

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ энергетический  
КАФЕДРА Электрические системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 М.И. Фурсанов

“ 9 ” 06 2021 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Разработка методики оценки целесообразности применения силовых  
электрических кабелей напряжением 6..110 кВ с изоляцией из сшитого  
полиэтилена

Специальность 1-43 01 02 Электроэнергетические системы и сети

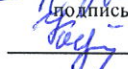
Специализация 1-43 01 02 02 Проектирование, монтаж и эксплуатация электрических сетей

Обучающийся  
группы 10602216

 05.06.21

Г.К. Ковтун

Руководитель

 07.06.21

М.А. Короткевич  
д.т.н., профессор

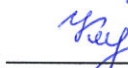
Консультанты:

по технологической части

 07.06.21

М.А. Короткевич  
д.т.н., профессор

по электроэнергетической части

 07.06.21


М.А. Короткевич  
д.т.н., профессор

по разделу «Экономическая часть»

 21.05.21

А.И. Лимонов  
к.э.н., доцент

по разделу «Охрана труда»

 26.05.21

Е.В. Мордик  
ст. преподаватель

Ответственный за нормоконтроль

 7.06.21

А.А. Волков  
ст. преподаватель

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка – 96 страниц;

графическая часть – \_\_\_\_\_ листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц

Минск 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 96 с., 13 рис., 28 табл., 45 источников.

### КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, СШИТЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН, ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ, НАДЕЖНОСТЬ, УДОБСТВО МОНТАЖА, МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Объектами исследования являются кабельные линии с различным типом материала изоляции на напряжение 6-110 кВ.

Цель проекта – разработать методику оценки эффективности применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена по сравнению с кабелями с бумажно-масляной изоляцией напряжением 6-110 кВ.

Разработан комплексный подход для оценки эффективности применения силовых электрических кабелей из сшитого полиэтилена на основе метода многокритериальной оптимизации. В рамках данного метода проведена количественная и качественная оценка: значения приведенных затрат на сооружение кабельной линии, надежности, удобства монтажа, влияния на окружающую среду и разность высот прокладки кабельной линии. По результатам проведенной оценки доказана эффективность применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6-110 кВ. Определены технико-экономические показатели кабельных линий электропередачи с различным материалом изоляции. Рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности при монтаже соединительных муфт.

Подтверждаю, что приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сополимерные композиции сшитого полиэтилена (Super СОРО™) для высоконадежных силовых кабелей среднего напряжения / Дж.О. Бустром, А. Кампус, Р.Н. Хэмптон, П. Хейккала, К.М. Ягер, А. Смедберг, Д. Валд // «Кабели и провода». – 2005. – № 5. – С. 7-22.

2. Long-Life XLPE Insulated Power Cable / N. Hampton, R. Hartlein, H. Lennartsson, H. Orton, R. Ramachandran // 7th International Conference on Insulated Power Cables (JiCable'07). Paris, 2007.

3. Дорофейчик, А. Н. Эксплуатация кабельных сетей напряжением 0,4-110 кВ : учебно-методическое пособие / А. Н. Дорофейчик. – Гродно : ГрГУ им. Я. Купалы, 2009. – 228 с.

7. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия. — Переизд. январь 2011 с Изм. 1, 2, 3, 4, 5, Попр. (ИУС. 1982. № 5; ИУС. 1983. № 11; ИУС. 1986. № 11; ИУС РБ. 1996. № 3; ИУС РБ. 1999. № 4; ИУС РБ. 2000. № 1; ИУС РБ. 2000. № 2; ИУС РБ. 2002. № 3) : ГОСТ 16442-80. — Взамен ГОСТ 16442-70; введ. РБ 17.12.92. — Минск : БелГИСС, 2011. — 21 с.

5. Изделия кабельные. Термины и определения : ГОСТ 15845-80. — Взамен ГОСТ 15845-70; введ. 01.07.81. — Москва : Изд-во стандартов, 1980. — 27 с.

6. Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров : ГОСТ 22483-2012. — Взамен ГОСТ 22483-77; введ. РБ 01.07.15. — Минск : Госстандарт, 2014. — 12 с. — Попр. (ИУС. № 2-2015).

7. Канискин, В. А. Эксплуатация силовых электрических кабелей : учебное пособие / В.А. Канискин, А.И. Таджибаев. – Санкт-Петербург : ПЭИПК, 2001. – 60 с.

8. Короткевич, М. А. Монтаж электрических сетей : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по электротехническим специальностям / М. А. Короткевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2012. — 510 с.

9. Основы кабельной техники : учеб. для вузов / В. М. Леонов [и др.] ; под ред. И. Б. Пешкова. — Москва : Академия, 2006. — 432 с.

10. Бабицкий, О. Ш. Технология скрутки кабелей / О. Ш. Бабицкий, Л. Я. Лехтман. – Москва : Энергия, 1978. – 135 с.

11. Производство кабелей и проводов : Учебник для техникумов / Н. И. Белоруссов [и др.]; под ред. Н. И. Белоруссова, И. Б. Пешкова. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 632 с.

12. Григорьян, А. Г. Технология производства кабелей и проводов с применением пластмасс и резин : учебное пособие / А. Г. Григорьян, Д. Н. Дикер-

ман, И. Б. Пешков ; под ред. И. Б. Пешкова. — Москва : Машиностроение, 2011. — 367 с.

13. Ананичева, С. С. Проектирование электрических сетей : учеб. пособие / С. С. Ананичева, Е. Н. Котова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 164 с.

14. Герасименко, А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. — 3-е изд. М. : КНОРУС, 2012. — 648 с.

15. Веников, В. А. Электрические системы. Электрические сети : учебник для электроэнергетических специализированных вузов / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков; под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Высш. шк., 1998. — 511 с.

16. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 592 с.

17. Эффективность применения кабелей напряжением 6-110 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. Часть 1 / М. А. Короткевич, С. И. Подгайский, А. В. Голомуздов // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. — 2017. — № 5. — С. 417–432.

18. Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 6-110 кВ : [каталог продукции], 2018 / ООО" Импэкс Электро", ООО "Углич-кабель". — [Б. м. : б. и.], 2018. — 43 с.

19. Кабели маслонаполненные на переменное напряжение 110–500 кВ. Технические условия: ГОСТ 16441–78. М.: Изд-во стандартов, 1978.— 39 с.

20. Кабели силовые с пропитанной бумажной изоляцией. Технические условия: ГОСТ 18410–73. М.: Изд-во стандартов, 1975.— 28 с.

21. Козлов, В. А. Электроснабжение городов / В. А. Козлов. — Л.: Энергия, 1977. — 280 с.

22. Майоров, А. В. К обоснованию и выбору параметров кабельных линий 20 кВ в мегаполисе / А. В. Майоров, А. В. Шунтов // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 66: Актуальные проблемы надежности систем энергетики. — Минск: Бел. нац. техн. ун-т, 2015. — С. 125–132.

23. Технический кодекс установившейся практики ТКП 181-2009 (02230). Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках : сборник технических нормативных правовых актов Республики Беларусь по электробезопасности. — Минск : Дизайн ПРО, 2010. — 655 с.

24. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. — 488 с.

25. Сафронов, В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования / В. В. Сафронов. – Саратов. Научная книга, 2009. — 329 с.

26. Михалевич, В. С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В. С. Михалевич, В. Л. Волкович. — М.: Наука, 1982. — 286 с.

27. Методы определения коэффициентов важности критериев / А. М. Анохин, В. А. Глотов, В. В. Павельев // Автоматика и телемеханика. — 1997. № 8. — С. 3–35.

28. Саркисян, С. А. Теория прогнозирования и принятия решений: учеб. пособие / С. А. Саркисян. — М.: Высшая школа, 1977. — 351 с.

29. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения : ГОСТ 27.002–89. — Введ. 01.07.90. — Москва : Изд-во стандартов, 1990. — 37 с.

30. Калинин, В. Ф. Надёжность систем электроснабжения : учебное пособие / В. Ф. Калинин, А. В. Кобелев, С. В. Кочергин. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011. — 81 с.

31. Кабели 6–35 кВ с пластмассовой изоляцией. Факторы эксплуатационной надежности / Лавров Ю. А. // «Новости электротехники». – 2006. – № 6. – С. 48–51.

32. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение от 6 до 35 кВ включительно : ГОСТ 55025-2012. — Москва : Стандартинформ, 2013. — 35 с.

33. Кабели силовые с пропитанной бумажной изоляцией. Технические условия. — Переизд. январь 2011 с Изм. 1, 2, 3, 4, 5, Попр. (ИУС. 1978. № 8; ИУС. 1980. № 1; ИУС. 1985. № 2; ИУС. 1987. № 10; ИУС РБ. 1996. № 3; ИУС. 1986. № 9; ИУС. 1988. № 8; ИУС РБ. 1999. № 4; ИУС РБ. 2002. № 3) : ГОСТ 18410-73. — Взамен ГОСТ 340-59, ГОСТ 6515-55; введ. РБ 17.12.92. — Минск : БелГИСС, 2011. — 22 с.

34. Жилина, М. А. Надежность городских распределительных сетей / М. А. Жилина, Е. В. Скребнева // Сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая". — Кемерово: Куз. нгос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачёва, 2017. – С. 21–29.

35. Пантелеев, Е. Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: справ. электро-монтажника / Е. Г. Пантелеев. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 228 с.

36. Семенов, А. В. Обоснование предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты для человека / А. В. Семенов

//Известия Томского политехнического университета. — 2012. – Т. 321, № 1. — С. 3–6.

37. Системы защиты биологических объектов от слабых сверхнизкочастотных МП на основе магнитомягких аморфных и нанокристаллических сплавов / Л. В. Галяткина, Б.В. Фармаковский, П. А. Кузнецов //Человек и эл-магн. поля: сб. докл. III междунар. конф., Саров, 24-27 мая 2010. — Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010. — С. 262-270.

38. Системный подход к проектированию воздушных и кабельных ЛЭП среднего и высокого напряжения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.elsi.ru/upload/medialibrary/3e0/3e06891444b0e3f564a5dd46191fdaf9.pdf>. — Дата доступа: 21.05.2021.

39. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к обеспечению безопасности и безвредности воздействия на население электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц», Гигиенического норматива «Предельно-допустимые уровни электрических и магнитных полей тока промышленной частоты 50 Гц при их воздействии на население» и признании утратившим силу отдельного структурного элемента постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 июня 2010 г. № 68 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.soligorskge.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3141:-----50-----](http://www.soligorskge.by/index.php?option=com_content&view=article&id=3141:-----50-----). — Дата доступа: 21.05.2021.

40. Дубицкий, С.Д. Управление магнитным полем подземной кабельной линии электропередач / С.Д. Дубицкий, Г.В. Грешняков, Н.В. Коровкин. // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. — 2017. — Т. 23, № 3. — С. 88–100.

41. Дубов, Ю. А. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем / Ю. А. Дубов, С. И. Травкин, В. Н. Якимец. — М.: Наука, 1986. — 296 с.

42. Гуткин, Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств: учеб. пособие для вузов / Л. С. Гуткин. — М. : Сов. радио, 1975. — 368 с.

43. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии / Герасименко А.А., Федин В.Т. – Изд. 2-е. — Ростов н/Д: Феникс, 2008. — 715 с.

44. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок : ТКП 427-2012 (02230). — Введ. 01.03.13. — Минск : Энергопресс, 2017. — VIII, 148 с. — Изм. 1 (ИУ ТНПА № 10-2018).

45. Об охране труда : Закон Республики Беларусь : [23 июня 2008 г. № 356-З : принят Палатой представителей 14 мая 2008 г. : одобрен Советом Республики 4 июня 2008 г. : вступает в силу с изменениями 28.06.2020 г.]. — Минск : Энергопресс, 2020. — 59 с.