

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Крюков Вадим Николаевич  
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике  
Дата подписания: 02.07.2026 13:48:20  
Уникальный программный ключ:  
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Запорожский государственный университет им. Н. М. Федоровского»**  
**ЗГУ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**

**«МЕТОДЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН»**

**Факультет:** ГТФ

**Направление подготовки:** 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

**Направленность (профиль):** «Металлургические машины и оборудование»

**Уровень образования:** бакалавриат

**Кафедра** «Металлургии, машин и оборудования»  
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.т.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Е.В. Лаговская

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № 11 от « 10 » 06 2026 г.

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                   | Индикаторы достижения                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-4:</b><br>Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию на обслуживание, ремонт и модернизацию технологического оборудования                                                         | <b>ПК-4.1:</b><br>Разрабатывает рабочую, проектную и технологическую документацию на ремонт и модернизацию технологического оборудования                      |
| <b>ПК-5:</b><br>Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, принятых для проведения технического обслуживания, ремонта и модернизации металлургического оборудования | <b>ПК-5.2:</b><br>Проводит предварительное технико-экономическое обоснование принятых решений для поведения технического обслуживания, ремонта и модернизации |

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины                                                                                                  | Формируемая компетенция | Наименование оценочного средства                             | Показатели оценки                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Основные понятия информационных технологий. Общие сведения о проектировании технических объектов                                          | ПК-4<br>ПК-5            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Стадии и этапы проектирования. Анализ объекта проектирования как объекта автоматизации. Основные виды проектно-конструкторских документов | ПК-4<br>ПК-5            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Модульная CAD/CAE-система APM WinMachine . Графические средства APM Graph. Проектирование передач                                         | ПК-4<br>ПК-5            | Список литературных источников по тематике, тестовые задания | Составление систематизированного списка использованных источников, решение теста |
| Зачет                                                                                                                                     | ПК-4<br>ПК-5            | Решение всех тестовых заданий по темам и заданий РГР и КП    | Решение всех тестовых заданий по темам                                           |

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

*Уровень 1. Базовый (проверка основных понятий) – 10 вопросов (ПК-4)*

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

**Установите соответствие между стадией проектирования (по ГОСТ 2.103-2013) и её результатом (содержанием).**

| Стадия                     | Результат                                                         |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1. Техническое предложение | А. Конструкторская документация для изготовления опытного образца |
| 2. Эскизный проект         | Б. Анализ патентной чистоты, принципиальные схемы                 |
| 3. Технический проект      | В. Принципиальные конструктивные решения, компоновка              |
| 4. Рабочая документация    | Г. Окончательные чертежи и спецификации                           |

**Ответ:**

- 1 – Б
  - 2 – В
  - 3 – Г
  - 4 – А
- 

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы проектирования металлургической машины в системе APM WinMachine в правильной последовательности:**

1. Построение 3D-модели деталей и сборки
2. Формулировка технического задания (ТЗ)
3. Конечно-элементный расчёт прочности (APM Structure3D)
4. Выполнение рабочих чертежей (APM Graph)
5. Кинематический расчёт привода

**Ответ:** 2 → 5 → 1 → 3 → 4

---

3. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырёх и обоснованием

**Какая модульная программа в составе APM WinMachine предназначена для прочностного анализа методом конечных элементов (МКЭ)?**

1. APM Graph
2. APM Studio
3. APM Structure3D
4. APM Cam

**Ответ:** 3

**Обоснование:** APM Structure3D – модуль конечно-элементного анализа (КЭ) для расчёта напряжений, деформаций, запасов прочности. APM Graph – чертёжный редактор, APM Studio – среда для создания моделей.

---

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

**Назовите три основных вида проектно-конструкторских документов согласно ЕСКД (ГОСТ 2.102-2013).**

**Ответ:**

1. Чертеж детали
  2. Сборочный чертеж
  3. Спецификация
- 

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием

**Какие из перечисленных программных продуктов относятся к системам CAD (компьютерное проектирование)? (выбрать все)**

1. AutoCAD
2. APM WinMachine
3. ANSYS
4. SolidWorks
5. Microsoft Excel

**Ответ:** 1, 2, 4

**Обоснование:** AutoCAD, APM WinMachine, SolidWorks – CAD-системы. ANSYS – CAE (инженерный анализ), Excel – табличный редактор.

---

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

**Установите соответствие между типом передачи и её основным расчётным параметром в APM WinMachine.**

| Передача                   | Расчётный параметр                      |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Цепная                  | А. Межосевое расстояние, модуль, ширина |
| 2. Зубчатая цилиндрическая | Б. Шаг цепи, число зубьев звёздочек     |
| 3. Ременная клиновая       | В. Допускаемое контактное напряжение    |
| 4. Зубчатая коническая     | Г. Сечение ремня, число ремней          |

**Ответ:**

- 1 – Б
- 2 – А
- 3 – Г
- 4 – В

---

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

**Что такое «конечно-элементная сетка» (КЭ-сетка) и для чего она используется в APM Structure3D?**

**Ответ:** Конечно-элементная сетка – разбиение модели на множество малых элементов (треугольники, тетраэдры). Используется для численного решения уравнений прочности и определения напряжений в каждой точке.

---

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

**В APM Graph для оформления чертежа по ЕСКД необходимо выбрать формат листа. Какой формат имеет размер 594×841 мм?**

- 1. A0
- 2. A1

3. A2
4. A3

**Ответ:** 2

**Обоснование:** Формат A1 – 594×841 мм. A0 – 841×1189, A2 – 420×594, A3 – 297×420.

---

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы проектирования зубчатой передачи в модуле APM WinMachine (расчёт + создание модели):**

1. Ввод исходных данных (мощность, передаточное число, материал)
2. Расчёт геометрических параметров (модуль, числа зубьев)
3. Построение 3D-модели колёс
4. Проверка контактной и изгибной прочности
5. Автоматическое создание сборочной единицы

**Ответ:** 1 → 2 → 4 → 3 → 5

---

10. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

**Какие документы входят в состав рабочей проектной документации согласно ЕСКД? (выбрать все)**

1. Пояснительная записка
2. Сборочный чертёж
3. Технологическая карта
4. Спецификация
5. Акт приёмки оборудования

**Ответ:** 1, 2, 4

**Обоснование:** Пояснительная записка, сборочный чертёж и спецификация – обязательные документы. Технологическая карта – технологическая документация, акт приёмки – эксплуатационная.

---

*Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов*

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

**Установите соответствие между обозначением в APM WinMachine (меню, модуль) и его функцией.**

| Обозначение   | Функция                                        |
|---------------|------------------------------------------------|
| 1. APM Studio | А. Создание анимации механизма                 |
| 2. APM Joint  | Б. 3D-моделирование и сборка                   |
| 3. APM Trans  | В. Расчёт передач (зубчатых, ременных, цепных) |
| 4. APM Shaft  | Г. Расчёт и проектирование валов               |

**Ответ:**

- 1 – Б  
 2 – А (APM Joint – кинематическое моделирование)  
 3 – В  
 4 – Г
- 

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

Для цилиндрической зубчатой передачи (прямозубой) APM WinMachine рассчитал модуль  $m = 4$  мм, число зубьев шестерни  $z_1 = 20$ . Каков делительный диаметр шестерни  $d_1$ ?

1. 40 мм
2. 80 мм
3. 100 мм
4. 160 мм

**Ответ:** 2

**Обоснование:**  $d_1 = m \cdot z_1 = 4 \cdot 20 = 80$  мм.

---

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

В модуле APM Trans выполнен расчёт цепной передачи. Исходные данные: передаваемая мощность  $P = 5,5$  кВт, частота вращения малой звёздочки  $n_1 = 200$  об/мин, передаточное число  $u = 3$ , цепь роликовая. Шаг цепи выбран  $p = 19,05$  мм. Рассчитайте число зубьев малой звёздочки  $z_1$  (ориентировочно) и скорость цепи  $v$  (м/с). Формула:  $v = (p \cdot z_1 \cdot n_1) / (60 \cdot 1000)$ . Примите  $z_1 \approx 25$ .

**Ответ:**

$v = (19,05 \cdot 25 \cdot 200) / 60\,000 = (95\,250) / 60\,000 = 1,5875$  м/с.

$z_1 = 25$  (предварительно). Проверка по допускаемому давлению в шарнире (не требуется).

---

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

**Какие параметры необходимо задать в APM WinMachine для расчёта клиноременной передачи? (выбрать все)**

1. Мощность на ведущем шкиве (P, кВт)
2. Частота вращения ведущего шкива (n1)
3. Передаточное число u
4. Цвет ремня
5. Режим работы (коэффициент K\_реж)

**Ответ:** 1, 2, 3, 5

**Обоснование:** Цвет ремня не влияет на расчёт.

---

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы работы в APM Graph для создания чертежа зубчатого колеса в соответствии с ЕСКД:**

1. Построение основной надписи (штампа)
2. Вычерчивание вида спереди (разрез)
3. Простановка размеров (допусков, посадок)
4. Создание спецификации (при необходимости)
5. Экспорт в PDF или печать

**Ответ:** 2 → 3 → 1 → 4 → 5

---

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

**При конечно-элементном анализе в APM Structure3D получены напряжения  $\sigma_{\text{экв}} = 280$  МПа. Предел текучести материала  $\sigma_T = 450$  МПа. Коэффициент запаса прочности составит:**

1. 1,6
2. 1,8
3. 2,5
4. 3,0

**Ответ:** 1

**Обоснование:**  $n = \sigma_T / \sigma_{\text{экв}} = 450 / 280 = 1,607 \approx 1,6$ . Запас достаточен (норма 1,5...2,0).

---



17. Задание открытого типа (средний уровень)

**В APM WinMachine требуется спроектировать редуктор (двухступенчатый, соосный). Перечислите этапы расчёта (в модулях системы) от исходных данных до получения рабочих чертежей.**

**Ответ (эталон):**

1. APM Trans – расчёт быстроходной и тихоходной зубчатых передач (выбор модулей, чисел зубьев, межосевого расстояния).
  2. APM Shaft – расчёт валов (диаметры, подшипники, шпонки).
  3. APM Studio – 3D-моделирование корпуса, колёс, валов.
  4. APM Joint – кинематическая проверка сборки.
  5. APM Structure3D – проверка прочности корпуса и валов (МКЭ).
  6. APM Graph – выпуск сборочных чертежей и чертежей деталей.
- 

18. Задание на установление соответствия

**Установите соответствие между форматом листа и его размерами (мм) для чертежей в APM Graph.**

| Формат | Размеры    |
|--------|------------|
| 1. A3  | А. 594×841 |
| 2. A1  | Б. 420×594 |
| 3. A2  | В. 297×420 |
| 4. A4  | Г. 210×297 |

**Ответ:**

- 1 – В  
2 – А  
3 – Б  
4 – Г
-

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

**Какие виды анализа можно выполнить в APM Structure3D для металлургической машины? (выбрать все)**

1. Статический прочностной ( $\sigma$ ,  $\epsilon$ )
2. Модальный (собственные частоты)
3. Термический (температурные поля)
4. Аэродинамический (обтекание)
5. Усталостный (циклическая долговечность)

**Ответ:** 1, 2, 3, 5

**Обоснование:** APM Structure3D поддерживает статику, моду, теплоту и усталость. Аэродинамика – в специализированных CFD-пакетах.

---

20. Задание открытого типа (средний уровень)

**Сравните возможности APM WinMachine и AutoCAD при проектировании ременной передачи. Какой инструмент эффективнее для расчёта, а какой – для черчения?**

**Ответ:**

- APM WinMachine: специализированный расчёт (выбор сечения, длины ремня, числа ремней, сил на валы). После расчёта экспортирует геометрию в APM Graph.
  - AutoCAD: только черчение (не содержит формул расчёта).
- Эффективнее: расчёт – APM Trans; черчение – APM Graph или AutoCAD.
- 

*Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов*

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

**Разработайте алгоритм проектирования цепной передачи (для привода металлургического конвейера) в среде APM WinMachine. Опишите последовательность ввода данных, проверку прочности цепи, расчёт геометрии звёздочек, создание 3D-модели. Какие исходные данные потребуются от технолога?**

**Ответ (эталон):**

**Алгоритм:**

1. В модуле APM Trans выбрать «Цепная передача».
2. Ввести исходные данные:
  - Мощность  $P$  (кВт) или крутящий момент  $T$
  - Частоту вращения малой звёздочки  $n_1$

- Передаточное число  $u$
- Режим работы (коэффициент  $K_{\text{реж}}$ )
- Ориентировочное межосевое расстояние
- 3. Программа подбирает шаг цепи  $p$ , число зубьев  $z_1, z_2$ .
- 4. Проверка: удельное давление в шарнире, запас прочности цепи.
- 5. Расчёт геометрии: делительные диаметры, длина цепи.
- 6. Передача данных в APM Studio для 3D-построения звёздочек.
- 7. Сборка звёздочек на валы.

**Исходные данные от технолога:**

- Тип смазки, условия окружающей среды (пыль, температура).
- 

22. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием (высокий)

**В APM Structure3D при расчёте станины прокатного стана получены эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{экв}} = 320$  МПа, а предел текучести стали 25Л = 230 МПа. Коэффициент запаса  $n = 0,72$ . Что следует сделать?**

1. Уменьшить нагрузку на станину
2. Заменить материал на более прочный (35Л с  $\sigma_{\text{т}}=300$  МПа)
3. Увеличить сечение станины (модернизация)
4. Ничего не менять, запас прочности не нужен для станины

**Ответ:** 3 (или 2)

**Обоснование:** Запас  $<1$  – недопустимо. Наиболее рационально увеличить сечение (жесткость). Замена материала на 35Л (300 МПа) даст  $n=0,94$  – всё ещё недостаточно. Требуется конструктивное усиление.

---

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)

**Расположите этапы проектирования рабочей документации в APM Graph согласно требованиям ЕСКД (от создания файла до утверждения):**

1. Настройка формата и основной надписи
2. Создание геометрических примитивов (видов, разрезов)
3. Вывод на печать или экспорт в PDF
4. Простановка размеров и шероховатости
5. Заполнение спецификации и технических требований
6. Нормоконтроль и подпись

**Ответ:** 1 → 2 → 4 → 5 → 6 → 3

---

24. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (высокий)

**Какие модули APM WinMachine необходимы для полного цикла проектирования редуктора (от кинематики до чертежей)? (выбрать все)**

1. APM Trans
2. APM Shaft
3. APM Studio
4. APM Structure3D
5. APM Cam

**Ответ:** 1, 2, 3, 4

**Обоснование:** APM Cam – для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, не обязателен для проектирования редуктора.

---

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

**Предложите проект модернизации привода металлургического конвейера (замена цепной передачи на клиноремённую) с использованием APM WinMachine. Опишите: обоснование замены, этапы расчёта, создание 3D-модели новых шкивов, перечень документации, необходимой для внедрения.**

**Ответ (эталон):**

**Обоснование:** Цепная передача требует частой смазки, шумна. Ременная – плавная, бесшумная, не требует смазки, но имеет более низкий КПД.

**Этапы расчёта в APM WinMachine:**

1. APM Trans – выбор клинового ремня (сечение В) по мощности, частоте вращения.
2. Расчёт диаметров шкивов, межосевого расстояния, числа ремней.
3. Определение сил на валы.

**3D-моделирование:**

4. APM Studio – построение ведущего и ведомого шкивов, сборка.

**Документация для внедрения:**

- Сборочный чертёж модернизированного привода (APM Graph).
- Чертежи шкивов.
- Инструкция по монтажу и натяжению ремней.
- Акт приёмки после модернизации.

1. Задание закрытого типа на установление соответствия

**Установите соответствие между технико-экономическим показателем и его определением (при ТЭО проектных решений).**

| Показатель                          | Определение                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1. Капитальные затраты (инвестиции) | А. Отношение прибыли к затратам                  |
| 2. Срок окупаемости                 | Б. Стоимость приобретения и монтажа оборудования |
| 3. Рентабельность проекта           | В. Период возврата вложенных средств             |
| 4. Приведённые затраты              | Г. $C + E_n \cdot K$                             |

**Ответ:**

- 1 – Б
  - 2 – В
  - 3 – А
  - 4 – Г
- 

2. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы технико-экономического обоснования (ТЭО) при выборе варианта модернизации металлургической машины в правильной последовательности:**

1. Сравнение вариантов по интегральным показателям (NPV, срок окупаемости)
2. Расчёт капитальных затрат (К) на модернизацию
3. Оценка эксплуатационных расходов (С) после модернизации
4. Выбор оптимального варианта
5. Расчёт ожидаемой прибыли (или экономии)

**Ответ:** 2 → 3 → 5 → 1 → 4

---

3. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырёх и обоснованием

**Что является основным критерием при технико-экономическом обосновании замены старого станка на новый с ЧПУ (в металлургическом производстве)?**

1. Снижение стоимости электроэнергии
2. Уменьшение времени переналадки и повышение производительности
3. Увеличение массы станка
4. Улучшение внешнего вида оборудования

**Ответ:** 2

**Обоснование:** Основной экономический эффект – рост производительности и снижение трудоёмкости, что ведёт к увеличению прибыли.

---

4. Задание открытого типа (краткий ответ)

**Назовите три основных составляющих капитальных затрат при закупке новой CAD/CAE-системы (например, APM WinMachine) для проектного отдела.**

**Ответ:**

1. Стоимость лицензий (программного обеспечения).
  2. Затраты на обучение персонала.
  3. Стоимость компьютеров и серверного оборудования.
- 

5. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов и обоснованием

**Какие из перечисленных показателей относятся к эксплуатационным расходам при использовании CAD/CAE-системы? (выбрать все)**

1. Ежегодная плата за техническую поддержку
2. Зарплата инженеров-проектировщиков
3. Стоимость расходных материалов (бумага, картриджи)
4. Амортизация компьютеров
5. Стоимость приобретения лицензий (первоначальная)

**Ответ:** 1, 2, 3, 4

**Обоснование:** Эксплуатационные расходы – текущие затраты. Первоначальная покупка лицензий – капитальные.

---

6. Задание закрытого типа на установление соответствия

**Установите соответствие между типом проектного решения и ожидаемым экономическим эффектом (при ТЭО).**

| Решение                                                        | Эффект                                              |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Внедрение 3D-моделирования (APM Studio)                     | А. Сокращение времени выпуска чертежей              |
| 2. Использование конечно-элементного анализа (APM Structure3D) | Б. Уменьшение числа натурных испытаний              |
| 3. Применение унификации деталей                               | В. Снижение затрат на оснастку и складирование      |
| 4. Автоматизация формирования спецификаций                     | Г. Уменьшение ошибок, экономия времени конструктора |

**Ответ:**

- 1 – А
  - 2 – Б
  - 3 – В
  - 4 – Г
- 

7. Задание открытого типа (краткий ответ)

**Что такое «дисконтирование» и для чего оно используется при ТЭО?**

**Ответ:** Дисконтирование – приведение будущих денежных потоков к текущему моменту времени по ставке дисконта ( $r$ ). Используется для корректного сравнения разновременных затрат и доходов.

---

8. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

**При ТЭО модернизации прокатного стана (замена системы управления) чистый дисконтированный доход (NPV) оказался положительным. Это означает:**

1. Проект убыточен
2. Проект эффективен (доход превышает затраты с учётом дисконта)
3. Срок окупаемости бесконечен
4. Требуется дополнительное финансирование

**Ответ:** 2

**Обоснование:**  $NPV > 0$  – проект принимается, так как генерирует доход выше ставки дисконта.

---

9. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы расчёта срока окупаемости (простой) при модернизации оборудования:**

1. Расчёт дополнительной прибыли ( $\Delta P$ ) за счёт снижения себестоимости
2. Суммирование капитальных затрат на модернизацию ( $K$ )
3. Деление  $K$  на  $\Delta P$
4. Сравнение полученного срока с нормативным

**Ответ:**  $2 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4$

---

10. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (базовый)

**Какие исходные данные необходимы для технико-экономического обоснования замены редуктора на конвейере? (выбрать все)**

1. Стоимость нового редуктора и монтажа
2. Экономия электроэнергии (кВт·ч/год)
3. Снижение частоты ремонтов (часы простоя)
4. Цвет нового редуктора
5. Гарантийный срок службы

**Ответ:** 1, 2, 3, 5

**Обоснование:** Цвет не влияет на экономику.

---

*Уровень 2. Средний (анализ, расчёт, применение формул) – 10 вопросов*

11. Задание закрытого типа на установление соответствия

**Установите соответствие между методом оценки эффективности инвестиций и его формулой (упрощённой).**



| Метод                                  | Формула                        |
|----------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Простой срок окупаемости (PP)       | A. $\sum (CF_t / (1+r)^t) - I$ |
| 2. Чистый дисконтированный доход (NPV) | Б. $I / \Delta P$              |
| 3. Индекс доходности (PI)              | В. $NPV / I + 1$               |
| 4. Внутренняя норма доходности (IRR)   | Г. $r$ , при котором $NPV = 0$ |

**Ответ:**

- 1 – Б
- 2 – А
- 3 – В
- 4 – Г

12. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

**Инвестиции в приобретение САД-системы составили 1 млн руб. Годовая экономия за счёт сокращения времени проектирования – 300 тыс. руб. Эксплуатационные расходы (поддержка, обновление) – 50 тыс. руб./год. Простой срок окупаемости (без дисконтирования) составит:**

- 1. 2 года
- 2. 3 года
- 3. 4 года
- 4. 5 лет

**Ответ:** 3

**Обоснование:** Годовая чистая экономия =  $300 - 50 = 250$  тыс. руб. Срок =  $1000 / 250 = 4$  года.

13. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

**Рассчитайте NPV для проекта замены старого токарного станка на новый (инвестиции  $I = 2$  млн руб.) при следующих денежных потоках по годам:  $CF_1 = 0,6$ ;  $CF_2 = 0,7$ ;  $CF_3 = 0,8$ ;  $CF_4 = 0,6$  млн руб. Ставка дисконта  $r = 12\%$ . Коэффициенты дисконтирования: 1-й год – 0,8929; 2-й – 0,7972; 3-й – 0,7118; 4-й – 0,6355. Сделайте вывод.**

**Ответ:**

$$NPV = 0,6 \times 0,8929 + 0,7 \times 0,7972 + 0,8 \times 0,7118 + 0,6 \times 0,6355 - 2 =$$

$0,5357 + 0,5580 + 0,5694 + 0,3813 - 2 = 2,0444 - 2 = 0,0444$  млн руб. = 44 400 руб.  
 $NPV > 0$  – проект эффективен.

---

14. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

**Какие факторы влияют на выбор варианта модернизации привода (замена червячного редуктора на цилиндрический) при ТЭО? (выбрать все)**

1. Стоимость нового редуктора и работ по замене
2. Изменение КПД (экономия электроэнергии)
3. Снижение эксплуатационных расходов (смазка, ремонт)
4. Цвет редуктора
5. Уменьшение массы (простота монтажа)

**Ответ:** 1, 2, 3, 5

**Обоснование:** Цвет не имеет экономического значения.

---

15. Задание закрытого типа на установление последовательности

**Расположите этапы предварительного ТЭО проектных решений в APM WinMachine при выборе материала детали (замена стали на чугун) в правильной последовательности:**

1. Расчёт стоимости материала и обработки (в APM Studio – масса)
2. Прочностной расчёт в APM Structure3D (напряжения, запас)
3. Сравнение приведённых затрат по вариантам
4. Выбор материала по диаграмме «прочность – стоимость»

**Ответ:**  $2 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 3$

---

16. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием

**При ТЭО замены морально устаревшего станка на новый с ЧПУ получены следующие данные:  $I = 3$  млн руб., годовая экономия = 0,8 млн руб. Норма дисконта 10%, срок проекта 5 лет. Коэффициент аннуитета = 3,791. Чему равен NPV?**

1. 0,0328 млн руб.
2. 0,328 млн руб.
3. 3,0328 млн руб.
4. – 0,328 млн руб.

**Ответ:** 1

**Обоснование:** CF суммарная =  $0,8 \times 3,791 = 3,0328$  млн руб.  $NPV = 3,0328 - 3 = 0,0328$  млн руб.

---

17. Задание открытого типа (средний уровень)

**В проекте модернизации предусмотрена замена цепной передачи на зубчатую (редуктор). Капитальные затраты (редуктор, монтаж) – 500 тыс. руб. Годовая экономия от снижения расхода электроэнергии и смазки – 120 тыс. руб. Простой срок окупаемости составит 4,17 года. Нормативный срок для цеха – 3 года. Принимаете ли вы проект? Обоснуйте.**

**Ответ:** Нет, не принимаем, так как срок окупаемости (4,17) превышает нормативный (3). Проект экономически нецелесообразен.

---

18. Задание на установление соответствия

**Установите соответствие между стадией проектирования и её ролью в ТЭО (какие решения экономически оцениваются).**

| Стадия                     | Роль в ТЭО                                          |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Техническое предложение | А. Оценка затрат на изготовление опытного образца   |
| 2. Эскизный проект         | Б. Выбор принципиальной схемы (сравнение вариантов) |
| 3. Технический проект      | В. Уточнение себестоимости по чертежам              |
| 4. Рабочая документация    | Г. Окончательные расчёты для серийного производства |

**Ответ:**

- 1 – Б
  - 2 – А
  - 3 – В
  - 4 – Г
- 

19. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием

**Какие риски следует учитывать при ТЭО внедрения новой CAD/CAE-системы (APR WinMachine) в проектный отдел? (выбрать все)**

1. Технический риск (несовместимость с существующим ПО)

2. Риск снижения производительности из-за обучения персонала
3. Риск валютных колебаний (если лицензия импортная)
4. Экологический риск
5. Риск увеличения числа проектных ошибок на начальном этапе

**Ответ:** 1, 2, 3, 5

**Обоснование:** Экологический риск не связан с внедрением CAD.

---

20. Задание открытого типа (средний уровень)

**Проведите предварительное ТЭО двух вариантов проектирования узла: «проектирование в 2D (AutoCAD)» и «проектирование в 3D с расчётом МКЭ (APM WinMachine)». Исходные данные: стоимость лицензий, время на проектирование, количество итераций, стоимость ошибок. Сделайте вывод о целесообразности внедрения 3D.**

**Ответ (эталон):**

**2D:** лицензия AutoCAD – 50 тыс. руб., время на проект 200 ч, вероятность ошибки – 10%, стоимость исправления ошибки – 100 тыс. руб.

**3D (APM):** лицензия – 300 тыс. руб., время на проект 120 ч, вероятность ошибки – 2%, стоимость исправления – 20 тыс. руб.

При годовом портфеле 10 проектов: затраты по 2D =  $10 \times 200 \times 1000$  руб./ч? Упрощённо: экономия времени ( $80 \text{ ч} \times 10 = 800 \text{ ч}$ ) и снижение риска ошибок. Вывод: 3D окупается за 2 года.

---

*Уровень 3. Высокий (комплексный анализ, синтез, доказательства) – 5 вопросов*

21. Задание открытого типа с развёрнутым ответом

**Выполните комплексное технико-экономическое обоснование выбора между капитальным ремонтом существующей зубчатой передачи (восстановление изношенных колёс наплавкой) и изготовлением новых колёс с использованием CAD/CAE-системы. Исходные данные: стоимость ремонта – 300 тыс. руб., остаточный ресурс после ремонта – 2 года; изготовление новых колёс – 500 тыс. руб., ресурс – 6 лет. Производительность оборудования (износ не влияет на производительность). Ставка дисконта 10%. Сравнить приведённые затраты или NPV.**

**Ответ (эталон):**

**Вариант 1 (ремонт):**

Капитальные затраты 300 тыс. руб. Через 2 года – снова ремонт (ещё 300 тыс.), затем через 4 года – ещё 300 тыс. За 6 лет – 3 ремонта: 900 тыс. руб. без дисконтирования. С дисконтированием (расчёт не приводится).

**Вариант 2 (новые колёса):**

Капитальные затраты 500 тыс. руб., затем 6 лет без затрат.

При  $r=10\%$  приведённые затраты (за 6 лет) для варианта 1 выше. Вывод: выгоднее изготовить новые колёса, так как меньше суммарные затраты и выше надёжность.

---

22. Задание комбинированного типа с выбором одного ответа и обоснованием (высокий)

**В проектной организации планируют внедрить APM Structure3D для конечно-элементного анализа. Стоимость внедрения (лицензии, обучение) – 1,5 млн руб. Ожидаемая годовая экономия от сокращения натурных испытаний – 0,5 млн руб., от повышения точности расчётов (снижение брака) – 0,3 млн руб. Затраты на поддержку – 0,1 млн руб./год. Срок проекта 5 лет, норма дисконта 12%. Коэффициент аннуитета 5-ти лет (12%) = 3,605. Чему равен срок окупаемости (простой)? Эффективен ли проект (NPV)?**

1. Простой срок 3 года, NPV положительный
2. Простой срок 4 года, NPV отрицательный
3. Простой срок 5 лет, NPV = 0
4. Простой срок 2,5 года, NPV >0

**Ответ: 4**

**Обоснование:** Годовая чистая экономия =  $0,5 + 0,3 - 0,1 = 0,7$  млн руб. Простой срок =  $1,5 / 0,7 = 2,14$  года. NPV за 5 лет =  $0,7 \times 3,605 - 1,5 = 2,5235 - 1,5 = 1,0235$  млн руб. >0.

---

23. Задание закрытого типа на установление последовательности (сложное)

**Расположите этапы проведения ТЭО проектных решений при модернизации прокатного стана с использованием результатов моделирования в APM WinMachine (например, замена системы смазки):**

1. Сбор исходных данных о работе оборудования (нагрузки, температура)
2. Моделирование в APM Studio (3D) и расчёт в APM Structure3D (напряжения)
3. Оценка затрат на модернизацию (материалы, монтаж) по чертежам из APM Graph
4. Расчёт эксплуатационных расходов (энергия, ремонт)
5. Сравнение вариантов (NPV, срок окупаемости)

**Ответ: 1 → 2 → 3 → 4 → 5**

---

24. Задание комбинированного типа с выбором нескольких ответов и обоснованием (высокий)

**Какие показатели эффективности инвестиционного проекта (ТЭО) являются обязательными для отчёта перед руководством (по международной практике UNIDO)? (выбрать все)**

1. Простой срок окупаемости (Payback Period)
2. Чистый дисконтированный доход (NPV)
3. Внутренняя норма доходности (IRR)
4. Индекс доходности (PI)
5. Стоимость бренда (Brand value)

**Ответ:** 1, 2, 3, 4

**Обоснование:** Стоимость бренда не относится к ТЭО оборудования.

---

25. Задание открытого типа (интегральное, высший уровень)

**Разработайте методику предварительного ТЭО для выбора между двумя вариантами проектирования (CAD 2D vs CAD/CAE 3D) для конструкторского бюро металлургического завода. Учтите: стоимость лицензий, обучение, время на проект, частоту ошибок, стоимость ошибок, а также потенциальную экономию от снижения массы деталей (оптимизация в CAE). Приведите расчёт для 10 проектов в год (с условными цифрами).**

**Ответ (эталон):**

**Методика:**

1. Определить капитальные затраты (K):
  - 2D: лицензии (50 тыс. руб.), компьютеры (200 тыс.) – всего 250 тыс.
  - 3D: лицензии АРМ (300 тыс.), обучение (100 тыс.), компьютеры (250 тыс.) – всего 650 тыс.
2. Определить текущие затраты (С) на один проект:
  - 2D: время 200 ч (2000 руб./ч) = 400 тыс. руб.
  - 3D: время 120 ч = 240 тыс. руб.
3. Стоимость ошибок: в 2D – 10% проектов с ошибкой (100 тыс. за ошибку) → сред. 10 тыс. на проект; в 3D – 2% (20 тыс.) → 0,4 тыс. на проект.
4. Экономия от оптимизации массы в 3D (CAE): снижение массы на 10% → экономия стали 500 кг/проект × 50 руб./кг = 25 тыс. руб./проект.

**Годовые затраты (10 проектов):**

- 2D:  $C + \text{ошибки} = 10 \times 400 + 10 \times 10 = 4100$  тыс. руб.
- 3D:  $10 \times 240 + 10 \times 0,4 - 10 \times 25 = 2400 + 4 - 250 = 2154$  тыс. руб.

**Экономия за год =  $4100 - 2154 = 1946$  тыс. руб.**

**Срок окупаемости доп. инвестиций ( $\Delta K = 650 - 250 = 400$  тыс. руб.) =  $400 / 1946 \approx 0,2$  года ( $< 1$  года). Проект очень эффективен.**