



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Направление подготовки (специальность)
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Интеллектуальные системы электроснабжения

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

| | |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра | Электроснабжения промышленных предприятий |
| Курс | 1 |
| Семестр | 2 |

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий
23.01.2023 г., протокол № 4

Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
10.02.2023 г., протокол № 7

Председатель _____ В.Р. Храпшин

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ЭПП, канд. техн. наук _____ А.В. Варганова

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук _____ Н.А. Николаев



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.В. Варганова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов знаний, практических умений и навыков в области проектирования распределительных устройств электростанций и подстанций, электрического освещения, а также в области моделирования режимов систем электроснабжения с использованием современных достижений науки, техники, международного и отечественного опыта в этой области.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Системы автоматизированного проектирования в электроэнергетике входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Программное обеспечение систем электроснабжения

Специальные вопросы электроснабжения

Анализ и управление электропотреблением

Компьютерные, сетевые и информационные технологии

Энергосбережение и энергоменеджмент

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - научно-исследовательская работа

Производственная - научно-исследовательская работа

Производственная - проектная практика

Производственная-преддипломная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Системы автоматизированного проектирования в электроэнергетике» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|----------------|---|
| ПК-4 | Способен разрабатывать отдельные разделы проектов, осуществлять их технико-экономическое обоснование, применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений |
| ПК-4.1 | Определяет характеристики объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения |
| ПК-4.2 | Осуществляет сбор информации по существующим и выбор оптимальных технических решений на различных стадиях проекта систем электроснабжения объекта капитального строительства |
| ПК-4.3 | Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования систем электроснабжения объекта капитального строительства |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 63,8 акад. часов;
- аудиторная – 60 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,8 акад. часов
- самостоятельная работа – 44,5 акад. часов;

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) | | | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|--|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|------------------------|
| | | Лек. | лаб. зан. | практ. зан. | | | | |
| 1. Раздел 1 | | | | | | | | |
| 1.1 Общие понятия о САПР: структура, подходы к разработке | 2 | 3 | | | 2 | | | ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | | 3 | | | 2 | | | |
| 2. Раздел 2 | | | | | | | | |
| 2.1 Внедрение САПР для решения задач в области электроэнергетики: история, современные САПР, основные области применения и возможности | 2 | 4 | | | 2 | | | ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | | 4 | | | 2 | | | |
| 3. Раздел 3 | | | | | | | | |
| 3.1 Применение САПР для решения задач в области электроэнергетики | 2 | 4 | | | 5 | | | ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | | 4 | | | 5 | | | |
| 4. Раздел 4 | | | | | | | | |
| 4.1 САПР расчета светотехнической части | 2 | 4 | | 6/4И | 5 | Выполнение СР-1, подготовка к АКР-1 | СР-1, АКР-1 | ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | | 4 | | 6/4И | 5 | | | |
| 5. Раздел 5 | | | | | | | | |
| 5.1 Особенности работы с САПР в электроэнергетике | 2 | 4 | | 8/4И | 5 | Выполнение СР-2, подготовка к АКР-1 | СР-2, АКР-1 | ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | | 4 | | 8/4И | 5 | | | |
| 6. Раздел 6 | | | | | | | | |
| 6.1 3д САПР электроэнергетике | 2 | 4 | | | 5 | Подготовка к АКР-1 | АКР-1 | ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |

| | | | | | | | |
|---|----|---|--|--------|------|-------------------------------------|---|
| Итого по разделу | 4 | | | 5 | | | |
| 7. Раздел 7 | | | | | | | |
| 7.1 САПР расчета и оптимизации режимов систем электроснабжения и электроэнергетических систем | 2 | 4 | | 16/4И | 10,5 | Выполнение СР-3, подготовка к АКР-1 | СР-3, АКР-1 ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | 4 | | | 16/4И | 10,5 | | |
| 8. Промежуточная аттестация | | | | | | | |
| 8.1 Подготовка к экзамену | 2 | | | | | Подготовка к экзамену | Экзамен ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3 |
| Итого по разделу | | | | | 10 | | |
| Итого за семестр | 30 | | | 30/12И | 44,5 | | экз |
| Итого по дисциплине | 30 | | | 30/12И | 44,5 | | Экзамен |

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Системы автоматизированного проектирования в электроэнергетике» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Системы автоматизированного проектирования в электроэнергетике» происходит с использованием мультимедийного оборудования. Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы. При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ. Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

Практико-ориентированный подход при проведении занятий реализуется за счет привлечения к образовательному процессу представителей промышленных партнеров (ПАО «ММК», ФСК «ЕЭС», АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ», АО «Сетевая компания» (г. Казань), АО «РТСофт» (г. Москва)) для проведения мастер-классов, экскурсий, и лекций.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Муромцев, Д. Ю. Математическое обеспечение САПР : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. — 2-е изд. перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1573-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/42192> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Меликов, А. В. Теория надежности элементов электротехнических комплексов и систем электроснабжения : учебное пособие / А. В. Меликов. - Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. - 96 с. - ISBN 978-5-4479-0193-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087875> (дата обращения: 18.05.2023). — Режим доступа: по подписке.

2. Кирюхин, Ю.А. Проектирование силовых высокочастотных трансформаторов : монография / Ю.А. Кирюхин, В.С. Степанов, С.А. Аршинов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 152 с. - ISBN 978-5-9729-0312-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053407> (дата обращения: 18.05.2023). — Режим доступа: по подписке.

3. Тремясов, В.А. Теория надежности в энергетике. Надежность систем генерации, использующих ветровую и солнечную энергию : учеб. пособие / В.А. Тремясов, Т.В. Кривенко. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. - 164 с. - ISBN 978-5-7638-3749-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1031885> (дата обращения: 18.05.2023). — Режим доступа: по подписке.

4. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive> (дата обращения: 18.05.2023).

5. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/> (дата обращения: 18.05.2023).

в) Методические указания:

Методические указания приведены в приложении 3 к РПД

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|---|------------------------------|------------------------|
| 7Zip | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| STATISTICA в.6 | К-139-08 от 22.12.2008 | бессрочно |
| MathCAD v.15 Education University Edition | Д-1662-13 от 22.11.2013 | бессрочно |
| MS SQL Server Management Studio | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| Calculate Linux Desktop Xfce | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| Linux Calculate | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое ПО | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|--|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС» | https://dlib.eastview.com/ |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar) | URL: https://scholar.google.ru/ |
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам | URL: http://window.edu.ru/ |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа - мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - доска, мультимедийный проектор, экран.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(обязательное)

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Системы автоматизированного проектирования в электроэнергетике» предусмотрено проведение аудиторной контрольной работы и 6 индивидуальных заданий для обучающихся.

Аудиторная контрольная работа (АКР):

1. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении ВЛ 220 кВ?

2. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении КЛ 6 кВ?

3. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении ТСН (ввод ВН)?

4. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении синхронного двигателя напряжением выше 1 кВ?

5. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении силового трансформатора с расщепленной обмоткой НН (ввод низкого напряжения)?

6. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН проходной подстанции напряжением 35 кВ с 4 присоединениями, при условии, что на РУ предполагаются частые коммутации трансформатора? Назовите номер и полное название схемы.

7. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН транзитной подстанции напряжением 35 кВ с 6 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.

8. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства СН узловой подстанции напряжением 110 кВ с 5 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.

9. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН узловой подстанции напряжением 110 кВ с 12 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.

10. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН узловой подстанции напряжением 220 кВ с 4 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.

11. Минимально допустимый ток отключения может быть у выключателей на РУ 10 кВ с $I_{п0} = 12,6$ кА и $T_a = 0,07$ с

а) 20 кА

б) 25 кА

в) 31,5 кА

г) 50 кА

12. Минимально допустимый номинальный ток выключателя на вводе 10 кВ силового трансформатора ТРДН-25000/110 составляет:

а) 630 А

б) 1000 А

в) 1600 А

г) 2000 А

13. Минимально допустимый номинальный ток выключателя на вводе 110 кВ силового трансформатора ТРДН-25000/110 составляет:

а) 630 А

б) 1000 А

в) 1600 А

г) 2000 А

14. Минимально допустимый ток электродинамической стойкости может быть у выключателей на РУ 220 кВ с $I_{п0} = 21$ кА и $T_a = 0,02$ с

а) 20 кА

б) 25 кА

в) 31,5 кА

г) 50 кА

15. Минимально допустимый ток отключения может быть у выключателей на РУ 220 кВ с $I_{п0} = 21$ кА и $T_a = 0,02$ с

а) 35 кА

б) 50 кА

в) 102 кА

г) 125 кА

16. Минимально допустимый ток электродинамической стойкости может быть у выключателей на РУ 10 кВ с $I_{п0} = 12,6$ кА и $T_a = 0,07$ с

а) 35 кА

б) 50 кА

в) 102 кА

г) 125 кА

Примерные самостоятельные работы:

СР-1 «САПР светотехнической части электроустановок»

Осуществить расчет прожекторного освещения открытого распределительно устройства подстанции 110/10 кВ с использованием программного обеспечения Dialux, если план подстанции приведен на рисунке. Привести план расстановки прожекторных мачт, указать типы светильников и ламп. Привести план с изображением изолиний.

СР-2 «САПР схем распределительных устройств электростанций и подстанций»

На основании технического задания с использованием САПР «ОРУ CAD» и «ЗРУ CAD»:

- рассчитать технико-экономические показатели;
- выбрать оптимальную схему распределительного устройства главной понизительной подстанции;
- разработать однолинейную схему ГПП;
- осуществить расчет токов короткого замыкания;
- осуществить выбор и проверку оборудования РУ ВН и НН;
- спроектировать собственные нужды подстанции.

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Урал |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|----------------------------|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 40 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×ТРДН-40000/110 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | Одинарная секционированная |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 6 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 52 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 4 ВЛ | |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 110 кВ более двух | |

СР-3 «Оптимизация режимов работы систем электроснабжения с собственными источниками электроэнергии»

Для заданной схемы электроснабжения с собственными источниками электроэнергии, осуществить поиск оптимального распределения активных мощностей между генераторами электростанций в ПВК «КАТРАН», если технико-экономические модели турбогенераторов имеют следующий вид:

Технико-экономические модели генераторов

$P_{ном} = 6$ МВт

| | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|
| P , МВт | 4 | 5 | 6 |
| D_0 , м ³ | 44 | 47 | 50 |
| S , руб./м ³ | 234 | 235 | 233 |

$P_{ном} = 12$ МВт

| | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| P , МВт | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| D_0 , м ³ | 61 | 65 | 69 | 74 | 77 |
| S , руб./м ³ | 351 | 358 | 342 | 347 | 354 |

$P_{ном} = 20$ МВт

| | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P , МВт | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| D_0 , м ³ | 115 | 125 | 135 | 140 | 145 | 150 |
| S , руб./м ³ | 270 | 272 | 274 | 269 | 267 | 267 |

$P_{ном} = 32$ МВт

| | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P , МВт | 14 | 18 | 20 | 24 | 26 | 30 |
| D_0 , м ³ | 177 | 195 | 205 | 220 | 229 | 235 |
| S , руб./м ³ | 240 | 240 | 232 | 245 | 241 | 234 |

$P_{ном} = 40$ МВт

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P , МВт | 25 | 27 | 29 | 30 | 32 | 36 | 39 | 40 |
| D_0 , м ³ | 163 | 171 | 176 | 182 | 188 | 201 | 212 | 216 |
| S , руб./м ³ | 331 | 335 | 337 | 336 | 332 | 330 | 330 | 329 |

$P_{ном} = 63$ МВт

| | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P , МВт | 37 | 40 | 43 | 46 | 48 | 51 | 54 | 60 |
| D_0 , м ³ | 177 | 189 | 202 | 214 | 222 | 235 | 248 | 260 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| S , руб./м ³ | 360 | 365 | 362 | 361 | 354 | 353 | 353 | 350 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

$$P_{\text{ном}} = 100 \text{ МВт}$$

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P , МВт | 82 | 85 | 86 | 88 | 90 | 92 | 95 | 100 |
| D_0 , м ³ | 217 | 225 | 229 | 234 | 237 | 248 | 250 | 265 |
| S , руб./м ³ | 321 | 325 | 325 | 333 | 330 | 329 | 327 | 326 |

Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен):

1. Перечислите основные цели автоматизации проектирования СЭС. С помощью применения каких технологий их можно достичь?
2. Дайте определение понятиям: проектные операция и процедура, проектные решение и маршрут, этап и стадия проектирования.
3. Какие виды проектных процедур могут быть использованы в САПР?
4. Какие этапы входят в типовую схему проектирования? Приведите их область назначения и основные функции.
5. Какие типовые задачи автоматизации проектирования характерны для ОРУ CAD и ЗРУ CAD?
6. В чём особенность параллельного (смешанного проектирования)? Для каких энергетических объектов его можно применить?
7. Перечислите преимущества и недостатки технологии CAD/ САМ/САЕ. В чём заключаются основные трудности их внедрения в электроэнергетике?
8. Какими свойствами обладает система электроснабжения как объект проектирования? Как они влияют на создание САПР?
9. Какие задачи САПР ОРУ CAD и ЗРУ CAD относятся к формализуемым, а какие – к трудно формализуемым? Какие применяются режимы в работе САПР в зависимости от характера и степени участия человека и использования ЭВМ?
10. В чём особенности нисходящего и восходящего проектирования? Как это учитывается при создании САПР? Приведите примеры.
11. Дайте определения обеспечивающим подсистемам САПР. Как связаны между собой техническое и программное обеспечения САПР ОРУ CAD и ЗРУ CAD?
12. Какие подсистемы САПР можно отнести к обслуживающим, а какие – к проектирующим?
13. Приведите примеры компонентов и комплексов САПР систем электроснабжения.
14. Перечислите основные проблемы проектирования систем электроснабжения. Какое влияние они оказывают на создание САПР ОРУ CAD и ЗРУ CAD?
15. Какая информация необходима для составления ТЭО электрической части электроэнергетического объекта?
16. Какие основные задачи проектирования СЭС необходимо автоматизировать в первую очередь? Почему?
17. Какие этапы и стадии проектирования элементов систем электроснабжения регламентированы? Каким образом их лучше автоматизировать?
18. Какие промышленные программные пакеты САПР вам известны? Сравните их основные возможности и область применения.

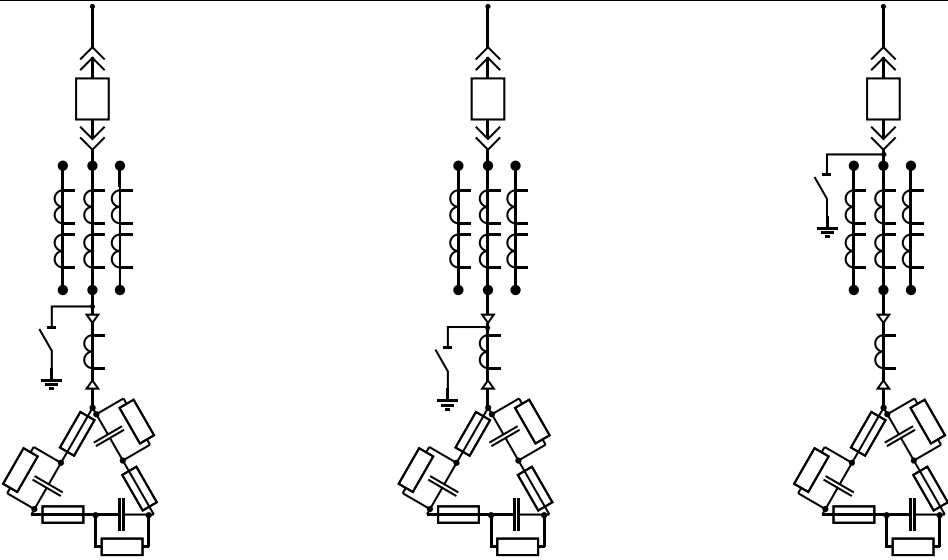
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(обязательное)

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства |
|--|---|---|
| ПК-4: Способен разрабатывать отдельные разделы проектов, осуществлять их технико-экономическое обоснование, применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений | | |
| ПК-4.1 | Определяет характеристики объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения | <p>1. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации</p> <ol style="list-style-type: none">1. Перечислите основные цели автоматизации проектирования СЭС. С помощью применения каких технологий их можно достичь?2. Дайте определение понятиям: проектные операция и процедура, проектные решение и маршрут, этап и стадия проектирования.3. Какие виды проектных процедур могут быть использованы в САПР?4. Какие этапы входят в типовую схему проектирования? Приведите их область назначения и основные функции.5. Какие типовые задачи автоматизации проектирования характерны для ОРУ САД и ЗРУ САД?6. В чём особенность параллельного (смешанного проектирования)? Для каких энергетических объектов его можно применить?7. Перечислите преимущества и недостатки технологии САД/ САМ/САЕ. В чём заключаются основные трудности их внедрения в электроэнергетике? <p>2. Задания для самостоятельных работ</p> <p>СР-1 «САПР светотехнической части электроустановок»</p> <p>Осуществить расчет прожекторного освещения открытого распределительно устройства подстанции 110/10 кВ с использованием программного обеспечения Dialux, если план подстанции приведен на рисунке. Привести план расстановки прожекторных мачт, указать типы светильников и ламп. Привести план с изображением изолиний.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства |
|----------------|---|--|
| | |  |
| ПК-4.2 | <p>Осуществляет сбор информации по существующим и выбор оптимальных технических решений на различных стадиях проекта систем электроснабжения объекта капитального строительства</p> | <p>1. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приведите примеры компонентов и комплексов САПР систем электроснабжения. 2. Перечислите основные проблемы проектирования систем электроснабжения. Какое влияние они оказывают на создание САПР ОРУ CAD и ЗРУ CAD? 3. Какая информация необходима для составления ТЭО электрической части электроэнергетического объекта? 4. Какие основные задачи проектирования СЭС необходимо автоматизировать в первую очередь? Почему? 5. Какие этапы и стадии проектирования элементов систем электроснабжения регламентированы? Каким образом их лучше автоматизировать? 6. Какие промышленные программные пакеты САПР вам известны? Сравните их основные возможности и область применения. <p>2. Задания для самостоятельных работ СР-2 «САПР схем распределительных устройств электростанций и подстанций»</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|--|------------------|-----|-----|-----|--------------------|----|----|----|-----------------------|-----|-----|-----|------------------|---|---|----|----|----|--------------------|----|----|----|----|----|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|----|----|----|----|----|----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|----|----|----|----|----|----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | <p>На основании технического задания с использованием САПР «ОРУ CAD» и «ЗРУ CAD»:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитать технико-экономические показатели; - выбрать оптимальную схему распределительного устройства главной понизительной подстанции; <p>Условия задачи приведены в индикаторе 4.1.</p> <p>СР-3 «Оптимизация режимов работы систем электроснабжения с собственными источниками электроэнергии»</p> <p>Для заданной схемы электроснабжения с собственными источниками электроэнергии, осуществить поиск оптимального распределения активных мощностей между генераторами электростанций в ПВК «КАТРАН», если технико-экономические модели турбогенераторов имеют следующий вид:</p> <p style="text-align: center;">Технико-экономические модели генераторов</p> <p>$P_{НОМ} = 6 \text{ МВт}$</p> <table border="1" data-bbox="842 879 1693 987"> <tr> <td>$P, \text{ МВт}$</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>$D_0, \text{ м}^3$</td> <td>44</td> <td>47</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>$S, \text{ руб./м}^3$</td> <td>234</td> <td>235</td> <td>233</td> </tr> </table> <p>$P_{НОМ} = 12 \text{ МВт}$</p> <table border="1" data-bbox="842 1054 1693 1163"> <tr> <td>$P, \text{ МВт}$</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>$D_0, \text{ м}^3$</td> <td>61</td> <td>65</td> <td>69</td> <td>74</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>$S, \text{ руб./м}^3$</td> <td>351</td> <td>358</td> <td>342</td> <td>347</td> <td>354</td> </tr> </table> <p>$P_{НОМ} = 20 \text{ МВт}$</p> <table border="1" data-bbox="842 1230 1693 1339"> <tr> <td>$P, \text{ МВт}$</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>17</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>$D_0, \text{ м}^3$</td> <td>115</td> <td>125</td> <td>135</td> <td>140</td> <td>145</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>$S, \text{ руб./м}^3$</td> <td>270</td> <td>272</td> <td>274</td> <td>269</td> <td>267</td> <td>267</td> </tr> </table> <p>$P_{НОМ} = 32 \text{ МВт}$</p> <table border="1" data-bbox="842 1406 1693 1474"> <tr> <td>$P, \text{ МВт}$</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>24</td> <td>26</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>$D_0, \text{ м}^3$</td> <td>177</td> <td>195</td> <td>205</td> <td>220</td> <td>229</td> <td>235</td> </tr> </table> | $P, \text{ МВт}$ | 4 | 5 | 6 | $D_0, \text{ м}^3$ | 44 | 47 | 50 | $S, \text{ руб./м}^3$ | 234 | 235 | 233 | $P, \text{ МВт}$ | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | $D_0, \text{ м}^3$ | 61 | 65 | 69 | 74 | 77 | $S, \text{ руб./м}^3$ | 351 | 358 | 342 | 347 | 354 | $P, \text{ МВт}$ | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | $D_0, \text{ м}^3$ | 115 | 125 | 135 | 140 | 145 | 150 | $S, \text{ руб./м}^3$ | 270 | 272 | 274 | 269 | 267 | 267 | $P, \text{ МВт}$ | 14 | 18 | 20 | 24 | 26 | 30 | $D_0, \text{ м}^3$ | 177 | 195 | 205 | 220 | 229 | 235 |
| $P, \text{ МВт}$ | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 44 | 47 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 234 | 235 | 233 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P, \text{ МВт}$ | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 61 | 65 | 69 | 74 | 77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 351 | 358 | 342 | 347 | 354 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P, \text{ МВт}$ | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 115 | 125 | 135 | 140 | 145 | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 270 | 272 | 274 | 269 | 267 | 267 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P, \text{ МВт}$ | 14 | 18 | 20 | 24 | 26 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 177 | 195 | 205 | 220 | 229 | 235 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | <table border="1"> <tr> <td>S, руб./м³</td> <td>240</td> <td>240</td> <td>232</td> <td>245</td> <td>241</td> <td>234</td> </tr> </table> | | | | | | | S , руб./м ³ | 240 | 240 | 232 | 245 | 241 | 234 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S , руб./м ³ | 240 | 240 | 232 | 245 | 241 | 234 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P_{НОМ} = 40$ МВт | | <table border="1"> <tr> <td>P, МВт</td> <td>25</td> <td>27</td> <td>29</td> <td>30</td> <td>32</td> <td>36</td> <td>39</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>D_0, м³</td> <td>163</td> <td>171</td> <td>176</td> <td>182</td> <td>188</td> <td>201</td> <td>212</td> <td>216</td> </tr> <tr> <td>S, руб./м³</td> <td>331</td> <td>335</td> <td>337</td> <td>336</td> <td>332</td> <td>330</td> <td>330</td> <td>329</td> </tr> </table> | | | | | | | P , МВт | 25 | 27 | 29 | 30 | 32 | 36 | 39 | 40 | D_0 , м ³ | 163 | 171 | 176 | 182 | 188 | 201 | 212 | 216 | S , руб./м ³ | 331 | 335 | 337 | 336 | 332 | 330 | 330 | 329 |
| P , МВт | 25 | 27 | 29 | 30 | 32 | 36 | 39 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D_0 , м ³ | 163 | 171 | 176 | 182 | 188 | 201 | 212 | 216 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S , руб./м ³ | 331 | 335 | 337 | 336 | 332 | 330 | 330 | 329 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P_{НОМ} = 63$ МВт | | <table border="1"> <tr> <td>P, МВт</td> <td>37</td> <td>40</td> <td>43</td> <td>46</td> <td>48</td> <td>51</td> <td>54</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>D_0, м³</td> <td>177</td> <td>189</td> <td>202</td> <td>214</td> <td>222</td> <td>235</td> <td>248</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>S, руб./м³</td> <td>360</td> <td>365</td> <td>362</td> <td>361</td> <td>354</td> <td>353</td> <td>353</td> <td>350</td> </tr> </table> | | | | | | | P , МВт | 37 | 40 | 43 | 46 | 48 | 51 | 54 | 60 | D_0 , м ³ | 177 | 189 | 202 | 214 | 222 | 235 | 248 | 260 | S , руб./м ³ | 360 | 365 | 362 | 361 | 354 | 353 | 353 | 350 |
| P , МВт | 37 | 40 | 43 | 46 | 48 | 51 | 54 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D_0 , м ³ | 177 | 189 | 202 | 214 | 222 | 235 | 248 | 260 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S , руб./м ³ | 360 | 365 | 362 | 361 | 354 | 353 | 353 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $P_{НОМ} = 100$ МВт | | <table border="1"> <tr> <td>P, МВт</td> <td>82</td> <td>85</td> <td>86</td> <td>88</td> <td>90</td> <td>92</td> <td>95</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>D_0, м³</td> <td>217</td> <td>225</td> <td>229</td> <td>234</td> <td>237</td> <td>248</td> <td>250</td> <td>265</td> </tr> <tr> <td>S, руб./м³</td> <td>321</td> <td>325</td> <td>325</td> <td>333</td> <td>330</td> <td>329</td> <td>327</td> <td>326</td> </tr> </table> | | | | | | | P , МВт | 82 | 85 | 86 | 88 | 90 | 92 | 95 | 100 | D_0 , м ³ | 217 | 225 | 229 | 234 | 237 | 248 | 250 | 265 | S , руб./м ³ | 321 | 325 | 325 | 333 | 330 | 329 | 327 | 326 |
| P , МВт | 82 | 85 | 86 | 88 | 90 | 92 | 95 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D_0 , м ³ | 217 | 225 | 229 | 234 | 237 | 248 | 250 | 265 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S , руб./м ³ | 321 | 325 | 325 | 333 | 330 | 329 | 327 | 326 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p data-bbox="819 935 1377 967">3. Аудиторная контрольная работа</p> <ol data-bbox="819 967 2098 1474" style="list-style-type: none"> 1. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении ВЛ 220 кВ? 2. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении КЛ 6 кВ? 3. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении ТСН (ввод ВН)? 4. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении синхронного двигателя напряжением выше 1 кВ? 5. Назовите, какие измерительные приборы и приборы учета должны быть установлены на присоединении силового трансформатора с расщепленной обмоткой НН (ввод низкого напряжения)? 6. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН проходной подстанции напряжением 35 кВ с 4 присоединениями, при условии, что на РУ предполагаются частые коммутации трансформатора? Назовите номер и полное название схемы. 7. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства |
|----------------|---|--|
| | | <p>проектирования для распределительного устройства ВН транзитной подстанции напряжением 35 кВ с 6 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.</p> <p>8. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства СН узловой подстанции напряжением 110 кВ с 5 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.</p> <p>9. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН узловой подстанции напряжением 110 кВ с 12 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.</p> <p>10. Какую схему должна предложить САПР в соответствии с требованиями норм проектирования для распределительного устройства ВН узловой подстанции напряжением 220 кВ с 4 присоединениями? Назовите номер и полное название схемы.</p> |
| ПК-4.3 | Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования систем электроснабжения объекта капитального строительства | <p>1. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации</p> <p>1. Какие задачи САПР ОРУ САД и ЗРУ САД относятся к формализуемым, а какие – к трудно формализуемым? Какие применяются режимы в работе САПР в зависимости от характера и степени участия человека и использования ЭВМ?</p> <p>2. В чём особенности нисходящего и восходящего проектирования? Как это учитывается при создании САПР? Приведите примеры.</p> <p>3. Дайте определения обеспечивающим подсистемам САПР. Как связаны между собой техническое и программное обеспечения САПР ОРУ САД и ЗРУ САД?</p> <p>4. Какие подсистемы САПР можно отнести к обслуживающим, а какие – к проектирующим?</p> <p>2. Задания для самостоятельных работ</p> <p>СР-2 «САПР схем распределительных устройств электростанций и подстанций»</p> <p>На основании технического задания с использованием САПР «ОРУ САД» и «ЗРУ САД»:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществить расчет токов короткого замыкания; - осуществить выбор и проверку оборудования РУ ВН и НН. <p>Условия задачи приведены в индикаторе 4.1.</p> <p>3. Аудиторная контрольная работа</p> <p>18. Минимально допустимый ток отключения может быть у выключателей на РУ 10 кВ с</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства |
|----------------|----------------------------------|--|
| | | <p>$I_{п0} = 12,6 \text{ кА}$ и $T_a = 0,07 \text{ с}$</p> <p>а) 20 кА б) 25 кА в) 31,5 кА г) 50 кА</p> <p>19. Минимально допустимый номинальный ток выключателя на вводе 10 кВ силового трансформатора ТРДН-25000/110 составляет:</p> <p>а) 630 А б) 1000 А в) 1600 А г) 2000 А</p> <p>20. Минимально допустимый номинальный ток выключателя на вводе 110 кВ силового трансформатора ТРДН-25000/110 составляет:</p> <p>а) 630 А б) 1000 А в) 1600 А г) 2000 А</p> <p>21. Минимально допустимый ток электродинамической стойкости может быть у выключателей на РУ 220 кВ с $I_{п0} = 21 \text{ кА}$ и $T_a = 0,02 \text{ с}$</p> <p>а) 20 кА б) 25 кА в) 31,5 кА г) 50 кА</p> <p>22. Минимально допустимый ток отключения может быть у выключателей на РУ 220 кВ с $I_{п0} = 21 \text{ кА}$ и $T_a = 0,02 \text{ с}$</p> <p>а) 35 кА б) 50 кА в) 102 кА г) 125 кА</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенций | Оценочные средства |
|----------------|----------------------------------|--|
| | | <p>23. Минимально допустимый ток электродинамической стойкости может быть у выключателей на РУ 10 кВ с $I_{п0} = 12,6$ кА и $T_a = 0,07$ с</p> <ul style="list-style-type: none">а) 35 кАб) 50 кАв) 102 кАг) 125 кА |

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования в электроэнергетике» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в письменной форме.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

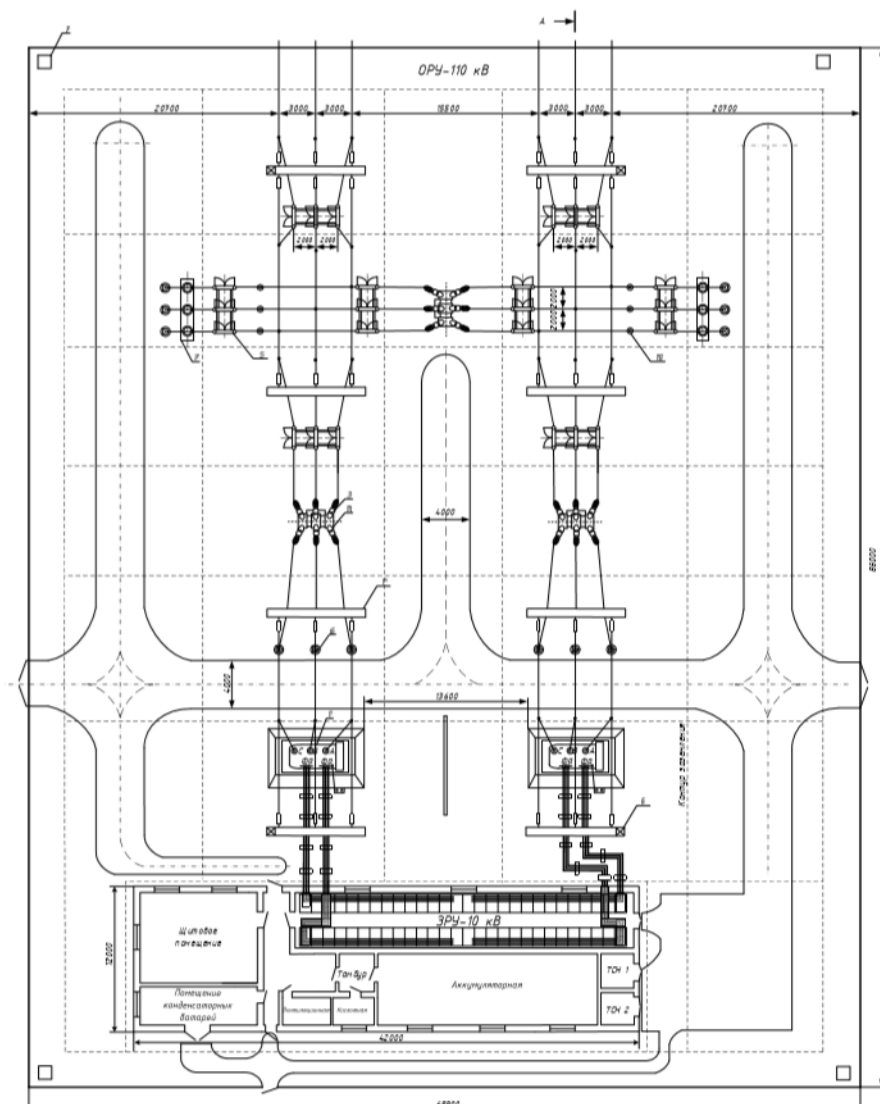
(обязательное)

Методические рекомендации по выполнению практических заданий

СР-1 «САПР светотехнической части электроустановок»

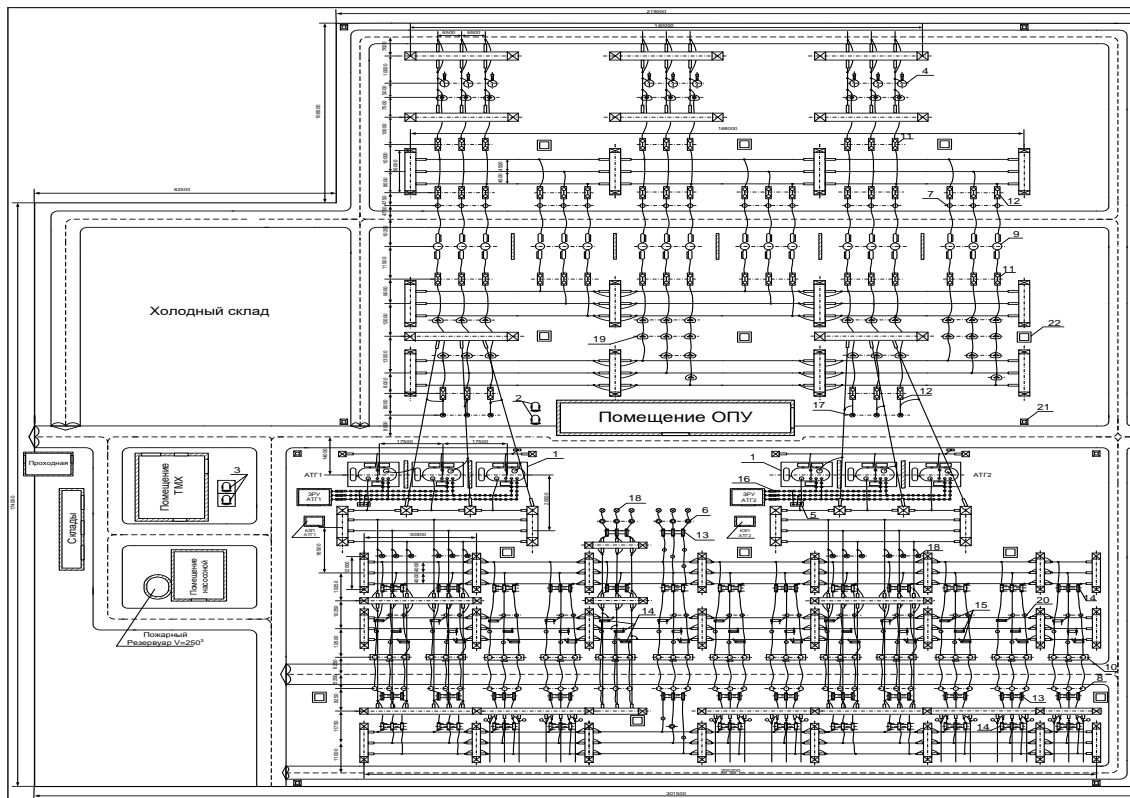
Вариант 1

Осуществить расчет прожекторного освещения открытого распределительно устройства подстанции 110/10 кВ с использованием программного обеспечения Dialux, если план подстанции приведен на рисунке. Привести план расстановки прожекторных мачт, указать типы светильников и ламп. Привести план с изображением изолиний.



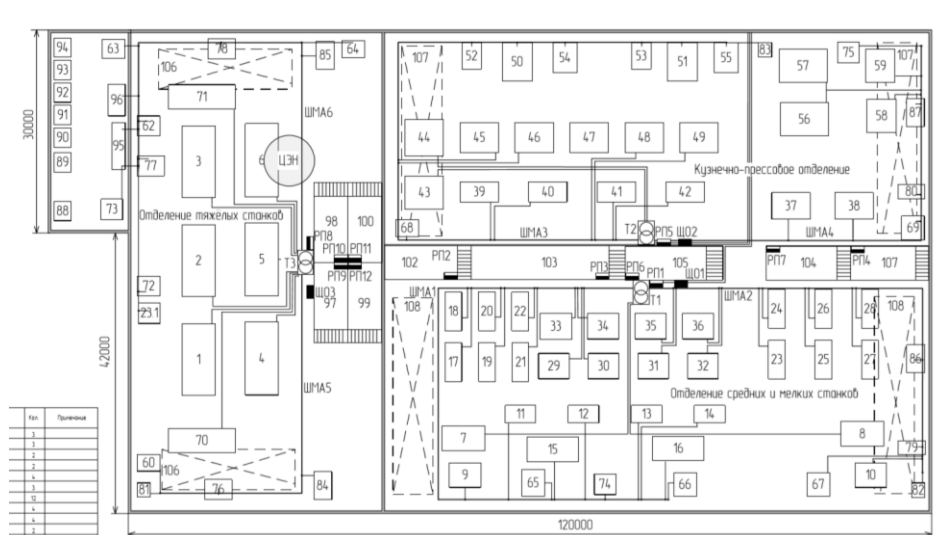
Вариант 2

Осуществить расчет прожекторного освещения открытого распределительно устройства подстанции 500/220 кВ с использованием программного обеспечения Dialux, если план подстанции приведен на рисунке. Привести план расстановки прожекторных мачт, указать типы светильников и ламп. Привести план с изображением изолиний.



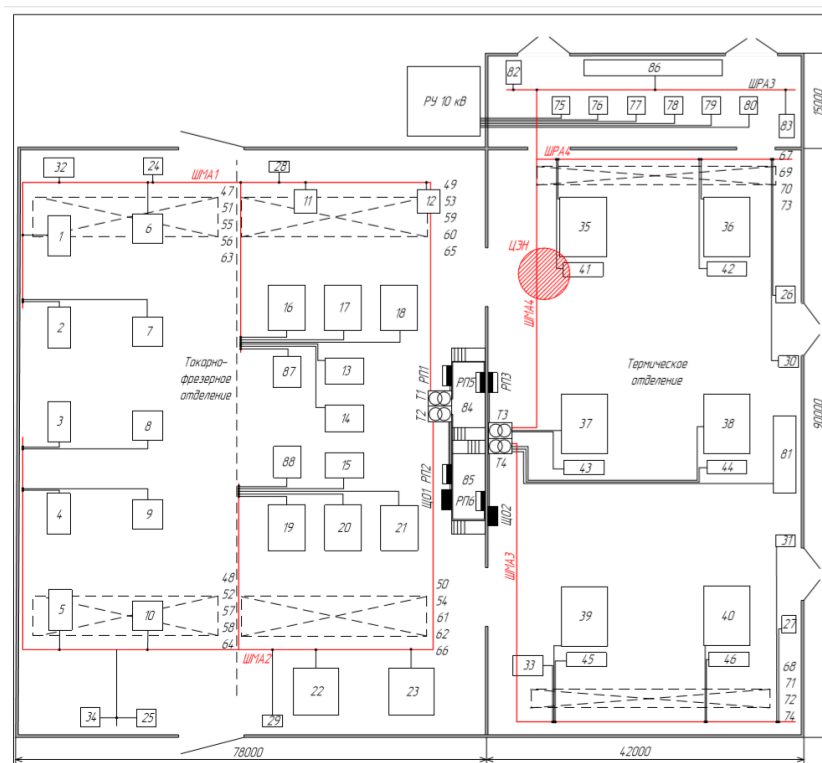
Вариант 3

Осуществить расчет освещения кузнечно-прессового отделения механического цеха с использованием программного обеспечения Dialux, если план цеха приведен на рисунке. Привести план расстановки светильников, указать типы светильников и ламп. Привести план с изображением изолиний.



Вариант 4

Осуществить расчет освещения термического отделения механического цеха с использованием программного обеспечения Dialux, если план цеха приведен на рисунке. Привести план расстановки светильников, указать типы светильников и ламп. Привести план с изображением изолиний.



СР-2 «САПР схем распределительных устройств электростанций и подстанций»

На основании технического задания с использованием САПР «ОРУ CAD» и «ЗРУ CAD»:

- рассчитать технико-экономические показатели;
- выбрать оптимальную схему распределительного устройства главной понизительной подстанции;
- разработать однолинейную схему ГПП;
- осуществить расчет токов короткого замыкания;
- осуществить выбор и проверку оборудования РУ ВН и НН;
- спроектировать собственные нужды подстанции.

Вариант 1

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Урал |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|----------------------------|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 40 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×ТРДН-40000/110 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | Одиная секционированная |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 6 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 52 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 4 ВЛ | |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 110 кВ более двух | |

Вариант 2

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Поволжье |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|-------------------|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 63 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×ТРДЦН-63000/220 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | Две рабочие с.ш. |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 8 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 6 ВЛ | |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 220 кВ более двух | |

Вариант 3

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Западная Сибирь |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|--|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 125 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×АТДЦТН-125000/330/110 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | 330 кВ - две рабочие с.ш. 110 кВ - две рабочие с обходной с.ш. |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 330 кВ - 6 110 кВ - 10 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 46 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 330 кВ - 4; 110 кВ - 8 | |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 330 кВ более двух | |

Вариант 4

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Восточная Сибирь |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|------------------|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 63 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×ТРДН-63000/110 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | Шестиугольник |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 6 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 30 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 4 ВЛ | |

2.7. ПА принята при количестве присоединений 110 кВ более двух

Вариант 5

Рассчитать стоимость сооружения подстанции 220 кВ, если:

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|----------------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Дальний Восток |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|-----------------------------|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 100 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×ТРДЦН-100000/220 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | Две рабочие с.ш. с обходной |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 10 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 8 ВЛ | |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 220 кВ более двух | |

Вариант 6

1. Общая характеристика района размещения подстанции

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Урал |
| 1.2. Рельеф площадки ПС | Равнинный |
| 1.3. Грунты | Суглинки |

2. Технические показатели ПС

- | | |
|--|---|
| 2.1. Мощность трансформаторов | 200 МВА |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов | 2×ТРДЦН-200000/330/110 |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений | 330 кВ - две рабочие с.ш. 110 кВ - две рабочие с обходной с.ш. |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН | 330 кВ - 8 110 кВ - 12 |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 64 ячеек вакуумных выключателей | |
| 2.6. Количество отходящих линий - 330 кВ - 6; 110 кВ - 10 | |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 330 кВ более двух | |

Методические указания к выполнению СР-3

По заданной схеме рис. 1 в соответствии с заданным вариантом определите:

1) оптимальное распределение активных мощностей генераторов с учетом потерь мощности; без учета потерь мощности в распределительных сетях промышленного энергоузла при различных условиях связи с энергосистемой режимах методом последовательного утяжеления путем сопоставления расчетных значений коэффициента запаса устойчивости с нормативными значениями.

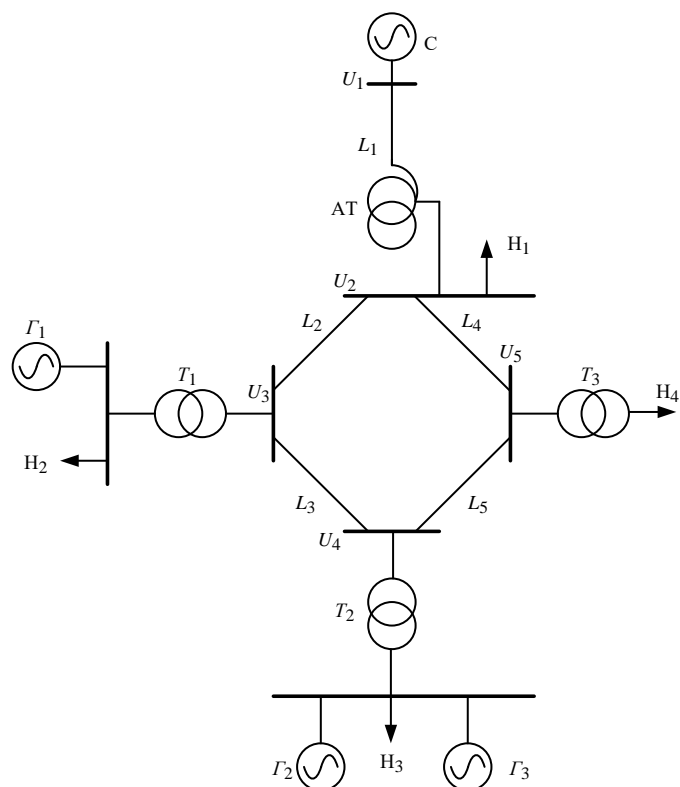


Рис. 1.1. Схема системы электроснабжения промышленного предприятия с собственными источниками электроэнергии

Расчет на примере варианта № 21

По исходным данным варианта № 21 (прил. 1, 2, 3) начертить схему электроснабжения в ПВК «КАТРАН».

1. Определить оптимальное распределение мощностей между генераторами собственных электростанций промышленного предприятия.

Во вкладке «Генераторы» («Расчёт» → «Параметры» → «Генераторы») установить флажок «Учитывать себестоимость на каждом отрезке характеристики», обязательно во вкладке «Динамика» того же окна «Параметры расчета» сбросить все флажки.

В окне «Оптимизация» (рис. 2) («Оптимизация» → «Оптимизация по активной мощности»):

- во вкладке «Оптимизация» установить «Условия связи с энергосистемой» - «С 525»;
- во вкладке «Оптимизация» установить «Стоимость 1 кВт·час» электроэнергии в соответствии с приложением №2 – 2,82 руб.;
- во вкладке «Оптимизация» установить ограничения по приему мощности из энергосистемы - «Равно: 351» (ограничения по приему мощности из энергосистемы определяются автоматически);

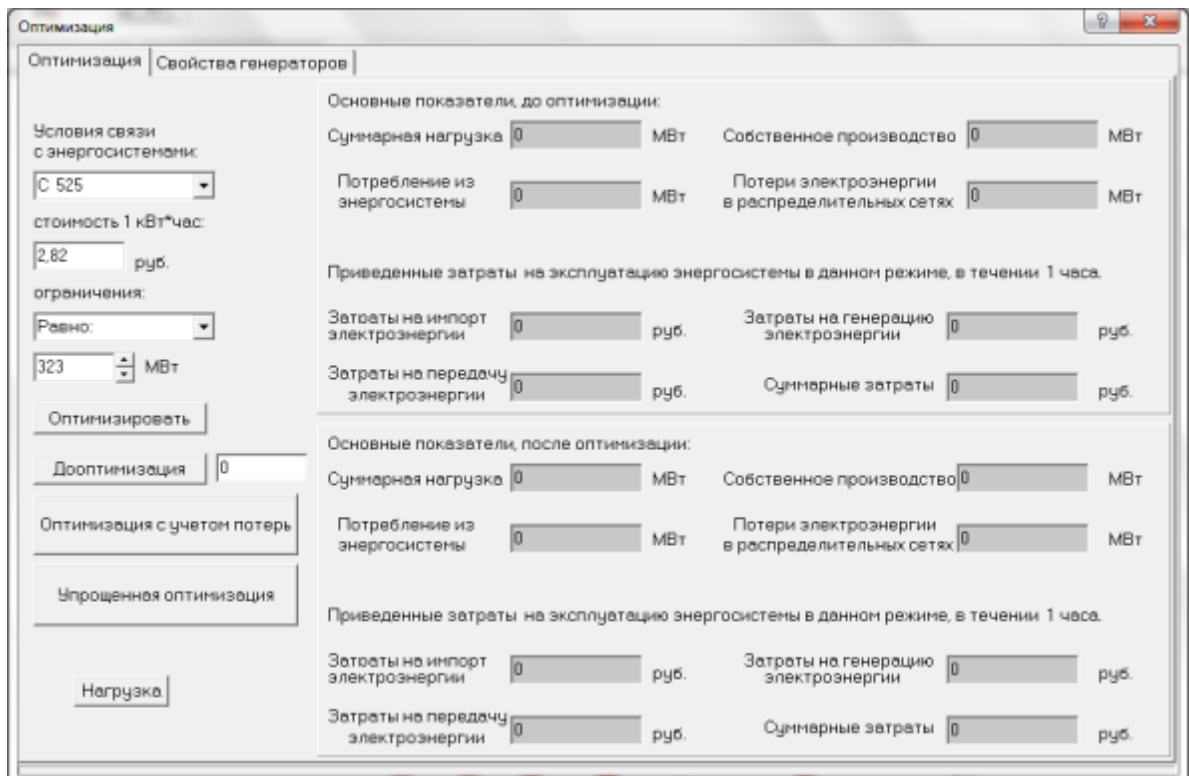


Рис. 2. Задание условий связи с энергосистемой

- во вкладке «Свойства генераторов» задать технико-экономические модели для генераторов: Г₁ - 2×Т-20 (далее по тексту – 1Г₁ и 2Г₁), Г₂ - ТВФ-63, Г₃ - Т-20 (рис. 3) в соответствии с приложением № 4.

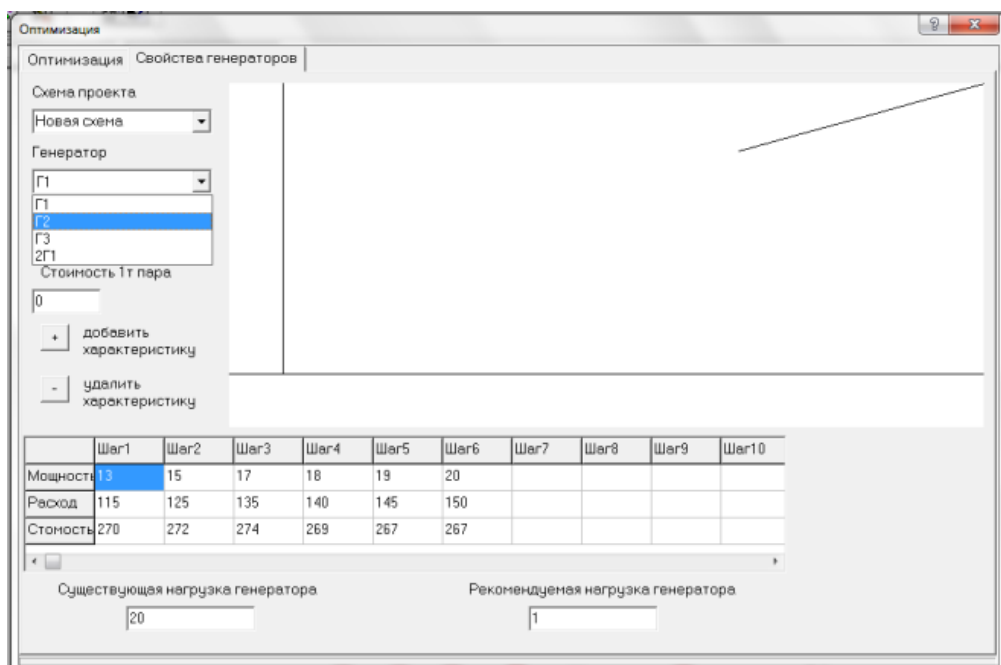


Рис. 3. Задание технико-экономических характеристик генераторов

Нажать кнопку «Оптимизировать» (определение оптимального распределения мощностей между источниками без учета потерь мощности). В результате расчета получим значения в полях «Собственное производство», «Потери электроэнергии в распределительных сетях», «Затраты на импорт электроэнергии», «Затраты на генерацию электроэнергии», «Затраты

на передачу электроэнергии», «Суммарные затраты» и «Рекомендуемая нагрузка генераторов» (рис. 4).

Далее, задав шаг 1 МВт и нажав кнопку «ДООптимизация», определить оптимальное распределение мощностей между генераторами промышленных электростанций с учетом потерь активной мощности в распределительных сетях системы электроснабжения предприятия черной металлургии. По результатам расчета зафиксировать те же значения. Определить значения показателей для существующего режима.

Для каждого значения мощности, принимаемой из энергосистемы, т.е. 351 – 395 МВт, с шагом 1 МВт повторить расчеты. Полученные значения свести в табл. 1 – 2.

The screenshot shows a software window titled 'Оптимизация' (Optimization) with a sub-tab 'Свойства генераторов' (Generator Properties). The interface is divided into several sections:

- Условия связи с энергосистемами:** Includes a dropdown menu set to 'С 525' and a text field for 'стоимость 1 кВт*час:' set to '2,82 руб.'.
- ограничения:** Includes a dropdown menu set to 'Равно:' and a text field for '323 МВт'.
- Buttons:** 'Оптимизировать', 'ДООптимизация' (with a value of 0), 'Оптимизация с учетом потерь', 'Упрощенная оптимизация', and 'Нагрузка'.
- Основные показатели, до оптимизации:**
 - Суммарная нагрузка: 434.34271193270 МВт
 - Собственное производство: 110.6951035888Е МВт
 - Потребление из энергосистемы: 329.45490602287 МВт
 - Потери электроэнергии в распределительных сетях: 5.807297679023Е МВт
 - Затраты на импорт электроэнергии: 929062.8349845С руб.
 - Затраты на генерацию электроэнергии: 201038.29600013 руб.
 - Затраты на передачу электроэнергии: 16376.57945484Е руб.
 - Суммарные затраты: 1146477.7104394 руб.
- Основные показатели, после оптимизации:**
 - Суммарная нагрузка: 434.33665038251 МВт
 - Собственное производство: 110.7160753205Е МВт
 - Потребление из энергосистемы: 329.44356576081 МВт
 - Потери электроэнергии в распределительных сетях: 5.822990698887Е МВт
 - Затраты на импорт электроэнергии: 929030.8554454Е руб.
 - Затраты на генерацию электроэнергии: 203080.0542326Е руб.
 - Затраты на передачу электроэнергии: 16420.833770862 руб.
 - Суммарные затраты: 1148531.743449С руб.

Рис. 4. Оптимизация режима системы электроснабжения промышленного предприятия

Таблица 1

Результаты расчета

| Прием из системы, МВт | Собственное производство, МВт | Потери, МВт | Затраты на прием э/э, руб. | Затраты на передачу э/э, руб. | Затраты на генерацию э/э, руб. | Суммарные затраты, руб. |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Существующий режим | | | | | | |
| 360 | 111,342 | 3,911 | 1024605,07 | 11029,26 | 201550,63 | 1237184,96 |
| Оптимальный режим без учета потерь | | | | | | |
| 351 | 120,351 | 3,769 | 1000857,74 | 10627,48 | 211150 | 1222635,22 |
| 352 | 119,349 | 3,782 | 1003505,31 | 10665,93 | 209890,93 | 1224062,17 |
| 353 | 118,349 | 3,8 | 1006141,94 | 10716,11 | 208635,38 | 1225493,43 |
| 354 | 117,35 | 3,818 | 1008776,89 | 10766,81 | 208055,33 | 1227599,03 |
| 355 | 116,35 | 3,836 | 1011409,31 | 10817,19 | 207355,63 | 1229582,13 |
| 356 | 115,35 | 3,854 | 1014040,89 | 10868,95 | 206655,88 | 1231565,72 |
| 357 | 114,35 | 3,873 | 1016670,78 | 10921,25 | 205956,06 | 1233548,1 |
| 358 | 113,35 | 3,891 | 1019298,15 | 10973,26 | 205256,19 | 1235527,61 |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-------|------------|----------|-----------|------------|
| 359 | 112,35 | 3,91 | 1021924,68 | 11026,67 | 204556,27 | 1237507,62 |
| 360 | 111,35 | 3,929 | 1024548,69 | 11079,8 | 203910,93 | 1239539,42 |
| 361 | 110,35 | 3,948 | 1027171,85 | 11134,34 | 202380,87 | 1240687,06 |
| ... | | | | | | |
| 395 | 76,31 | 4,603 | 1115985,77 | 12980,85 | 158881,78 | 1287848,4 |
| Оптимальный режим с учетом потерь | | | | | | |
| 351 | 120,351 | 3,769 | 1000857,74 | 10627,48 | 211150 | 1222635,22 |
| 352 | 119,349 | 3,782 | 1003505,31 | 10665,93 | 209890,93 | 1224062,17 |
| 353 | 118,349 | 3,8 | 1006141,94 | 10716,11 | 208635,38 | 1225493,43 |
| 354 | 117,35 | 3,818 | 1008776,89 | 10766,81 | 208055,33 | 1227599,03 |
| 355 | 116,348 | 3,832 | 1011421,93 | 10806,06 | 206800,69 | 1229028,68 |
| 356 | 115,346 | 3,846 | 1014064,45 | 10845,72 | 205463,16 | 1230373,33 |
| 357 | 114,344 | 3,86 | 1016704,44 | 10885,82 | 204125,63 | 1231715,89 |
| 358 | 113,344 | 3,878 | 1019336,87 | 10936,8 | 202790,74 | 1233064,41 |
| 359 | 112,34 | 3,889 | 1021976,86 | 10967,31 | 202327,54 | 1235271,71 |
| 360 | 111,338 | 3,904 | 1024609,28 | 11008,73 | 200714,45 | 1236332,46 |
| 361 | 110,35 | 3,948 | 1027171,85 | 11134,34 | 202380,87 | 1240687,06 |
| ... | | | | | | |
| 395 | 76,31 | 4,603 | 1115985,77 | 12980,85 | 158881,78 | 1287848,4 |

Таблица 2

Рекомендуемые значения загрузки генераторов

| Прием из системы, МВт | Г ₁ , МВт | Г ₂ , МВт | Г ₃ , МВт | Г ₄ , МВт | 1Г ₁ , МВт | Г ₂ , МВт | Г ₃ , МВт | 2Г ₁ , МВт |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Оптимальный режим без учета потерь | | | | Оптимальный режим с учетом потерь | | | |
| 360 | 20 | 60 | 20 | 20 | 20 | 60 | 20 | 20 |
| 351 | 20 | 60 | 20 | 19 | 20 | 60 | 20 | 20 |
| 352 | 20 | 60 | 19 | 19 | 20 | 60 | 19 | 19 |
| 353 | 20 | 59 | 19 | 19 | 20 | 59 | 19 | 19 |
| 354 | 20 | 58 | 19 | 19 | 19 | 59 | 19 | 19 |
| 355 | 20 | 57 | 19 | 19 | 18 | 59 | 19 | 19 |
| 356 | 20 | 56 | 19 | 19 | 18 | 59 | 19 | 18 |
| 357 | 20 | 55 | 19 | 19 | 18 | 59 | 18 | 18 |
| 358 | 20 | 54 | 19 | 19 | 15 | 59 | 19 | 19 |
| 359 | 20 | 53 | 19 | 19 | 14 | 59 | 19 | 19 |
| 360 | 20 | 52 | 19 | 19 | 20 | 52 | 19 | 19 |
| 361 | 20 | 60 | 20 | 20 | 20 | 60 | 20 | 20 |
| ... | ... | | | | ... | | | |
| 395 | 13 | 37 | 13 | 13 | 13 | 37 | 13 | 13 |

Устанавливаемые линии электропередачи в соответствии с номером варианта

| № варианта | Длины линий, км | | | | | Марка провода, число проводов в фазе | | | | |
|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | L ₁ | L ₂ | L ₃ | L ₄ | L ₅ | L ₁ | L ₂ | L ₃ | L ₄ | L ₅ |
| 1 | 300 | 20 | 43 | 44 | 59 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 |
| 2 | 190 | 25 | 38 | 69 | 24 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 |
| 3 | 200 | 30 | 33 | 64 | 30 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 |
| 4 | 310 | 35 | 28 | 59 | 26 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 |
| 5 | 180 | 40 | 23 | 54 | 42 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-240/32 | 2×AC-300/39 | AC-240/32 |
| 6 | 210 | 45 | 21 | 49 | 58 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-300/39 | 2×AC-400/27 | AC-300/39 |
| 7 | 320 | 50 | 26 | 44 | 64 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 |
| 8 | 170 | 55 | 31 | 39 | 60 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 |
| 9 | 220 | 60 | 36 | 34 | 56 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 |
| 10 | 330 | 65 | 41 | 29 | 52 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 |
| 11 | 130 | 20 | 46 | 24 | 48 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-240/32 | 2×AC-300/39 | AC-240/32 |
| 12 | 230 | 35 | 51 | 22 | 44 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-300/39 | 2×AC-400/27 | AC-300/39 |
| 13 | 340 | 60 | 56 | 27 | 40 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 |
| 14 | 140 | 53 | 61 | 32 | 36 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 |
| 15 | 240 | 28 | 66 | 37 | 32 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 |
| 16 | 350 | 33 | 31 | 42 | 28 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-300/39 |
| 17 | 150 | 68 | 26 | 47 | 24 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-240/32 | 2×AC-300/39 | AC-240/32 |
| 18 | 250 | 63 | 61 | 52 | 20 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-300/39 | 2×AC-400/27 | AC-300/39 |
| 19 | 360 | 58 | 32 | 57 | 19 | 2×AC-300/39 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 | 2×AC-240/32 | AC-240/32 |
| 20 | 160 | 53 | 37 | 62 | 18 | 2×AC-400/27 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 | 2×AC-300/39 | AC-300/39 |
| 21 | 260 | 48 | 42 | 67 | 17 | 2×AC-500/64 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 | 2×AC-400/27 | AC-240/32 |

Устанавливаемые трансформаторы в соответствии с номером варианта

| № варианта | Марки трансформаторов | | | | Т ₃ | Степеньные показатели нагрузки | | | Стоимость 1 кВт·ч | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|-----|
| | АТ | Т ₁ | Т ₂ | Т ₃ | | Р(У) | Q(У) | Q(У) | | |
| 1 | | ТРДН-63000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2,7 |
| 2 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2,3 |
| 3 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2,4 |
| 5 | | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3,0 |
| 6 | | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2,2 |
| 7 | | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2,0 |
| 8 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2,1 |
| 9 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2,7 |
| 10 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2,5 |
| 11 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2,4 |
| 12 | | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-100000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3,0 |
| 13 | | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2,2 |
| 14 | | ТРДЦН-100000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2,0 |
| 15 | | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2,1 |
| 16 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2,7 |
| 17 | | 2×ТРДН-40000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2,3 |
| 18 | | ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 19 | | ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2×ТРДЦН-100000/220/10 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2,4 |
| 20 | | ТРДЦН-630000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-40000/220/10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3,0 |
| 21 | | ТРДЦН-100000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | ТРДЦН-160000/220/10 | 2×ТРДЦН-630000/220/10 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2,8 |

Устанавливаемые генераторы и нагрузки в соответствии с номером варианта

| № варианта | Нагрузки, МВА | | | | Параметры генераторов | | | | | | | | | | | |
|------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------|---------------------|----------------------|--|--|--|
| | Н ₁ | Н ₂ | Н ₃ | Н ₄ | Г ₁ | | | Г ₂ | | | Г ₃ | | | | | |
| | | | | | Марка | P _{нб} МВт | Q _{нб} Мвар | Марка | P _{нб} МВт | Q _{нб} Мвар | Марка | P _{нб} МВт | Q _{нб} Мвар | | | |
| 1 | 100+ <i>j</i> 100 | 50+ <i>j</i> 40 | 90+ <i>j</i> 50 | 50+ <i>j</i> 60 | 2×Т-20 | 18/17 | 13/10 | ТВС-32 | 30 | 20 | 2×Т-12 | 12/10 | 7/7 | | | |
| 2 | 120+ <i>j</i> 120 | 60+ <i>j</i> 60 | 100+ <i>j</i> 70 | 70+ <i>j</i> 70 | 2×Т-20 | 18/21 | 12/8 | Т-12 | 11 | 6 | 2×ТВС-32 | 29/25 | 17/15 | | | |
| 3 | 130+ <i>j</i> 110 | 80+ <i>j</i> 30 | 110+ <i>j</i> 60 | 80+ <i>j</i> 70 | ТВФ-63 | 55 | 35 | ТВС-32 | 30 | 20 | 2×Т-12 | 11/12 | 8/7 | | | |
| 4 | 140+ <i>j</i> 100 | 80+ <i>j</i> 40 | 120+ <i>j</i> 65 | 90+ <i>j</i> 80 | 2×Т-20 | 20/17 | 14/10 | ТВФ-63 | 60 | 30 | Т-20 | 19 | 11 | | | |
| 5 | 150+ <i>j</i> 40 | 100+ <i>j</i> 40 | 130+ <i>j</i> 70 | 100+ <i>j</i> 80 | ТВФ-63 | 60 | 40 | 2×ТВС-32 | 30/28 | 19/17 | Т-12 | 11 | 9 | | | |
| 6 | 160+ <i>j</i> 60 | 90+ <i>j</i> 50 | 125+ <i>j</i> 40 | 110+ <i>j</i> 70 | ТВФ-63 | 55 | 30 | ТВФ-63 | 50 | 25 | 2×Т-12 | 12/9 | 5/6 | | | |
| 7 | 170+ <i>j</i> 50 | 80+ <i>j</i> 40 | 115+ <i>j</i> 90 | 120+ <i>j</i> 80 | 2×Т-20 | 19/16 | 14/10 | ТВС-32 | 30 | 18 | 2×Т-20 | 18/16 | 11/10 | | | |
| 8 | 180+ <i>j</i> 70 | 70+ <i>j</i> 50 | 105+ <i>j</i> 75 | 130+ <i>j</i> 110 | ТВФ-40 | 35 | 21 | 2×ТВС-32 | 30/27 | 18/16 | Т-12 | 11 | 5 | | | |
| 9 | 190+ <i>j</i> 80 | 60+ <i>j</i> 35 | 90+ <i>j</i> 50 | 140+ <i>j</i> 100 | ТВФ-40 | 37 | 22 | 2×Т-20 | 18/21 | 10/9 | ТВС-32 | 28 | 19 | | | |
| 10 | 200+ <i>j</i> 90 | 50+ <i>j</i> 50 | 95+ <i>j</i> 30 | 150+ <i>j</i> 90 | ТВС-32 | 30 | 15 | 2×Т-6 | 6/4 | 3/2 | ТВС-63 | 58 | 30 | | | |
| 11 | 100+ <i>j</i> 120 | 65+ <i>j</i> 45 | 85+ <i>j</i> 65 | 160+ <i>j</i> 90 | ТВФ-40 | 37 | 20 | 2×Т-12 | 11/9 | 7/6 | ТВС-32 | 31 | 15 | | | |
| 12 | 110+ <i>j</i> 110 | 70+ <i>j</i> 50 | 80+ <i>j</i> 50 | 155+ <i>j</i> 110 | 2×Т-20 | 19/16 | 10/12 | ТВФ-40 | 38 | 21 | Т-12 | 10 | 5 | | | |
| 13 | 120+ <i>j</i> 100 | 85+ <i>j</i> 40 | 75+ <i>j</i> 35 | 150+ <i>j</i> 100 | 2×ТВС-32 | 29/26 | 18/15 | 2×Т-20 | 20/17 | 10/11 | Т-6 | 5 | 3 | | | |
| 14 | 130+ <i>j</i> 90 | 90+ <i>j</i> 45 | 70+ <i>j</i> 40 | 140+ <i>j</i> 95 | ТВФ-63 | 60 | 35 | Т-20 | 18 | 10 | ТВС-32 | 28 | 15 | | | |
| 15 | 140+ <i>j</i> 80 | 88+ <i>j</i> 58 | 65+ <i>j</i> 60 | 130+ <i>j</i> 90 | 2×ТВС-32 | 28/25 | 15/14 | 2×Т-20 | 19/17 | 10/8 | Т-6 | 4 | 2 | | | |
| 16 | 150+ <i>j</i> 70 | 73+ <i>j</i> 38 | 68+ <i>j</i> 50 | 120+ <i>j</i> 80 | ТВФ-40 | 37 | 20 | Т-20 | 17 | 9 | 2×Т-6 | 4/6 | 2/3 | | | |
| 17 | 160+ <i>j</i> 60 | 68+ <i>j</i> 32 | 78+ <i>j</i> 55 | 145+ <i>j</i> 75 | 2×Т-20 | 18/17 | 8/9 | ТВС-32 | 28 | 15 | 2×Т-12 | 10/11 | 5/7 | | | |
| 18 | 170+ <i>j</i> 50 | 58+ <i>j</i> 25 | 85+ <i>j</i> 60 | 135+ <i>j</i> 60 | ТВФ-100 | 100 | 100 | ТВФ-100 | 100 | 100 | ТВФ-100 | 100 | 100 | | | |
| 19 | 180+ <i>j</i> 40 | 48+ <i>j</i> 20 | 90+ <i>j</i> 40 | 125+ <i>j</i> 120 | ТВС-32 | 30 | 14 | ТВФ-63 | 58 | 30 | Т-6 | 5 | 2 | | | |
| 20 | 190+ <i>j</i> 30 | 55+ <i>j</i> 20 | 100+ <i>j</i> 78 | 60+ <i>j</i> 50 | ТВС-32 | 27 | 12 | 2×Т-20 | 17/21 | 8/11 | ТВС-32 | 29 | 14 | | | |
| 21 | 200+ <i>j</i> 20 | 63+ <i>j</i> 30 | 120+ <i>j</i> 89 | 60+ <i>j</i> 64 | 2×Т-20 | 20/15 | 10/8 | ТВФ-63 | 58 | 25 | Т-20 | 18 | 9 | | | |

Технико-экономические модели генераторов

 $P_{\text{НОМ}} = 6 \text{ МВт}$

| | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 4 | 5 | 6 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 44 | 47 | 50 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 234 | 235 | 233 |

 $P_{\text{НОМ}} = 12 \text{ МВт}$

| | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 61 | 65 | 69 | 74 | 77 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 351 | 358 | 342 | 347 | 354 |

 $P_{\text{НОМ}} = 20 \text{ МВт}$

| | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 13 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 115 | 125 | 135 | 140 | 145 | 150 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 270 | 272 | 274 | 269 | 267 | 267 |

 $P_{\text{НОМ}} = 32 \text{ МВт}$

| | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 14 | 18 | 20 | 24 | 26 | 30 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 177 | 195 | 205 | 220 | 229 | 235 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 240 | 240 | 232 | 245 | 241 | 234 |

 $P_{\text{НОМ}} = 40 \text{ МВт}$

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 25 | 27 | 29 | 30 | 32 | 36 | 39 | 40 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 163 | 171 | 176 | 182 | 188 | 201 | 212 | 216 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 331 | 335 | 337 | 336 | 332 | 330 | 330 | 329 |

 $P_{\text{НОМ}} = 63 \text{ МВт}$

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 37 | 40 | 43 | 46 | 48 | 51 | 54 | 60 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 177 | 189 | 202 | 214 | 222 | 235 | 248 | 260 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 360 | 365 | 362 | 361 | 354 | 353 | 353 | 350 |

 $P_{\text{НОМ}} = 100 \text{ МВт}$

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $P, \text{ МВт}$ | 82 | 85 | 86 | 88 | 90 | 92 | 95 | 100 |
| $D_0, \text{ м}^3$ | 217 | 225 | 229 | 234 | 237 | 248 | 250 | 265 |
| $S, \text{ руб./м}^3$ | 321 | 325 | 325 | 333 | 330 | 329 | 327 | 326 |