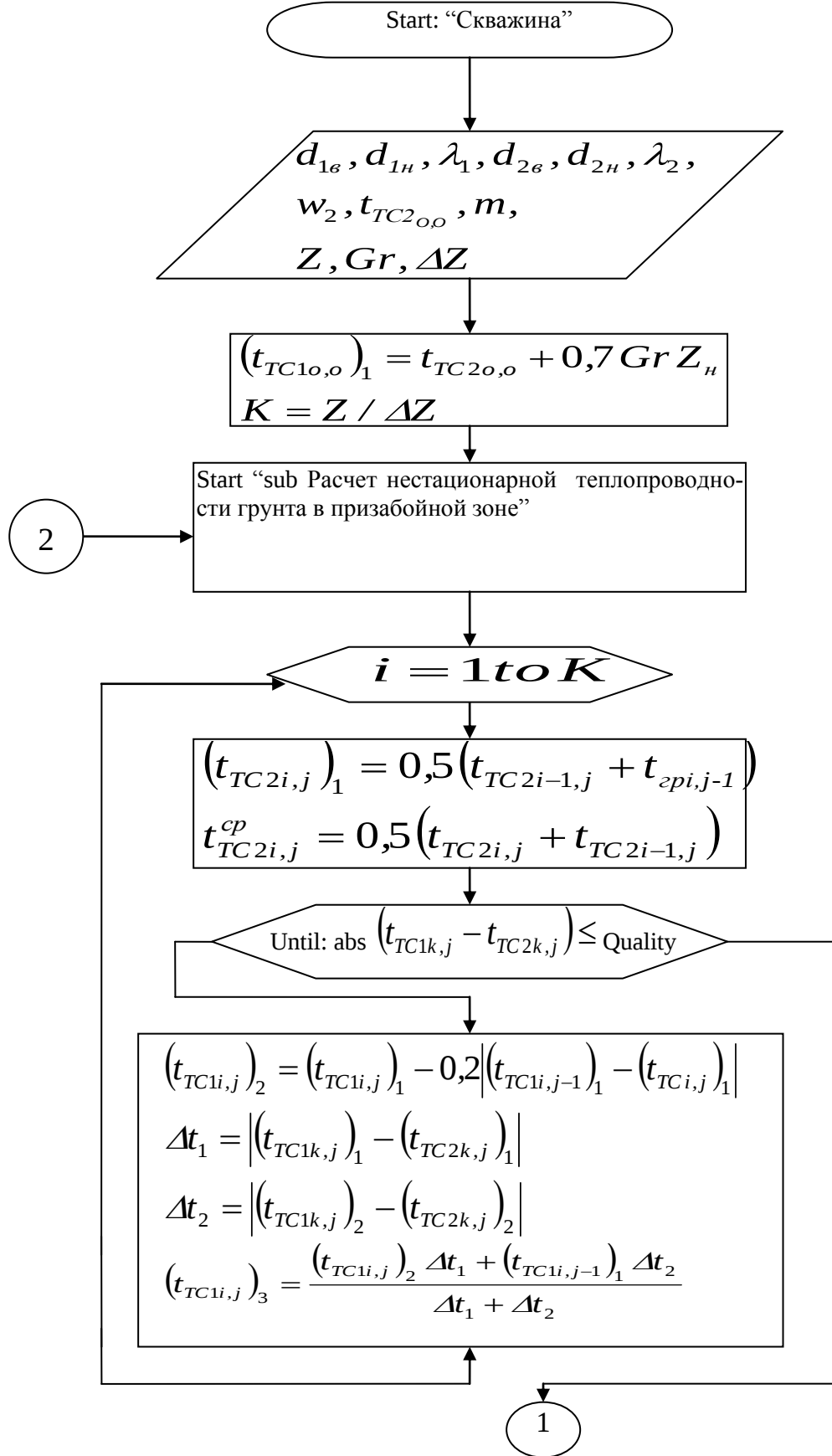
2. Перечень дополнительной литературы:

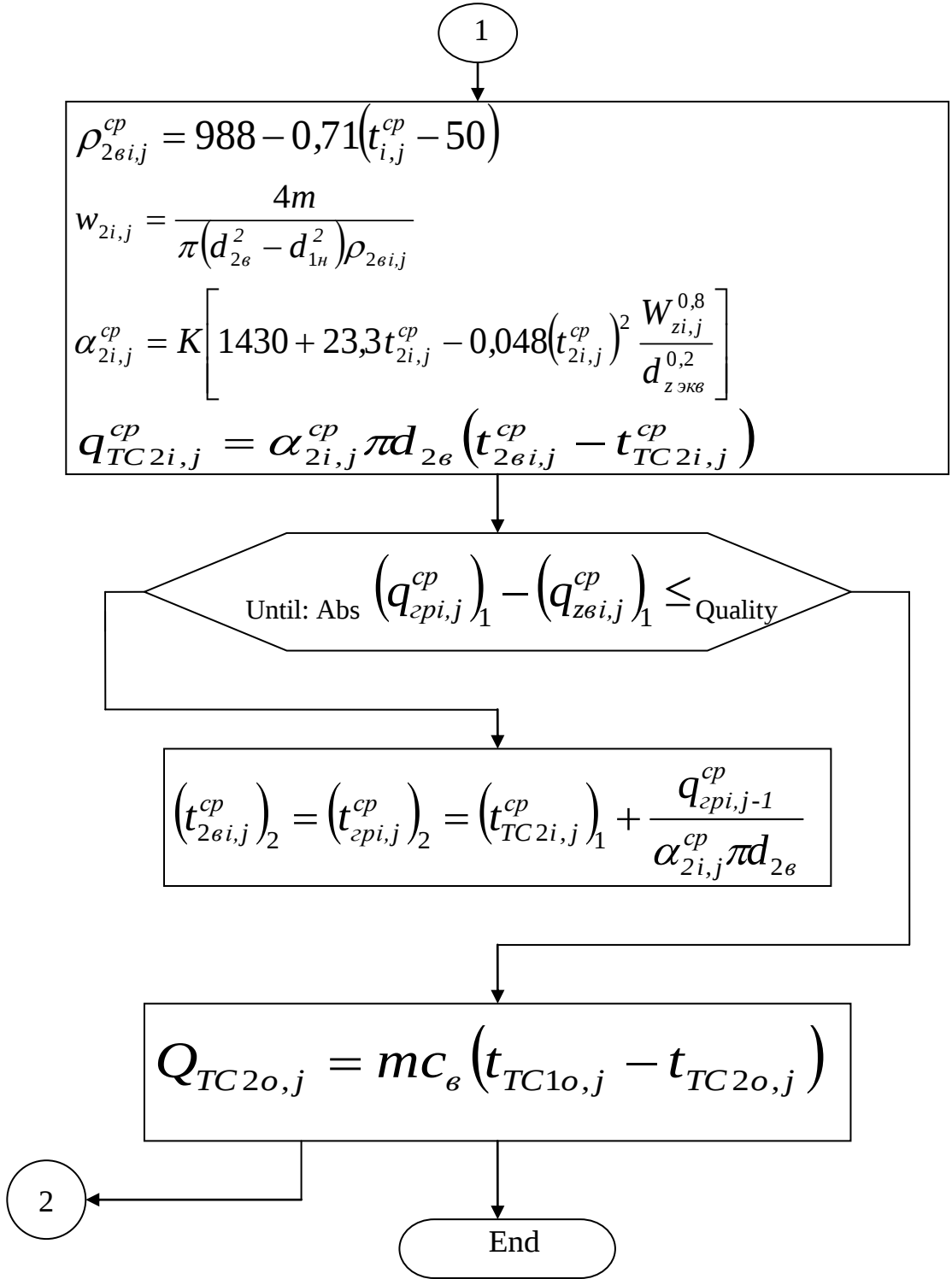
3. Башмаков И. А. Региональная политика повышения энергетической эффективности: от проблем к решениям. Часть 1 и 2. М., Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), 1998 г.
4. Стоянов Н.И. Энергосбережение (Энергоаудит. Использование вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников энергии) (монография). Издательство ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет. Ставрополь, 2008. – 162 с.
3. Гордеев А.С., Огородников Д.Д., Юдаев И.В. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Лань, 2014. – 384 с..
4. Протасевич А.М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Лань, 2012. – 286 с.

Приложение А



Приложение Б





**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе студентов

по дисциплине

Современные энергоэффективные технологии для систем теплоснабже-
ния, газоснабжения и теплоисточников

по направлению 08.04.01 «Строительство»

направленность (профиль) «Теплогазоснабжение населенных мест и пред-
приятий»

В современный период востребованы высокий уровень знаний, академическая и социальная мобильность, профессионализм специалистов, готовность к самообразованию и самосовершенствованию. В связи с этим должны измениться подходы к планированию, организации учебно-воспитательной работы, в том числе и самостоятельной работы аспирантов. Прежде всего, это касается изменения характера и содержания учебного процесса, переноса акцента на самостоятельный вид деятельности, который является не просто самоцелью, а средством достижения глубоких и прочных знаний, инструментом формирования у аспирантов активности и самостоятельности.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности учебного процесса, в том числе благодаря самостоятельной работе, в которой студент становится активным субъектом обучения, что означает:

- способность занимать в обучении активную позицию;
- готовность мобилизовать интеллектуальные и волевые усилия для достижения учебных целей;
- умение проектировать, планировать и прогнозировать учебную деятельность;
- привычку инициировать свою познавательную деятельность на основе внутренней положительной мотивации;
- осознание своих потенциальных учебных возможностей и психологическую готовность составить программу действий по саморазвитию.

Код реализуемых компетенций	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки
ПК – 1 ПК - 8	Самостоятельное изучение тем дисциплины № 1-8, согласно рекомендуемым источникам информации.	Конспект лекций	Собеседование
ПК – 1 ПК - 8	Подготовка к лекциям	Конспект лекций	Собеседование
ПК – 1 ПК - 8	Подготовка к практическим занятиям по темам № 1-8	Отчет по практическим занятиям	Собеседование
ПК – 1 ПК - 8	Выполнение расчетно-графической работы на тему: «Проект производственно-отопительной котельной»	Расчетно-графическая работы	Защита расчетно-графической работы
Итого			

Виды самостоятельной работы студентов

Репродуктивная самостоятельная работа

Самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы, прослушивание лекций, магнитофонных записей, заучивание, пересказ, запоминание, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала и др.

Познавательно-поисковая самостоятельная работа

Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам, написание рефератов, контрольных, курсовых работ и др.

Творческая самостоятельная работа

Написание рефератов, научных статей, участие в научно-исследовательской работе, подготовка дипломной работы (проекта). Выполнение специальных заданий и др., участие в научной конференции.

Организация и контроль самостоятельной работы

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентов необходимо планирование и контроль со стороны преподавателей. Аудиторная самостоятельная работа выполняется студентами на лекциях, семинарских занятиях, и, следовательно, преподаватель должен заранее выстроить систему самостоятельной работы, учитывая все ее формы, цели, отбирая учебную и научную информацию и средства (методических) коммуникаций, продумывая роль студента в этом процессе и свое участие в нем.

Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Не умаляя значения аудиторной самостоятельной работы, в данных методических рекомендациях акцентируется внимание на проблемах, связанных с внеаудиторной самостоятельной работой и ее организацией. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов (далее самостоятельная работа) – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Она включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к комплексным экзаменам и зачетам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной (дипломной) работы (проекта);
- работу в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и др.;
- участие в работе факультативов, спецсеминаров и т.п.;
- участие в научной и научно-методической работе кафедры;
- участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и т.п.;
- другие виды деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, или кафедрой.

Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение студентами следующих этапов:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи;
- выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения);
- планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи;

- реализация программы выполнения самостоятельной работы.

Методические советы и рекомендации к заданиям

Все типы заданий, выполняемых студентами, в том числе в процессе самостоятельной работы, так или иначе содержат установку на приобретение и закрепление определенного Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования объема знаний и уровня компетенций, а также на формирование в рамках этих знаний некоторых навыков мыслительных операций - умения оценивать, анализировать, сравнивать, комментировать и т.д. Некоторые задания требуют пояснения:

1. Прокомментировать высказывание - объяснить, какая идея заключена в отрывке, о какой позиции ее автора она свидетельствует.
2. Сравнить – выявить сходство и различие позиций по определенным признакам.
3. Обосновать один из нескольких предложенных вариантов ответа – привести аргументы в пользу правильности выбранного варианта ответа и указать, в чем ошибочность других вариантов.
4. Аргументировать (обосновать, доказать, объяснить) ответ – значит: а) оправдать (опровергнуть) некоторую точку зрения; б) обосновать свою точку зрения, опираясь на теоретические или практические обобщения, данные и т.д.
5. Провести анализ – разложить изучаемые явления на составные части, сопоставить их с целью выявления в них существенного, необходимого и определяющего.
6. Тезисно изложить идею, концепцию, теорию – используя материал учебных пособий и другой литературы, кратко, но не в ущерб содержанию сформулировать основные положения учения.
7. Дать характеристику, охарактеризовать явления – значит назвать существенные, необходимые признаки какого-либо явления (положения какой-либо теории) и выявить особенности.
8. Изобразить схематически – значит раскрыть содержание ответа в виде таблицы, рисунка, диаграммы и других графических форм.

Работа с литературой

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой ко всем видам занятий: семинарским, практическим, при подготовке к зачетам, экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них – самый известный – метод повторения: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод – метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно произвести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей.

Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План – первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющие последовательность изложения материала.

План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в следующем.

Во-первых, план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения.

Во-вторых, план позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.

В-третьих, план позволяет – при последующем возвращении к нему – быстрее обычного вспомнить прочитанное.

В-четвертых, с помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т. д.

Выписки – небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отдельные абзацы, а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного.

Выписки представляют собой более сложную форму записей содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора, статистические и даталогические сведения. В отдельных случаях — когда это оправданно с точки зрения продолжения работы над текстом – вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким к дословному. Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. Во-первых, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. Во-вторых, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. В-третьих, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования. Исходя из сказанного, нетрудно выявить основное преимущество тезисов: они незаменимы для подготовки глубокой и всесторонней аргументации письменной работы любой сложности, а также для подготовки выступлений на защите, докладов и пр. Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация. Характерной особенностью аннотации наряду с краткостью и обобщенностью ее содержания является и то, что пишется аннотация всегда после того, как (хотя бы в предварительном порядке) завершено ознакомление с содержанием исходного источника информации. Кроме того, пишется аннотация почти исключительно своими словами и лишь в крайне редких случаях содержит в себе небольшие выдержки оригинального текста. Резюме – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем

практически не встречаются. Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему. Для работы над конспектом следует: определить структуру конспектируемого материала, чему в значительной мере способствует письменное ведение плана по ходу изучения оригинального текста; в соответствии со структурой конспекта произвести отбор и последующую запись наиболее существенного содержания оригинального текста — в форме цитат или в изложении, близком к оригиналу; выполнить анализ записей и на его основе – дополнение записей собственными замечаниями, соображениями, "фактурой", заимствованной из других источников и т. п. (располагать все это следует на полях тетради для записей или на отдельных листах-вкладках); завершить формулирование и запись выводов по каждой из частей оригинального текста, а также общих выводов.

Систематизация изученных источников позволяет повысить эффективность их анализа и обобщения. Итогом этой работы должна стать логически выстроенная система сведений по существу исследуемого вопроса.

Необходимо из всего материала выделить существующие точки зрения на проблему, проанализировать их, сравнить, дать им оценку.

Кстати, этой процедуре должны подвергаться и материалы из Интернета во избежание механического скачивания готовых текстов. В записях и конспектах студенту очень важно указывать названия источников, авторов, год издания. Это организует его, а главное, пригодится в последующем обучении. Безусловно, студент должен взять за правило активно работать с литературой в библиотеке не только СКФУ, но и в других, библиотеках, используя, в том числе, их компьютерные возможности (электронная библиотека в сети Интернет).

Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам.

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке СКФУ, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Помимо учебной, научной литературы студентами должны активно использоваться хрестоматии – сборники текстов, иллюстрирующих содержание учебника, а также словари, справочники. В хрестоматиях собраны материалы, которые позволяют расширить кругозор. При подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам следует в полной мере использовать академический курс учебника, рекомендованного преподавателем. Они дают более углубленное представление о проблемах, получивших систематическое изложение в учебнике. Работа с хрестоматией позволит студенту самостоятельно изучить документы, фрагменты источников, другие произведения, разъясняющие сущность изучаемого вопроса.

Основными функциями экзамена, зачета являются: обучающая, оценочная и воспитательная. Экзамены и зачеты позволяют выработать ответственность, трудолюбие, принципиальность. При подготовке к экзамену студент повторяет, как правило, ранее изученный материал. В этот период сыграют большую роль правильно подготовленные заранее записи и конспекты.