

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Электротермические процессы и установки», 1 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в форме письменного тестирования с использованием электронной информационно-образовательной среда НГТУ ([http:// www.nstu.ru/sveden/eos](http://www.nstu.ru/sveden/eos)).

Тестовые задания охватывают все содержание «Электротермические процессы и установки».

Тест состоит из 40 вопросов различного вида и позволяет проверить уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной.

### 2. Уровни освоения компетенций и критерии оценки

Выполнение теста засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент правильно ответил на более чем  $3/4$  вопросов теста, знает определения всех понятий, продемонстрировал способность безошибочно устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, выявлять проблемы, предлагать механизмы их решения, представляет количественные и качественные характеристики определенных процессов и не допускает ошибок при решении задач. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 40 до 31 баллов*.

Выполнение теста засчитывается на **базовом** уровне, если студент правильно ответил на  $2/3$  вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, правильно характеризует процессы, явления, не допускает существенных ошибок при решении задач. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат несущественные пробелы и сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 30 до 25 баллов*.

Выполнение теста засчитывается на **пороговом** уровне, если студент правильно ответил от  $1/2$  до  $2/3$  вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат пробелы и сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 20 до 24 баллов*.

Выполнение теста считается **неудовлетворительным**, если студент правильно ответил менее чем на половину вопросов теста, не знает определений понятий, не продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает принципиальные ошибки. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, не сформированы. Оценка составляет *менее 20 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным

результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

#### 4. Примерный тест для экзамена

Утверждаю:  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ ФИО  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

#### Тест

по дисциплине «Электротермические процессы и установки»<sup>1</sup>

Вопрос 1. Какова причина появления лунки под дугой, горящей на расплавленный металл?

- ☐ Воздействие потока газа, возникающего вследствие высокого градиента температуры на боковой поверхности столба дуги.  
☐ Световое давление столба дуги.  
☐ Давление потока электронов, летящих от катода к аноду.  
☐ Воздействие осевого давления в столбе дуги вследствие обжатия ее электромагнитным полем тока дуги.

Вопрос 2. Кто из исследователей электрической дуги впервые вывел уравнение вольт-амперной характеристики электрической дуги?

- ☐ Айртон ☐ Петров ☐ Фрейлих ☐ Содерберг

Вопрос 3. Укажите правильную математическую запись условия устойчивого горения дуги. Индекс «д» относится к характеристике дуги, а индекс «и» - искусственной характеристике источника питания.

- ☒  $\left| \frac{dU_d}{dI_d} \right| < \left| \frac{dU_n}{dI_n} \right|$  ☐  $\left| \frac{dU_d}{dI_d} \right| \geq \left| \frac{dU_n}{dI_n} \right|$  ☐  $\left| \frac{dU_d}{dI_d} \right| = \left| \frac{dU_n}{dI_n} \right|$  ☐  $\left| \frac{dU_d}{dI_d} \right| \leq \left| \frac{dU_n}{dI_n} \right|$

Вопрос 4. Для плавного регулирования тока дуги в дуговой сталеплавильной печи используют...

- ☐ перемещение электрода  
☐ изменение напряжения источника питания  
☐ регулировочный реостат  
☐ регулируемый встроенный реактор

Вопрос 5. Определите напряжение на дуге, если ее длина равна 20 см, приэлектродное падение потенциала 30 В, градиент потенциала столба дуги 0,9 кВ/м.

Ответ (число): 210

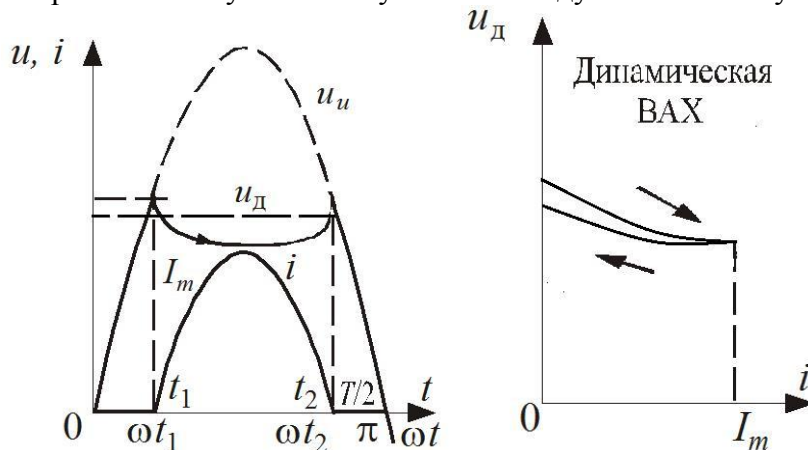
Вопрос 6. Для непрерывного режима горения дуги...

- ☐ активное сопротивление дуги должно быть значительно больше индуктивного сопротивления контура с дугой.  
☒ в момент перехода тока через 0 напряжение на дуге должно быть не меньше значения, по вольт-амперной характеристике отвечающему току, протекающему через эту дугу.  
☐ осциллограмма тока дуги должна быть синхронна с осциллограммой напряжения на дуге.

<sup>1</sup> Правильные ответы выделены

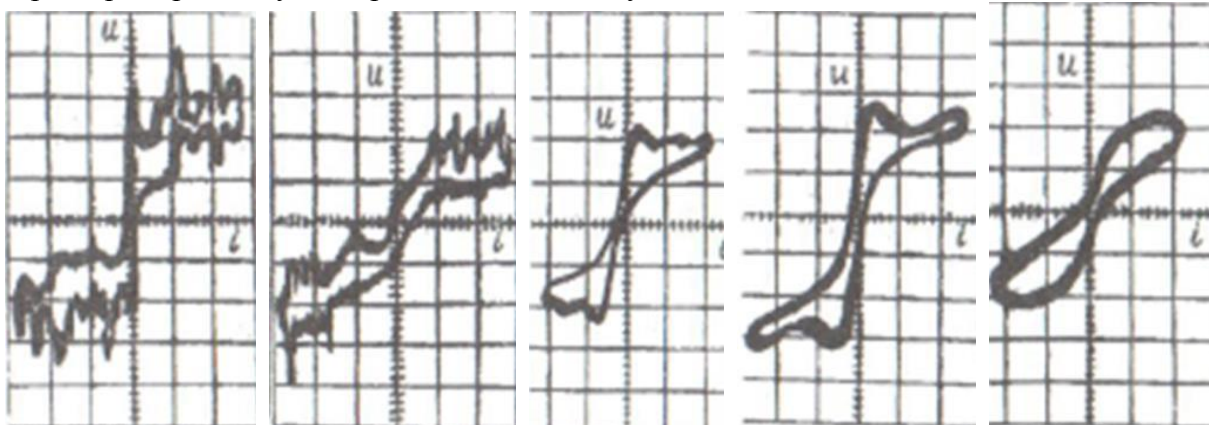
☐ активное сопротивление дуги должно быть значительно больше активного сопротивления подводящей цепи.

Вопрос 7. Какому тепловому состоянию дуги соответствует осциллограмма и ДВАХ дуги?



- ☐ Дуги с малой тепловой инерцией: маломощные, хорошо охлаждаемые, питаемые током низкой частоты.
- ☐ Дуги с тепловой инерцией.
- ☐ Дуги с весьма большой тепловой инерцией: мощные, хорошо теплоизолированные или высокочастотные.

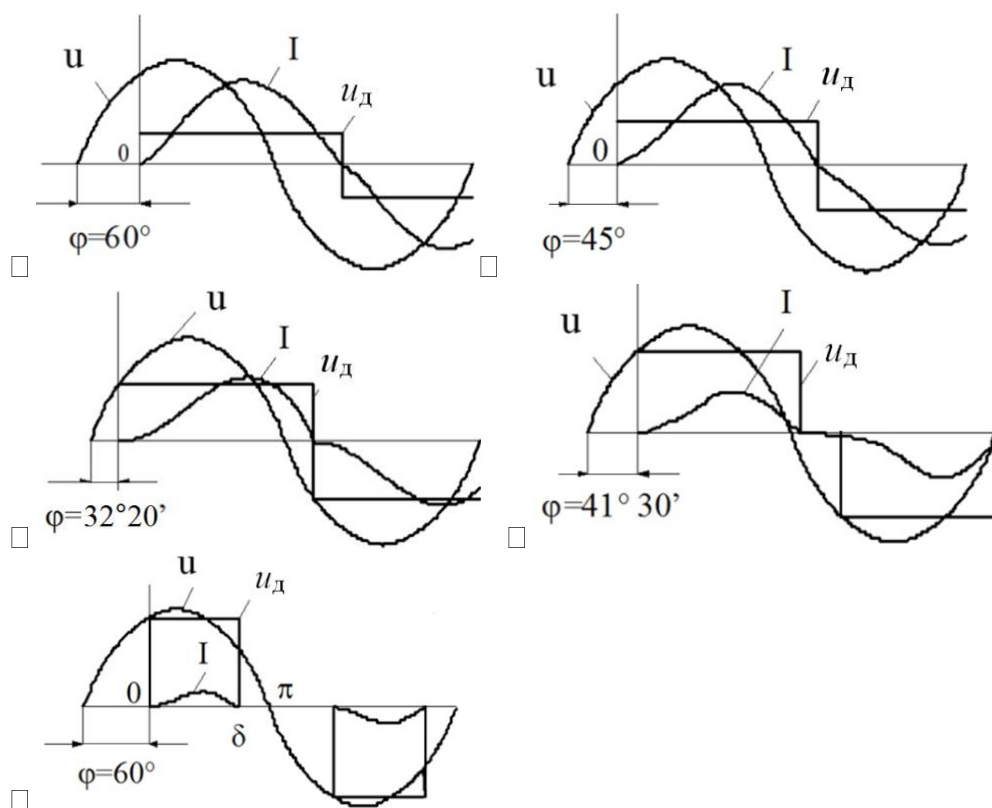
Вопрос 8. Расположите ДВАХ в последовательности, соответствующей изменению характера горения дуги в процессе плавки в дуговой сталеплавильной печи.



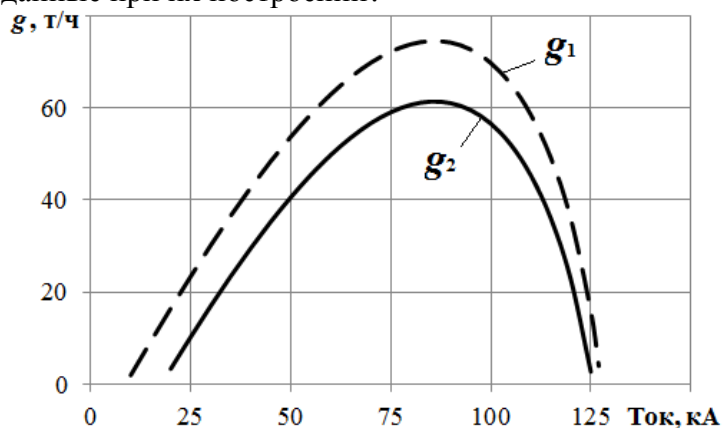
Вопрос 9. Выберите верное утверждение.

- ☐ Нелинейность дугового разряда приводит к появлению в цепи высших четных и нечетных гармоник.
- ☐ Нелинейность дугового разряда приводит к появлению в цепи низкочастотных гармоник.
- ☐ Нелинейность дугового разряда приводит к появлению в цепи высших нечетных гармоник.
- ☐ Нелинейность дугового разряда приводит к появлению в цепи высших четных гармоник.

Вопрос 10. Расположите рисунки в последовательности, отражающей переход от непрерывного к прерывистому режиму горения дуги.



Вопрос 11. Приведены 2 варианта рабочих характеристик производительности, построенные по однофазной схеме замещения дуговой сталеплавильной печи. Чем отличаются исходные данные при их построении?



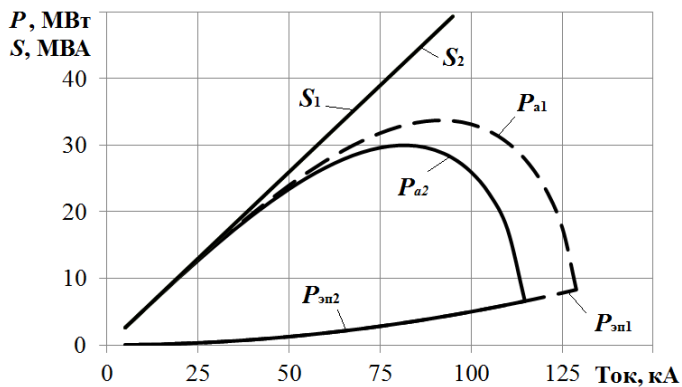
☐  $U_{\phi 1} < U_{\phi 2}$   
☐  $r_1 < r_2$

☐  $P_{\text{тп}1} > P_{\text{тп}2}$   
☒  $P_{\text{тп}1} < P_{\text{тп}2}$

☐  $x_1 < x_2$   
☐  $r_1 > r_2$

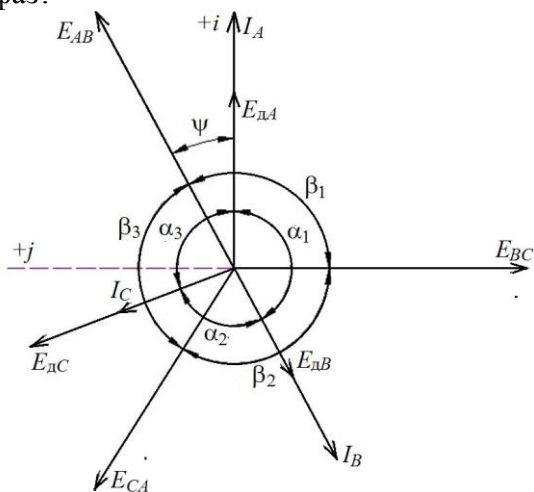
☐  $U_{\phi 1} > U_{\phi 2}$   
☐  $x_1 > x_2$

Вопрос 12. Приведены 2 варианта электрических характеристик мощности активной, мощности электрических потерь и полной мощности, построенные по однофазной схеме замещения дуговой сталеплавильной печи. Чем отличаются исходные данные при их построении?



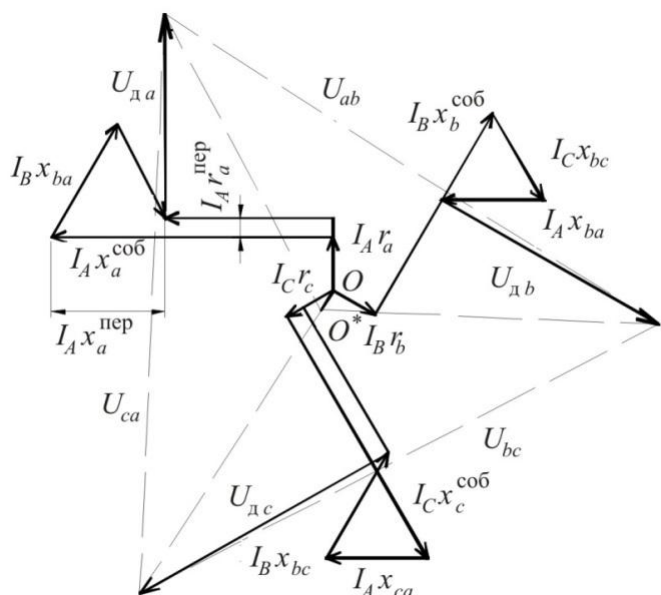
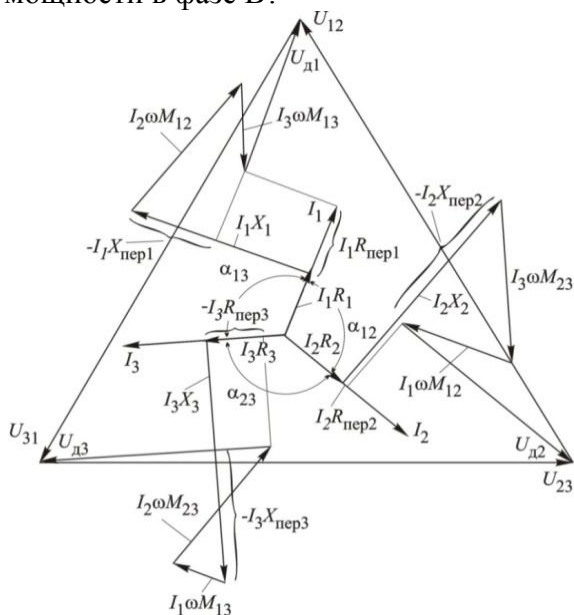
- ☐ индуктивным сопротивлением вторичного токоподвода.  
☐ активным сопротивлением вторичного токоподвода  
☐ напряжением фазы  
☐ сопротивлением дуги

Вопрос 13. На векторной диаграмме представлены модули и фазы токов, напряжений на дугах, линейных напряжений источника питания. Какому закону подчиняются вектора токов фаз?



- ☐ Закону Ома в дифференциальной форме.  
☐ Закону полного тока в интегральной форме.  
☐ 1-му закону Кирхгофа в векторной форме.  
☐ 2-му закону Кирхгофа в скалярной форме.

Вопрос 14. Почему на первом рисунке, в отличие от второго, есть активный перенос мощности в фазе В?



- ☐ Потому, что в режиме рис. 1 отсутствует смещение нейтрали.

- ☒ Потому что для рис. 1 взаиминдуктивности фаз А, В и В, С не равны.
- ☐ Потому что для рис. 1 активные сопротивления токоподвода фаз А, В и С не равны.
- ☐ Потому что в режиме рис. 1 токи фаз А и С не равны.

Вопрос 15. Продолжите высказывание. Кратность шлака - это

- ☐ количество порций шлакообразующих материалов, загруженных в печь.
- ☐ во сколько раз в нем больше оксида кальция, чем оксида кремния.
- ☐ масса шлака, приходящаяся на единицу массы металла.
- ☐ во сколько раз его плотность меньше плотности металла.

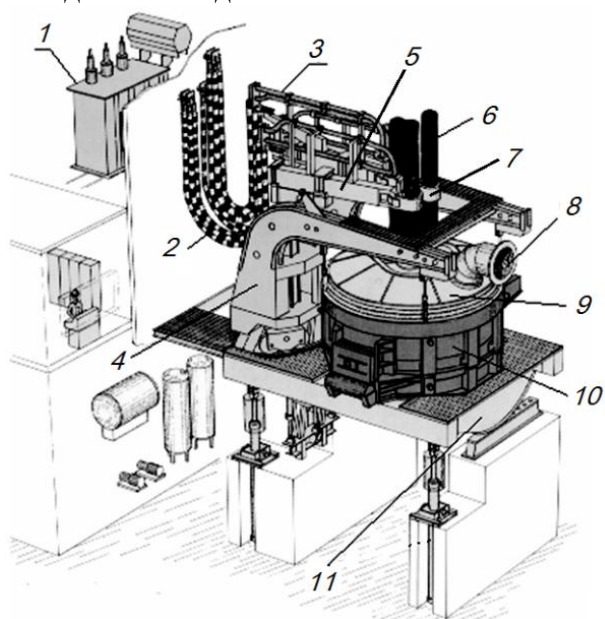
Вопрос 16. Почему традиционная технология плавки стали называется двух шлаковой?

- ☐ Так как шлак «впитывает» в себя две основные вредные примеси.
- ☐ Потому что дважды за период плавки надо скачивать шлак.
- ☐ Так как для формирования нужного химического состава шлака и его достаточной жидкоподвижности в него добавляют два компонента.
- ☐ Так как в составе шлака содержатся два основных компонента.

Вопрос 17. Какая форма ванны была у печей обычной мощности?

- ☐ сферо-коническая
- ☐ цилиндрическая.
- ☐ цилиндро-сферическая
- ☐ цилиндро-сферо-коническая

Вопрос 18. Отметьте элементы конструкции ДСП, которые в более современных установках объединены в один.



- ☐ 10 – стена рабочего пространства
- ☐ 7 – хомут
- ☐ 11 – сектор люльки
- ☐ 4 – механизм подъема и поворота свода
- ☐ 9 – свод
- ☒ 3 – жесткая подвижная часть токоподвода
- ☐ 1 – печной трансформатор
- ☐ 8 – газоход
- ☐ 2 – гибкая часть токоподвода
- ☒ 5 – рукав электрододержателя
- ☐ 6 – электрод

Вопрос 19. Как вспенивание шлака влияет на энергетический баланс плавки?

- ☐ Вспенивание улучшает теплоизоляционные свойства шлака, уменьшая тепловой поток с поверхности жидкого металла, что уменьшает тепловые потери печи.
- ☐ Вспенивание шлака осуществляется путем окисления углерода в ванне металла, что увеличивает приходную часть энергетического баланса.
- ☐ Экранирование вспененным шлаком дуг от стен печи увеличивает долю энергии дуг, передаваемую непосредственно в жидкую фазу, что увеличивает тепловой КПД печи.
- ☐ Вспененный шлак покрывает поверхность жидкого металла, уменьшая тепловой поток

излучения с поверхности расплава, что уменьшает тепловые потери печи.

Вопрос 20. С какой стороны находится сливное отверстие у печи, изображенной на рисунке?



- ☐ сзади  
☐ впереди  
☐ справа  
☒ слева

Вопрос 21. Почему на современных ДСП применяются схемы вторичного токоподвода «Звезда на трансформаторе» и «Треугольник на шинном мосту»?

- ☐ Они имеют минимальное индуктивное сопротивление.  
☐ Они имеют минимальное активное сопротивление.  
☒ Они позволяют выравнивать сопротивления по фазам за счет триангуляции.  
☐ Они наиболее просты в конструктивном исполнении.

Вопрос 22. Какой параметр обозначается цифрами в маркировке гибкого водоохлаждаемого кабеля?

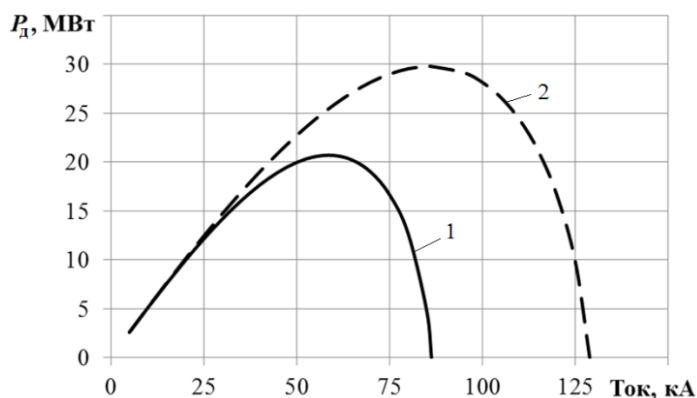
- ☐ Максимально допустимый ток, А.  
☒ Сечение меди, мм<sup>2</sup>.  
☐ Минимальный радиус изгиба кабеля, мм.  
☐ Максимально допустимое давление воды в канале водоохлаждения, кПа.

Вопрос 23. Для индуктивного сопротивления вторичного токоподвода укажите факторы, которые требуют его увеличения и факторы, которые требуют его уменьшения?

*Соотнесённые пары:*

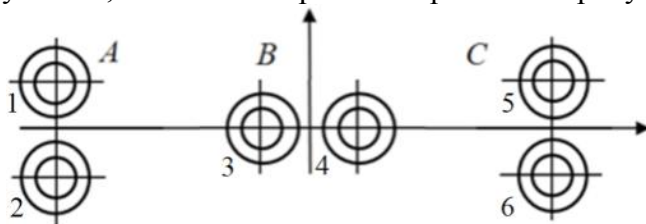
Непрерывность режима горения дуги	↔	увеличение
Высокий коэффициент мощности	↔	уменьшение
Низкая амплитуда электродинамических сил между проводниками вторичного токоподвода	↔	увеличение
Высокий уровень вводимой активной мощности	↔	уменьшение

Вопрос 24. На рисунке приведены два варианта электрических характеристик мощности дуги при одинаковых значениях напряжения печного трансформатора. Номинальный тока трансформатора 70 кА. Какая из характеристик больше соответствует согласованности параметров печи и источника питания и почему?



- ☐ Вторая, так как в этом варианте параметры вторичного токоподвода позволяют канализировать в рабочее пространство большую мощность.
- ☐ Вторая, так как номинальный ток по величине близок току максимума производительности.
- ☐ Вторая, так как номинальный ток соответствует режимам повышенного коэффициента мощности.
- ☐ Первая, так как ток короткого замыкания не превышает в несколько раз номинальный ток трансформатора, при этом высока надежность работы электрооборудования печи.

Вопрос 25. Выберите формулу для действующей индуктивности третьего проводника участка, сечение которого изображено на рисунке.



- ☐  $L_3 = L_{\text{свб3}} + 0,5M_{34} - M_{31} - M_{35}.$
- ☐  $L_3 = L_{\text{свб3}} + M_{34} - M_{31} - M_{35}.$
- ☐  $L_3 = L_{\text{свб3}} + M_{34} + 2M_{31} + 2M_{35}.$
- ☐  $L_3 = L_{\text{свб3}} + M_{34} - 2M_{31} - 2M_{35}.$
- ☐  $L_3 = L_{\text{свб3}} - M_{34} + 2M_{31} - 2M_{35}.$

Вопрос 26. Собственная индуктивность электрода и взаимная индуктивность между двумя электродами соответственно равны  $2,01 \cdot 10^{-6}$  Гн и  $0,93 \cdot 10^{-6}$  Гн. Чему равно индуктивное сопротивление электрода? (ответ в мОм с точностью до 2 знаков после запятой)

Ответ (число):

Вопрос 27. Выберите верные логические выражения для среднефазного индуктивного сопротивления жесткого подвижного токоподвода и коэффициента асимметрии фаз при компланарном и триангулированном варианте исполнения.

- ☐  $X_k < X_T, k_k < k_T$  ☐  $X_k > X_T, k_k < k_T$  ☒  $X_k < X_T, k_k > k_T$  ☐  $X_k > X_T, k_k > k_T$  ☐  $X_k = X_T, k_k = k_T$

Вопрос 28. Поставьте в соответствие технологическому назначению название руднотермической печи.

Соотнесённые пары:

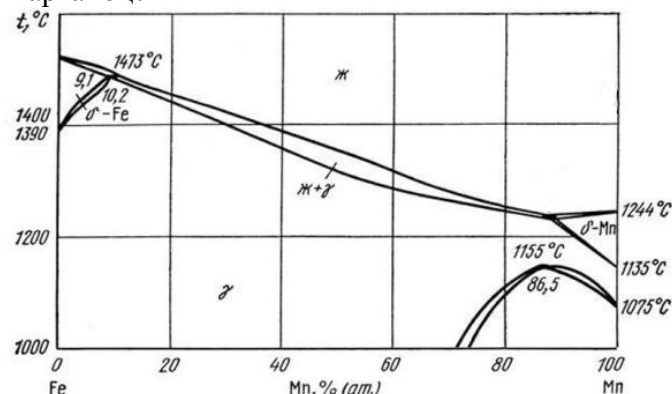
Расплавление руд	↔	Рудоплавильная
Получение металлов (кремния, хрома, марганца, титана, вольфрама, ванадия и др.) или их ферросплавов из руды	↔	Рудовосстановительная
Получение низкоуглеродистого феррохрома, ферромарганца и т. д.	↔	Рафинировочная
Получение медно-никелевого штейна	↔	Рудоплавильная
Получение желтого фосфора из руды	↔	Рудоплавильная

Плавка огнеупоров, карбида бора, электрокорунда	↔	Рудоплавильная
Получение карбида кремния (карборунда)	↔	Рудоплавильная

Вопрос 29. Как часто осуществляют капитальный ремонт рудовосстановительной печи?

- ☐ Раз в 5 лет. ☐ Раз в 1-2 года. ☐ Раз в месяц. ☐ Раз в полгода.

Вопрос 30. О чем говорит приведенный на рисунке фрагмент диаграммы состояния Железо – Марганец?



- ☐ При содержании в ферромарганце железа до 40% температура плавления сплава относительно невысока.
- ☐ При содержании в ферромарганце марганца до 60% температура плавления сплава относительно невысока.
- ☐ Присутствие железа в ферромарганце уменьшает температуру плавления сплава.
- ☐ При увеличении содержания в ферромарганце железа до 80% температура плавления сплава уменьшается.

Вопрос 31. Поставьте в соответствие позициям в маркировке печи РКЗ-80ф характер содержащейся в них информации.

Соотнесённые пары:

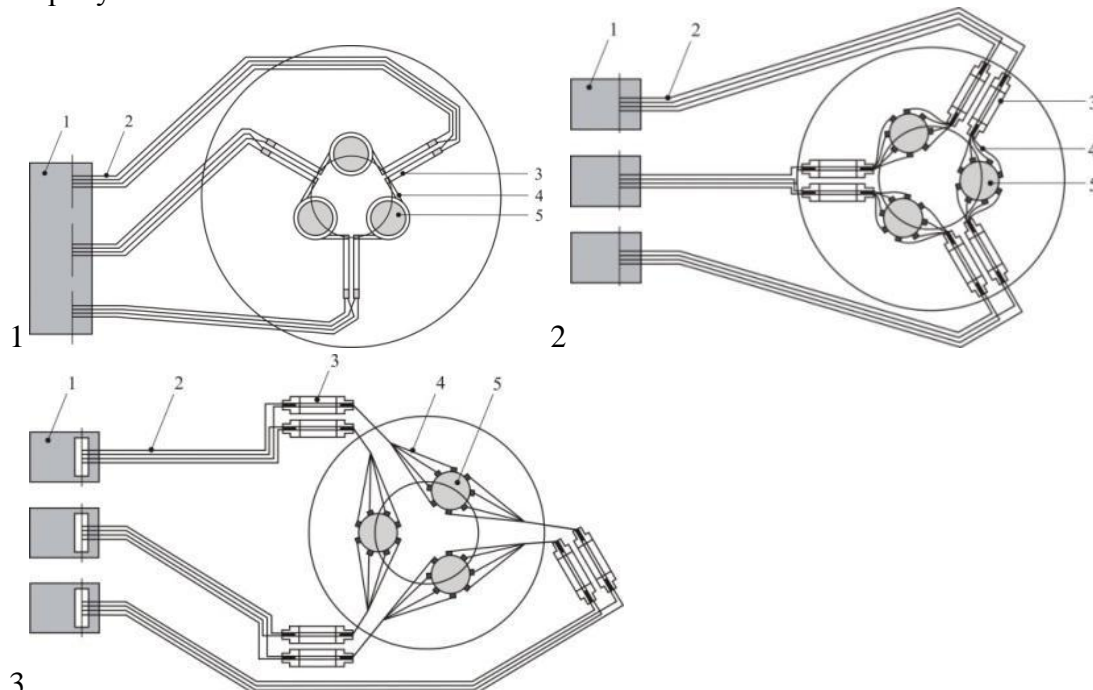
Р	↔	Вид электронагрева
К	↔	Форма ванны
80	↔	Мощность печи в МВА
ф	↔	Технологическое назначение
З	↔	Степень укрытия рабочего пространства

Вопрос 32. Выберите верное утверждение.

- ☐ Удельный расход электроэнергии при производстве ферросилиция больше, чем при производстве феррохрома, так как энергии на восстановление кремния требуется гораздо больше, чем на восстановление хрома.
- ☐ Удельный расход электроэнергии при производстве ферросилиция больше, чем при производстве феррохрома, так как температура плавления кремния и его окислов заметно больше температуры плавления хрома и его окислов.
- ☐ Удельный расход электроэнергии при производстве ферросилиция больше, чем при производстве феррохрома, так как процесс получения ферросилиция многошлаковый и много энергии тратится на нагрев и расплавление шлака.
- ☐ Удельный расход электроэнергии при производстве феррохрома больше, чем при производстве ферросилиция, так как процесс получения феррохрома многошлаковый и

много энергии тратится на нагрев и расплавление шлака.

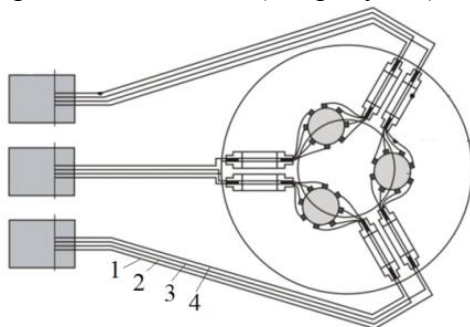
Вопрос 33. В чем состоит отличие между вторичными токоподводами РТП, изображенными на рисунках?



3

- ☐ Питание от разных типов трансформаторов.
- ☐ Разное расположение гибкого токоподвода относительно ванны печи.
- ☐ Разные компоновки печи с электродами относительно источника питания.
- ☐ Разные принципиальные схемы вторичного токоподвода.

Вопрос 34. Чему равен коэффициент взаимной индуктивности при взаимодействии проводников 1 и 2 (см. рисунок)?

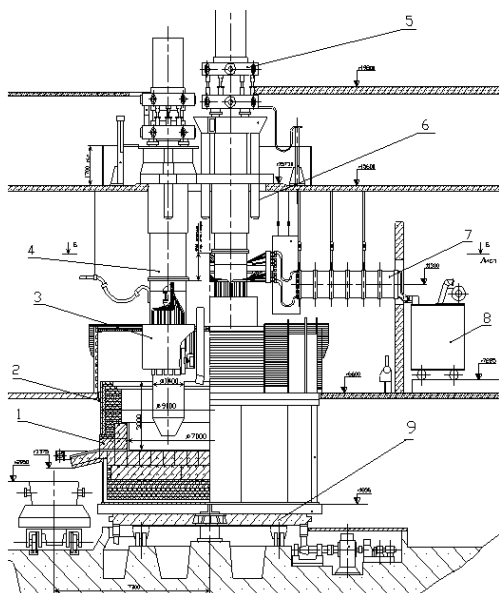


- ☐ 1.
- ☐ -1.
- ☐ -0,5.
- ☐ 0,5.

Вопрос 35. Какой участок вторичного токоподвода круглой рудовосстановительной печи является самым протяженным?

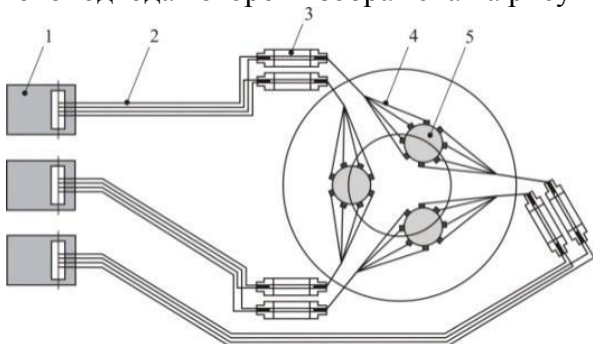
- ☐ Электрод.
- ☐ Трубки электрододержателя.
- ☐ Жесткая неподвижная часть.
- ☐ Кабельная гирлянда.
- ☐ Жесткая подвижная часть.

Вопрос 36. Какая маркировка больше всего подходит для печи, изображенной на рисунке?



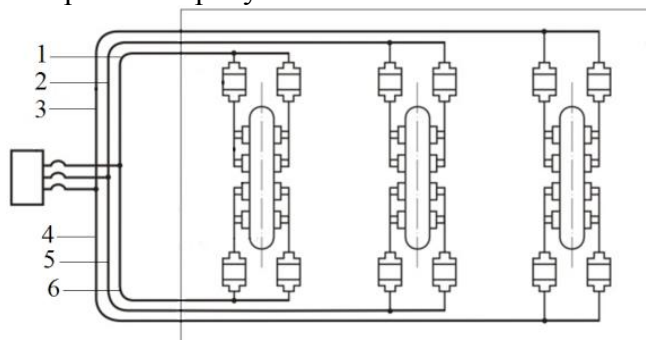
- ☐ РКО-25
- ☐ РПЗ-60
- ☐ РКЗ-33
- ☐ РПО-20

Вопрос 37. Какая маркировка больше всего подходит для печи, схема вторичного токоподвода которой изображена на рисунке?



- ☐ РКО-15
- ☐ РКЗ-33
- ☐ РКЗ-80ф
- ☐ РПЗ-60
- ☐ РПО-10

Вопрос 38. Каково технологическое назначение печи, вторичный токоподвод которой изображен на рисунке?



- ☐ Производство ферросилиция ФС75.
- ☐ Получение желтого фосфора.
- ☐ Производство карбида кальция.

Вопрос 39. Из чего изготавливают кожух самоспекающегося электрода?

- ☐ Шамот
- ☒ Сталь
- ☐ Медь
- ☐ Титан
- ☐ Графит

Вопрос 40. Какое назначение выполняет мантиль в руднотермической печи?

- ☐ Поддержание постоянной рабочей длины электродов при их наращивании.
- ☐ Защита поверхности кожуха самоспекающегося электрода от загрязнения.
- ☐ Обеспечение температурного режима коксования электродной массы.
- ☐ Обеспечение надежного электрического контакта электрода с короткой сетью.
- ☐ Подъем и опускание электродов с целью поддержания электрического режима.
- ☐ Исключение попадания колошниковых газов и пыли в цех.