

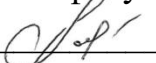
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Мусьял Александр Вячеславович
Должность: Ректор
Дата подписания: 2025-05-26
Уникальный программный ключ:
297fef716e5ece559822a236feffc4d8a43d0cf1

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова»

Факультет среднего профессионального образования

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета СПО

 О. В. Харсеева
(подпись, расшифровка подписи)

«26» мая 2025 г.

**Методические рекомендации по выполнению и защите
курсового проекта по МДК.02.01
«Монтаж воздушных линий электропередач
и трансформаторных подстанций»**

Специальность: *35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства*

Вид подготовки: *базовая, на базе основного общего образования*

Форма обучения: *очная*

Курск - 2025

**Лист рассмотрения/пересмотра
методических рекомендаций по выполнению и защите курсового
проекта по МДК.02.01 «Монтаж воздушных линий электропередач и
трансформаторных подстанций»**

Методические рекомендации одобрены на 2025-2026 учебный год.

Протокол № 10 от «20» мая 2025 г. заседания кафедры инженерных
технологий в АПК.

Зав. кафедрой  /И.И. Полупан /

Содержание

1	Цель, задачи и тематика курсового проекта	4
1.1	Цель и задачи курсового проекта	4
1.2	Тематика курсовых проектов	6
2	Структура и содержание курсового проекта	7
3	Оформление курсового проекта	7
4	Защита и оценивание курсового проекта	7
4.1	Порядок защиты курсового проекта	8
4.2	Оценивание курсовых проектов	9
5.	Учебно-методическое и информационное обеспечение	11
ПРИЛОЖЕНИЕ А	Список тем курсовых проектов	13
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	Образец титульного листа курсового проекта	17
ПРИЛОЖЕНИЕ В	Примерная структура и содержание курсового проекта	18
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	Бланк отзыва на курсовой проект	19
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	Бланк задания на курсовой проект	20
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	Справочные данные	21
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	Пример выполнения расчетной части курсового проекта	23

1 Цель, задачи и тематика курсового проекта

1.1 Цель и задачи курсового проекта:

Важнейшим компонентом образовательного процесса является подготовка и защита курсового проекта (далее КП), **целью** которого является систематизация и закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по монтажу воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций, укрепление связи учебного процесса с практической деятельностью. Курсовой проект выступает действенным средством усиления целенаправленности профессиональной подготовки студента.

Задачи курсового проекта:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по монтажу воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций;
- углубление теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования общих и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС;
- формирование умений использовать справочную, правовую и нормативную документацию;
- развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- ориентирование в процессе курсового проектирования на подготовку к государственной итоговой аттестации.

В результате подготовки, написания и защиты курсового проекта студенты должны:

знать:

- сведения о производстве, передаче и распределении электрической энергии;

- технические характеристики проводов, кабелей и методику их выбора для внутренних проводок и кабельных линий;

- методику выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций, схем защиты высоковольтных и низковольтных линий;

- правила утилизации и ликвидации отходов электрического хозяйства;

уметь:

- рассчитывать нагрузки и потери энергии в электрических сетях;

- рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети, токи короткого замыкания, заземляющие устройства;

- безопасно выполнять монтажные работы, в том числе на высоте;

иметь практический опыт:

- участия в монтаже воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций;

- технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий;

При подготовке, написании и защите курсового проекта по МДК.02.01 «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций» у студентов формируются следующие компетенции:

Общие:

- ОК 1 - Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

- ОК 2 - Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

- ОК 3 - Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

- ОК 4 - Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

- ОК 5 - Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

- ОК 6 - Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

- ОК 7 - Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

- ОК 8 - Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

- ОК 9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Профессиональные:

- ПК 2.1 Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий.

- ПК 2.2 Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций.

- ПК 2.3 Обеспечивать электробезопасность.

1.2 Тематика курсовых проектов

Тему курсового проекта обучающийся выбирает самостоятельно из числа рекомендованных (Приложение А).

Выдача задания по КП (Приложение Д) сопровождается консультацией, в ходе которой разъясняются назначение и задачи, структура и объем проекта, принципы разработки и оформления проекта.

Основными функциями руководителя КП являются:

- консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения КП;

- оказание обучающемуся помощи в подборе необходимой литературы;

- контроль хода выполнения КП;

- проверка КП;
- регистрация КП в журнале регистрации курсовых работ (проектов);
- подготовка отзыва на КП (Приложение Г).

2 Структура и содержание курсового проекта

Структура и содержание курсового проекта должны соответствовать Положению ПЛ 03.04.00/13-2017 «О порядке выполнения и защиты курсовых работ (проектов) обучающихся по образовательным программам среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Курская ГСХА», утвержденному Приказом №266-0 от 16.10.2017г.

Образец оформления титульного листа курсового проекта содержится в приложении Б. Примерная структура и содержание курсового проекта приведена в Приложении В.

3 Оформление курсового проекта

Курсовой проект выполняется в соответствии с Руководящим документом РД 01.001 – 2020 «Порядок оформления текстовых работ обучающихся ФГБОУ ВО Курская ГСХА. Правила оформления», утвержденным Приказом №27-0 от 03.02.2020г. и Положением ПЛ 03.04.00/13-2017 «О порядке выполнения и защиты курсовых работ (проектов) обучающихся по образовательным программам среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Курская ГСХА», утвержденным Приказом №266-0 от 16.10.2017г.

4 Защита и оценивание курсового проекта

Защита и оценивание курсового проекта осуществляются в соответствии с Положением ПЛ 03.04.00/13-2017 «О порядке выполнения и защиты курсовых работ (проектов) обучающихся по образовательным программам среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Курская ГСХА», утвержденным Приказом №266-0 от 16.10.2017г.

4.1 Порядок защиты курсового проекта

1. Курсовой проект представляется и защищается в сроки, предусмотренные графиком выполнения курсовых проектов по междисциплинарному курсу.

2. Курсовой проект должен быть сдан преподавателю-руководителю не позднее, чем за пять дней до назначенного срока защиты в бумажном и электронном виде.

3. Положительно оцененный руководителем курсовой проект подлежит защите. Защита курсовых проектов производится в часы, предусмотренные по данному МДК учебным планом.

4. При защите курсового проекта оценивается:

- глубина теоретической проработки исследуемых вопросов на основе анализа используемых источников;

- полнота раскрытия темы, правильное соотношение теоретического и фактического материала, связь теоретических положений с практикой;

- умелая систематизация данных в виде таблиц, графиков, графических материалов, схем с необходимым анализом и обобщением;

- аргументированность, самостоятельность выводов, обоснованность предложений;

- четкость выполнения курсового проекта, грамотность, хороший язык и стиль изложения, правильное оформление как самого курсового проекта, так и научно-справочного аппарата.

5. Процедура защиты осуществляется в устной форме по существу курсового проекта и состоит из ответов обучающегося на вопросы, обсуждения качества проекта и его окончательной оценки.

Продолжительность защиты, не должна превышать 15 минут.

6. Выступление в ходе защиты курсового проекта должно быть четким и лаконичным; содержать основные направления работы над темой курсового проекта, выводы.

Для доклада основных положений курсового проекта, обоснования выводов и предложений обучающемуся предоставляется не более 5-7 минут. После доклада обучающийся должен ответить на замечания преподавателя-руководителя, а также на заданные членами Комиссии вопросы по теме курсового проекта. Учитывая выступление обучающегося и ответы на вопросы в ходе защиты, преподаватель выставляет оценку, которая фиксируется в зачетной книжке.

7. В случае коллективной работы над курсовым проектом несколькими обучающимися, по теме выступают все участвовавшие в проекте.

4.2 Оценивание курсовых проектов

Оценка за КП выставляется на титульном листе КП, заверяется подписью руководителя КП с указанием даты.

Руководитель КП выставляет оценку в зачетную ведомость защиты курсовых проектов.

Полные названия курсовых проектов вносятся в зачетные книжки обучающихся на отведенных для этого страницах с выставлением оценки по курсовому проекту.

Аттестация по всем КП должна быть проведена до начала промежуточной аттестации по учебной дисциплине или МДК. Положительная оценка по дисциплине или МДК, по которым учебным планом по специальности предусматривается курсовой проект, выставляется только при условии успешной сдачи курсового проекта на оценку не ниже «удовлетворительно».

Обучающимся, получившим неудовлетворительную оценку по курсовому проекту, предоставляется право выбора новой темы курсового проекта или, по решению преподавателя, доработки прежней темы, при этом определяется новый срок для ее выполнения, но не позднее промежуточной аттестации в текущем семестре.

Не аттестация по КП считается академической задолженностью.

Результаты защиты курсового проекта определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», что соответствует бальной шкале «5, 4, 3, 2».

Оценка **«отлично»** выставляется за проект, который оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями, тема раскрыта полностью, имеет грамотно изложенную основную часть, в которой прослеживается глубина теоретической проработки исследуемых вопросов на основе анализа используемых источников, правильное соотношение теоретического и фактического материала, связь теоретических положений с практикой, умелая систематизация данных в виде таблиц, графиков, схем и других графических материалов с необходимым анализом, аргументированность, самостоятельность выводов, обоснованность предложений. При защите проекта студент показывает глубокое знание вопросов темы, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы. Таким образом прослеживается сформированность общих и профессиональных компетенций у обучающегося.

Оценка **«хорошо»** выставляется за проект, который оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями, тема раскрыта полностью, имеет грамотно изложенную основную часть, в которой прослеживается глубина теоретической проработки исследуемых вопросов на основе анализа используемых источников, правильное соотношение теоретического и фактического материала, связь теоретических положений с практикой, умелая систематизация данных в виде таблиц, графиков, схем и других графических материалов с необходимым анализом, аргументированность, самостоятельность выводов, однако с не вполне обоснованными предположениями и с низкой степенью творчества. При защите проекта студент показывает хорошее знание вопросов темы, вносит предложения по теме исследования, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы, но не на все из них дает исчерпывающие и аргументированные

ответы. Таким образом прослеживается сформированность общих и профессиональных компетенций у обучающегося.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется за проект, который оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями, тема раскрыта не полностью, содержит основную часть, которая имеет поверхностный анализ и недостаточно критический разбор, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные предложения. При защите проекта студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, допускает существенные недочеты, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы. В целом прослеживается сформированность общих и профессиональных компетенций у обучающегося.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за проект, который оформлен не в соответствии с предъявляемыми требованиями, тема не раскрыта, в основной части отсутствует анализ используемых источников, связь теоретических положений с практикой, графические материалы не систематизированы или отсутствуют. В проекте нет выводов, либо они носят декларативный характер. При защите проекта студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по ее теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки. Таким образом общие и профессиональные компетенции у обучающегося не сформированы.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература:

1. Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие для СПО / Н. К. Полуянович. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 396 с. — ISBN 978-5-507-50780-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/463445>. — Текст : электронный.

Дополнительная литература:

1 Киреева Э.А. Электрооборудование электрических станций, сетей и систем : учебное пособие / Киреева Э.А. — Москва : КноРус, 2021. — 319 с.— URL: <https://book.ru/book/936263>. — ISBN 978-5-406-02642-7. — Текст : электронный.

2 Пожиленков А. М., Электромонтер. Основы профессиональной деятельности : учебно-практическое пособие / А. М. Пожиленков, Г. В. Ткачева, Т. Н. Шабанова, О. А. Шагеева. — Москва : КноРус, 2025. — 216 с. — ISBN 978-5-406-13929-5. — URL: <https://book.ru/book/955853>. — Текст : электронный.

3 Хорольский В. Я. Эксплуатация электрооборудования : учебное пособие для СПО / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, В. Н. Шемякин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 268 с. — ISBN 978-5-507-53417-3. — URL: <https://e.lanbook.com/book/486869>.— Текст : электронный.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения профессионального модуля:

1 Энергетика. Оборудование. Документация : сайт.— URL: [http://www.forca.ru/](http://www.forca.ru) (дата обращения 27.05.2025).— Режим доступа: свободный.— Текст : электронный.

2 Электрические сети : сайт.— URL: <http://www.el-sety.ru/> (дата обращения 27.05.2025).— Режим доступа: свободный.— Текст : электронный.

3 Оборудование для монтажа и измерений : сайт.—URL: <http://www.sonel.ru/> (дата обращения 27.05.2025).— Режим доступа: свободный.— Текст : электронный.

5 Российское образование : федеральный портал : сайт.— URL: <http://www.edu.ru> (дата обращения 27.05.2025).— Режим доступа: свободный.— Текст : электронный.

6 Школа для электрика : сайт.— URL: <http://electricalschool.info/> (дата обращения 27.05.2025).— Режим доступа: свободный.— Текст : электронный.

7 Электронная библиотека: сайт.— URL: <http://www.razym.ru> (дата обращения 27.05.2025).— Режим доступа: свободный.— Текст: электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список тем курсовых проектов

1. Монтаж кабельных линий и расчет заземляющего устройства (Вариант 1).
2. Монтаж внутренних электрических сетей и расчет заземляющего устройства (Вариант 2).
3. Монтаж электрического освещения и расчет заземляющего устройства (Вариант 3).
4. Монтаж заземляющих устройств и расчет заземляющего устройства (Вариант 4).
5. Монтаж измерительных трансформаторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 5).
6. Монтаж силовых трансформаторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 6).
7. Сушка обмоток электрических машин и расчет заземляющего устройства (Вариант 7).
8. Монтаж электрических машин и расчет заземляющего устройства (Вариант 8).
9. Сушка обмоток трансформаторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 9).
10. Монтаж шинопроводов и расчет заземляющего устройства (Вариант 10).
11. Монтаж опорных и проходных изоляторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 11).
12. Монтаж шин и расчет заземляющего устройства (Вариант 12).
13. Монтаж комплектных трансформаторных подстанций и расчет заземляющего устройства (Вариант 13).

14. Монтаж кабельных линий в земле и расчет заземляющего устройства (Вариант 14).

15. Монтаж кабельных линий во взрывоопасных помещениях и расчет заземляющего устройства (Вариант 15).

16. Монтаж охлаждающей системы трансформаторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 16).

17. Монтаж герметичных и сухих трансформаторов и трансформаторов с литой изоляцией и расчет заземляющего устройства (Вариант 17).

18. Монтаж комплектных распределительных устройств и расчет заземляющего устройства (Вариант 18).

19. Монтаж электрических машин малой и средней мощности и расчет заземляющего устройства (Вариант 19).

20. Монтаж электрических машин большой мощности и расчет заземляющего устройства (Вариант 20).

21. Монтаж кабельных линий внутри зданий и расчет заземляющего устройства (Вариант 21).

22. Монтаж комплектных распределительных устройств внутренней установки и расчет заземляющего устройства (Вариант 22).

23. Монтаж комплектных распределительных устройств наружной установки и расчет заземляющего устройства (Вариант 23).

24. Монтаж линий электропередачи напряжением до 1 кВ и расчет заземляющего устройства (Вариант 24).

25. Монтаж линий электропередачи напряжением до 10 кВ и расчет заземляющего устройства (Вариант 25).

26. Монтаж конденсаторных установок и расчет заземляющего устройства (Вариант 26).

27. Монтаж соединительных муфт на кабельных линиях напряжением до 10 кВ и расчет заземляющего устройства (Вариант 27).

28. Монтаж концевых муфт наружной установки на кабельных линиях напряжением до 10 кВ и расчет заземляющего устройства (Вариант 28).

29. Монтаж разъединителей, выключателей и предохранителей трансформаторных подстанций и расчет заземляющего устройства (Вариант 29).

30. Монтаж вторичной коммутации трансформаторных подстанций и расчет заземляющего устройства (Вариант 30).

31. Монтаж воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ и расчет заземляющего устройства (Вариант 31).

32. Монтаж оборудования силовых трансформаторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 32).

33. Монтаж электродвигателей и расчет заземляющего устройства (Вариант 33).

34. Монтаж масляных выключателей и расчет заземляющего устройства (Вариант 34).

Варианты индивидуальных заданий для выполнения расчетной части курсового проекта

Вариант	ЛЭП, км		ТП - $\frac{V_{ЛЭП}}{V_H}$, кВ	Грунт, ρ, Ом·м	А x В, м	t, м	Вид ЗУ	Клим. зона	Искусственные заземлители, размер, мм	
	L _{вл}	L _{кл}							В	Г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	5	35/0,4	Песок 800	18 x 8	0,5	К	IV	Стальной уголок 50x50x5 L=2,5 м	Полоса 40x4
2	50	6	20/0,4	Супесь 300	15 x 10	0,6	Р	III		
3	60	14	10/0,4	Щебень 200	10 x 8	0,7	К	II		
4	100	80	6/0,4	Суглинок 100	12 x 10	0,7	Р	I		
5	50	42	3/0,4	Чернозём 50	10 x 10	0,6	К	II	Круглая сталь d=12 L=5 м	Пруток d=10
6	-	5	35/0,65	Глина 40	18 x 10	0,5	Р	III		
7	15	8	20/0,65	Торф 20	16 x 8	0,5	К	IV		
8	80	20	10/0,65	Песок 800	15 x 8	0,6	Р	IV	Стальной уголок 60x60x6	Пруток d=12
9	78	19	6/0,65	Супесь 300	12 x 8	0,7	К	III		

10	-	50	3/0,65	Щебень 200	10 x 9	0,7	Р	II	L=3 м	
11	25	5	35/0,23	Суглинок 100	20 x 10	0,6	К	I		
12	10	8	20/0,23	Чернозём 50	15 x 12	0,5	Р	I	Труба стальная d=60 L=2,5 м	Полоса 40x4
13	10	19	10/0,23	Глина 40	15 x 8	0,5	К	II		
14	-	26	6/0,23	Горф 20	12 x 6	0,6	Р	III		
15	2	42	3/0,23	Песок 800	10 x 10	0,7	К	IV		
16	-	10	20/0,4	Супесь 300	15 x 12	0,7	Р	IV	Стальной уголок 75x75x8 L=3 м	Полоса 40x4
17	4	19	10/0,4	Щебень 200	16 x 10	0,6	К	III		
18	5	30	6/0,4	Суглинок 100	10 x 8	0,5	Р	II		
19	-	45	3/0,4	Чернозём 50	12 x 10	0,5	К	I		
20	15	4	20/0,65	Глина 40	18 x 10	0,6	Р	I	Круглая сталь d=15 L=6 м	Пруток d=12
21	80	20	10/0,65	Горф 20	18 x 8	0,7	К	IV		
22	78	19	6/0,65	Песок 800	16 x 10	0,7	Р	III		
23	10	50	3/0,65	Супесь 300	12 x 8	0,6	К	II		
24	5	15	10/0,23	Щебень 200	15 x 12	0,5	Р	I	Круглая сталь d=16 L=5 м	Полоса 40x4
25	3	26	6/0,23	Суглинок 100	12 x 10	0,5	К	I		
26	50	6	20/0,4	Чернозём 300	15 x 10	0,6	Р	III	Круглая сталь d=12 L=5 м	Пруток d=10
27	15	1	20/0,65	Суглинок 100	18 x 12	0,5	К	IV		
28	-	2	3/0,65	Щебень 200	12 x 9	0,5	Р	III		
29	10	-	10/0,23	Щебень 200	18 x 12	0,7	К	II	Стальной уголок 75x75x8 L=3 м	Полоса 40x4
30	22	8	35/0,23	Чернозём 50	20 x 10	0,6	К	II		
31	5	-	6/0,4	Супесь 300	10 x 8	0,5	Р	II		
32	2	-	3/0,23	Песок 800	12 x 9	0,5	Р	III	Труба стальная d=60 L=2,5 м	Полоса 40x4
33	4	2	6/0,65	Песок 800	16 x 12	0,7	Р	III		
34	5	5	10/0,23	Супесь 300	16 x 10	0,6	Р	II		

Примечание: К – контурное; Р – рядное.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Образец титульного листа курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Курский государственный аграрный университет
имени И.И.Иванова»

Факультет среднего профессионального образования
Кафедра инженерных технологий в АПК
Специальность 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по МДК 02.01 «Монтаж воздушных линий электропередач и
трансформаторных подстанций»

Монтаж электрического освещения и расчёт заземляющего устройства (вариант 3)

Выполнил:

обучающийся _ курса _____ группы _____
(дата) (подпись) (расшифровка подписи)

Проверил:

руководитель
курсового проекта _____
(оценка) (дата) (подпись) (расшифровка подписи)

КУРСК – 2024

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Примерная структура и содержание курсового проекта

Тема: Монтаж измерительных трансформаторов и расчет заземляющего устройства (Вариант 5)

Содержание

Введение.....	4
1 Измерительные трансформаторы.....	5
1.1 Варианты маркировки.....	7
1.2 Особенности монтажа.....	8
1.3 Эксплуатация.....	9
1.4 Схемы подключения измерительного трансформатора напряжения и тока.....	11
2 Расчет заземляющего устройства.....	14
2.1 Определение расчетного сопротивления одного вертикального электрода.....	14
2.2 Определение удельного сопротивления совмещенного заземляющего устройства.....	14
2.3 Определение количества вертикальных электродов.....	15
2.4 Размещение заземляющего устройства на плане и уточнение расстояния между электродами.....	16
2.5 Определение уточненных значений сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов.....	18
2.6 Определение фактического сопротивления заземляющего устройства.....	19
Заключение.....	20
Список использованных источников.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А Технические характеристики (если есть).....	22

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Бланк отзыва на курсовой проект

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова»

Факультет среднего профессионального образования

ОТЗЫВ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Обучающему(ей)ся _____

(фамилия, имя, отчество)

Специальность (курс, группа) _____

Тема _____

Оценка актуальности и значимости темы _____

Оценка использованных в проекте методов _____

Оценка структуры курсового проекта _____

Оценка содержания и положительных сторон проекта _____

Недостатки в проекте _____

Руководитель курсового проекта _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

Дата _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Бланк задания на курсовой проект

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова»

Факультет среднего профессионального образования

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Обучающему(ей)ся _____
(фамилия, имя, отчество)

Специальность _____

Тема _____

Исходные данные к курсовому проекту: 1. _____

2. Данные для расчета заземляющего устройства:

Вариант	ЛЭП, км		ТП – $\frac{V_1}{V_2}$, кВ	Грунт, ρ , Ом·м	A×B, м	t, м	Вид ЗУ	Климат. зона	Искусственные заземлители, размер, мм	
	$L_{вЛ}$	$L_{кЛ}$							В	Г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Примечание: К – контурное, Р – рядное

Перечень подлежащих разработке в курсовом проекте вопросов:

1. Рассмотреть _____

2. Рассчитать заземляющее устройство

3. Разместить заземляющее устройство на плане.

Кафедра _____

Руководитель проекта _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(дата)

Обучающий(ая)ся _____
(подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Справочные данные

Таблица 1 - Наибольшие допустимые значения R_3 для трёхфазных сетей

Напряжение сети, кВ	Режим нейтрали	$R_{3,иб}$, Ом	Вид ЗУ
110 и выше	ЗН	0,5	Заземление
3...35	ИН	10	
0,66	ГЗН	2	Зануление
0,38		4	
0,22		8	
0,66; 0,38; 0,22	ИН	4	Заземление

Примечание. При удельном электрическом сопротивлении грунта более 100 Ом · м допускается увеличивать указанные выше значения в $0,01\rho$ раз, но не более 10-кратного.

Таблица 2 - Коэффициенты сезонности $K_{сез}$

Климатическая зона	Вид заземлителя		Дополнительные сведения
	вертикальный	горизонтальный	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
I	1,9	5,8	Глубина заложения вертикальных заземлителей от поверхности земли 0,5...0,7м
II	1,7	4,0	Глубина заложения горизонтальных заземлителей 0,3...0,8м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примечание. Зона I имеет наиболее холодный, IV - теплый климат;
 ρ - удельное сопротивление грунта, измерено при нормальной влажности, Ом · м, принимается по таблице 3.

Таблица 3 - Удельное сопротивление грунта (ρ)

Грунт	Торф	Глина, земля садовая	Чернозем	Суглинок	Каменистая почва	Супесь	Песок с галькой
ρ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	800

Таблица 4 - Рекомендуемые электроды

Вид электрода	Размеры, мм	L, м	t, м
Стальной уголок	50×50×5	2,5...3	0,5...0,7
	60×60×6		
	75×75×8		
Круглая сталь	Ø12...16	5...6	
Труба стальная	Ø60	2,5	
Полоса стальная	40×4	Расчетная	
Прутки стальной	Ф10...12		

Таблица 5 - Значения коэффициентов использования электродов

№в	$\frac{a}{L}$						Дополнительные сведения
	1		2		3		
	$\eta_{в}$	$\eta_{г}$	$\Pi_{в}$	$\Pi_{г}$	$\eta_{в}$	$\eta_{г}$	
4	$\frac{0,69}{0,74}$	$\frac{0,45}{0,77}$	$\frac{0,78}{0,83}$	$\frac{0,55}{0,89}$	$\frac{0,85}{0,88}$	$\frac{0,7}{0,92}$	Числитель для контурного ЗУ, а знаменатель - для рядного
	$\frac{0,62}{0,63}$	$\frac{0,4}{0,71}$	$\frac{0,73}{0,77}$	$\frac{0,48}{0,83}$	$\frac{0,8}{0,83}$	$\frac{0,64}{0,88}$	
6	$\frac{0,55}{0,59}$	$\frac{0,34}{0,62}$	$\frac{0,69}{0,75}$	$\frac{0,4}{0,75}$	$\frac{0,76}{0,81}$	$\frac{0,56}{0,82}$	
	$\frac{0,47}{0,49}$	$\frac{0,27}{0,42}$	$\frac{0,64}{0,68}$	$\frac{0,32}{0,56}$	$\frac{0,71}{0,77}$	$\frac{0,45}{0,68}$	
10	$\frac{0,43}{0,43}$	$\frac{0,24}{0,31}$	$\frac{0,6}{0,65}$	$\frac{0,3}{0,46}$	$\frac{0,68}{0,75}$	$\frac{0,41}{0,58}$	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Пример выполнения расчетной части курсового проекта

Рассчитать заземляющее устройство (ЗУ) - это значит:

- определить расчетное сопротивление одного вертикального электрода;
- определить удельное сопротивления совмещенного заземляющего устройства;
- определить количество вертикальных электродов;
- разместить заземляющее устройство на плане и уточнить расстояние между электродами;
- определить уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов;
- определить фактическое сопротивление заземляющего устройства.

1 Определение расчетного сопротивления одного вертикального электрода

Расчетное сопротивление одного вертикального электрода определяется по формуле:

$$r_B = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.в}}, \quad (1)$$

где r_B – сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$K_{\text{сез.в.}}$ – коэффициент сезонности, 1,7.

Примечание. При использовании естественных заземлений:

$$R_H = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3}, \quad (2)$$

где R_H, R_e – сопротивление искусственных и естественных заземлений, Ом.

Сопротивление заземления железобетонных фундаментов здания, связанных между собой металлическими конструкциями, определяется по формуле:

$$R_e = \frac{\rho}{\sqrt{S}}, \quad (3)$$

S - площадь, ограниченная периметром здания, m^2 .

2 Определение удельного сопротивления совмещенного заземляющего устройства

В любое время года согласно ПУЭ:

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3}, \quad (4)$$

где R_3 - сопротивление заземляющего устройства, Ом (не более 10 Ом);

I_3 - расчетный ток замыкания на землю, А (не более 500 А).

Расчетный (емкостный) ток замыкания на землю определяется приближенно:

$$I_3 = \frac{V_n (35L_{кл} + L_{вл})}{350}, \quad (5)$$

где V_n - номинальное линейное напряжение сети, кВ;

$L_{кл}, L_{вл}$ - длина кабельных и воздушных электрически связанных линий, км.

Примечание. В электроустановках с ИН до 1кВ.

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} \text{ (не более 4 Ом)}. \quad (6)$$

При мощности источника до 100кВ·А - не более 10 Ом.

По этой же формуле рассчитывают R_3 , если ЗУ выполняется общим для сетей до и выше 1кВ.

При совмещении ЗУ различных напряжений R_3 принимается наименьшим из требуемых значений (приложения, таблица 1)

3 Определение количества вертикальных электродов

- без учета экранирования

$$N'_{вр} = \frac{r_B}{R_{зу}}, \quad (7)$$

где r_B — расчетное сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

$R_{зу}$ — сопротивление заземляющего устройства, Ом.

- с учетом экранирования

$$N_{ВР} = \frac{N'_{ВР}}{z_{В}}, \quad (8)$$

где $N'_{ВР}$ — расчетное количество вертикальных электродов без учета экранирования, шт.;

$\eta_{В}$ — коэффициент использования вертикального электрода.

По таблице 5 принять $\eta_{В} = F(\text{тип ЗУ; вид заземления; } \frac{a}{L}; N_{В})$

4 Размещение заземляющего устройства на плане и уточнение расстояния между электродами

Так как контурное заземляющее устройство закладывается на расстоянии не менее 1м от сооружения, то длина по периметру закладки определяется по формуле:

$$L_{\Pi} = (A+2) \cdot 2 + (B+2) \cdot 2, \quad (9)$$

где A — длина сооружения, м;

B — ширина сооружения, м.

Расстояние между электродами уточняем с учетом формы объекта. По углам устанавливаем по 1 вертикальному электроду, а оставшиеся между ними.

$$a_{В} = \frac{B'}{n_{В} - 1}, \quad (10)$$

$$a_{А} = \frac{A'}{n_{А} - 1}, \quad (11)$$

где $a_{В}$ — расстояние между электродами по ширине объекта, м;

$a_{А}$ — расстояние между электродами по длине объекта, м;

$n_{В}$ — количество электродов по ширине объекта, шт.;

$n_{А}$ — количество электродов по длине объекта, шт.

Для уточнения коэффициентов использования электродов определяем среднее значение отношения:

$$\frac{a}{L_{\text{cp}}} = \frac{1}{2} \frac{a_B + a_A}{3}, \quad (12)$$

По таблице 5 уточняем коэффициенты использования электродов:

5 Определение уточненных значений сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов

Уточненное значение сопротивления горизонтальных электродов определяется по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi} \cdot \eta_{\Gamma}} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.}\Gamma} \cdot \lg \frac{2 L_{\Pi}^2}{d \cdot t}, \quad (13)$$

где L_{Π} — длина полосы, м

η_{Γ} — уточненное значение коэффициента использования горизонтальных электродов;

ρ — плотность грунта, Ом·м;

d — диаметр круглого заземлителя, м;

t — глубина заложения, м;

$K_{\text{сез.}\Gamma}$ — коэффициент сезонности горизонтального заземлителя.

По таблице 2 определяем коэффициент сезонности горизонтального заземлителя в зависимости от климатической зоны:

Уточненное значение сопротивлений вертикальных электродов определяется по формуле:

$$R_B = \frac{r_B}{N_{\text{вр}} \cdot \eta_B}, \quad (14)$$

где r_B — расчетное сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

$N_{\text{вр}}$ — принятое количество вертикальных электродов, шт.;

η_B — уточненное значение коэффициентов использования вертикальных электродов;

6 Определение фактического сопротивления заземляющего устройства

Фактическое сопротивление заземляющего устройства определяется по формуле:

$$R_{з\phi} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma}, \quad (15)$$

На основании полученных данных необходимо дать заключение об эффективности заземляющего устройства, исходя из соотношения:

$$R_{з\phi} < R_{з\text{у}} .$$

Пример 1

Дано:

$$L_{\text{вл}} = 50 \text{ км},$$

$$L_{\text{кл}} = 42 \text{ км},$$

ТП – 3/0,4 кВ,

$$\rho = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м (грунт – суглинок)},$$

$$A \times B = 10 \times 10 \text{ м},$$

$$t = 0,6 \text{ м},$$

Вид ЗУ – контурное,

Климатическая зона – II,

Вертикальный заземлитель – круглая сталь $d = 12 \text{ мм}$, $L = 5 \text{ м}$,

Горизонтальный заземлитель – пруток $d = 10 \text{ мм}$.

1 Определение расчетного сопротивления одного вертикального электрода

Расчетное сопротивление одного вертикального электрода определяется по формуле:

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.в}}, \quad (1)$$

где $r_{\text{в}}$ – сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$K_{\text{сез.в}}$ – коэффициент сезонности, 1,7.

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot 50 \cdot 1,7 = 25,5 \text{ Ом}.$$

2 Определение удельного сопротивления совмещенного заземляющего устройства

Так как ЗУ используется одновременно для электроустановок выше и ниже 1000 В, то удельное сопротивление совмещенного ЗУ определяется по формуле:

$$R_{3y} \leq \frac{125}{I_3}, \quad (2)$$

где I_3 – расчетный ток замыкания на землю определяется по формуле:

$$I_3 = \frac{V_n (35 L_{\text{кЛ}} + L_{\text{вЛ}})}{350}, \quad (3)$$

где V_n – номинальное линейное напряжение сети, кВ;

$L_{\text{кЛ}}$, $L_{\text{вЛ}}$ – соответственно длина кабельных и воздушных электрически связанных линий, км.

$$I_3 = \frac{3 (35 \cdot 42 + 50)}{350} = 13 \text{ А},$$

$$R_{3y} \leq \frac{125}{13} = 9,6 \text{ Ом}.$$

Требуемое по низшему напряжению: $R_{3y} \leq 4 \text{ Ом}$.

Для дальнейших расчетов принимаем $R_{3y2} = 4 \text{ Ом}$.

Но так как $\rho < 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то для расчета принимаем:

$$R_{3y} \leq 4 \cdot \frac{\rho}{100}, \quad (4)$$

где ρ — сопротивление грунта, Ом·м;

Расчетное сопротивление грунта определяется по формуле:

$$\rho_p = \rho_{\text{уд}} \cdot K_{\text{сез}}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{уд}}$ — удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$K_{\text{сез}}$ — коэффициент сезонности.

$$\rho_p = 50 \cdot 1,7 = 85 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

$$R_{3y} = 4 \cdot \frac{85}{100} = 3,4 \text{ Ом}.$$

3 Определение количества вертикальных электродов

- без учета экранирования

$$N'_{\text{вр}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{3y}}, \quad (6)$$

где $r_{\text{в}}$ — расчетное сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

$R_{3У}$ — сопротивление заземляющего устройства, Ом.

$$N'_{вр} = \frac{25,5}{3,4} = 7,5 \text{ шт.}$$

Принимаем $N'_{вр} = 8$ шт.

• с учетом экранирования

$$N_{вр} = \frac{N'_{вр}}{\eta_{в}}, \quad (7)$$

где $N'_{вр}$ — расчетное количество вертикальных электродов без учета экранирования, шт.;

$\eta_{в}$ — коэффициент использования вертикального электрода.

По таблице 5 принимаем $\eta_{в} = F(\text{тип } 3У; \text{ вид заземления}; \frac{a}{L}; N_{в}) = F(\text{контурное}; \text{ вертикальное}; 1; 8) = 0,59$.

$$N_{вр} = \frac{8}{0,59} = 13,5 \text{ шт.}$$

Принимаем $N_{вр} = 14$ шт.

4 Размещение заземляющего устройства на плане и уточнение расстояния между электродами

Так как контурное заземляющее устройство закладывается на расстоянии не менее 1м от сооружения, то длина по периметру закладки определяется по формуле:

$$L_{п} = (A+2) \cdot 2 + (B+2) \cdot 2, \quad (8)$$

где A — длина сооружения, м;

B — ширина сооружения, м.

$$L_{п} = (10+2) \cdot 2 + (10+2) \cdot 2 = 48 \text{ м.}$$

Расстояние между электродами уточняем с учетом формы объекта. По углам устанавливаем по 1 вертикальному электроду, а оставшиеся между ними.

Для равномерного распределения электродов окончательно принимаем $N_{вр} = 14$ шт., тогда:

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1}, \quad (9)$$

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1}, \quad (10)$$

где a_B — расстояние между электродами по ширине объекта, м;

a_A — расстояние между электродами по длине объекта, м;

n_B — количество электродов по ширине объекта, шт.;

n_A — количество электродов по длине объекта, шт.

$$a_B = \frac{12}{4 - 1} = 4 \text{ м,}$$

$$a_A = \frac{12}{5 - 1} = 3 \text{ м.}$$

Для уточнения коэффициентов использования электродов определяем среднее значение отношения:

$$\frac{a}{L_{ср}} = \frac{1}{2} \frac{a_B + a_A}{3}, \quad (11)$$

$$\frac{a}{L_{ср}} = \frac{1}{2} \frac{4 + 3}{3} = 1,2.$$

По таблице 5 уточняем коэффициенты использования электродов:

$$\eta_{в\gamma} = F(\text{контурное}; 1,2; 14) = 0,55;$$

$$\eta_{г\gamma} = F(\text{контурное}; 1,2; 14) = 0,32.$$

5 Определение уточненных значений сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов

Уточненное значение сопротивления горизонтальных электродов определяется по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi} \cdot z_{\Gamma}} \cdot c \cdot K_{\text{сез.}\Gamma} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Pi}^2}{d \cdot t}, \quad (12)$$

где L_{Π} — длина полосы, м

η_{Γ} — уточненное значение коэффициента использования горизонтальных электродов;

ρ — плотность грунта, Ом·м;

d — диаметр круглого заземлителя, м;

t — глубина заложения, м;

$K_{\text{сез.}\Gamma}$ — коэффициент сезонности горизонтального заземлителя.

По таблице 2 определяем коэффициент сезонности горизонтального заземлителя в зависимости от климатической зоны:

$$K_{\text{сез.}\Gamma} = F(\Pi) = 4,0,$$

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{48 \cdot 0,33} \cdot 50 \cdot 4 \cdot \lg \frac{2 \cdot 48^2}{0,001 \cdot 0,6} = 35,8 \text{ Ом.}$$

Уточненное значение сопротивлений вертикальных электродов определяется по формуле:

$$R_{\text{В}} = \frac{r_{\text{В}}}{N_{\text{Вр}} \cdot z_{\text{В}}}, \quad (13)$$

где $r_{\text{В}}$ — расчетное сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

$N_{\text{Вр}}$ — принятое количество вертикальных электродов, шт.;

$\eta_{\text{В}}$ — уточненное значение коэффициентов использования вертикальных электродов;

$$R_{\text{В}} = \frac{25,5}{14 \cdot 0,57} = 3,3 \text{ Ом.}$$

6 Определение фактического сопротивления заземляющего устройства

Фактическое сопротивление заземляющего устройства определяется по формуле:

$$R_{3y\phi} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma}, \quad (14)$$

$$R_{3y\phi} = \frac{3,2 \cdot 34,8}{3,2 + 34,8} = 3 \text{ Ом.}$$

Так как $R_{3y\phi}$ (3 Ом) < R_{3y} (3,4 Ом) следовательно, заземляющее устройство эффективно.

Пример 2

Дано:

$$L_{\text{вл}} = 100 \text{ км},$$

$$L_{\text{кл}} = 80 \text{ км},$$

ТП – 6/0,4 кВ,

$$\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м} \text{ (грунт – суглинок)},$$

$$A \times B = 12 \times 10 \text{ м},$$

$$t = 0,7 \text{ м},$$

Вид ЗУ – рядное,

Климатическая зона – I,

Вертикальный заземлитель – стальной уголок $50 \times 50 \times 5$ мм, $L = 2,5$ м,

Горизонтальный заземлитель – полоса 40×4 мм.

1 Определение расчетного сопротивления одного вертикального электрода

Расчетное сопротивление одного вертикального электрода определяется по формуле:

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.в}}, \quad (1)$$

где $r_{\text{в}}$ – сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$K_{\text{сез.в.}}$ – коэффициент сезонности, 1,9.

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot 100 \cdot 1,9 = 57 \text{ Ом}.$$

2 Определение удельного сопротивления совмещенного заземляющего устройства

Так как ЗУ используется одновременно для электроустановок выше и ниже 1000 В, то удельное сопротивление совмещенного ЗУ определяется по формуле:

$$R_{3y} \leq \frac{125}{I_3}, \quad (2)$$

где I_3 – расчетный ток замыкания на землю определяется по формуле:

$$I_3 = \frac{V_n (35 L_{\text{кЛ}} + L_{\text{вЛ}})}{350}, \quad (3)$$

где V_n – номинальное линейное напряжение сети, кВ;

$L_{\text{кЛ}}$, $L_{\text{кВ}}$ – соответственно длина кабельных и воздушных электрически связанных линий, км.

$$I_3 = \frac{6 (35 \cdot 80 + 100)}{350} = 49,7 \text{ А},$$

$$R_{3y} \leq \frac{125}{49,7} = 2,5 \text{ Ом}.$$

Для сетей низшего напряжения при данном грунте допустимое сопротивление заземляющего устройства определяется по формуле:

$$R_{3y\text{доп}} = R_{3y2} \cdot 0,01 \cdot \rho, \quad (4)$$

где ρ — сопротивление грунта, Ом·м.

По таблице 1 принимаем $R_{3y2} = 4 \text{ Ом}$.

$$R_{3y\text{доп}} = 4 \cdot 0,01 \cdot 100 = 4 \text{ Ом}.$$

Для дальнейших расчетов принимаем $R_{3y} = 4 \text{ Ом}$.

3 Определение количества вертикальных электродов

- без учета экранирования

$$N'_{\text{вр}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{3y}}, \quad (5)$$

где $r_{\text{в}}$ — расчетное сопротивление одного вертикального электрода, Ом;

R_{3y} — сопротивление заземляющего устройства, Ом.

$$N'_{\text{вр}} = \frac{57}{4} = 14,25 \text{ шт.}$$

Принимаем $N'_{\text{вр}} = 15 \text{ шт}$.

- с учетом экранирования

$$N_{\text{ВР}} = \frac{N'_{\text{ВР}}}{\eta_{\text{В}}}, \quad (6)$$

где $N'_{\text{ВР}}$ — расчетное количество вертикальных электродов без учета экранирования, шт.;

$\eta_{\text{В}}$ — коэффициент использования вертикального электрода.

По таблице 5 принимаем $\eta_{\text{В}} = F(\text{тип ЗУ, вид заземления, } \frac{a}{L}, N_{\text{В}}) = F(\text{рядное, вертикальное, 2; 15}) = 0,72$.

$$N_{\text{ВР}} = \frac{15}{0,72} = 20,8 \text{ шт.}$$

Принимаем $N_{\text{ВР}} = 21$ шт.

4 Размещение заземляющего устройства на плане

При прямой прокладке получается большая протяженность по длине, что нецелесообразно, поэтому при нанесении на план допускается изменение направления рядного заземляющего устройства.

Общая длина заземляющего устройства определяется по формуле:

$$L_{\text{п}} = a \cdot (N_{\text{ВР}} - 1), \quad (7)$$

где a — расстояние между электродами, м;

$N_{\text{ВР}}$ — принятое количество электродов, шт.

$$L_{\text{п}} = 5 \cdot (21 - 1) = 100 \text{ м.}$$

5 Определение уточненных значений сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов

Уточненное значение сопротивления вертикальных электродов определяются по формуле:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \cdot \eta_B}, \quad (8)$$

где r_B — расчетное сопротивление одного вертикального электрода, Ом;
 N_B — принятое значение электродов, шт.;
 η_B — уточненное значение коэффициента использования электродов.

По таблице 5 уточняем коэффициент использования электродов:

$$\eta_B = F(\text{рядное}; 2; 21) = 0,68;$$

$$\eta_\Gamma = F(\text{рядное}; 2; 21) = 0,55.$$

$$R_B = \frac{57}{21 \cdot 0,68} = 4 \text{ Ом.}$$

Уточненное значение сопротивления горизонтальных электродов определяется по формуле:

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \cdot \eta_\Gamma} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.}\Gamma} \cdot \lg \frac{2 L_\Pi^2}{b t}, \quad (9)$$

где L_Π — длина полосы, м;

η_Γ — уточненное значение коэффициента использования горизонтальных электродов;

ρ — плотность грунта, Ом·м;

b — ширина полосы горизонтального заземлителя, м;

t — глубина заложения, м;

$K_{\text{сез.}\Gamma}$ — коэффициент сезонности горизонтального заземлителя.

По таблице 2 определяем коэффициент сезонности горизонтального заземлителя в зависимости от климатической зоны:

$$K_{\text{сез.}\Gamma} = F(I) = 5,8.$$

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{100 \cdot 0,55} \cdot 100 \cdot 5,8 \cdot \lg \frac{2 \cdot 100^2}{0,004 \cdot 0,7} = 24,7 \text{ Ом.}$$

6 Определение фактического сопротивления заземляющего устройства

Фактическое сопротивление заземляющего устройства определяется по формуле:

$$R_{\text{зуф}} = \frac{R_{\text{в}} R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} + R_{\text{г}}}, \quad (10)$$

$$R_{\text{зуф}} = \frac{4 \cdot 24,7}{4 + 24,7} = 3,44 \text{ Ом.}$$

Так как $R_{\text{зуф}}$ (3,44 Ом) < $R_{\text{зудоп}}$ (4 Ом) следовательно, заземляющее устройство эффективно.