

---

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по направлению 35.04.06 – «Агроинженерия», магистерской образовательной программы «Электрооборудование и электротехнологии»*

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы.

Методические указания содержат цель и задачи выполняемого курсового проекта. Требования к его содержанию, оформлению и порядок выполнения проекта. Приведены исходные данные для курсовой работы.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1.ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>2.СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ. ....</b>	<b>5</b>
<b>3.РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ. ....</b>	<b>9</b>
3.1. Рекомендации к расчету режимов электропотребления .....	9
3.2. Рекомендации по выбору числа и мощности дизель-генераторов автономной дизельной электростанции .....	16
3.3. Рекомендации по выполнению технико-экономических расчетов .....	26
<b>4.ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>31</b>
<b>5.СДАЧА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>35</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>36</b>
<b>Приложение 1 Варианты исходных данных для проектирования</b>	<b>40</b>
<b>Приложение 2 Вероятностно-статистические графики электрических нагрузок отдельных групп сельскохозяйственных потребителей....</b>	<b>42</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Россия – крупнейшая страна в мире по площади зон децентрализованного электроснабжения. К ним относятся около 70 % территории государства, на которых проживают по разным оценкам от 10 до 20 млн. человек. Большинство этих территорий располагаются в районах с суровыми климатическими условиями – Сибирь, Дальний Восток, Крайний Север. Надежное энергообеспечение населения децентрализованных зон является важнейшей народнохозяйственной задачей, от успешного решения которой во многом зависит не только социально-экономическое развитие регионов, но и безопасность людей. Для электроснабжения потребителей децентрализованных регионов традиционно используются установки малой энергетики – малые электростанции, работающие на автономную электрическую сеть одного или нескольких близлежащих населенных пунктов. Основу малой энергетики России составляют дизельные электростанции, общее количество которых превышает 47 тыс., а установленная мощность достигает 15 млн. кВт. Как источники автономных систем электроснабжения дизельные электростанции обладают очевидными достоинствами и известными недостатками, но полноценной замены им на сегодняшний день нет.

Целью курсового проекта является приобретение практических навыков проектирования автономных систем электроснабжения. При выполнении курсового проекта студенты закрепляют полученные теоретические знания при изучении дисциплины «Автономные системы электроснабжения».

Задачами выполнения курсового проекта являются:

- систематизация знаний и умений студентов, полученных при изучении специальных дисциплин;
- развитие навыков самостоятельной работы;
- умение работать с технической и справочной литературой и другими информационными источниками;
- практическое применение теоретических знаний при проведении расчетов и проектировании систем электроснабжения потребителей;

- приобретение навыков конструкторской работы.

Целью методических указаний к выполнению курсового проекта по дисциплине «Автономные системы электроснабжения» является ознакомление студентов с требованиями, предъявляемыми при разработке и оформлении пояснительной записки и графической части курсового проекта, ознакомление с методикой его выполнения.

## **1. ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовой проект посвящен проектированию системы электроснабжения автономного объекта с использованием в качестве основных генерирующих источников дизель-генераторных установок.

При выполнении курсового проекта используются знания и умения, полученные студентами при изучении следующих дисциплин:

- Энергосбережение и энергоаудит предприятия;
- Специальные вопросы электроснабжения;
- Энергоэффективность преобразования и транспортировки электроэнергии;
- Качество электроснабжения.

Общая трудоемкость выполнения проекта – 56 часов самостоятельной работы.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовой проект является индивидуальной самостоятельно выполненной работой студента и должен содержать следующие структурные элементы:

1. Текстовый документ – пояснительную записку, объемом (ориентировочно) 30 – 40 страниц формата А4;
2. Графический материал, включающий в себя:
  - генплан объекта электроснабжения со схемой электроснабжения;
  - структурную схему системы электроснабжения объекта;
  - однолинейную электрическую принципиальную схему системы электроснабжения объекта.

Пояснительная записка выполняется в соответствии с СТО ТПУ 2.5.01-2006 «Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления» и должна содержать:

1. титульный лист;
2. задание на курсовой проект;
3. содержание;
4. введение;
5. основная часть;
6. заключение;
7. список использованных источников;
8. приложения. Допускается графический материал к курсовому проекту (схемы электрические структурную и принципиальную) оформлять в виде приложений к пояснительной записке.

**Титульный лист** проекта оформляется в соответствии с Приложением 1 данных методических указаний.

**Задание на курсовой проект** содержит исходные сведения для его выполнения, а именно:

1. Наименование и место расположения объекта электроснабжения;
2. Характеристики основных потребителей объекта электроснабжения;
3. Требуемая категория надежности электроснабжения;
4. Требования к качеству электрической энергии объекта электроснабжения;
5. Перечень вопросов подлежащих рассмотрению в курсовом проекте;
6. Дата выдачи задания на проектирование;
7. Дата сдачи курсового проекта.

Пример задания на курсовой проект приведен в Приложении 2 данных методических указаний. Варианты заданий приведены в Приложении 3. Номер варианта задания выбирается из порядкового номера студента в списке группы.

Срок выдачи задания должен быть не позднее полутора месяцев до срока сдачи готового проекта.

В *содержании* приводятся наименования структурных частей проекта, глав и параграфов его основной части с указанием номера страницы, с которой начинается соответствующая часть, глава, параграф. Рекомендуется перед содержанием приводить список используемых в пояснительной записке сокращений и обозначений.

Во *введении* дается общая характеристика курсового проекта. Обосновывается актуальность выбранной темы; определяется цель работы и задачи, подлежащие решению для её достижения; описываются объект и предмет исследования, используемые методы, а также кратко характеризуется структура проекта по главам.

*Основная часть* проекта должна содержать материал, необходимый для достижения поставленной цели и задач, решаемых в процессе выполнения курсового проекта. Здесь описывается процесс проектирования, освещаются методы, методика, техника проведения исследования, демонстрируется навык применения в работе государственных стандартов, инструкций, нормативов, проведения расчетов и т.д. Содержание основной части должно точно соответствовать теме проекта и полностью её раскрывать. Главы и параграфы курсового проекта должны раскрывать описание решения поставленных во введении задач. Поэтому заголовки глав и параграфов должны соответствовать по своей сути формулировкам задач проекта. Заголовка "ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ" в содержании проекта быть не должно.

Состав основной части проекта определяется исходя из вопросов подлежащих рассмотрению, сформулированных в задании на курсовой проект. Название заголовков структурных элементов основной части может отличаться от перечня вопросов.

Обязательным для курсового проекта является логическая связь между главами и последовательное развитие основной темы на протяжении всей

работы, самостоятельное изложение материала, проведение необходимого анализа, аргументированность выводов, обоснованность предложений и рекомендаций. Также обязательным является наличие в основной части курсового проекта ссылок на использованные информационные источники.

В *заклучении* логически последовательно излагаются теоретические выводы и практические предложения, к которым пришел студент в результате выполнения проекта. Заключение должно кратко характеризовать решение всех поставленных во введении задач и достижение цели курсового проекта. Обязательным является анализ полученных результатов и обоснование путей повышения эффективности спроектированной системы электроснабжения.

*Список использованных источников* является составной частью работы и отражает степень изученности рассматриваемой проблемы. Количество источников в списке определяется студентом самостоятельно, их рекомендуемое количество от 10 до 30.

В *приложения* следует относить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст (таблицы вспомогательных цифровых данных, блок-схемы алгоритмов работы и т.п.). Рекомендуется графический материал к курсовому проекту (схемы электрические структурную и принципиальную) оформлять в виде приложений к пояснительной записке.

Схемы электрические оформляются в соответствии с ГОСТ 2.701-2008 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».

Студент несет полную ответственность за научную самостоятельность и достоверность результатов курсового проекта. **В случае обнаружения плагиата курсовой проект снимается с рассмотрения без права доработки** (студент должен выполнять новый проект с новым вариантом задания).

### 3. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

#### 3.1. Рекомендации к расчету режимов электропотребления

Децентрализованные зоны России расположены преимущественно в Сибири, на Дальнем Востоке и Крайнем Севере, а потребителями электроэнергии в них являются, главным образом, небольшие населенные пункты (н.п.) с численностью жителей от единиц до нескольких сотен человек. Как правило, на данных территориях отсутствуют крупные промышленные центры, и объемы электропотребления определяются бытовой и социальной нагрузкой, а также небольшими предприятиями по переработке местных природных ресурсов и сельскохозяйственного назначения.

Основными факторами, определяющими режимы электропотребления населенного пункта, обеспечиваемого электроэнергией от автономной системы электроснабжения, являются численность жителей и характер электрических нагрузок, который в общем случае подразделяется на три вида:

- бытовая  $p_{\text{жил.}}$  – нагрузка, потребляемая населением (жилые дома, общежития);
- социальная  $p_{\text{соц.}}$  – нагрузка, потребляемая объектами социального назначения (магазины, школы, кинотеатры и т.д.)
- производственная  $p_{\text{пром.}}$  – нагрузка, потребляемая предприятиями.

Кроме того, существенное влияние на режимы электропотребления могут оказывать географические, климатические и технические характеристики конкретного населенного пункта: среднегодовая температура воздуха, тип отопительной системы, уровень комфортности коммунально-бытовой сферы и т.п.

Прямой учет всех обозначенных выше факторов крайне затруднителен, поэтому приходится использовать вероятностно-статистические методы определения электрических нагрузок [1-3] и нормативные документы [4,5,6], действующие в РФ.

В соответствии с нормативными документами расчетной нагрузкой считается наибольшее из средних значений полной мощности за промежуток

30 минут (получасовой максимум), которое может возникнуть на вводе к потребителю или в питающей сети в расчетном году с вероятностью не ниже 0,95.

Основным нормативным документом для расчета электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения являются «Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства» [6], которые содержат все необходимые режимные показатели и вероятностные характеристики расчетных нагрузок.

Укрупненная схема расчета электрических нагрузок автономных систем электроснабжения представлена на рисунке 3.1.



Рис.3.1. Схема расчета прогнозных режимов потребления электрической энергии автономной системой электроснабжения

Предлагаемая методика предполагает расчет и построение для каждого вида нагрузок: бытовой, социальной и производственной нагрузки своего характерного суточного графика с их последующим суммированием:

$$P_{\text{сумм.}} = P_{\text{жил.}} + P_{\text{соц.}} + P_{\text{пром.}} \quad (3.1)$$

Вероятностно-статистические графики нагрузок представлены в виде математических ожиданий активных мощностей  $P_{ij}$  в различные часы суток ( $i$ ) для каждого сезона года ( $j$ ) от математического ожидания максимальной активной нагрузки  $\bar{P}$ , нормированной по условию  $\bar{P} = 100$  кВт (Приложение 4). Для каждого часа суток каждого сезона года приведены значения коэффициентов вариации  $C_p$ , равные отношению среднеквадратического отклонения к соответствующему математическому ожиданию:

$$C_p = \frac{\sigma_p}{\bar{P}}, \quad (3.2)$$

где  $C_p$  – коэффициенты вариации активной нагрузки в различные часы суток для каждого сезона года;

$\bar{P}$  – математическое ожидание максимальной активной нагрузки;

$\sigma_p$  – среднеквадратическое отклонение максимальной активной нагрузки;

Пересчет типового графика на любую другую максимальную расчетную нагрузку  $P_{\max}$  производится через коэффициент подобия  $X$ , для определения которого используется выражение:

$$X = \frac{\sqrt{\left(\frac{\beta \cdot C_p \cdot \bar{P}}{100}\right)^2 + \bar{P} \cdot P_{\max}} - \frac{\beta \cdot C_p \cdot \bar{P}}{100}}{\bar{P}}, \quad (3.3)$$

где  $P_{\max}$  – максимальная расчетная нагрузка;

$\beta$  – коэффициент надежности расчета (при вероятности 0,975  $\beta=2$ ).

Показатели пересчитываемого графика  $P_{ij}$  для расчета нагрузки любого  $i$ -го часа и  $j$ -го месяца и их среднеквадратического отклонения  $\sigma_{Pij}$  определяются по выражениям:

$$\bar{P}_{ij} = \frac{\bar{P} \cdot \bar{P}_{ik} \cdot X^2 \cdot k_{Pj}}{100}, \quad \sigma_{Pij} = \frac{2 \cdot \bar{P} \cdot C_{Pik} \cdot X \cdot k_{Pj}}{100}, \quad (3.4)$$

где  $k_{Pj}$  – коэффициент сезонности;

$\bar{P}_{ij}$  – математическое ожидание активной нагрузки  $i$ -го часа  $j$ -го сезона (определяется по статистическим графикам).

Максимальное значение активной нагрузки за  $i$ -й час  $j$ -го месяца находится по выражению:

$$P_{ij} = \bar{P}_{ij} + \beta \cdot \sigma_{P_{ij}} \quad (3.5)$$

С использованием соответствующего типового графика по выражениям (3.2)-(3.5) можно рассчитать вероятностный суточный график электрических нагрузок для каждой группы потребителей: бытовая, социальная и производственная нагрузка. Применяя теоремы сложения математических ожиданий и дисперсий, легко найти суммарный график электрических нагрузок всего населенного пункта.

Основным фактором, определяющим характер бытового энергопотребления, является численность населения, количество и тип жилых домов в рассматриваемом населенном пункте.

Согласно требованиям [6] для вновь электрифицируемых населенных пунктов расчетные нагрузки на вводе сельских жилых домов с электроплитами принимаются равными 6 кВт, а с электроплитами и водонагревателями - 7,5 кВт. Если имеются статистические данные об объемах потребляемой электроэнергии в аналогичном населенном пункте, или проект системы электроснабжения выполняется для существующего поселка, расчетную нагрузку на вводе в сельский жилой дом  $P_{\text{дом}}$  определяют по номограмме, представленной на рисунке 3.2.

При использовании номограммы (рис.3.2) следует учитывать, что исходные данные, как правило, берутся за предыдущий исходный год, а ввод объекта в эксплуатацию наступает не ранее, чем через год после составления проекта. Поэтому расчетный год определяется прибавлением двух лет к расчетному периоду. Например, при пятилетнем расчетном периоде расчетным годом будет 7-й год, а при десятилетнем - 12-й год.

Расход электроэнергии на социальные нужды главным образом определяется количеством и типом коммунальных и социальных объектов, расположенных в конкретном населенном пункте, и слабо привязан к численности населения.

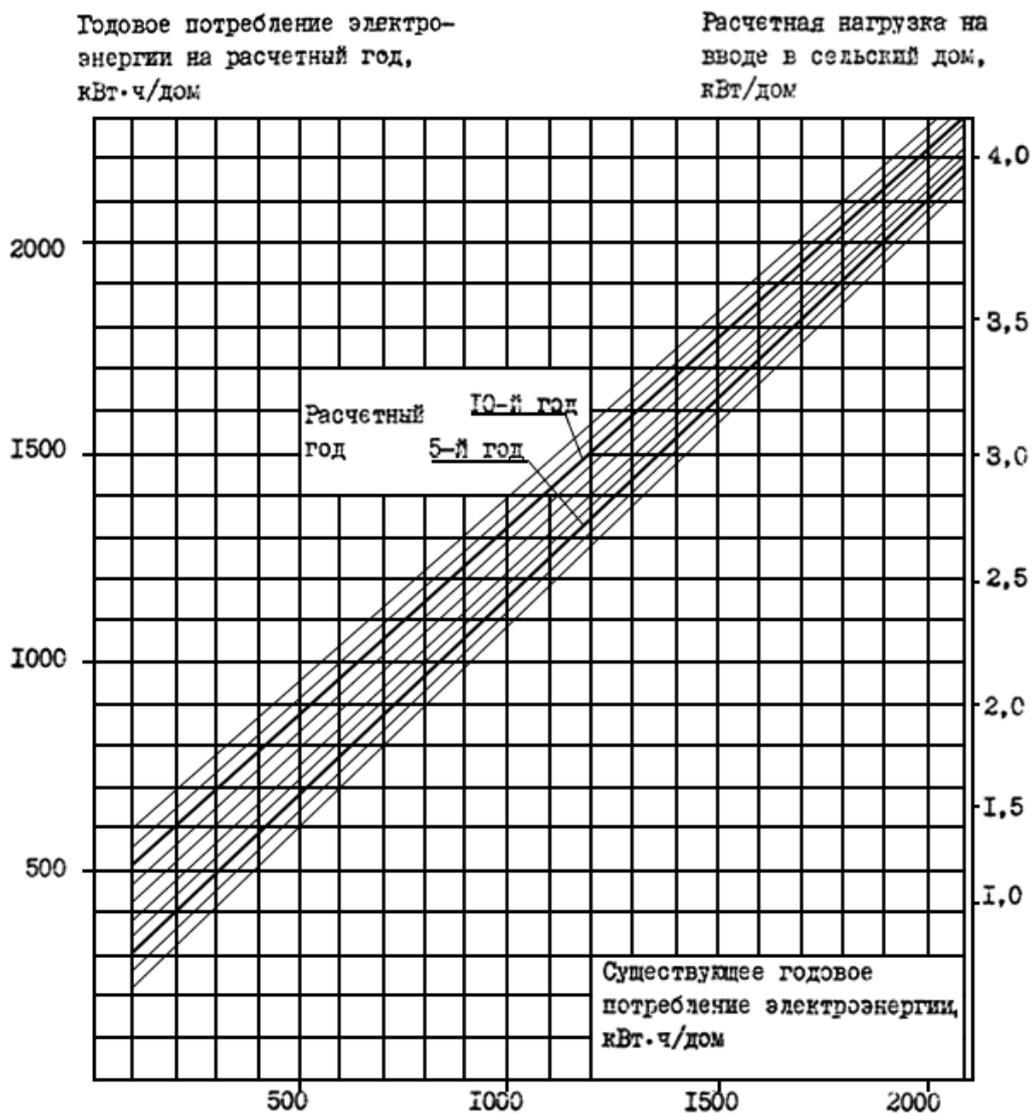


Рис.3.2. Удельная расчетная нагрузка на вводе в сельский дом и перспективное потребление

Для расчета режимов электропотребления объектами социальной сферы используют величину математического ожидания максимальной активной нагрузки  $\bar{P}_{\max}$ , которая определяется в зависимости от типа социального объекта на основании статистических данных, полученных в процессе эксплуатации аналогичных объектов. Обобщенные статистические данные об электрических нагрузках объектов социальной сферы приведены в [2, 6] и частично представлены в таблице 3.1.

Табл.3.1. Электрические нагрузки некоторых социальных потребителей

Наименование объекта	$\bar{P}_{\max}$ , кВт	Коэффициент сезонности, $k_p$			
		зима	весна	лето	осень
1	2	4	5	6	7
Начальная школа					
на 40 учащихся	5	1,0	0,8	0,1	0,8
на 80 учащихся	7	1,0	0,8	0,1	0,8
на 160 учащихся	11	1,0	0,8	0,1	0,8
Дом культуры со зрительным залом					
на 150 - 200 мест	5	1,0	0,8	0,7	0,9
на 300 - 400 мест	10	1,0	0,8	0,7	0,9
Поликлиника на 150 посещений в смену	15	1,0	0,8	0,7	0,9
Магазин					
на 4 места продовольственный	10	1,0	0,6	0,4	0,7
на 4 места промтоварный	6	1,0	0,6	0,4	0,7
смешанный ассортимент на 2-4 мест	2	1,0	0,6	0,4	0,7
смешанный ассортимент на 6 - 10 мест	4	1,0	0,6	0,4	0,7
Сельсовет с отделением связи	7	1,0	0,8	0,7	0,9
Административное здание на 15 рабочих мест	15	1,0	0,8	0,8	0,9

*Примечание:* Максимальная нагрузка  $\bar{P}_{\max}$  определяется экстраполяцией или интерполяцией показателей графы 2 по данным установленной мощности проектируемого потребителя.

Величина производственной нагрузки также слабо связана с численностью населения, поэтому для ее расчета используют обобщенные усредненные показатели электрических нагрузок отдельных предприятий сельской местности, таблица 3.2 [2, 6].

В качестве основных показателей производственной электрической нагрузки используют удельный расход электроэнергии  $w_{уд}$  на единицу продукции и годовое число часов использования максимума нагрузки  $T_{\max}$ . По известному объему произведенной продукции  $\Pi_w$  определяется общий годовой объем потребленной предприятием электроэнергией:

$$W_{эз} = w_{уд} \cdot \Pi_w, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (3.6)$$

Для нахождения расчетного максимума электрической нагрузки производственного потребителя необходимо использовать соответствующее значение максимума нагрузки:

$$P_{\max} = \frac{W_{эз}}{T_{\max}}, \text{ кВт} \quad (3.7)$$

Табл. 3.2. Ориентировочные показатели для определения электрических нагрузок отдельных предприятий в сельской местности

Наименование потребителя	Основной вид продукции	Единица измерения	Потребление электроэнергии на ед. продукции, тыс. кВт·ч/год	Кол-во смен	Годовое число часов использования максимума нагрузки, час	Коэффициент сезонности, $k_p$			
						$k_{рз}$	$k_{рв}$	$k_{рл}$	$k_{ро}$
Хлебоприемные предприятия	зерно	т	2,5-3,0	I II-III	1500 3000	0.3	0.4	1.0	1.0
Комбинаты хлебо-булочных изделий	мука, хлеб	т	20-40	I II III	1500 3000 4200	1.0	0.8	0.6	1.0
Мясокомбинаты	мясо, колбаса	т	60-75	I II-III	1800 2500	0.2	0.4	1.0	0.9
	консервы	т.у.б	50	II-III	2500	0.2	0.4	1.0	0.9
Молокозаводы	молоко	т	25	I-II	2500	1.0	0.8	0.7	0.9
	сыр	т	165	I	2000	1.0	0.8	0.7	0.9
	масло	т	100-120	I-III	1800-2500	1.0	0.8	0.7	0.9
Предприятия по ремонту сельхозтехники	ремонт тракторов	тыс. руб.	450	I II	1600 2300	0.4	1.0	0.4	0.9
Заводы железобетонных изделий	ж.б. издел.	$m^3$	20-40	I II	1500 2000	1.0	0.8	0.7	0.9
Кирпичные заводы	кирпич	тыс. шт.	50-80	II-III	2500	1.0	0.8	0.7	0.9
Карьеры	камень	$m^3$	3-5	I	1300	0.4	0.8	1.0	0.9
Леспромхозы	лес, пиломатериал	$m^3$	15-20	I II	1500 3000	1.0	0.8	0.7	0.9
Кролеферма	-	-	-	I	1800	1.0	0.8	0.5	0.8
Звероферма	-	-	-	I	1800	1.0	0.9	0.9	0.9

В связи с небольшим количеством социальных и производственных объектов сельских населенных пунктов их общая нагрузка определяется простым суммированием полученных графиков электрических нагрузок отдельных потребителей.

Для определения расчетной максимальной коммунально-бытовой нагрузки сельских жилых домов необходимо использовать уравнение:

$$P_{\max} = (n \cdot P_{\text{дом}} + \sqrt{n} \cdot \beta \cdot \sigma_p) \cdot K_o, \text{ кВт} \quad (3.8)$$

где  $n$  – количество жилых домов в населенном пункте;

$P_{\text{дом}}$  – расчетная максимальная электрическая нагрузка одного жилого дома;

$\beta$  – коэффициент надежности расчета;

$\sigma_p$  – среднеквадратическое отклонение максимальной активной нагрузки;

$K_o$  – коэффициент одновременности.

Сельским жилым домом при расчете нагрузок считается многоквартирный дом или квартира в многоквартирном доме, имеющие отдельный счетчик электроэнергии.

Значения коэффициентов одновременности принимаются по данным таблицы 3.3.

Табл. 3.3. Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 0,38 кВ

Наименование потребителей	Количество потребителей										
	2	3	5	7	10	15	20	50	100	200	500 и более
Жилые дома с удельной нагрузкой на вводе											
до 2 кВт/дом	0,76	0,66	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,30	0,26	0,24	0,22
свыше 2кВт/дом	0,75	0,64	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,27	0,24	0,20	0,18

Для получения результата с доверительной вероятностью не ниже 95% при расчете по уравнению (3.8) необходимо использовать значение коэффициента надежности расчета  $\beta=2.0$ , а величину среднеквадратического отклонения принять равной 50% от расчетного значения максимальной электрической нагрузки одного дома  $\sigma_p=0,5 \cdot P_{\text{дом}}$ .

### 3.2. Рекомендации по выбору числа и мощности дизель-генераторов автономной дизельной электростанции

Дизельная электростанция (ДЭС) - это стационарная или передвижная энергетическая установка, оборудованная электрическим генератором с приводом от дизельного двигателя внутреннего сгорания.

Достоинствами дизель-генераторных установок (ДГУ) в сравнении с другими источниками электроэнергии на базе двигателей внутреннего сгорания являются: высокий коэффициент полезного действия (отношение выработанной к затраченной энергии), возможность длительной автономной работы, большой эксплуатационный ресурс до капитального ремонта, простота хранения дизельного топлива и заправки.

ДГУ выпускаются на широкий диапазон мощностей: от 2 до 3000 кВт, и обладают следующими основными техническими характеристиками:

- Ресурс до текущего ремонта (не менее), тыс.ч. – 5-30;
- Ресурс до капитального ремонта (не менее), тыс.ч. – 10-60;
- Затраты на ремонт, % от стоимости – 5-20.

По назначению ДЭС подразделяются на основные, резервные и аварийные.

В качестве основных источников электропитания ДЭС применяют в строительстве, сельском хозяйстве, на лесозаготовках и т.п., т.е. там, где по тем или иным причинам невозможно или нецелесообразно подключение к центральной электрической сети. Резервные ДЭС применяются в качестве дополнительного источника питания при прекращении подачи электроэнергии от стационарной внешней сети. В качестве аварийных источников электропитания ДЭС применяются в больницах, на постах связи и других объектах, для которых недопустим перерыв электропитания.

По вариантам конструктивного исполнения ДЭС классифицируются на электростанции открытого исполнения, в кожухе и в контейнере.

Электростанции открытого исполнения предназначены для размещения в специально оборудованных помещениях, кожух предназначен для защиты электростанции от неблагоприятных условий окружающей среды (от пыли и осадков), монтаж электростанции в блок контейнер производится при эксплуатации энергетической установки в тяжелых климатических условиях.

Основным элементом дизельной электростанции (ДЭС) является дизель-генератор (ДГ), состоящий из дизельного двигателя, электрического генератора трехфазного переменного тока, систем охлаждения, смазочной системы, топливоподачи и пультов управления.

Неавтоматизированные ДГУ и электростанции предназначены для одиночной работы и при номинальной частоте вращения генератора обеспечивают напряжения на шинах ДЭС, лежащие в пределах  $\pm 5\%$  от номинального значения. ДЭС имеют аппаратуру и контрольно-измерительные приборы для управления и наблюдения за их работой.

Автоматизированные ДГУ и электростанции в зависимости от степени их автоматизации обеспечивают непрерывную работу без обслуживающего персонала в течение 4-240 ч.

Для автоматизированных ДЭС предусмотрены три степени автоматизации.

Первая степень автоматизации обеспечивает автоматическое поддержание номинального режима работы (в том числе без обслуживания и наблюдения не менее 4 часов) после пуска и вывода на рабочий режим ДГ. При этом должны работать аварийно-предупредительная сигнализация и защита, а также автоматически производиться подзаряд стартерных аккумуляторных батарей и наполнение топливных баков.

Вторая степень автоматизации включает в себя автоматику первой степени и устройства для дистанционного и автоматического управления ДГУ (пуск, синхронизация при параллельной работе, принятие нагрузки, останов, контроль за работой, поддержание неработающего дизеля в прогретом состоянии) со сроками необслуживаемой работы не менее 16 ч (агрегаты до 100 кВт) и 24 ч (агрегаты свыше 100 кВт).

Третья степень автоматизации включает в себя автоматику второй ступени и устройства для управления дизель-электрическими агрегатами (пополнение топливных и масляных баков, подзаряд аккумуляторных батарей и пополнение воздушных баллонов, заданное распределение активных и реактивных нагрузок при параллельной работе, управление вспомогательными агрегатами) со сроками необслуживаемой работы не менее 150 ч (агрегаты до 100 кВт) и 240 ч (агрегаты свыше 100 кВт).

Дизель-электрические станции 2-й и 3-й степеней автоматизации имеют также аварийно-предупредительную сигнализацию при достижении предельных значений температуры воды, масла, воздуха, давления масла, расхода и уровня жидкости, частоты вращения и т. д.

Принципиальная электрическая схема ДЭС приведена на рисунке 3.3.

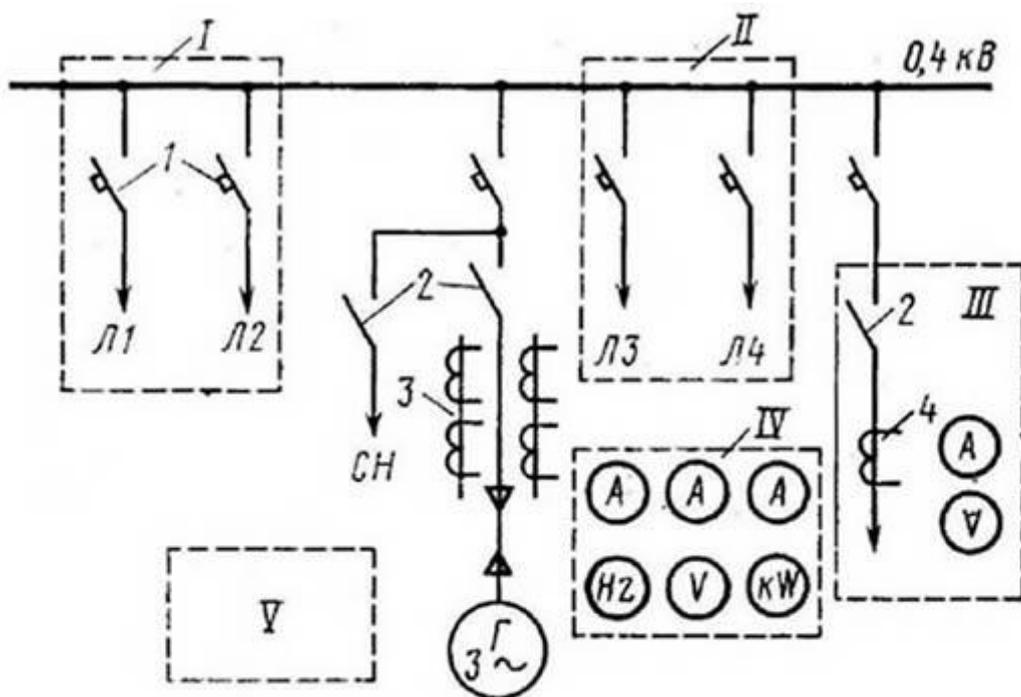


Схема типовой дизельной электростанции напряжением 0,4 кВ с одним генератором:  
 I, II — блоки отходящих линий, III — блок ввода сети, IV — панель управления, V — блок регулирования напряжения; 1 — автоматические выключатели, 2 — рубильники, 3 — трансформаторы тока генератора, 4 — трансформаторы тока ввода сети; СН — собственные нужды, Л1—Л4 — отходящие линии

Рис. 3.3. Принципиальная электрическая схема ДЭС с одним генератором

Важнейшим техническим показателем автономной дизельной электростанции является число и мощность установленных силовых агрегатов. Именно этот показатель определяет надежность электроснабжения потребителей и от него во многом зависит эффективность работы ДЭС.

В соответствии с [7] суммарная мощность рабочих дизель-генераторов (ДГ) должна покрывать максимальную расчетную нагрузку с учетом собственных нужд ДЭС и обеспечивать запуск электродвигателей. Количество рабочих агрегатов определяется в соответствии с графиком нагрузок и имеющейся номенклатурой электроагрегатов. Конкретных рекомендаций и методик по выбору числа и мощности дизель-генераторов нормативные документы не содержат. Между тем этот показатель чрезвычайно важен, так как от него во многом зависят технико-экономические характеристики электростанции.

Выбор рационального числа рабочих ДГ, обеспечивающих наилучшие технико-экономические характеристики ДЭС, связан с учетом большого количества весьма противоречивых факторов. Отметим основные проблемы, связанные с этим выбором:

1. Дизель-генераторы необходимо периодически выводить из работы для проведения необходимого сервисного обслуживания, текущего и капитального ремонтов. Надежность электроснабжения потребителей при этом снижается. Периодичность и продолжительность технического обслуживания зависит от типоразмера силового агрегата.

2. Состав потребителей, получающих питание от ДЭС, может значительно различаться по мощности, количеству и режимам работы. При этом неизбежно изменение нагрузки станции в значительном диапазоне, как в течение суток, так и по сезонам года. Для эффективного применения ДЭС необходимо обеспечить загрузку дизель-генераторов в пределах от 25 до 80 % от номинальной нагрузки. Загрузка выше этих пределов приводит к снижению ресурса дизельного двигателя; при малых нагрузках значительно увеличивается удельный расход топлива и проявляется эффект карбонизации, вызванной скоплением в цилиндрах несгоревших газов, что также негативно влияет на ресурс двигателя.

3. Удельный расход топлива на выработку 1 кВт·ч электрической энергии зависит от типоразмера агрегата: у дизель-генераторов большой мощности он ниже, соответственно они являются более экономичными. Удельный расход топлива изменяется при работе дизель-генераторов на частичных режимах, с уменьшением загрузки ДГ удельный расход топлива возрастает.

В общем случае расход топлива ДЭС зависит от типоразмеров используемых дизель-генераторов, их загрузки и износа. Следует отметить, что для децентрализованных потребителей, расположенных в отдаленных районах, часто приходится использовать сложные многозвенные схемы доставки горюче-смазочных материалов (ГСМ), в связи с чем стоимость доставки топлива, а соответственно и себестоимость генерируемой ДЭС электроэнергии, оказывается очень высокой. В качестве примера можно привести опыт

предприятия «Сахаэнерго», обеспечивающего электроснабжение потребителей крупнейшего в России региона децентрализованного электроснабжения – Республики Саха (Якутия) [8].

Специфика размещения дизельных электростанций «Сахаэнерго» определяет особенность их топливного обеспечения, которая выражается в больших расстояниях и в сезонности работы. Расстояние перевозки грузов и оборудования в заречные улусы от центрального района достигает 3200 км (Якутск - Черский – 3189 км), а на северо-запад – 2600 км (Якутск-Саскылах – 2621 км). Специфика обеспечения ДЭС горюче-смазочными материалами заключается в особенностях схемы завоза с ближайших нефтебаз автозимниками, действующими сезонно. В связи с этим возникает необходимость в предварительном завозе годовой потребности ГСМ в летнюю навигацию предыдущего года. С учетом трудностей, возникающих с обеспечением ДЭС топливом в необходимом количестве для бесперебойной подачи электрической энергии, в летнее время электростанции работают с большими ограничениями, некоторые останавливаются полностью [9,10].

Практически весь объем нефтепродуктов завозится из-за пределов Республики Саха (Якутия) [9]. Морской, речной и железнодорожный виды транспорта осуществляют завоз топлива до определенного пункта накопления, а затем из пункта накопления топливо доставляется до ДЭС автотранспортом. Сложившаяся транспортная схема завоза топлива в Республику характеризуется следующими факторами:

- ограниченность сроков сезонного завоза топлива;
- многозвенность сезонного завоза топлива;
- общая географическая удаленность от поставщиков топлива;
- среднегодовая доступность некоторых электростанций 2-3 месяца;
- фрагментарность расположения дизельных электростанций (сильный разброс и удаленность друг от друга, от улусных центров и от «головных» дизельных электростанций);
- отсутствие рынка автотранспортных услуг;

– большие издержки.

На сегодняшний день для обеспечения бесперебойной работы 128 дизельных электростанций «Сахаэнерго» ежегодный резерв дизельного топлива должен составлять не менее 100 тыс. тонн. Так как доставка топлива связана с большими техническими и экономическими трудностями, а затраты на него являются определяющими в себестоимости вырабатываемой электрической энергии, снижение расхода топлива является первоочередной технико-экономической задачей предприятия.

Минимизация расхода топлива ДЭС обеспечивается выбором числа и мощности рабочих ДГ и тщательным планированием режимов работы электростанции в соответствии с прогнозными режимами электропотребления. В качестве исходных данных для решения данной задачи используют суточные графики электрических нагрузок по сезонам года и технико-экономические характеристики ДГУ. В качестве критерия выбора используют экономические показатели: приведенную стоимость жизненного цикла электростанции или себестоимость вырабатываемой электроэнергии.

В качестве примера в таблице 3.4 приведены основные технико-экономические показатели ДЭС для нескольких типоразмеров ДГ.

Табл. 3.4. Основные технико-экономические показатели ДЭС

№	Номинальная мощность силового агрегата, кВт	$K_{ти}$	Цена комплектной ДЭС, руб	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
1	8	0.95	544000	271
2	16	0.95	900000	260
3	30	0.95	935000	252
4	60	0.95	1100000	227
5	100	0.95	1310000	205
6	200	0.91	1850000	189
7	315	0.91	2950000	185
8	500	0.91	4600000	177
9	630	0.87	5850000	171

Номинальные мощности электроагрегатов и электростанций определены из государственных стандартов [11, 12] и соответствуют общепромышленным

стационарным электроагрегатам и дизельным электростанциям трехфазного переменного тока.

Усредненная стоимость ДЭС (на начало 2020 года) определена по прайс-листам и каталогам известных отечественных производителей и поставщиков дизельных электростанций [13, 14]. В табл.3.4 приведены цены полнокомплектных стационарных ДЭС контейнерного исполнения второй степени автоматизации. Выбор такого варианта исполнения станций обусловлен минимальными затратами на капитальное строительство и меньшими расходами на ввод в эксплуатацию.

Удельный эффективный расход топлива определен по спецификациям на дизель-генераторные установки, выполненные на базе отечественных силовых агрегатов серии АД Ярославского моторного завода и двигателей Volvo Penta (Швеция).

Коэффициент технического использования  $K_{ти}$  для дизельных двигателей различных типоразмеров определен из [15].  $K_{ти}$  характеризует долю времени нахождения объекта в работоспособном состоянии относительно общей (календарной) продолжительности.

Расход топлива дизель-генераторами на частичных нагрузочных режимах можно определить с использованием «Методики расчета нормативов удельных расходов топлива по дизельным электростанциям» [16].

Согласно этой методики абсолютный расход топлива дизель-генератором на отпуск электроэнергии на каждой  $i$ -ой ступени суточного графика определяется по формуле:

$$G_i = g_{ном} \cdot K_{изн} \cdot K_{режi} \cdot \mathcal{E}_{вырi} \cdot 10^{-3}, \text{ кг} \quad (3.9)$$

где  $g_{ном}$  – удельный расход топлива дизелем при номинальной мощности (по паспортным данным), г/кВт·ч;

$K_{изн}$  – коэффициент износа. Для дизель-генераторов, прошедших капитальный ремонт или с истекшим сроком службы принимается равным 1,05.

$K_{режi}$  – режимный коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива при работе дизель-генератора с нагрузкой, меньшей номинальной

$$K_{режi} = \frac{g_i}{g_{ном}} \quad (3.10)$$

где  $g_i$  - удельный расход топлива на рассматриваемом долевом режиме, г/кВт·ч. Определяется по нагрузочной характеристике дизеля, которая приводится в технической документации или принимается по справочным данным. При отсутствии расходной характеристики и при равномерной загрузке дизель-генераторов коэффициент  $K_{режi}$  может быть рассчитан по эмпирической формуле:

$$K_{режi} = 0.87 + 0.13 \frac{P_{ном}}{P_{потри}} \quad (3.11)$$

где  $P_{ном}$  – номинальная мощность дизель-генератора, кВт;

$P_{потри}$  – потребляемая мощность на  $i$ -ой ступени суточного графика, кВт.

$\mathcal{E}_{выри}$  – вырабатываемая ДГ электрическая энергия на  $i$ -ой ступени суточного графика, кВт·ч, которая определяется по уравнению:

$$\mathcal{E}_{выри} = P_{потри} \cdot t_i, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (3.12)$$

где  $t_i$  – продолжительность работы ДГ на  $i$ -ой ступени суточного графика, ч.

При использовании в расчетах графиков электрических нагрузок с часовой дискретизацией суточный расход топлива ДЭС определяется по формуле:

$$G_{сут} = \sum_{i=1}^{24} G_i, \text{ кг} \quad (3.13)$$

В качестве примера рассмотрим задачу по выбору дизель-генераторов стационарной ДЭС, предназначенной для электроснабжения автономного объекта, имеющего неизменный в течение года суточный график нагрузки, приведенный на рисунке 3.4. Для определенности будем считать, что график построен с учетом нагрузки, потребляемой на собственные нужды ДЭС.

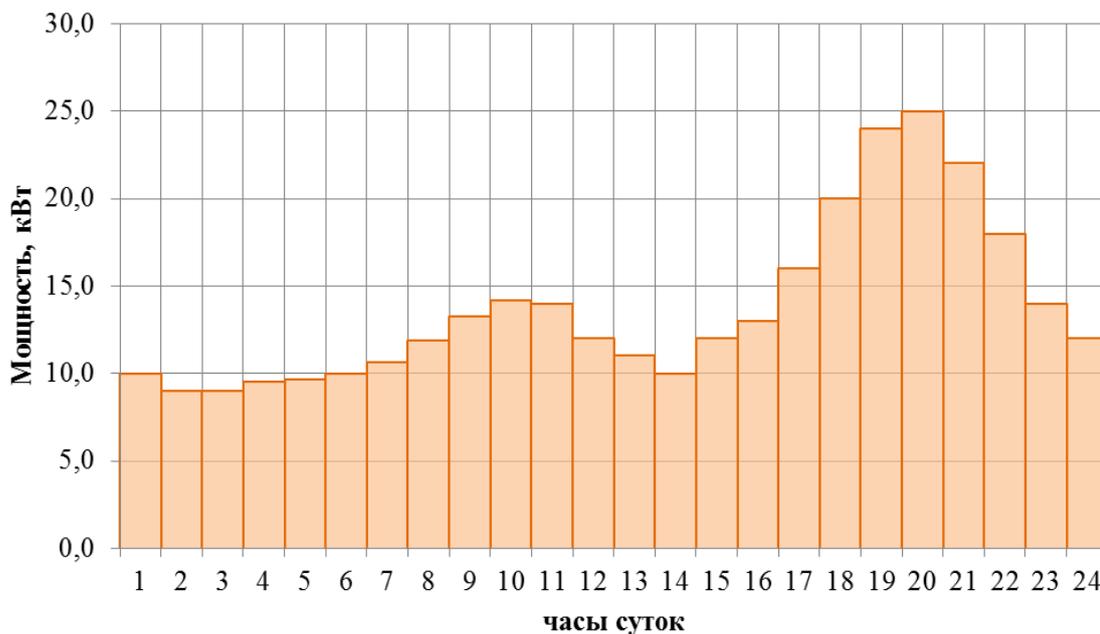


Рис. 3.4. Суточный график нагрузки децентрализованного потребителя

Для данного суточного графика, общее количество потребляемой за сутки электроэнергии составляет 330,1 кВт·ч, при максимальной величине электрической нагрузки  $P_{\text{потр.макс}}=25$  кВт, минимум нагрузки равен  $P_{\text{потр.мин}}=9$  кВт.

Для надежного покрытия электрической нагрузки для рассматриваемого потребителя достаточно использовать один рабочий ДГ, номинальной мощностью  $P_{\text{ном}}=30$  кВт (вариант 1). Анализ режимов работы ДГ показывает, что в этом случае большую часть суток ДГ будет эксплуатироваться в режимах малых загрузок, что обуславливает увеличение удельного расхода топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии. Для данного графика нагрузок можно запланировать и другие режимы работы ДЭС с двумя рабочими ДГ:

Вариант 2: в составе ДЭС используются 2 ДГ, номинальной мощностью 30 и 16 кВт, при этом ДГ большей мощности покрывает нагрузку в периоды ее пика с 17 по 22 час, а ДГ меньшей мощности вводится в работу в другие часы суток.

Вариант 3: в составе ДЭС используются 2 ДГ одинаковой мощности 16 кВт: в периоды пика нагрузок с 17 по 22 час работают оба ДГ, в остальное время суток один ДГ отключается.

Очевидно, что из 3 возможных вариантов построения ДЭС минимальные прямые капитальные вложения будут соответствовать варианту 1, при этом

абсолютный суточный расход топлива, полученный по уравнениям (3.9)-(3.13) соответственно составит: вариант 1 – 95,95 кг, вариант 2 – 89,42 кг, вариант 3 – 90,89 кг. Кроме того, по варианту 1 ДГ, номинальной мощностью 30 кВт, будет находиться в работе 24 часа, а по варианту 3 суммарное число моточасов ДГ, номинальной мощностью 16 кВт, также составит 24 часа. При этом затраты на техническое обслуживание ДГ по варианту 3 будут значительно меньше, вследствие их меньшей мощности.

Соответственно, выбор рационального числа и мощности рабочих ДГ автономной ДЭС должен производиться на основе сравнительного технико-экономического анализа нескольких вариантов, каждый из которых должен обеспечивать необходимую надежность электроснабжения потребителей. Выбор предварительных вариантов построения ДЭС производится путем анализа суточных графиков электрических нагрузок для каждого сезона года, а экономические показатели электростанции рассчитываются на весь срок жизни проекта. При этом в качестве горизонта планирования рекомендуется использовать 15-20 лет.

### **3.3. Рекомендации по выполнению технико-экономических расчетов**

Основными критериями экономической оценки эффективности проектов являются следующие показатели: себестоимость генерируемой электроэнергии, чистый дисконтированный доход (ЧДД), период возврата капитала, или дисконтированный срок окупаемости (ДСО). Данные критерии применяются в соответствии с методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов [17].

Важным критерием экономической эффективности являются приведенные годовые затраты на 1 кВт установленной мощности генерирующих источников, которые определяются из выражения:

$$z = \frac{p_n \cdot K + C}{P_{уст}} \quad (3.14)$$

где  $P_{уст}$  – установленная мощность генерирующей установки (кВт);

$K$  – общие капиталовложения в энергетическую установку(руб);

$p_n = \frac{1}{T_{сл}}$  – нормативный коэффициент рентабельности,  $T_{сл}$  – экономический

срок службы оборудования (лет);

$C$  – общие годовые эксплуатационные расходы (руб).

Суммарные капитальные затраты автономной системы электроснабжения состоят из стоимости ее основного генерирующего оборудования, а также сопутствующих затрат, связанных с транспортировкой, монтажом, затратами на проектные работы:

$$K = K_{уст} + K_{доп} \quad (3.15)$$

где  $K_{уст}$  – стоимость генерирующей установки (руб),  $K_{доп}$  – дополнительные капитальные затраты (руб).

Общие годовые эксплуатационные расходы включают в себя затраты на обслуживание и плановый ремонт, годовые затраты на топливо и его доставку:

$$C = C_{обсл} + C_{топ} \quad (3.16)$$

где  $C_{обсл}$  – годовые затраты на обслуживание (руб),  $C_{топ}$  – годовые затраты на топливо, включающие его доставку (руб).

Себестоимость 1 кВт·ч генерируемой электроэнергии определяется из выражения:

$$C_{эл} = \frac{p_n \cdot K + C}{W_{пол}} \quad (3.17)$$

где  $W_{пол}$  – общее количество электрической энергии, вырабатываемое электростанцией в течение года, (кВт·ч).

Чистый денежный поток инвестиционного проекта (ЧДП) во временном интервале  $t$  определяется по выражению:

$$\text{ЧДП}_t = \text{ЧП}_t + A_t - K_t, \quad (3.18)$$

где  $t = 0, 1, 2, \dots, n$  ( $n$  – планируемый срок реализации проекта, лет);

$\text{ЧП}_t$  – чистая прибыль;

$A_t$  – амортизационные отчисления;

$K_t$  – общие капитальные вложения.

Чистая прибыль определяется как доход от реализованной продукции за вычетом издержек производства и налогов:

$$\text{ЧП}_t = D_t - \text{ИП}_t - N_t, \quad (3.19)$$

где  $D_t$  – общий объем продаж  $t$ -периода (за вычетом НДС);

$\text{ИП}_t$  – издержки производства в  $t$ -периоде;

$N_t$  – налог на прибыль в  $t$ -периоде.

Продукцией электростанции является произведенная электроэнергия, выручку от реализации которой, можно определить по выражению:

$$D_t = W_{\text{потрт}} \cdot C_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}, \quad (3.20)$$

где  $W_{\text{потрт}}$  – объем электроэнергии, отпущенной потребителю в  $t$  – периоде, кВт·ч;

$C_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$  – стоимость 1 кВт·ч, руб.

Следует отметить, что во многих случаях основной целью построения систем электроснабжения населенных пунктов, изолированных от центральных электрических сетей, является не получение коммерческой выгоды, а обеспечение жизнедеятельности населения, проживающего в данных населенных пунктах. В этих случаях задача построения изолированных энергетических систем решается за счет средств местного бюджета, а населением возмещаются только эксплуатационные расходы.

Для расчета амортизационных отчислений используется простой линейный метод, согласно которому:

$$A_t = \frac{\sum K_t}{T_{\text{сл}}} \quad (3.21)$$

где  $T_{\text{сл}}$  – срок службы электроустановки, лет.

Прямое применение выражений (3.14), (3.17) и (3.21) для определения приведенных годовых затрат, себестоимости генерируемой электроэнергии и амортизационных отчислений заключается в том, что в составе ДЭС используется различное энергетическое оборудование не только с разным экономическим сроком службы, но и разными принципами его определения.

Для устранения данного противоречия срок службы каждого компонента проектируемой энергетической системы нужно привести к одной размерности, для чего используются масштабирующие коэффициенты.

Для большинства компонентов ДЭС: распределительные щиты, контрольно-измерительные приборы, коммутационная аппаратура и т.п. срок службы устанавливается предприятиями-изготовителями и в явном виде указывается в их технической спецификации. Как правило, для данного вида оборудования гарантированный срок службы  $T_{сл}$  составляет 20-25 лет.

Срок службы дизель-генераторных установок зависит от интенсивности их эксплуатации, или числа рабочих моточасов, а также от типоразмера и изготовителя. В технической спецификации на ДГУ предприятие-изготовитель определяет число моточасов до капитального ремонта  $T_{кап.р.}$ . За время срока службы ДГУ  $T_{сл.ДГУ}$ , как правило, производится 3-4 капитальных ремонта, после которых требуется полная замена установки. Соответственно, при выполнении технико-экономических расчетов для определения срока службы ДГУ необходимо использовать следующее выражение:

$$T_{сл.ДГУ} = \frac{4 \cdot T_{кап.р.}}{T_{раб.ДГУ}}, \text{ лет} \quad (3.22)$$

где  $T_{раб.ДГУ}$  – расчетное число рабочих моточасов ДГУ в год, которое определяется по результатам планирования и анализа режимов ДЭС по суточным графикам нагрузок.

С учетом обозначенных выше положений общие капиталовложения в энергетическую систему за весь срок ее службы определяются по уравнению:

$$K = K_{уст} \cdot m_{ДГУ} + K_{доп} \quad (3.23)$$

где  $K_{уст}$  – первоначальные капитальные вложения в ДГУ;  $K_{доп}$  – затраты на монтажные и пусконаладочные работы (при использовании ДГУ контейнерного типа составляют 15-20% от стоимости ДГУ);  $m_{ДГУ}$  – масштабирующий коэффициент выравнивания срока службы ДГУ, который определяется по уравнению:

$$m_{\text{ДГУ}} = \frac{T_{\text{сл}}}{T_{\text{сл,ДГУ}}} \quad (3.24)$$

При определении чистой текущей стоимости проекта используется метод, основанный на расчете внутренней нормы доходности, согласно которому чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется для ряда произвольных значений ставки дисконтирования  $k=0; 0,1; 0,2; 0,3$ ; и т.д.:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧДП}_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (3.25)$$

где  $I_0$  – разовые инвестиции в нулевом году.

В большинстве практических случаев система автономного электроснабжения вводится в эксплуатацию за время меньше одного календарного года, соответственно, первоначальные вложения в проект равны сумме капитальных затрат:

$$I_0 = K \quad (3.26)$$

Значение ставки дисконтирования  $k$ , при которой ЧДД обращается в нуль, позволяет определить внутреннюю норму прибыли, т.е. максимальной ставки платы за привлекаемые источники финансирования, при которой инвестиционный проект остается безубыточным.

При определении эксплуатационных расходов ДЭС необходимо учитывать, что затраты на обслуживание и плановый ремонт ДГУ прямо пропорциональны расчетному числу рабочих моточасов ДГУ в год  $T_{\text{раб,ДГУ}}$ , и могут быть найдены по уравнению:

$$C_{\text{обс}} = T_{\text{раб,ДГУ}} \cdot Z_{\text{час}} \quad (3.27)$$

где  $Z_{\text{час}}$  – стоимость обслуживания одного часа (может быть принята равной 50-80 руб/час).

Стоимость одного литр/кг дизельного топлива определяется с учетом его доставки в зависимости от конкретных условий размещения ДЭС.

## 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Рекомендуемая последовательность выполнения курсового проекта следующая:

1. Анализ требований технического задания. Постановка цели и определение задач курсового проекта.
2. Расчет режимов электропотребления и построение графиков электрических нагрузок населенного пункта.
3. Согласование графиков нагрузок объекта с числом и мощностью генерирующих источников (дизель-генераторов) и планирование режимов работы дизельной электростанции.
4. Разработка вариантов (двух или трех) структурных схем построения дизельной электростанции.
5. Технико-экономический анализ вариантов построения дизельной электростанции и окончательный выбор числа и мощности дизель-генераторов.
6. Разработка структурной схемы системы электроснабжения населенного пункта и определение ее основных параметров.
7. Разработка схемы электроснабжения объекта и выбор электрооборудования.
8. Оформление пояснительной записки курсового проекта. Выполнение структурной схемы и однолинейной принципиальной электрической схемы системы электроснабжения объекта в соответствии с требованиями ЕСКД.
9. Сдача курсового проекта на проверку и его защита.

Для расчета режимов электропотребления и построения графиков электрических нагрузок населенного пункта используйте рекомендации, приведенные в п. 3.1 настоящих методических указаний. Исходными данными для выполнения данного этапа проекта являются данные вариантов заданий, приведенные в Приложении 3. В данном проекте в качестве объектов

электроснабжения рассматриваются небольшие населенные пункты Республики Саха (Якутия), изолированные от центральной электрической сети. Основные характеристики электропотребления объектами социальной сферы приведены в табл. 3.1, показатели для определения электрических нагрузок производственных потребителей приведены в табл. 3.2. Вероятностно-статистические графики электрических нагрузок отдельных групп потребителей приведены в Приложении 4. Для пересчета типового графика на заданную максимальную нагрузку используйте уравнения (3.3)-(3.5). Величина коэффициента надежности расчета принимается равной  $\beta=2.0$ . Прогнозные графики электрических нагрузок строятся для каждой группы потребителей (бытовой, социальной и производственной нагрузки) для каждого сезона года. Графики электрических нагрузок населенного пункта определяются суммированием графиков отдельных групп потребителей. По полученных графикам электрических нагрузок населенного пункта необходимо определить величину максимальной электрической нагрузки  $P_{\text{сумм.мах}}$  (кВт) и годовой объем потребляемой энергии  $W_{\text{год}}$  (кВт·ч).

По построенным графикам электрических нагрузок ДЭС производится планирование ее режимов работы, и намечаются 2-3 варианта построения структурной схемы электростанции с различным числом и типоразмером ДГ. По графикам рассчитывается количество рабочих моточасов ДГ по сезонам года и общее за год для каждого из вариантов. По данным сайтов производителей определяются технико-экономические показатели выбранных ДГУ. Одним из возможных вариантов решения данной задачи является выбор ДГУ из каталога ООО Компания «Дизель-Систем» [18]. Для выполнения сравнительного технико-экономического анализа намеченных вариантов построения ДЭС используйте рекомендации, приведенные в п. 3.3 настоящих методических указаний. По результатам технико-экономических расчетов определяется себестоимость генерируемой ДЭС электрической энергии.

Для разработки структурной схемы системы электроснабжения населенного пункта и определения ее основных параметров используйте данные

географических информационных систем (ГИС), например геопортал Республики Саха (Якутия) [19]. С помощью данных сервисов необходимо определить основные сведения о населенном пункте, который является объектом электроснабжения: географические координаты, численность населения, климатические условия и т.п. Также с помощью данных сервисов определяются размеры населенного пункта и месторасположение основных объектов электроснабжения. На основании этих данных выбирается рациональное месторасположение ДЭС, которое рекомендуется по возможности размещать ближе к центру электрических нагрузок и рядом с берегом реки (для удобства доставки топлива). В качестве примера на рисунке 4.1 приведен план села Кенг-Кюель Абыйского улуса, построенный с помощью Геопортала Республики Саха (Якутия).

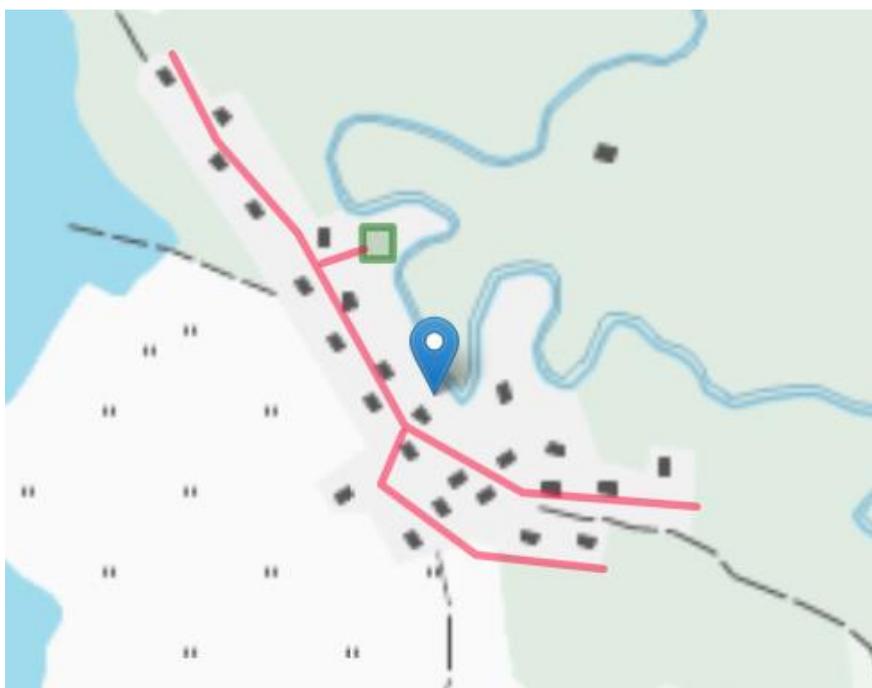


Рис. 4.1. План села Кенг-Кюель Абыйского улуса

На плане намечены место установки ДЭС (зеленый квадрат) и трассы прокладки линий питания (красные линии) к основным объектам электроснабжения данного населенного пункта. После определения расстояний, с учетом максимумов нагрузки и территориального размещения отдельных объектов электроснабжения производится разработка структурной схемы

системы электроснабжения населенного пункта, пример которой приведен на рисунке 4.2.

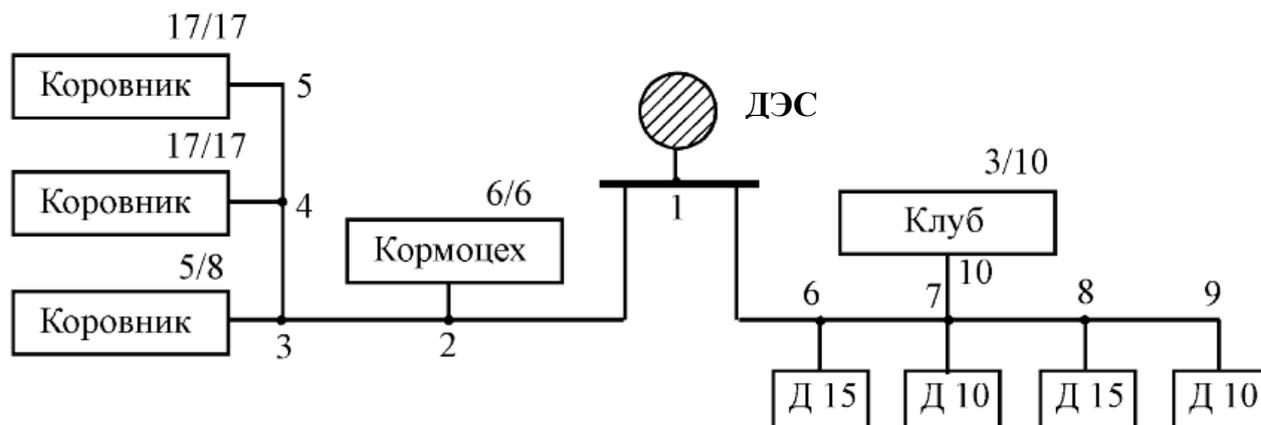


Рис. 4. Структурная схема системы электроснабжения населенного пункта

На структурной схеме указываются длины питающих и точки присоединения распределительных линий электропередач, а также расчетные значения максимальной нагрузки. В качестве конструктивного исполнения электрической сети сельских населенных пунктов рекомендуется применять воздушные линии (ВЛ) электропередач на самонесущих изолированных проводах (СИП).

После построения структурной схемы электроснабжения населенного пункта производится разработка принципиальной электрической схемы ДЭС (пример приведен на рис. 3.3 настоящих методических указаний), производится выбор аппаратов защиты и схемы электрической сети объектов электроснабжения населенного пункта.

## 5. СДАЧА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Срок сдачи готового проекта определяется утвержденным графиком и указывается в задании. Допускается досрочная сдача проекта.

В случае отрицательного заключения руководителя студент обязан доработать или переработать курсовой проект. Срок доработки проекта устанавливается руководителем с учетом сущности замечаний и объема необходимой доработки.

Оценка "отлично" выставляется за курсовой проект, который носит исследовательский характер, содержит грамотно изложенный материал, с соответствующими выводами и обоснованными предложениями.

Оценка "хорошо" выставляется за грамотно выполненный во всех отношениях курсовой проект при наличии небольших недочетов в его содержании или оформлении.

Оценка "удовлетворительно" выставляется за курсовой проект, который удовлетворяет всем предъявляемым требованиям, но отличается поверхностностью, в нем просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные выводы и предложения.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется за курсовой проект, который не содержит необходимого анализа поставленной проблемы, выводы и принимаемые решения носят декларативный характер и не подкреплены расчетами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шидловский А.К. и др. Расчеты электрических нагрузок систем электроснабжения промышленных предприятий / А.К.Шидловский, Г.Я.Вагин, Э.Г.Куренный. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.
2. Будзко И.А. и др. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А.Будзко, Т.Б.Лещинская, В.И.Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
3. Жежеленко И.В. и др. Методы вероятностного моделирования в расчетах характеристик электрических нагрузок потребителей / И.В. Жежеленко, Ю.Л.Саенко, В.П.Степанов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 126 с.
4. Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов), застройки и элементов городской распределительной сети. Утверждены Приказом Минтопэнерго России от «29» июня 1999г. № 213
5. СНиП 2.07.01-89 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений
6. РД 34.20.178. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства./ Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения. – М.: Всесоюзный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Сельэнергопроект», 1985.
7. Нормы технологического проектирования дизельных электростанций // Утверждены Минэнерго СССР. Протокол от 19 июля 1990 г. N 38
8. Официальный сайт ООО «Сахаэнерго» <http://www.sakhaenergo.ru/>
9. Официальный сайт ОАО АК «Якутскэнерго» // <http://yakute.elektra.ru/>
10. Состояние, проблемы и перспективы развития ТЭК РС(Я). Якутск 2000.– С.6-13.
11. ГОСТ 13822-82 Электроагрегаты и передвижные электростанции, дизельные. Общие технические условия
12. ГОСТ 23377-84 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Общие технические требования

13. ООО «Энерго-Статус» <http://energo-status.ru>
14. ООО «Промышленные силовые машины» <http://www.powerunit.ru>
15. ГОСТ 20439-87 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Требования к надежности и методы контроля
16. Министерство промышленности и энергетики российской федерации. Приказ от 4 октября 2005 года N 268. «Об организации в Министерстве промышленности и энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов удельных расходов топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электростанций и котельных». Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 28 октября 2005 года, регистрационный N 7117.
17. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / Москва. Экономика.2000 – 421 стр.
18. Официальный сайт ООО Компания «Дизель-Систем» <https://www.d-system.ru/>
19. Геопортал Республики Саха (Якутия) <https://sakhagis.ru/>





## Приложение 1

### Варианты исходных данных для проектирования

№ вар.	Наименование улуса, населенного пункта	Числ. населения	Кол-во бытовых абонентов	Отпуск э/э населению, кВт·ч/год	Цена 1 литра топлива, включая доставку, руб.	Количество и тип социальных объектов	Количество и тип производственных объектов
1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>Абыйский улус</b>						
1	село Кенг-Кюель	291	79	154056	75	1. Начальная школа на 40 учащихся 2. Продовольственный магазин на 4 места 3. Поликлиника на 30 посещений за смену	1. Комбинат хлебоулучных изделий на 10 т/год, 1 смена
	<b>Верхоянский улус</b>						
2	село Алысардах	103	25	43655	85	1. Магазин смешанный ассортимент на 4 места	1. Звероферма с потреблением э/э 20 тыс. кВт·ч/год
3	село Барылас	90	21	47026	90	1. Магазин смешанный ассортимент на 2 места	1. Кролеферма с потреблением э/э 25 тыс. кВт·ч/год
4	село Мачах	108	26	49500	85	1. Магазин, смешанный ассортимент на 4 места	-
5	село Осохтох	148	29	57130	90	1. Начальная школа на 20 учащихся 2. Продовольственный магазин на 2 места	1. Леспромхоз с объемом производства 25 м <sup>3</sup> в год
6	пос Токума	171	42	89313	90	1. Начальная школа на 30 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест 3. Поликлиника на 20 посещений за смену	1. Комбинат хлебоулучных изделий на 10 т/год, 2 смены
7	село Хайысардах	392	78	128500	80	1. Общеобразовательная школа на 60 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 8 мест 3. Поликлиника на 40 посещений за смену	1. Комбинат хлебоулучных изделий на 20 т/год, 2 смены 2. Молокозавод с объемом производства 15 т/год, 2 смены
8	село Черюмче	206	48	101722	80	1. Магазин смешанный ассортимент на 4 места	2. Мясокомбинат с объемом производства 8 т/год, 1 смена
	<b>Жиганский улус</b>						
9	село Баханай	285	68	127550	60	1. Начальная школа на 40 учащихся 2. Продовольственный магазин на 4 места	1. Кролеферма с потреблением э/э 40 тыс. кВт·ч/год 2. Комбинат хлебоулучных изделий на 10 т/год, 1 смена
10	село Бестях	228	52	95100	60	1. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест 2. Поликлиника на 40 посещений за смену	1. Звероферма с потреблением э/э 40 тыс. кВт·ч/год
11	село Кыстатым	453	112	245070	58	1. Общеобразовательная школа на 80 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 8 мест 3. Поликлиника на 60 посещений за смену	1. Комбинат хлебоулучных изделий на 20 т/год, 2 смены 2. Молокозавод с объемом производства молока 25 т/год, 2 смены 3. Молокозавод с объемом производства сыра 5 т/год, 2 смены

1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>Кобяйский улус</b>						
12	село Тыайа	489	105	193200	60	1. Общеобразовательная школа на 60 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест 3. Продовольственный магазин на 4 места 4. Поликлиника на 60 посещений за смену	1. Комбинат хлебобулочных изделий на 20 т/год, 2 смены 2. Мясокомбинат с объемом производства колбас 5 т/год, консервов 4 т.у.б, 2 смены
13	село Чагда	497	84	160000	60	1. Общеобразовательная школа на 40 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 8 мест 3. Поликлиника на 40 посещений за смену	1. Комбинат хлебобулочных изделий на 20 т/год, 2 смены 2. Мясокомбинат с объемом производства колбас 8 т/год, 1 смена
	<b>Момский улус</b>						
14	село Кулун-Елбют	300	76	169000	90	1. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест 2. Поликлиника на 50 посещений за смену	1. Звероферма с потреблением э/э 25 тыс. кВт·ч/год
	<b>Оймяконский улус</b>						
15	село Ючюгей	321	74	152000	85	1. Общеобразовательная школа на 50 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест 3. Поликлиника на 50 посещений за смену	1. Комбинат хлебобулочных изделий на 20 т/год, 2 смены 2. Мясокомбинат с объемом производства колбас 10 т/год, 2 смены
	<b>Олекминский улус</b>						
16	село Бясь-Кюёль	239	78	62800	65	1. Общеобразовательная школа на 40 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест	1. Комбинат хлебобулочных изделий на 20 т/год, 2 смены 2. Звероферма с потреблением э/э 40 тыс. кВт·ч/год
17	село Иннях	97	37	56400	70	1. Магазин, смешанный ассортимент на 4 места	-
18	село Малыкан	147	35	68600	70	1. Магазин, смешанный ассортимент на 4 места	1. Комбинат хлебобулочных изделий на 10 т/год, 2 смены
19	село Марха	175	67	82100	70	1. Общеобразовательная школа на 30 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 4 места	1. Молокозавод с объемом производства молока 15 т/год, 2 смены
20	село Мача	343	110	171700	60	1. Общеобразовательная школа на 40 учащихся 2. Магазин, смешанный ассортимент на 6 мест 3. Поликлиника на 40 посещений за смену	1. Комбинат хлебобулочных изделий на 10 т/год, 2 смены 2. Молокозавод с объемом производства молока 25 т/год, 2 смены

## Приложение 2

### Вероятностно-статистические графики электрических нагрузок отдельных групп сельскохозяйственных потребителей

Таблица П.4.1. Суточные графики активных нагрузок сельских жилых домов,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	25	25	25	25	25	35	50	60	40	30	30	35	40	30	30	30	40	70	100	95	70	50	35	30
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15
весна	$P$ , кВт	25	25	25	25	25	36	45	50	40	30	30	35	40	30	30	30	30	40	50	70	100	20	50	30
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15
лето	$P$ , кВт	20	20	20	20	25	30	40	45	40	30	30	30	35	30	30	30	30	30	35	40	70	100	60	25
	$C_p$	10	10	10	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15
осень	$P$ , кВт	25	25	25	25	25	35	45	55	40	30	30	35	40	30	30	30	30	40	70	100	85	60	40	30
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0

Таблица П.4.2. Суточные графики активных нагрузок образовательных учреждений,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	15	60	100	95	70	65	80	90	70	60	30	15	15	15	15	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	5	15	20	20	15	15	20	20	15	15	15	5	5	5	5	5	5	5
весна	$P$ , кВт	12	12	12	12	12	12	12	60	80	100	80	65	80	75	70	60	30	12	12	12	12	12	12	12
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	5	15	20	20	20	15	20	20	15	15	15	5	5	5	5	5	5	5
лето	$P$ , кВт	8	8	8	8	8	8	8	40	60	80	100	80	60	60	50	30	20	8	8	8	8	8	8	8
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	5	10	15	20	20	20	15	15	15	10	10	5	5	5	5	5	5	5
осень	$P$ , кВт	12	12	12	12	12	12	40	80	100	80	70	65	80	75	70	50	25	12	12	12	12	12	12	12
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	20	20	20	15	20	20	15	10	10	5	5	5	5	5	5	5

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3	0,8	0,8	0,9	1,0

Таблица П.4.3. Суточные графики активных нагрузок предприятий торговли,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	100	85	50	60	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	6	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	20	10	10	5	5	5
весна	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	30	40	60	80	85	100	80	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	6	10	20	20	40	35	35	40	35	35	40	35	35	20	10	10	5	5	5
лето	$P$ , кВт	5	5	5	5	5	5	10	15	20	20	20	25	50	60	60	80	70	80	100	80	60	30	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	25	30	30	35	30	35	40	35	30	15	5	5
осень	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	80	100	60	50	70	80	60	50	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	6	10	20	35	40	35	40	30	20	40	40	30	25	20	10	10	5	5	5

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0

Таблица П.4.4. Суточные графики активных нагрузок комплексов по производству молока,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	45	45	45	55	60	75	85	100	90	85	80	70	65	75	80	95	85	70	80	90	75	55	45	45
	$C_p$	10	10	10	10	15	20	20	30	30	30	25	25	25	25	30	30	30	25	30	25	20	10	10	10
весна	$P$ , кВт	40	40	40	40	50	60	85	100	80	70	60	55	55	60	75	90	75	80	95	85	65	50	40	40
	$C_p$	10	10	10	10	15	20	30	30	30	30	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	25	20	10	10
лето	$P$ , кВт	25	25	25	30	55	70	85	100	85	60	50	35	45	60	75	90	75	70	85	95	80	75	50	30
	$C_p$	10	10	10	10	20	25	30	30	30	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	25	20	10	10
осень	$P$ , кВт	40	40	40	40	50	60	85	100	80	70	60	55	55	60	75	90	75	80	95	85	65	50	40	40
	$C_p$	10	10	10	10	15	20	30	30	30	30	25	25	25	25	30	30	30	30	30	30	25	20	10	10

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0

Таблица П.4.5. Суточные графики активных нагрузок комплексов по производству свинины и птицефабрик,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	45	45	45	45	50	55	65	65	80	100	90	75	70	70	70	85	75	65	60	60	50	50	45	45
	$C_p$	10	10	10	10	15	15	20	30	25	20	20	25	25	25	30	25	20	20	15	10	10	10	10	10
весна	$P$ , кВт	35	35	35	35	35	40	40	45	75	100	85	70	65	65	65	75	75	65	60	50	45	35	35	35
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	15	25	20	20	20	20	25	25	25	20	20	20	15	15	10	10	10	10
лето	$P$ , кВт	35	35	35	35	35	40	40	45	75	100	85	70	65	65	65	75	75	65	60	50	45	35	35	35
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	15	25	20	20	20	20	25	25	25	20	20	20	15	15	10	10	10	10
осень	$P$ , кВт	35	35	35	35	35	40	40	45	75	100	85	70	65	65	65	75	75	65	60	60	45	35	35	35
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	15	25	20	20	20	20	25	25	25	20	20	20	15	15	10	10	10	10

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	1,0

Таблица П.4.6. Суточные графики активных нагрузок комплексов по производству говядины и выращивания нетелей,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	60	60	60	60	60	65	75	75	100	85	80	65	65	70	80	80	80	65	65	60	60	60	60	60
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	20	35	30	25	35	35	40	35	30	30	25	15	15	10	10	10	10	10
весна	$P$ , кВт	45	45	45	45	45	60	75	85	100	90	85	75	65	70	75	75	75	80	75	70	60	40	40	40
	$C_p$	10	10	10	10	10	20	30	35	30	30	35	35	40	35	35	30	30	20	20	20	15	10	10	10
лето	$P$ , кВт	40	40	40	40	40	65	75	90	100	85	80	75	65	70	75	75	75	80	75	70	60	40	40	40
	$C_p$	10	10	10	10	10	15	25	35	30	35	40	40	40	35	35	35	30	30	25	25	15	10	10	10
осень	$P$ , кВт	50	50	50	55	55	60	60	80	100	95	85	85	85	75	75	75	70	75	65	65	60	60	55	50
	$C_p$	10	10	10	10	20	30	30	35	30	30	35	35	35	40	40	35	35	30	25	15	10	10	10	10

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,9	1,0

Таблица П.4.7. Суточные графики активных нагрузок тепличных комбинатов с обогревом от котельных,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	50	50	50	50	50	60	75	90	90	100	95	90	85	90	95	95	90	90	90	90	90	90	90	60
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5
весна	$P$ , кВт	70	70	70	70	70	70	75	75	85	90	100	95	85	90	90	90	85	85	85	80	80	80	75	70
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5
лето	$P$ , кВт	40	40	40	40	40	45	60	75	85	100	90	85	70	80	90	90	70	70	70	60	60	50	40	40
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5
осень	$P$ , кВт	70	70	70	70	70	70	75	75	85	90	100	95	85	90	90	90	85	85	85	80	80	80	75	70
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	0,8	0,8	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7

Таблица П.4.8. Суточные графики активных нагрузок односменных промышленных предприятий,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	100	85	50	60	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	20	10	10	5	5	5
весна	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	25	45	65	80	100	65	45	60	70	80	70	60	45	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5
лето	$P$ , кВт	10	10	10	10	15	20	30	50	70	85	100	80	40	60	70	60	70	60	45	35	20	15	10	10
	$C_p$	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5
осень	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	100	85	45	60	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0

Таблица П.4.9. Суточные графики активных нагрузок двухсменных промышленных предприятий,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	25	15	15	15	15	15	20	35	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
весна	$P$ , кВт	25	15	15	15	15	15	20	35	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
лето	$P$ , кВт	20	10	10	10	10	10	15	30	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
осень	$P$ , кВт	25	15	15	15	15	15	20	35	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0

Таблица П.4.10. Суточные графики активных нагрузок трехсменных промышленных предприятий,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	50	75	85	80	45	60	75	55	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
весна	$P$ , кВт	50	75	85	80	45	60	75	55	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
лето	$P$ , кВт	45	70	80	75	40	55	70	50	55	75	100	80	45	55	75	55	55	75	90	70	40	60	70	45
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
осень	$P$ , кВт	50	75	85	80	45	60	75	55	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0

Таблица П.4.11. Суточные графики активных нагрузок односменных сезонных предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	100	85	50	60	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5
весна	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	100	85	50	60	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5
лето	$P$ , кВт	10	10	10	10	15	20	30	50	70	85	100	80	40	60	70	80	70	60	45	35	20	15	10	10
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5
осень	$P$ , кВт	15	15	15	15	15	15	20	40	60	80	100	85	50	60	70	80	70	60	40	30	20	15	15	15
	$C_p$	5	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	40	40	35	30	10	10	5	5	5

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица П.4.12. Суточные графики активных нагрузок двухсменных сезонных предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	25	15	15	15	15	15	20	35	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
весна	$P$ , кВт	25	15	15	15	15	15	20	35	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
лето	$P$ , кВт	20	10	10	10	10	10	15	30	55	75	100	85	45	55	75	55	55	75	90	70	40	60	75	45
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
осень	$P$ , кВт	25	15	15	15	15	15	20	35	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	15	5	5	5	5	5	10	20	35	40	35	35	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица П.4.13. Суточные графики активных нагрузок трехсменных сезонных предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции,  $\bar{P} = 100$  кВт

Сезон	Показатели нагрузки	Часы суток																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
зима	$P$ , кВт	50	75	85	80	45	60	75	55	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
весна	$P$ , кВт	50	75	85	80	45	60	75	55	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
лето	$P$ , кВт	45	70	80	75	40	55	70	50	55	75	100	80	45	55	75	55	55	75	90	70	40	60	70	45
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30
осень	$P$ , кВт	50	75	85	80	45	60	75	55	60	80	100	85	50	60	80	60	60	80	90	70	45	60	75	50
	$C_p$	35	40	40	40	30	35	40	40	35	40	35	45	30	30	40	35	35	40	40	40	30	35	40	30

Коэффициенты сезонности

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_p$	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0

Учебное издание

ОБУХОВ Сергей Геннадьевич

**АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**  
**Методические указания к выполнению курсового**  
**проекта**

Учебное пособие

Научный редактор *доктор технических наук,*  
*профессор Б.В.Лукутин*

Редактор *С.Г. Обухов*

Компьютерная верстка *С.Г. Обухов*

Дизайн обложки *И.О. Фамилия*

Подписано к печати 05.11.2020. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.

Заказ . Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru