

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Амурский государственный университет»**  
**(ФБГБОУ «АмГУ»)**

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**  
**сборник учебно-методических материалов**  
для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность

Благовещенск 2017

*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
инженерно-физического факультета  
Амурского государственного  
университета*

*Составитель: А.Б. Булгаков.*

Охрана окружающей среды в электроэнергетике: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 20.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 97 с.

© Амурский государственный университет, 2017

© Кафедра безопасности жизнедеятельности, 2017

© Булгаков А.Б., составление

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Краткое изложение лекционного материала	4
2	Методические рекомендации по проведению практических занятий по дисциплине	76
3	Методические рекомендации для проведения самостоятельной работы	95

## **1. Краткое изложение лекционного материала**

### ***Тема 1. Введение в дисциплину «Охрана окружающей среды в электроэнергетике»***

#### ***План:***

1. Основные положения
2. Законодательство РФ об охране окружающей среды
3. Стадии технологии производства тепловой и электрической энергии
4. Схема взаимодействия энергопредприятий с окружающей средой
  - 4.1. ГЭС
  - 4.2. ТЭС
  - 4.3. АЭС
5. Экологизация деятельности промышленных предприятий

#### ***1. Основные положения***

Цель: дать теоретические и практические знания для решения экологических проблем при производстве, передаче и распределении тепловой электрической энергии.

##### ***Задачи:***

- 1) дать представление о видах негативного влияния ГЭС, ТЭС и АЭС на окружающую среду;
- 2) дать представление об экологических проблемах, возникающих при производстве, передаче и распределении тепловой и электрической энергии;
- 3) дать навыки оценки негативного влияния электроустановок на окружающую среду;
- 4) ознакомить с принципами, методами и средствами обеспечения экологической безопасности.

##### ***Основные термины:***

1. Экологическая безопасность - состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

2. Электроустановка - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии.

Любая деятельность человека наносит окружающей природной среде и ему ущерб.

Под ущербом следует понимать фактические или возможные потери, возникающие в результате каких-либо событий или явлений, в частности негативных изменений в природной среде вследствие антропогенного воздействия.

##### ***Виды ущерба:***

1. Экологический ущерб - это вред, нанесенный окружающей среде, выраженный в натуральных единицах измерения. Например, количество загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду; количество безвозвратно используемых природных ресурсов и т. д.

2. Экономический ущерб - материальные потери и затраты, связанные с повреждениями (разрушениями) объектов производственной и непроизводственной сферы экономики и нарушениями производственных кооперационных связей и т.д., в том числе вследствие изменения окружающей среды.

3. Социальный ущерб - ущерб, нанесенный жизни, здоровью и благополучию людей, выражающийся в росте смертности, заболеваемости, утрате трудоспособности, снижении уровня жизнеобеспечения, а также проявлении озабоченности и тревоги у индивидуума по поводу возможного изменения окружающей среды вследствие изменения окружающей среды.

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) - это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их естественного среднесуточного уровня в различных средах.

Классификация загрязнений по природе действия:

1. Физические (например, шум, вибрация, тепловыделения и пр.);
2. Химические (например, кислоты, оксиды и пр.);
3. Биологические (например, патогенные организмы).

Для объектов электроэнергетики характерны физические и химические загрязнения.

Классификация факторов воздействия на окружающую среду, здоровье и жизнедеятельность человека, характерных для электрических сетей приведена в соответствии с:

- Рекомендации по технологическому проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше (утверждены приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 284);

- Об утверждении рекомендаций по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 - 750 кВ (СО 153-34.20.122-2006) (приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30 июня 2003 г. № 288);

и эти факторы подразделяются:

1) факторы специфического воздействия:

- электрическое поле (для воздушных линий (ВЛ) напряжением 110 кВ и выше);
- магнитное поле;
- акустический шум (для ВЛ напряжением 110 кВ и выше учитывается только в населенной местности);
- радио- и телевизионные помехи;
- опасные и мешающие влияния на линии связи и проводного вещания;
- наличие условий, приводящих к гибели птиц в районах их расселения и на путях их миграции;
- ограничение землепользования;
- нарушение эстетики ландшафта (для природоохраняемых и рекреационных территорий, вблизи памятников истории и культуры);
- загрязнения окружающей среды трансформаторными маслами;

2) факторы общестроительного (неспецифического) воздействия:

- изъятие земель в постоянное (бессрочное) пользование;
- изъятие земель во временное пользование;
- нарушение естественного состояния грунта и рельефа;
- сокращение площадей насаждений (разрубка просек);
- загрязнение поверхностных и грунтовых вод (только при строительстве).

Также следует отметить следующие экологические проблемы:

- образование озона и оксидов азота (характерно для установок высокого и сверхвысокого напряжения);
- возникающие при эксплуатации заземлителей (защитного заземления, рабочего заземления, заземления молниезащиты).

## **2. Законодательство РФ об охране окружающей среды**

1. Конституция РФ (принята всенародным голосованием 12.12.1993, с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ):

- статья 42 «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением»;

- статья 58 «Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам».

2. ФЗ «Об охране окружающей среды» (Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об охране окружающей среды»). Закон определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

В этом законе установлены экологические требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации промышленных объектов, в том числе объектов энергетики (статья 40):

1. Должна обеспечиваться экологическая безопасность и сохранение здоровья населения.
2. Должны предусматриваться мероприятия по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов.
3. Должны предусматриваться мероприятия по оздоровлению окружающей среды.
4. Нарушение вышеперечисленных требований влечет за собой приостановление до устранения недостатков, либо полное прекращение деятельности экологически вредных и опасных объектов.

### ***3. Стадии технологического процесса производства тепловой и электрической энергии***

1. Разведка энергоресурсов.
2. Извлечение и концентрирование энергетических ресурсов до кондиции необходимой для энергетической установки.
3. Транспортировка концентрированного энергетического ресурса от источника или обогатительной фабрики до энергетической установки.
4. Одноступенчатое или многоступенчатое преобразование энергетического ресурса в заданный вид энергии.
5. Передача и распределение тепловой и электроэнергии.
6. Потребление тепловой и электрической энергии.

### ***4. Схема взаимодействия промышленных предприятий с окружающей средой***

Общая схема взаимодействия промышленного предприятия с окружающей средой приведена на рисунке 1.



**ВХОД:** сырьё, материалы, оборудование, топливо, вода, кислород и пр.

**ВЫХОД:** продукция, твердые и жидкие отходы, выбросы, энергетические загрязнения

Рисунок 1 – Общая схема взаимодействия ГЭС промышленного предприятия с окружающей средой

#### 4.1. ГЭС

Схема взаимодействия ГЭС с окружающей средой приведена на рисунке 2.

Основные экологические проблемы:

1. Верхний бьеф:

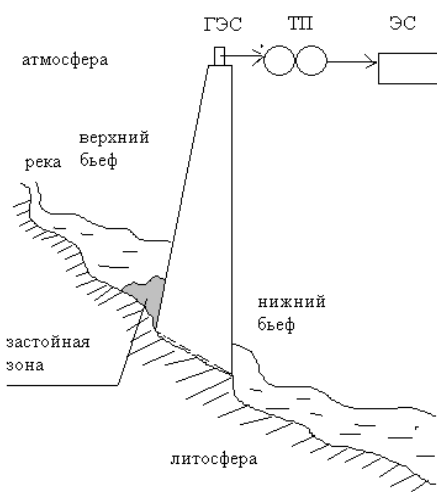
- затопление территории;
- увеличение давления на дно водохранилища;
- изменение видового состава флоры и фауны;
- изменение гидрохимического и гидротермического режима реки;
- изменения микроклимата в районе водохранилища;
- нарушение путей миграции животных и пр.

2. Нижний бьеф:

- изменение стока реки;
- изменение гидрохимического и гидротермического режима;
- изменения микроклимата в районе водохранилища;
- нарушение естественных путей миграции.

3. Экологические проблемы, обусловленные генерацией, передачей и распределением электрической энергии:

- отвод земель под опоры;
- акустические шумы;
- электромагнитные поля промышленной частоты;
- электростатические поля;
- радиопомехи;
- химические загрязнения (оксиды азота, озон, трансформаторное и турбинные масла).



ТП – трансформаторные подстанции  
ЭС – электрическая сеть

Рисунок 2 - Схема взаимодействия ГЭС с окружающей средой

#### 4.2. ТЭС

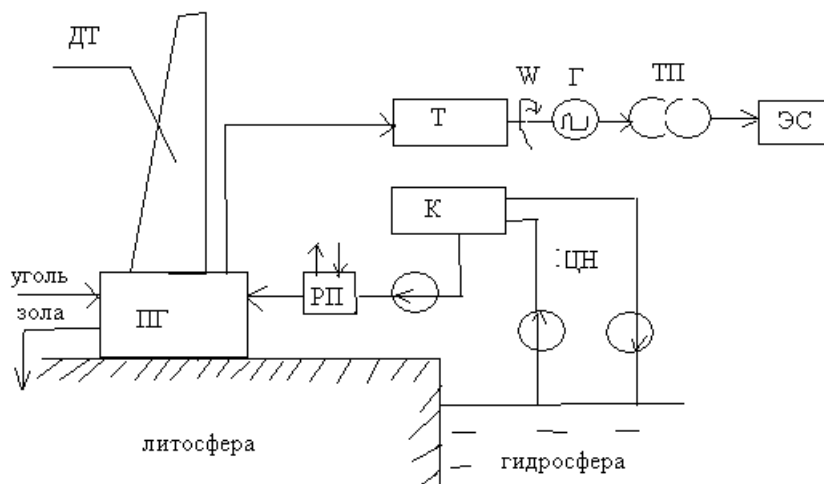
Схема взаимодействия ТЭС с окружающей средой приведена на рисунке 3.

Основные экологические проблемы ТЭС (топливо уголь):

- золошлаковые отходы;
- загрязнения атмосферы (продукты горения угля, угольная пыль со склада угля и т.п.);
- тепловое загрязнение (выбросы в атмосферу из дымовой трубы, сброс воды в пруд-охладитель из системы охлаждения конденсатора, градирни);
- шумовое загрязнение (тепло- и электрооборудование);
- отвод земли под ТЭС.

Экологические проблемы при производстве, передаче, распределении электрической энергии такие же, как и в п. 4.1:

- отвод земель под опоры;
- акустические шумы;
- электромагнитные поля промышленной частоты;
- электростатические поля;
- радиопомехи;
- химические загрязнения (оксиды азота, озон, трансформаторное и турбинные масла).



ДТ - дымовая труба; ПГ – парогенератор; Т – турбина; Г – генератор; ТП – трансформаторная подстанция; ЭС – электросеть; К – конденсатор; ЦН – циркуляционные насосы; ПН – питательный насос; РП – регенеративный подогреватель

Рисунок 3 - Схема взаимодействия ТЭС с окружающей средой

#### 4.3. АЭС

Схема взаимодействия АЭС с окружающей средой приведена на рисунке 4.

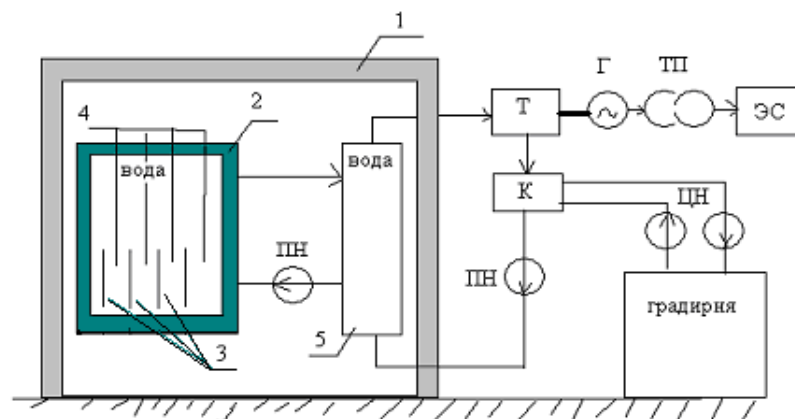
Основные экологические проблемы АЭС:

- проблемы, обусловленные эксплуатацией АЭС (вероятные аварии и вследствие этого радиоактивное загрязнение окружающей среды);
- проблемы, обусловленные захоронением и утилизацией радиоактивных отходов;
- проблемы, обусловленные защитой АЭС от возможных атак террористов.

Экологические проблемы при производстве, передаче, распределении электрической энергии такие же, как и в п. 4.1:

- отвод земель под опоры;
- акустические шумы;
- электромагнитные поля промышленной частоты;
- электростатические поля;
- радиопомехи;
- химические загрязнения (оксиды азота, озон, трансформаторное и турбинные масла).





1 – защитная оболочка реактора; 2 – корпус реактора;  
3 – тепловыделяющие элементы; 4 – регулирующие стержни; 5 – теплообменник

Рисунок 4 - Схема взаимодействия АЭС с окружающей средой

### 5. Экологизация деятельности промышленных предприятий.

Экологизация – это процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знаний и техники.

Основные этапы экологизации:

1. На первом этапе –повышаются экологичность и энергетическая эффективность основного оборудования за счет:

- проведение своевременного регламентного обслуживания;
- поддержание требуемых эксплуатационных характеристик оборудования;
- разработки и внедрения технологий утилизации низко потенциального тепла жидких отходов производства, хозяйственных стоков, вентиляционных выбросов, оборотной воды и сжатого воздуха компрессорных станций;
- отходящих газов котельных.

2. На втором этапе – совершенствование режимов работы, модернизация и оптимизация параметров оборудования с целью экономии электрической и тепловой энергии, охлаждающей воды и повышения безопасности их эксплуатации без изменения принципиальных основ технологии и техники.

3. На третьем этапе – разработка и внедрение эффективных средств и технологий, направленных на интенсивное энергосбережение,отличающихся предельно высокими энергоматериалосберегающими, экологическими и другими характеристиками(прообраз технологических комплексов и систем будущего), обеспечивающих крупномасштабный энергосберегающий эффект. На этом этапе на базе системного энергетического анализа, изменения принципиальных основ технологии, техники управления, повышения качества продукции и полноты ее конечного использования обеспечивается крупномасштабное снижение расходов топлива (и тем самым сокращаются выбросы), стимулируется безотходное использование сырьевых материалов и конечных продуктов (соответственно уменьшаются отходы производства).

4. На четвертом этапе – предусматриваются разработка и внедрение эффективных средств и технологий защиты окружающей среды с минимальными затратами (с учётом достигнутых результатов на первых трех этапах).

Показатели (критерии) оценки эффективности принимаемых решений.

1. Показатели экологической эффективности определяют, на сколько снизилась техногенная нагрузка на окружающую природную среду после проведения поэтапной экологизации. Например, снижение массовых выбросов(г/с), уровней напряженности электрического поля промышленной частоты (кВ/м) и т.п.

2. Показатели энергетической эффективности устанавливаются, на сколько изменилось совокупное потребление энергии после проведения поэтапной экологизации. Например, снижение потребления электрической энергии, тепловой энергии.

## ***Тема 2. Отвод земель под электрические сети***

### ***План:***

1. Рекомендации по технологическому проектированию воздушных линий электропередачи (ВЛЭП).
2. Экологические требования к размещению электрических сетей.
3. Изъятие земель в постоянное и временное пользование.
4. Требования по предотвращению гибели объектов животного мира при эксплуатации линий электропередачи.

### ***1. Рекомендации по технологическому проектированию воздушных линий электропередачи***

Данный вопрос регулируют «Рекомендации по технологическому проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше» (утверждены приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 284).

Выбор трассы ВЛЭП, в т.ч. новых участков трассы ВЛЭП, подлежащей техническому перевооружению (реконструкции), производится на основании сравнения конкурирующих вариантов. При этом учитываются:

- природные особенности территории;
- состояние природной среды (загрязнение атмосферы, агрессивность грунта, подземных вод и т.д.);
- современное хозяйственное использование территории;
- ценность территории (природоохранная, культурная, национальная, особо охраняемые природные объекты и пр.);
- возможный ущерб, причиняемый природной и социальной среде, а также возможные изменения в окружающей природной среде в результате сооружения ВЛЭП и последствия этих изменений для природной среды, жизни и здоровья населения;

Трасса ВЛЭП выбирается, по возможности, кратчайшей, с учетом условий отчуждения земли, вырубки просек в насаждениях (под насаждениями понимаются естественные и искусственные древостои и кустарники, а также сады и парки), комплексного использования охранной зоны и приближения к дорогам и существующим ВЛЭП.

При выборе трассы ВЛЭП обходятся, как правило, населенные пункты, промышленные предприятия, массивы орошаемых, осушенных и других мелиорированных земель, многолетние плодовые насаждения и виноградники, участки с высоким естественным плодородием почв и другие приравненные к ним земельные угодья, зоны санитарной охраны курортов, заповедники, памятники истории и культуры.

Выбор трассы ВЛЭП на территориях с загрязненной атмосферой производится с учетом перспективного плана развития действующих или сооружения новых промышленных предприятий (и их очистных сооружений), являющихся источниками загрязнения атмосферы, а также плана развития сельского хозяйства с точки зрения применения химических удобрений и химической обработки посевов.

Трассы ВЛЭП, как правило, выбираются в обход залегания полезных ископаемых.

Выбор места установки опор производится с учетом рельефа, грунтовых условий, условий строительства, монтажа и эксплуатации.

Количество типов опор, примененных при проектировании ВЛЭП, обосновывается с учетом расхода материалов и обеспечения единой технологии строительства и эксплуатации.

Не рекомендуется применять типы опор, используемые в единственном числе, за исключением опор больших переходов и ответвительных опор.

На участках трассы, проходящих по землям, занятым сельскохозяйственными культурами, на больших переходах в населенной местности и в местах стесненных подходов к электростанциям и подстанциям рекомендуется применять двухцепные и многоцепные свободностоящие опоры.

Выбор высоты и типа опор ВЛЭП, устанавливаемых на обрабатываемых землях, производится, исходя из условия наименьшего изъятия земель сельскохозяйственного назначения.

При прохождении ВЛЭП, сооружаемых на стальных опорах, по массивам орошаемых и осушенных земель, земельным участкам, занятым сельскохозяйственными культурами или обладающими высоким плодородием почв, зонам санитарной охраны курортов, заповедникам, вблизи памятников культуры и истории в целях сохранения природного ландшафта и земельных угодий, а также в стесненных условиях рекомендуется применять конструкции свободностоящих опор, обеспечивающих возможность их монтажа методом наращивания.

Выбор конструкции фазы (подвеска новых проводов большего сечения или дополнительных проводов в фазе) производится на основании технического обоснования.

## ***2. Экологические требования к размещению электрических сетей.***

При размещении объектов электроэнергетики необходимо учитывать следующие экологические требования:

- 1) определение относительно бесконфликтных участков для выбора вариантов площадок размещения подстанций и коридоров трассы ВЛ;
- 2) определение списка природных и социальных компонентов, для которых следует выполнить оценку размещения;
- 3) оценка относительно бесконфликтных участков для каждого природного компонента в категориях значения и чувствительности;
- 4) определение вариантов размещения в пределах относительно бесконфликтных участков;
- 5) сравнение вариантов и выбор наиболее оптимального, предлагаемого для реализации варианта.

## ***3. Изъятие земель в постоянное и временное пользование.***

Ширину полос земель и площади земельных участков, предоставляемых для электрических сетей напряжением (0,38 – 750) кВ, в состав которых входят воздушные и кабельные линии электропередачи, трансформаторные подстанции (в дальнейшем - подстанции), переключательные распределительные и секционирующие пункты устанавливают Ведомственные строительные нормы N 14278 тм-т1 «Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38 - 750 кВ» (утв. Департаментом электроэнергетики Минтопэнерго РФ 20 мая 1994 г.).

При выборе, предоставлении и использовании земель для электрических сетей должны соблюдаться Земельный кодекс, Положение о порядке возмещения убытков собственникам земли, землевладельцам, землепользователям, арендаторам потерь сельскохозяйственного производства и другие нормативные акты.

Полосы земель для воздушных и кабельных линий электропередачи необходимы для временного краткосрочного пользования на период их строительства, а земельные участки для размещения опор воздушных линий электропередачи напряжением выше 1000 В, наземных сооружений кабельных линий электропередачи, подстанций, переключательных, распределительных и секционирующих пунктов - для бессрочного и постоянного пользования.

Земельные участки для монтажа опор воздушных линий электропередачи - для временного краткосрочного пользования.

Ширина полос земель и площади земельных участков, предоставляемых для электрических сетей напряжением более 750 кВ и опор больших переходов линий электропередачи всех напряжений, а также площади земельных участков подстанций, расположенных на

грунте с высоким удельным сопротивлением (более 300 Ом х м) или имеющих устройство выносного контура заземления, определяются проектом, утвержденным Заказчиком в установленном порядке.

Ширина полос земель и площади земельных участков, предоставляемых во временное краткосрочное пользование, для временных сооружений на период строительства объектов электрических сетей, а также площади земельных участков, предоставляемых в постоянное, бессрочное и во временное краткосрочное пользование при техническом перевооружении, реконструкции, модернизации и расширении линий электропередачи и подстанций, определяются проектом, утвержденным Заказчиком в установленном порядке.

После завершения строительства объектов электрических сетей земли, предоставленные во временное пользование, должны быть приведены в состояние, в котором они находились до начала строительства.

Связанные с предоставлением земель в постоянное или временное пользование потери и убытки, причиненные землевладельцам, землепользователям и арендаторам, возмещаются в установленном порядке. Средства на возмещение потерь и убытков целесообразно включить в стоимость сооружаемого объекта.

Нормы отвода земель для линий электропередачи

Площадь земельных участков  $F$  ( $m^2$ ), предоставляемых под опоры (включая оттяжки) воздушных линий электропередачи в постоянное пользование, определяется по формуле:

$$F = n(F_0 + f),$$

где  $F_0$  - площадь земли, занимаемая одной опорой в границах ее внешнего контура (включая оттяжки),  $m^2/шт.$ ;

$n$  - количество опор, шт;

$f$  - площадь полосы земли вокруг внешнего контура опоры (включая оттяжки) шириной 1 м, на землях сельскохозяйственного назначения при установке ригелей с глубиной заложения до 0,8 м ширина полосы должна приниматься равной 1,5 м;  $m^2/шт.$

Для трехстоечных и порталных (двустоечных) свободно стоящих опор линий электропередачи напряжением 500 и 750 кВ:

$F_0$  - площадь земли, занимаемая одной стойкой в границах ее внешнего контура,  $m^2/шт.$ ;

$n$  - количество стоек, шт.

Для трехстоечных и порталных опор с оттяжками линий электропередачи напряжением 500 кВ и 750 кВ допускается определение площади земель  $F$ , предоставляемых под опоры в постоянное (бессрочное) пользование, по формуле:

$$F = n\pi R^2,$$

где  $R=1,5$  м - радиус круга с центром в месте закрепления стоек и оттяжек в земле;

$n$  - количество стоек и мест закрепления оттяжек в земле.

Земельные участки для размещения опор воздушных линий электропередачи напряжением (0,38 - 1,0) кВ и опор линий связи, обслуживающих электрические сети, в постоянное пользование не предоставляются.

Ширина полос земель для линий электропередачи, сооружаемых на землях, покрытых лесом, должна приниматься по согласованию с организациями и лицами, во владении которых находятся эти земли, с учетом требований "Правил устройства электроустановок", предъявляемых к ширине просек для линий электропередачи.

Ширина полос земель, предоставляемых на период строительства воздушных линий электропередачи, сооружаемых на унифицированных и типовых опорах, должна соответствовать требованиям, указанным в Постановлении Правительства РФ от 11 августа 2003 г. № 486 «Об утверждении Правил определения размеров земельных участков для размещения

воздушных линий электропередачи и опор линий связи, обслуживающих электрические сети».

С учетом условий и методов строительства ширина полос может быть определена проектом, утвержденным заказчиком в установленном порядке, как расстояние между проводами крайних фаз (или фаз, наиболее удаленных от ствола опоры) плюс два метра в каждую сторону.

Для воздушных линий электропередачи напряжением 500 кВ и 750 кВ предоставление земли на период строительства производится тремя отдельными полосами шириной по 5 м под каждую фазу.

Ширина полос земель для линии электропередачи, строящихся на землях населенных пунктов, территориях предприятий, в труднопроходимой местности (в болотах, тундре, пустынях, горных условиях, затапливаемых поймах рек и т.п.) и на неунифицированных или нетиповых опорах, а также для строительства переходов через естественные и искусственные препятствия и временных дорог, необходимых на период строительства, определяется проектом, утвержденным заказчиком в установленном порядке.

Площадки земельных участков, предоставляемых во временное пользование для монтажа унифицированных и типовых опор (нормальной высоты) воздушных линий электропередачи в местах их размещения должны быть не более приведенных в таблице 1.

Таблица 1 - Площадки земельных участков, предоставляемых во временное пользование для монтажа унифицированных и типовых опор (нормальной высоты) воздушных линий электропередачи в местах их размещения

Опоры воздушных линий электропередачи	Площади земельных участков в м <sup>2</sup> , предоставляемые для монтажа опор при напряжении линии, кВ						
	0,38 - 20	35	110	150 - 220	330	500	750
1. Железобетонные							
1.1. Свободностоящие с вертикальным расположением проводов	160	200	250	400	-	-	-
1.2. Свободностоящие с горизонтальным расположением проводов	-	-	400	600	600	800	1200
1.3. Свободностоящие многостоечные	-	-	-	400	800	1000	-
1.4. На оттяжках (с 1-й оттяжкой)	-	500	550	300	-	-	-
1.5. На оттяжках (с 5-ю оттяжками)	-	-	1400	2100	-	-	-
2. Стальные							
2.1. Свободностоящие промежуточные	150	300	560	560	500	1200	2400
2.2. Свободностоящие анкерно-угловые	150	400	800	700	630	2000	3800
2.3. На оттяжках промежуточные	-	-	2000	1900	2300	2500	3000
2.4. На оттяжках анкерно-угловые	-	-	-	-	-	4000	-
3. Деревянные	150	450	450	450	-	-	-

С учетом условий и методов строительства эти площади допустимо определять проектом, утвержденным заказчиком в установленном порядке.

Проектом, утвержденным заказчиком в установленном порядке, также определяются вышеназванные площади для унифицированных и нетиповых опор.

Полосы земель и земельные участки для монтажа опор воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ, строящихся на землях населенных пунктов и предприятий, на период строительства изъятию не подлежат.

Наземные кабельные сооружения (вентиляционные шахты, кабельные колодцы, подпитывающие устройства, переходные пункты) на землях сельскохозяйственного назначения, как правило, не размещаются.

Площади земельных участков, предоставляемых для размещения наземных кабельных сооружений, определяются проектом, утвержденным заказчиком в установленном порядке.

Ширина полос земель, предоставляемых во временное краткосрочное пользование для кабельных линий электропередачи на период строительства, должна приниматься для линий напряжением до 35 кВ не более 6 м, для линий напряжением 110 кВ и выше - не более 10 м.

Использование земель над кабельными линиями и под проводами воздушных линий по назначению должно осуществляться землевладельцами и землепользователями с соблюдением действующих Правил охраны электрических сетей.

Ширина полос земель и площади земельных участков, предоставляемых во временное пользование для капитального ремонта линий электропередачи, определяются документацией на проведение соответствующих работ, утвержденной заказчиком в установленном порядке.

#### Нормы отвода земель для подстанций

Площади земельных участков, отводимых для подстанций, распределительных и секционирующих пунктов с высшим напряжением от 6 до 20 кВ, должны быть не более значений приведенных в таблице 2.

Таблица 2 - Площади земельных участков, отводимых для подстанций, распределительных и секционирующих пунктов с высшим напряжением от 6 до 20 кВ

Тип подстанций, распределительных и секционирующих пунктов	Площади отводимых земельных участков в м <sup>2</sup>
1. Мачтовые подстанции мощностью от 25 до 250 кВА	50
2. Комплектные подстанции с одним трансформатором мощностью от 25 до 630 кВ х А	50
3. Комплектные подстанции с двумя трансформаторами мощностью от 160 до 630 кВ х А	80
4. Подстанции с двумя трансформаторами закрытого типа мощностью от 160 до 630 кВ х А	150
5. Распределительные пункты наружной установки	250
6. Распределительные пункты закрытого типа	200
7. Секционирующие пункты	80
<p><b>Примечания:</b> 1. Площади определены с учетом размеров заземляющих устройств и дополнением 1 м от них во все стороны. Для комплектной подстанции с выносным разъединителем (на концевой опоре) учитывался участок расположения опоры с разъединителем и ее заземляющего устройства.</p> <p>2. Площади не учитывают земельные участки для размещения концевых опор воздушных линий электропередачи напряжением 6 - 20 кВ и до 1 кВ.</p> <p>3. Площади указаны для типовых конструкций. Для нетиповых конструкций значения площадей определяются проектом, утвержденным в установленном порядке, в котором содержится обоснование отказа от типовых конструкций.</p> <p>4. Мачтовые и комплектные (КТП) подстанции 35/0,38 кВ требуют отвода земельного участка в 50 м<sup>2</sup>.</p>	

Площади земельных участков, отводимых для подстанций и переключательных пунктов с различными схемами электрических соединений распределительных устройств с внешним напряжением от 35 до 750 кВ должны быть не более значений, приведенных в таблицах 4 и 5 Ведомственные строительные нормы N 14278 тм-т1 «Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38 - 750 кВ» (утв. Департаментом электроэнергетики Минтопэнерго РФ 20 мая 1994 г.).

#### ***4. Требования по предотвращению гибели объектов животного мира при эксплуатации линий электропередачи***

При проектировании и строительстве новых линий связи и электропередачи должны предусматриваться меры по предотвращению и сокращению риска гибели птиц в случае соприкосновения с токонесущими проводами на участках их прикрепления к конструкциям опор, а также при столкновении с проводами во время пролета.

Линии электропередачи, опоры и изоляторы должны оснащаться специальными птице-защитными устройствами, в том числе препятствующими птицам устраивать гнездовья в местах, допускающих прикосновение птиц к токонесущим проводам.

Запрещается использование в качестве специальных птицезащитных устройств неизолированных металлических конструкций.

Для предотвращения гибели объектов животного мира от воздействия электромагнитного поля линий электропередачи вдоль этих линий устанавливаются санитарно-защитные полосы.

Запрещается превышение нормативов предельно допустимых уровней воздействия электромагнитных полей и иных вредных физических воздействий линий электропередачи на объекты животного мира.

Трансформаторные подстанции на линиях электропередачи, их узлы и работающие механизмы должны быть оснащены устройствами (изгородями, кожухами и другими), предотвращающими проникновение животных на территорию подстанции и попадание их в указанные узлы и механизмы.

#### ***Тема 3. Эстетическое воздействие электрических сетей на окружающую среду***

Одним из факторов специфического воздействия ВЛЭП на окружающую среду является нарушение эстетики ландшафта (для природоохраняемых и рекреационных территорий, вблизи памятников истории и культуры).

В соответствии с “Рекомендации по технологическому проектированию воздушных линий (ВЛЭП) электропередачи напряжением 35 кВ и выше”(приказ Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 284) при прохождении ВЛЭП по территории заповедников, национальных парков, курортов, пригородных зон отдыха, а также вблизи памятников истории и культуры рекомендуется выполнение мероприятий, направленных на уменьшение визуального воздействия ВЛЭП на естественные ландшафты.

Мероприятия по уменьшению визуального воздействия ВЛЭП на естественные ландшафты:

- выбор трассы ВЛЭП с наименьшим ущербом для окружающей среды, т.е. изменение трассы ВЛ на отдельных участках для выноса опор с сельскохозяйственных угодий, удаления ВЛ от памятников истории и культуры;

- использование принципа экранирования (используются естественные возможности ландшафта для экранирования);

- маскировка ВЛЭП (старение проводов, чтобы они не отражали естественный свет и не были видны на большом расстоянии; окраска опор под цвет, который маскирует их на естественном фоне; конструкция опор; конструкция изоляторов (окраска, форма, размеры) и т.п.);

- реконструкция существующих ВЛЭП путем замены их на двухцепные или ВЛЭП более высокого напряжения.

#### ***Тема 4. Акустические шумы***

##### ***План***

1. Основные акустические характеристики шума и источников шума.
2. Действие шума на человека.
3. Нормирование шума.
4. Шум, создаваемый трансформаторами.

- 4.1. Природа шума, создаваемого трансформаторами.
- 4.2. Расчёт уровней шума, создаваемый трансформаторами на открытой территории.
- 4.3. Мероприятия по защите от шума, создаваемого трансформаторами.
5. Шум, создаваемый воздушной линией электропередачи (ВЛЭП)
  - 5.1. Природа шума, создаваемого ВЛЭП
  - 5.2. Расчёт уровней шума, создаваемого ВЛЭП
  - 5.3. Мероприятия по защите от шума, создаваемого ВЛЭП

### ***1. Основные акустические характеристики шума и источников***

Классификация шумов, воздействующих на человека:

*По характеру спектра* шума выделяют:

- широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы;
- тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

*По временным характеристикам* шума выделяют:

- постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;
- непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

*Непостоянные шумы* подразделяют на:

- колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
- прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
- импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно», отличаются не менее чем на 7 дБ.

*Классификация шумов по природе происхождения:*

- шум механического происхождения - шум, возникающий вследствие вибрации поверхностей машин и оборудования, а также одиночных или периодических ударов в сочленениях деталей, сборочных единиц или конструкций в целом;
- шум аэродинамического происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение сжатого воздуха или газа из отверстий; пульсация давления при движении потоков воздуха или газа в трубах или при движении в воздухе тел с большими скоростями, горение жидкого и распыленного топлива в форсунках и др.);
- шум электромагнитного происхождения - шум, возникающий вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др.);
- шум гидродинамического происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях (гидравлические удары, турбулентность потока, кавитация и др.).

*Воздушный шум* - шум, распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения.

*Структурный шум* - шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот.



### Акустические характеристики постоянного шума

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg(P/P_0),$$

где  $P$  - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

$P_0$  - исходное значение звукового давления в воздухе равное  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для октавных полос значения частоты верхней границы  $f_n$  в два раза больше, чем значение частоты  $f_{n-1}$  для нижней границы:  $f_2=2f_1$ ;  $f_3=2f_2$ ; ...,  $f_n=2f_{n-1}$  (см. рисунок 5).



Рисунок 5 – К пояснению термина “октавная полоса”

Для характеристики октавной полосы в практике используют не ее нижнюю и верхнюю частоты, а среднегеометрическую частоту:

$$f_{CG} = \sqrt{f_{n-1} \cdot f_n} = f_{n-1} \cdot \sqrt{2}, \text{ Гц.}$$

Уровень звука представляет собой результирующий уровень звукового давления во всем слышимом диапазоне частот (20 – 20000) Гц с поправкой в соответствии с характеристикой А:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_{piA}}, \text{ дБА}$$

$$L_{p,iA} = L_{pi} + K_{iA}, \text{ дБ}$$

где  $K_{iA}$  – корректирующая поправка, дБ (см. таблицу 3);

$L_{pi}$  – уровень звукового давления в  $i$ -ой октавной полосе, дБ.

Индекс «А» в формуле показывает, что введена коррекция в соответствии с характеристикой А (таблица 3).

Таблица 3 – Нижние и верхние границы частот, среднегеометрические частоты октавных полос, корректирующие поправки  $K_{iA}$

ОКТАВА			
Нижняя граница $f_n$ , Гц	Верхняя граница $f_b$ , Гц	Среднегеометрическая частота $f_{CG}$ , Гц	Корректирующая поправка $K_{iA}$ , дБ
22	44	31,5	- 42,0
44	88	63	-26,3
88	177	135	-16,1
177	355	250	-8,6
355	710	500	-3,2
710	1420	1000	0
1420	2840	2000	+1,2
2840	5680	4000	+1,0
5680	11360	8000	-1,1
11360		16000	-6,6

Акустические характеристики не постоянного шума:

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА:

$$L_{Aэк} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{P_A(t)}{P_0} \right) dt \right), \text{ дБА}$$

где  $P_A(t)$  – текущее значение среднеквадратического звукового давления, Па;

$P_0$  – пороговое значение ( $2 \cdot 10^{-5}$  Па);

$T$  – время действия шума.

Другой характеристикой не постоянного шума является максимальный уровень звука  $L_{A\text{макс}}$ , дБА.

Акустические характеристики источника шума

Уровень звуковой мощности:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}, \text{ дБ}$$

где  $W$  – звуковая мощность, Вт;

$W_0$  – пороговое значение звуковой мощности, Вт ( $W_0 = 10^{-12}$  Вт).

Корректированные уровни звуковой мощности моделей ручных машин  $L_{WA}$ :

$$L_{WA} = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0.1 L_{WiA}}, \text{ дБА}$$

$$L_{WiA} = L_{Wi} + K_{iA}, \text{ дБ},$$

где  $K_{iA}$  – корректирующая поправка, дБ (см. таблицу 3);

$L_{wi}$  – уровень звуковой мощности в  $i$ -ой октавной полосе, дБ.

Фактор направленности или коэффициент направленности  $\Phi$ :

$$\Phi = \frac{P_r^2}{P_{cp}^2},$$

где  $P_r$  – звуковое давление на фиксированном расстоянии  $r$  от источника шума в данном направлении, Па;

$P_{cp}$  – звуковое давление, усредненное по всем возможным направлениям излучения при том же фиксированном расстоянии  $r$ , Па.

Этот коэффициент характеризует неравномерность излучения. Для ненаправленного источника шума  $\Phi = 1$ .

## 2. Действие шума на человека

При воздействии шума на окружающую среду выделяют следующие аспекты:

1. Медицинский – шум приводит к ухудшению его функционального состояния. Функциональные расстройства нервной системы наступают раньше, чем снижение слуховой чувствительности. Медики отмечают следующие симптомы, обусловленные шумовым воздействием:

- снижение слуховой чувствительности;
- изменение функции пищеварения;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- нейроэндокринные расстройства.

При этом специалисты отмечают, что за счет повышения шума заболеваемость в городах увеличивается на 30 %, уменьшается продолжительность жизни на (8-10) лет, трудоспособность снижается минимум на 10 %, а эффективность отдыха – почти в два раза.

2. Социальный – около 60 % населения крупных городов проживает в условиях чрезмерного шума.

3. Экономический – шум влияет на производительность труда. Увеличение звука на (1-2) дБА приводит к снижению производительности труда на 1 % (при уровнях звука больше 80 дБА).

### 3. Нормирование шума

Нормативным правовым актом в области нормирования уровней шума являются СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления  $L$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Для ориентировочной оценки допускается использовать уровни звука  $L_A$ , дБА.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентные (по энергии) уровни звука  $L_{Aэкв.}$ , дБА, и максимальные уровни звука  $L_{Aмакс.}$ , дБА.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие настоящим санитарным нормам.

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки следует принимать по таблице 4.

Таблица 4 - Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки (по СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)	Максимальные уровни звука $L_{Aмакс.}$ дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Палаты больниц и санаториев, операционные больницы	с 7 до 23 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
		с 23 до 7 ч.	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40	
2	Кабинеты врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
3	Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотек		79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
4	Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	с 7 до 23 ч.	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
		с 23 до 7 ч.	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45	
5	Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	с 7 до 23 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
		с 23 до 7 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
6	Залы кафе, ресторанов, столовых		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70	
7	Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания		93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75	
8	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	с 7 до 23 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
		с 23 до 7 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
9	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	с 7 до 23 ч.	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70	
		с 23 до 7 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
10	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	с 7 до 23 ч.	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75	
		с 23 до 7 ч.	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50	65	

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА) 35	Максимальные уровни звука L <sub>Аmax</sub> дБА 50
			76	59	48	40	34	30	27	25	23		
11	Площадки отдыха на территории больниц и санаториев												
12	Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

#### 4. Шум, создаваемый трансформаторами (ТМ)

##### 4.1. Природа шума, создаваемого ТМ

Силовые трансформаторы (ТМ) являются характерным источником шума на территории населенных мест. В зависимости от типовой мощности и класса напряжения в ТМ применяются различные системы охлаждения:

- 1) с естественной циркуляцией воздуха и масла (система охлаждения вида М);
- 2) с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла (система охлаждения вида Д);
- 3) с принудительной циркуляцией воздуха и масла (системы охлаждения видов ДЦ и НДЦ);
- 4) с принудительной циркуляцией воды и масла (системы охлаждения видов Ц, НЦ, МЦ и НМЦ).

В таблице 5 приведена информация о трансформаторах с различными системами охлаждения и характерными для них шумами.

Таблица 5 - Характерные шумы для трансформаторов с различными системами охлаждения

№ п/п	Трансформатор	Характерные шумы по природе возникновения
1	с естественной циркуляцией воздуха и масла	электромагнитный шум
2	с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла	электромагнитный шум, аэродинамический шум
3	с принудительной циркуляцией воздуха и масла	электромагнитный шум, аэродинамический шум, гидродинамический шум
4	с принудительной циркуляцией воды и масла	электромагнитный шум, гидродинамический шум

Шум трансформаторов, особенно больших, в основном обусловлен двумя составляющими: электромагнитным шумом и аэродинамическим шумом, вызываемым вентиляционными устройствами. Маленькие трансформаторы охлаждаются без принудительных устройств, за счет конвекции воздуха, в связи с чем аэродинамическая составляющая отсутствует.

Электромагнитный шум в ТМ возникает по следующим причинам:

- 1) магнитострикционный эффект;
- 2) силы, действующие на витки обмотки ТМ в магнитном поле;
- 3) силы Максвелла, возникающие в стыках и шиповых соединениях сердечника ТМ.

Магнитострикционный шум создается сердечником трансформатора. В процессе работы трансформатора как преобразователя напряжения на его сердечник воздействует периодически меняющаяся магнитная индукция. Из-за неизбежного магнитострикционного эффекта периодически изменяется длина сердечника. В результате возникают изгибные колебания ярма и стержней сердечника. У больших трансформаторов звуковая вибрация через масло в баке по «звуковым мостикам» передается на стенки бака и излучается в окружающее пространство в виде воздушного шума (рисунок 6). У небольших трансформаторов сам сердечник является излучателем.

Суммарный уровень шума трансформаторов определяется, как правило, электромагнитной составляющей, причем в любом случае она существенна в диапазоне частот прибли-

зительно до 800 Гц, т.е. уровни шума в этом диапазоне значительно выше, чем на более высоких частотах. В шуме трансформатора преимущественно ощущаются тональные составляющие, частота которых соответствует удвоенной частоте сети (при частоте сети 50 Гц частота тональной составляющей равна 100 Гц), и их кратные гармоники, что воспринимается на слух как низкое гудение.

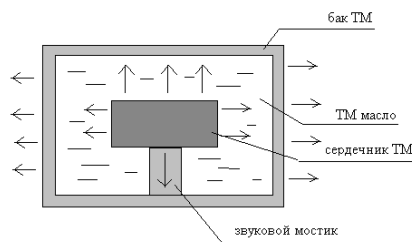


Рисунок 5 – Распространение электромагнитного шума, возникающего в сердечнике ТМ, во внешнюю среду

Шум трансформаторов в своей основе (в сердечнике) может быть снижен при использовании листов железа с возможно малой магнитострикцией. Магнитострикция резко уменьшается в случае повышенного содержания (более 4 %) кремния в металле. Холоднокатаный лист имеет значительно более низкую магнитострикцию, чем горячекатаной.

Магнитострикция листов с ориентированной зернистой структурой значительно ниже при потоке индукции, идущем вдоль направления проката, чем в перпендикулярном направлении. В случае определенного равномерного обжата листов сердечника их изгибные колебания снижаются. Составной сердечник также способствует уменьшению шума. Каждая из выше перечисленных мер позволяет снизить уровень шума на (3-4) дБА.

При передаче звуковой энергии от сердечника к стенкам в трансформаторах стандартного исполнения примерно половина энергии передается по «звуковым мостикам» на днище бака, а остальная часть – через трансформаторное масло. Вместо жесткого крепления сердечника к днищу бака используются стальные пружины (виброизоляторы), а для снижения шума при передаче звуковой энергии через масло мер пока не предложено.

Вибрации стенок бака, излучение которых является основной причиной шума больших трансформаторов, можно уменьшить установкой на них антивибраторов. Антивибраторы, имеющие форму прямоугольных параллелепипедов, состоят из резиновых элементов, крепящихся к стенкам бака, и установленных на них масс. Их собственная частота настроена на ту частоту стенки бака, при которой требуется существенное уменьшение амплитуды. Кроме того, для снижения шума трансформаторов с успехом применяют кожухи с эластичными стенками.

Собственные частоты элементов конструкции трансформатора должны быть соответствующим образом разнесены с частотами возбуждения, чтобы исключить ненужные результаты.

Аэродинамический шум вызван движением потока воздуха, который создается системой механической вентиляции. Спектр аэродинамического шума, вызванный циркуляцией воздуха, непрерывный вследствие случайных распределений многих завихрений, следующих по поверхности вращения. На этот шум с физиологическим эффектом для уха в виде визга наложены высокие тона, частота которых определяется геометрией путей циркуляции охлаждающего воздуха.

Аэродинамический шум можно снизить путем подбора малозумных вентиляторов, а также установкой звукопоглотителей.

Механический шум может возникнуть, например, по причине нарушения балансировки крыльчатки вентиляторов в системе механической вентиляции ТМ.

#### 4.2. Расчёт уровней шума, создаваемый трансформаторами на открытой территории

Расчет шума, создаваемого ТМ может возникнуть в двух случаях:

- 1) при проектировании новой подстанции (ПС);
- 2) при реконструкции действующей ПС.

При проектировании новой подстанции необходимо определить ее расположение относительно прилегающей к ПС территории.

При реконструкции действующей ПС, когда увеличивается мощность силовых ТМ, необходимо определить уровень звука в ближайшей точке на границе территории прилегающей к ПС, создаваемый источниками шума (ТМ) и сделать вывод о его соответствии санитарно-гигиеническим требованиям. Если есть превышение, то необходимо разработать мероприятия по уменьшению шума.

Рассмотрим случай, когда ТМ установлены на открытой территории ПС. Данная задача часто встречается при размещении ПС в сельской местности, когда ее необходимо разместить рядом с сельским населенным пунктом.

##### Порядок расчета шума на примере проектировании новой подстанции

1. По таблице 3 колонка № 13 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки» определяем допустимый уровень шума в зависимости от типа территории прилегающей к ПС. При этом необходимо принять во внимание, что для некоторых территорий допустимые уровни устанавливаются с учетом времени суток. В расчетах принимаем наиболее жесткие требования, установленные для времени суток с 23.00 часов и до 07.00 часов.

2. Определяем шумовые характеристики источника шума (модель ТМ известна из расчетной части проекта), согласно ГОСТ 12.1.024-87 ССБТ «Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля». В данном стандарте приводятся скорректированные уровни звуковой мощности трансформаторов в зависимости от типовой мощности, класса напряжения и вида системы охлаждения. Скорректированные уровни звуковой мощности приняты в качестве нормируемой величины шумовой характеристики трансформатора.

Для трансформаторов со значениями типовой мощности, которые отличаются от ряда мощностей, приведенных в таблицах 6, 7, 8 и 9 скорректированный уровень звуковой мощности определяют по ближайшей большей мощности.

Таблица 6 - Скорректированные уровни звуковой мощности трансформаторов с естественной циркуляцией воздуха и масла (система охлаждения вида М)

Типовая мощность, кВ·А	Скорректированный уровень звуковой мощности $L_{PA}$ , дБА, для классов напряжения, кВ		Типовая мощность, кВ·А	Скорректированный уровень звуковой мощности $L_{PA}$ , дБА, для классов напряжения, кВ	
	6-35	110; 150		6-35	110; 150
100	59	-	1600	75	-
160	62	-	2500	76	78
250	65	-	4000	79	80
400	68	-	6300	81	82
630	70	-	10000	83	84
1000	73	-			

Таблица 7 - Корректированные уровни звуковой мощности трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла (система охлаждения вида Д)

Типовая мощность, МВ·А	Корректированный уровень звуковой мощности $L_{PA}$ , дБА, для классов напряжения, кВ		
	10-110	150	220; 330
10	87	-	-
16	88	89	-
25	89	90	-
32	90	91	94
40	91	92	97
63	95	96	99
80	98	99	102
125	102	103	105

Таблица 8 - Корректированные уровни звуковой мощности трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха и масла (системы охлаждения видов ДЦ и НДЦ)

Типовая мощность трансформатора, МВ·А	Корректированный уровень звуковой мощности $L_{PA}$ , дБА, для классов напряжения, кВ		
	110; 150	220; 330	500; 750
63	-	105	-
80	103	107	-
125	106	108	110
200	108	110	112
250	109	112	113
400	110	114	115
500	-	115	116

Таблица 9 - Корректированные уровни звуковой мощности трансформаторов с принудительной циркуляцией воды и масла (системы охлаждения видов Ц, НЦ, МЦ и НМЦ)

Типовая мощность трансформатора, МВ·А	Корректированный уровень звуковой мощности $L_{PA}$ , дБА, для классов напряжения, кВ		
	150; 220	330; 500	750
160	105	-	-

Типовая мощность трансформатора, МВ·А	Корректированный уровень звуковой мощности $L_{PA}$ , дБА, для классов напряжения, кВ		
	150; 220	330; 500	750
200	107	108	-
250	109	110	-
400	111	112	-
630	112	114	115
1000	114	115	-
1250	-	116	-

3. Определяем минимальное расстояние от ПС до границы жилой застройки.

Известно, что если источник шума имеет показатель направленности равный 1, что можно принять для ТМ, и его корректированный уровень звуковой мощности равен  $L_{WA}$ , то в любой точке полусферы радиусом  $R$  уровень шума создаваемый данным источником будет равным  $L_A$  (см. рисунок 6).

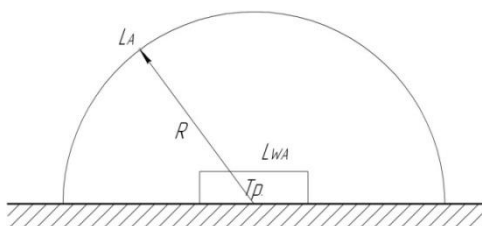


Рисунок 6 – Излучение шума трансформатором

В этом случае в соответствии с ГОСТ 12.1.024-87 справедливо соотношение

$$L_{WA} = L_A + 10 \lg \frac{S}{S_0},$$

где  $S$  - площадь поверхности полусферы,  $m^2$ ;  
 $S_0 = 1 m^2$ .

Исходя из последней формулы при оценке шума, создаваемого трансформатором в эксплуатации, уровень звука на заданном расстоянии  $R$  от трансформатора ( $R > 30$  м) можно определить по формуле

$$L_A(R) = L_{WA} - 10 \lg \frac{S}{S_0}, \quad (1)$$

где  $S = 2\pi R^2$ .

Пусть на ПС расположены 2 ТМ и она расположена относительно рассматриваемой территории в соответствии со схемой приведенной на рисунке 7. Расстояния  $R_1$  и  $R_2$  неизвестны, а  $l$  - известно (из проекта).



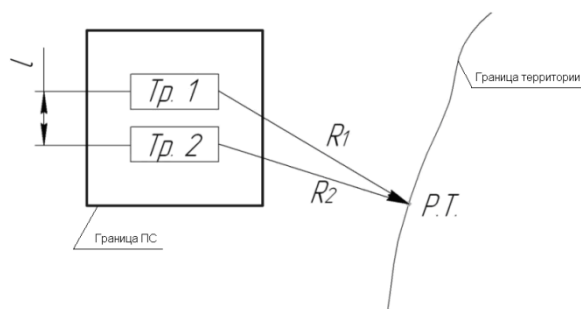


Рисунок 7 – Схема расположения ПС относительно жилой застройки

Чтобы определить минимальное расстояние от источников, расположенных на ПС, до границы жилой застройки по формуле (1) необходимо принять следующие допущения:

1) так как расстояние между трансформаторами  $l$  не большое и  $R_1 \gg l, R_2 \gg l$  то два и более источника можно заменить одним. При этом его скорректированный уровень звуковой мощности будет равен

$$L_{WAS} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{0,1 L_{W_{Ai}}} ,$$

где  $N$  - количество источников шума (ТМ);

$L_{W_{Ai}}$  - скорректированный уровень звуковой мощности  $i$ -го источника шума, дБА;

2) на границе жилой застройки уровень звука должен равен допустимому уровню звука  $L_A(R) = \Delta Y_{L_A}$ . Тогда  $R = R_{\min}$ .

Исходя из принятых допущений выражение (1) можно переписать в следующем виде

$$\Delta Y_{L_A} = L_{WAS} - 10 \lg \frac{2\pi R_{\min}}{S_0} .$$

Разрешив последнее уравнение, относительно  $R_{\min}$  получим минимальное расстояние от источников шума на ПС до границы прилегающей территории

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0,1(L_{WAS} - \Delta Y_{L_A})}}{2\pi}} .$$

Любое  $R \geq R_{\min}$  будет обеспечивать соблюдение санитарных норм по шуму на прилегающей к ПС территории. В данном случае реализуется принцип «защита расстоянием», а  $R_{\min} = L_{CЗ}$  санитарно-защитная зона (СЗЗ) по шуму.

*Порядок расчета шума на примере реконструируемой подстанции*

1. По таблице 3 колонка № 13 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки» определяем допустимый уровень шума в зависимости от типа территории прилегающей к ПС (см. Приложение Б). При этом необходимо принять во внимание, что для некоторых территорий допустимые уровни устанавливаются с учетом времени суток. В расчетах принимаем наиболее жесткие требования, установленные для времени суток с 23.00 часов и до 07.00 часов.

2. Определяем шумовые характеристики источника шума (модель ТМ известна из расчетной части проекта реконструкции ПС), согласно ГОСТ 12.1.024-87 ССБТ «Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля». В данном стандарте приводятся скорректированные уровни звуковой мощности трансформаторов в зависимости от типовой мощности, класса напряжения и вида системы охлаждения (см. Приложения В, Г, Д, Е). Корректированные уровни звуковой мощности приняты в качестве нормируемой величины шумовой характеристики трансформатора.

Для трансформаторов со значениями типовой мощности, которые отличаются от ряда мощностей, приведенных в Приложениях В, Г, Д, Е, скорректированный уровень звуковой мощности определяют по ближайшей большей мощности.

3. По формуле (1) определяем уровни шума, создаваемые Tr1 и Tr2 (см. рисунок 7)

$$L_{A1} = L_{WA} - 10 \lg \frac{2\pi R_1^2}{S_0},$$

$$L_{A2} = L_{WA} - 10 \lg \frac{2\pi R_2^2}{S_0},$$

где  $R_1$  и  $R_2$  расстояния от источников Tr1 и Tr2 до расчетной точки Р.Т. соответственно.

Суммарный уровень шума в Р.Т. можно определить по формуле

$$L_{A\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^2 10^{0,1L_{Ai}}.$$

Если  $L_{A\Sigma} \leq \Delta U_{LA}$ , то предусматривать мероприятия по снижению шума не требуется.

Если  $L_{A\Sigma} > \Delta U_{LA}$ , то необходимо:

1) определить требуемое снижение шума по формуле (2);

2) разработать мероприятия, обеспечивающие снижение шума не менее чем на величину  $\Delta L_{TP}$ .

2.1.3.2 Мероприятия по защите от шума, создаваемого трансформаторами

1. Защита расстоянием (СП 51.13330.2011 «Защита от шума»).

2. Экранирование источника шума (СП 51.13330.2011 «Защита от шума»).

Если фактический уровень шума  $L_A$  превышает допустимый уровень шума  $\Delta U_{LA}$  для прилегающей к подстанции территории, то требуемое снижение уровня шума определяется по формуле

$$\Delta L_{TP} = L_A - \Delta U_{LA}. \quad (2)$$

Принцип действия экранов основан на отражении, поглощении или рассеивании падающих на них звуковых волн. Эффективность экранов зависит от их размеров, материала, из которого они изготавливаются и частотного спектра шума, на пути которого они устанавливаются. Применяемые экраны должны обеспечить снижение шума не менее  $\Delta L_{TP}$ .

Экраны могут быть в плане плоскими и П-, Г- и О-образной формы (в этом случае их эффективность повышается). Если экран окружает источник шума с трех сторон, он превращается в выгородку, эффективность которой приближается к эффективности бесконечного экрана. Размеры акустического экрана следует выбирать исходя из конкретных условий его

применения и требуемой эффективности. По крайней мере размеры экрана должны быть в три раза больше линейных размеров источника шума.

В качестве экранов можно использовать:

- искусственные экраны, например, зелёные насаждения, железобетонные и металлические экраны и т.п.;

- естественные экраны, например, насыпи, рельеф местности и т.п.

Если для снижения шума применяют комбинацию различных экранов, например, зелёные насаждения и экран, то общее снижение уровня шума определится по формуле

$$\Delta L_{ATp} = \Delta L_{Aэкp} + \Delta L_{Aзел} ,$$

где  $\Delta L_{Aэкp}$  - снижение уровня звука экранами, дБА;

$\Delta L_{Aзел}$  - снижение уровня звука зелеными насаждениями, дБА.

Зеленые насаждения представляют собой искусственные экраны, которые позволяют снизить уровень шума, создаваемый источником шума.

При посадке полос зеленых насаждений должно быть обеспечено плотное примыкание крон деревьев между собой и заполнения пространства под кронами до поверхности земли кустарником.

Полосы зеленых насаждений должны предусматриваться из пород быстрорастущих деревьев и кустарников, устойчивых к условиям воздушной среды в городах и других населенных пунктах и произрастающих в соответствующей зоне. Высота деревьев должна быть (5 – 8) м. Возможные посадки зеленых насаждений приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Снижение шума полосами зеленых насаждений

№ п/п	Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы зеленых насаждений, м	Снижение уровня звука $\Delta L_{Aзел}$ , дБА
1	Однорядная полоса при шахматной посадке деревьев внутри полосы  * * * * * * * * * * * * *	10 – 15	4 – 5
		16 – 20	5 – 8
2	Двухрядная полоса при расстоянии между рядами (3 – 5) м	21 – 25	8 – 10

В полосах зеленых насаждений должно быть обеспечено плотное прилегание крон деревьев между собой и заполнение пространства под кронами до земли кустарниками.

3. Звукоизоляция источника шума (СП 51.13330.2011 «Защита от шума»). В этом случае источники шума (силовые трансформаторы) размещаются в здании, которые выполняются из кирпича или железобетонных плит.

## **5. Шум, создаваемый ВЛЭП**

### **5.1. Природа шума, создаваемого ВЛЭП**

Коронный разряд, является причиной того, что воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) являются источником акустических шумов.

Коронный разряд, или корона – это самостоятельный разряд, возникающий в резко неоднородных полях, в которых ионизационные процессы могут происходить только в узкой области вблизи электродов. К такого рода полям относится и электрическое поле проводов ВЛЭП.

Начальная напряженность коронного разряда  $E_n$  (кВ/см) определяется для провода радиусом  $r$  (см) по формуле

$$E_n = 24,5m\delta\left(1 + \frac{0,65}{(\delta r)^{0,38}}\right),$$

где  $m$  – коэффициент гладкости провода;

$\delta$  - относительная плотность воздуха.

Коэффициент гладкости провода учитывает форму поверхности витого провода и для различных марок находится в пределах  $m = 0,82-0,94$ . При инее, гололеде и изморози  $m = 0,6$ , в условиях дождя или снега коэффициент гладкости зависит от интенсивности осадков и принимается в пределах  $m = 0,57-0,73$ .

Из последней формулы следует, что интенсивность короны зависит от погодных условий и радиуса провода. Наиболее сильный акустический шум возникает при коронировании высоковольтных ВЛЭП во время дождя и снега. В хорошую погоду шумы возрастают при загрязнении проводов.

На проводах малых диаметров  $D < 1$  см корона возникает в лавинной форме. Зона ионизации достаточно однородна, свечение сосредоточено в узком чехле.

При больших диаметрах проводов  $D > 1$  см напряженность электрического поля в окрестности провода уменьшается значительно медленнее, чем вблизи проводов малого диаметра. Поэтому зона ионизации – “чехол” короны – имеет большие размеры, и даже при начальном напряжении лавины могут достигать критической длины. Корона возникает в этом случае сразу в стримерной форме. Структура зоны ионизации дискретна, светятся многочисленные стримерные каналы.

Механизм возникновения шума, создаваемого коронным разрядом:

1. В зоне коронного разряда происходит ионизация воздуха. Движение объемного заряда от проводов к земле и создает акустический шум. Спектр частот такого шума кратен 100 Гц и воспринимается на слух как шипение.

2. В зоне коронного разряда воздух нагревается до температуры более 2000 °С. В связи с этим вокруг стримера возникают вихревые потоки, скорость воздуха в которых достигает 20 м/с, что воспринимается на слух как треск (см. рисунок 8).

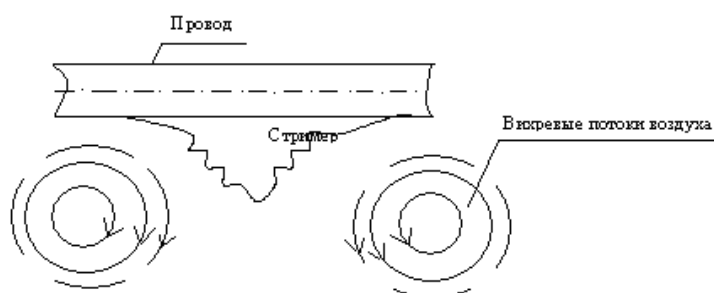


Рисунок 8 – Образование вихревых потоков в зоне стримерной короны

В таблице 11 приведены зависимость уровня шума для ВЛЭП от класса напряжения и погодных условий.

Таблица 11 - Зависимость уровня шума для ВЛЭП от класса напряжения и погодных условий на расстоянии 100 м

№ п/п	Класс напряжения ВЛЭП, кВ	Уровень шума, создаваемый ВЛЭП, дБА	
		во время дождя	во время тумана
1	400	40	34
2	750	49	40
3	1050	51-75	45
4	1150	55-62	53

### 5.2. Расчёт уровней шума, создаваемого ВЛЭП

Уровень звука  $L_A$  (дБА) при дожде, создаваемый одной фазой на расстоянии  $R$  (м) от проекции крайнего провода ВЛЭП на землю в зависимости от конструктивных параметров провода и максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода  $E_{\max}$  (кВ/см) определяется по эмпирической формуле

$$L_A = 16 + 1,14E_{\max} + 9r_0 + 15\lg n - 10\lg R,$$

где  $r_0$  – радиус провода, см;

$n$  – число проводов в расщепленной фазе.

Уровень звука  $L_{A\Sigma}$  (дБА) создаваемый ВЛЭП определяется по формуле

$$L_{A\Sigma} = L_A + 10\lg n_\phi, \quad (1)$$

где  $n_\phi$  – количество фаз на опоре.

*Расчет максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода*

Максимальная напряженность электрического поля на поверхности провода (кВ/см) определяется по формуле

$$E_{\max} = K_y E_{cp},$$

где  $K_y$  - коэффициент, учитывающий усиление напряженности поля вследствие влияния зарядов на соседних проводах расщепленной фазы;

$E_{cp}$  - средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы, кВ/м.

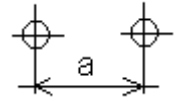
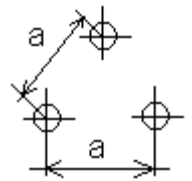
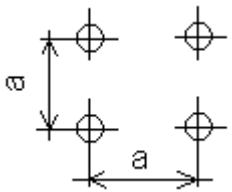
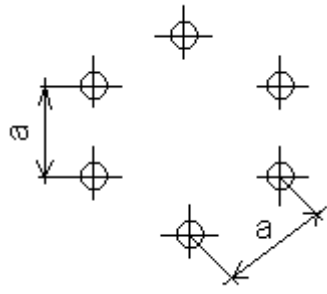
Коэффициент усиления рассчитывается по формуле

$$K_y = 1 + (n-1) \frac{r_0}{r_p},$$

где  $r_p$  - радиус расщепленной фазы, см.

Расчет радиуса расщепленной фазы  $r_p$  зависит от схемы расположения проводов в ней. Количество проводов в расщепленной фазе зависит от класса напряжения ВЛЭП. Класс напряжения дается по линейному напряжению в кВ. В таблице 12 приведены схемы размещения проводов в расщепленной фазе в зависимости от класса напряжения.

Таблица 12 - Схемы размещения проводов в расщепленной фазе в зависимости от класса напряжения

№ п/п	Класс напряжения ВЛЭП, кВ	Количество проводов в расщепленной фазе	Схема размещения проводов в расщепленной фазе
1	330	2	
2	500	3	
3	750	4	
4	1150	6	

Например, для ВЛЭП 500 кВ в связи с тем, что провода в расщепленной фазе составляют равносторонний треугольник (см. рисунок 9), радиус расщепленной фазы можно рассчитать по формуле

$$r_p = \frac{a}{\sqrt{3}},$$

где  $a$  - шаг расщепления, см.

Средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы

$$E_{cp} = \frac{U_\phi}{nr_0 \ln\left(\frac{S}{r_3}\right)},$$

где  $U_\phi$  - фазное напряжение, кВ;

$S$  - среднегеометрическое расстояние между фазами, см;

$r_3$  - эквивалентный радиус одиночного провода, имеющего ту же емкость, что и расщепленная фаза, см.

Фазное напряжение связано с линейным напряжением  $U_n$  (кВ) соотношением

$$U_{\phi} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3}}.$$

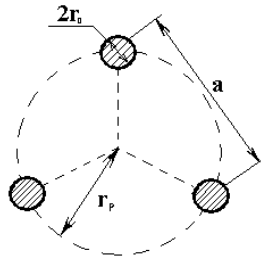


Рисунок 9 – Схема расположения проводов в расщепленной фазе ВЛЭП 500 кВ

Эквивалентный радиус провода  $r_{\text{экс}}$  рассчитывается по формуле

$$r_{\text{экс}} = \sqrt[n]{nr_0 r_p^{n-1}}.$$

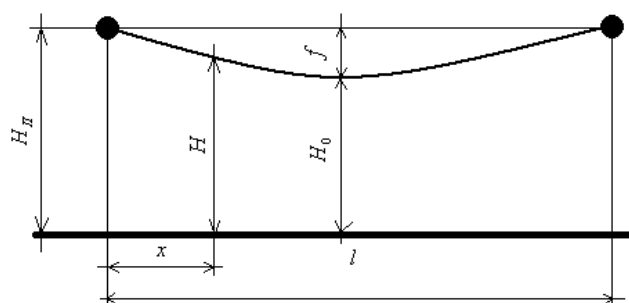
Для ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов среднегеометрическое расстояние между фазами определяется по формуле

$$S = \frac{\sqrt[3]{2D_0}}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{D_0}{2H}\right)^2\right)} \sqrt[3]{1 + \left(\frac{D_0}{H}\right)^2}},$$

где  $H$  – высота подвеса провода над поверхностью земли, м;

$D_0$  – расстояние между фазами, м.

При расчете шума наилучший вариант когда  $H = H_0$ , т.е. провода ВЛЭП располагаются наиболее близко к земле (см. рисунок 10).



$H_{\text{п}}$  - высота подвеса проводов на опоре, м;

$H$  - высота подвеса проводов на опоре на расстоянии  $x$ , м;

$H_0$  - габарит линии (на расстоянии  $l/2$  от опоры), м;

$l$  - длина пролета линии, м;

$f$  - стрела провеса провода, м.

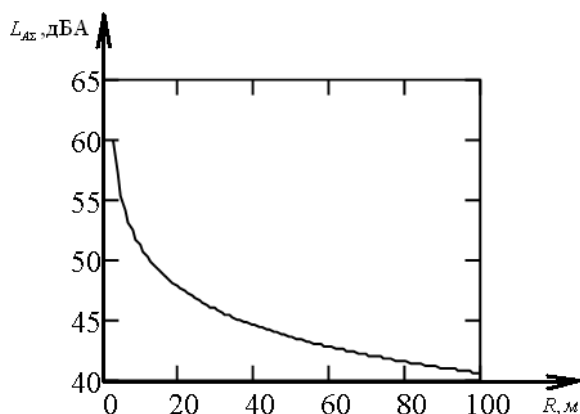
Рисунок 10 – К определению высоты размещения провода над землей на разных расстояниях от опоры  $x$

На рисунке 11 приведена зависимость шума, создаваемого ВЛЭП 500 кВ, в зависимости от расстояния  $L_{A\Sigma} = f(R)$ .

По формуле (3) можно определить минимальное расстояние от ВЛЭП до границы прилегающей территории, если принять  $L_{A\Sigma} = DV_{L_A}$  и  $R = R_{\min}$ :

$$R_{\min} = 10^{0,1(16+1,14E_{\max}+9r_0+15lg n+10lg n_{\phi}-DV_{L_A})}. \quad (4)$$

Любое значение  $R \geq R_{\min}$  будет обеспечивать соблюдение санитарных норм по шуму.



$$a = 31 \text{ см}; H_0 = 8,65 \text{ м}; D_0 = 10,5 \text{ м}; r_0 = 1,26 \text{ см}$$

Рисунок 11 – Зависимость  $L_{A\Sigma} = f(R)$

На практике конструктивные параметры ВЛЭП соответствуют оптимальным параметрам. Одним из важных параметров является шаг расщепления. На рисунке 12 показана зависимость максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода от величины шага расщепления для значений  $H_0 = 8,65 \text{ м}; D_0 = 10,5 \text{ м}; r_0 = 1,26 \text{ см}$ .

Из результатов расчета следует, что  $a_{opt} = 26 \text{ см}$ , при этом  $E_{\max}$  принимает минимальное значение 19,04 кВ/см.

Если принять, что ВЛЭП проходит рядом с территорией прилегающей к селитебной зоне, для которой  $DV_{L_A} = 45 \text{ дБА}$ , то для различных значений  $a$  в таблице 18 приведены рассчитанные по формуле (4)  $R_{\min}$ . Расчеты приведены для  $a = 31 \text{ см}; H_0 = 8,65 \text{ м}; D_0 = 10,5 \text{ м}; r_0 = 1,26 \text{ см}$ . В таблице 12 жирным шрифтом выделено значение  $a_{opt}$  и минимальное значение  $R_{\min}$ .

Таблица 12 - Минимальные расстояния от ВЛЭП до границы селитебной зоны в зависимости от шага расщепления

$a$ , см	10	16	22	<b>25</b>	34	40	46	52	58	64	70	76	82
$R_{\min}$ , м	59,92	43,66	40,08	<b>39,66</b>	40,54	42,02	43,88	45,98	48,26	50,68	53,21	55,84	58,56

Как следует из результатов расчета минимальный размер санитарно-защитной зоны для ВЛЭП по шуму ( $R_{\min}$ ) соответствует оптимальному шагу расщепления  $a_{opt}$ . При таком шаге



расщепления напряженность электрического поля на поверхности провода будет минимальна, следовательно, и интенсивность короны будет минимальна и уровень шума создаваемый ВЛЭП так же будет минимальным.

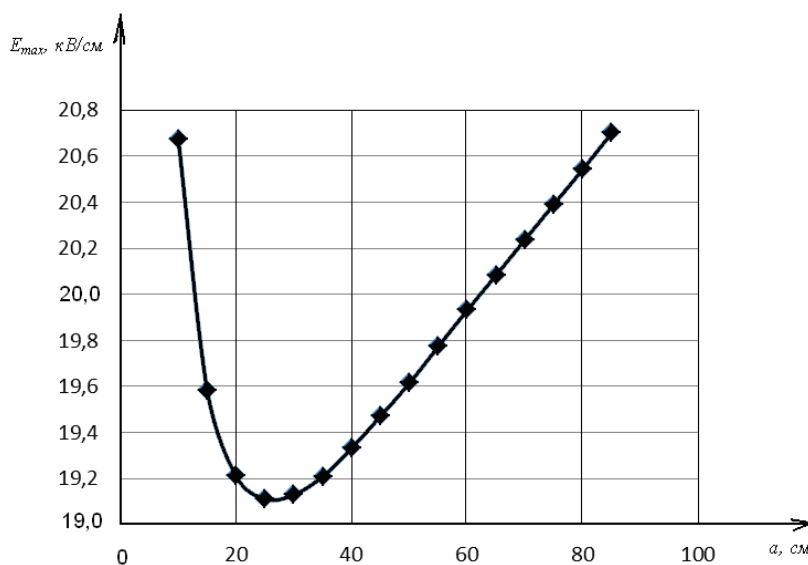


Рисунок 12 – Зависимость  $E_{max} = f(a)$

Мероприятия по защите от шума, создаваемого воздушными линиями электропередачи:

1. Защита расстоянием (СП 51.13330.2011 «Защита от шума»).
2. Оптимизация конструкции фазы ВЛЭП.
- 2.1. Расширенные провода.

Для уменьшения короны применяют провода большего диаметра, чем требуется для передачи мощности электрической энергии. В этом случае уменьшается напряженность электрического поля на поверхности провода.

При атмосферных осадках исключить коронирование проводов невозможно. Так как на территории России благоприятные погодные условия наблюдаются в течение (70 – 90) % годового времени, то диаметр проводов выбирают из условий исключения короны в хорошую погоду:

$$2r_0 \geq 0.011U_{ном}, U_{ном} = U_{л}.$$

Для ВЛЭП 110 кВ и 220 кВ наименьшие диаметры проводов, при которых исключается корона в хорошую погоду, соответственно составят 1,2 см и 2,4 см. Для ВЛЭП более высокого класса необходимо использовать провода еще большего диаметра, во многих случаях превышающего диаметр, выбранный из условия передачи по линии заданной мощности.

В таких случаях целесообразно иметь провода, площадь поперечного сечения которых по проводящему материалу и диаметру независимы. Это так называемые расширенные провода. Они имеют диаметр, при котором обеспечивается необходимое снижение напряженности поля на их поверхности, а для сокращения площади поперечного сечения делаются полыми или со стеклопластиковой сердцевинкой. На рисунке 13 приведена фотография полого расширенного провода для ВЛЭП 500 кВ ( $2r_0 = 4,5$  см).

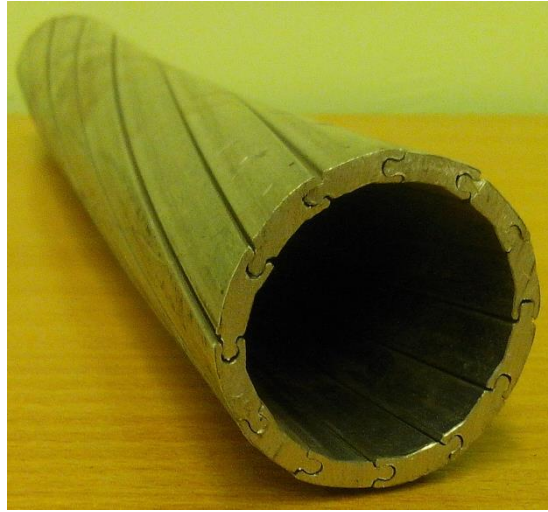


Рисунок 13 – Расширенный полый провод

### 2.2. Расщепленные провода фаз.

В настоящее время это широко распространенное на практике решение. Оно было предложено в 1910 году академиком В.Ф. Миткевичем. В этом случае каждая фаза линии состоит вместо одного провода большого диаметра из нескольких параллельных проводов относительно малого диаметра. В такой конструкции фазы удастся при требуемом суммарном сечении проводов существенно уменьшить максимальную напряженность поля на их поверхности. Решающим является то, что заряд каждого провода составляет только часть общего заряда расщепленной фазы.

Наиболее существенное влияние на максимальную напряженность электрического поля оказывает шаг расщепления  $a$ .

### 2.3. Изолированные провода.

## ***Тема 5. Электромагнитные поля промышленной частоты***

### ***План:***

1. Характеристики электромагнитного поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ).
2. Влияние ЭМП ПЧ на биоорганизмы.
  - 2.1. На людей.
  - 2.2. На животных.
  - 2.3. На растения.
3. Нормирование ЭМП ПЧ.
4. Расчёт напряжённости электрического поля промышленной частоты, создаваемого ВЛЭП.
5. Требования к размещению высоковольтных ВЛЭП.
6. Мероприятия по защите населения от воздействия ЭМП ПЧ.

### ***1. Характеристики электромагнитного поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ)***

Источниками электромагнитного поля промышленной частоты являются электроустановки переменного тока (линии электропередачи, распределительные устройства, их составные части), электросварочное оборудование, физиотерапевтические аппараты, высоковольтное электрооборудование промышленного, научного и медицинского назначения.

Магнитное поле (МП) - одна из форм электромагнитного поля, создается движущимися электрическими зарядами и спиновыми магнитными моментами атомных носителей магнетизма.

Электрическое поле (ЭП) - одна из форм электромагнитного поля, создается электрическими зарядами или переменным магнитным полем.

Электромагнитное поле промышленной частоты (ЭМП ПЧ) это поле частотой  $f = 50$  Гц.

Фундаментальное соотношение между длиной  $\lambda$  и частотой электромагнитного поля  $f$  описывается формулой

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

где  $c$  - скорость света в среде распространения, км/с ( $c = 300000$ ).

Подставляя в последнюю формулу значения для электромагнитного поля промышленной частоты, получим, что длина его волны равна 6000 км. В соответствии со схемой, приведенной на рисунке 14, человек по отношению к источнику электромагнитного поля промышленной частоты будет находиться в зоне индукции. Соответственно параметрами, характеризующими электромагнитное поле промышленной частоты, являются:

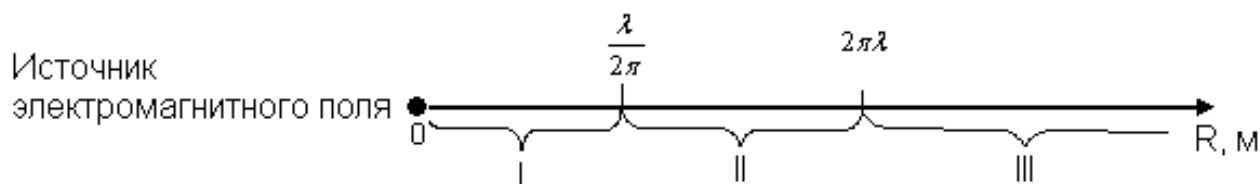
- напряженность электрического поля промышленной частоты (ЭП ПЧ)  $E$  (В/м);
- напряженность магнитного поля промышленной частоты (МП ПЧ)  $H$  (А/м).

Интенсивность МП ПЧ оценивается так же в единицах индукции магнитного поля (В) в мкТл, которые связаны с напряженностью ЭП ПЧ следующим соотношением:

$$H = V / \mu_0,$$

где  $\mu_0$  - магнитная постоянная, Гн/м ( $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7}$ ).

При этом можно пользоваться следующими соотношениями 1 А/м  $\sim$  1,25 мкТл или 1 мкТл  $\sim$  0,8 А/м.



- I – зона индукции;
- II – зона дифракции (промежуточная зона);
- III – волновая зона

Рисунок 14 – Зоны излучения электромагнитного поля в зависимости от расстояния от источника излучения ( $\lambda$  – длина волны источника излучения)

## 2. Влияние ЭМП ПЧ на биоорганизмы

### 2.1. На людей

Биологическое влияние электрических и магнитных полей на организм людей и животных достаточно много исследовалось. Наблюдаемые при этом эффекты, если они и возникают, до сих пор не ясны и трудно поддаются определению, поэтому эта тема остается по-прежнему актуальной.

Магнитные поля на нашей планете имеют двойное происхождение- естественное и антропогенное. Естественные магнитные поля, так называемые магнитные бури, зарождаются в

магнитосфере Земли. Антропогенные магнитные возмущения охватывают меньшую территорию, чем природные, зато их проявление значительно интенсивнее, а следовательно, приносит и более ощутимый ущерб. В результате технической деятельности человек создает искусственные электромагнитные поля, которые в сотни раз сильнее естественного магнитного поля Земли. Источниками антропогенных излучений являются: мощные радиопередающие устройства, электрифицированные транспортные средства, линии электропередачи.

Один из наиболее сильных возбудителей электромагнитных волн - токи промышленной частоты (50 Гц). Так, напряженность электрического поля непосредственно под линией электропередачи может достигать нескольких тысяч вольт на метр, а на расстоянии 100 м напряженность резко падает до нескольких десятков вольт на метр.

Исследования биологического воздействия электрического поля обнаружили, что уже при напряженности 1 кВ/м оно оказывает неблагоприятное влияние на нервную систему человека, что в свою очередь ведет к нарушениям эндокринного аппарата и обмена веществ в организме (меди, цинка, железа и кобальта), нарушает физиологические функции: ритм сердечных сокращений; уровень кровяного давления; активность мозга; ход обменных процессов и иммунную активность.

Начиная с 1972 г. появились публикации, в которых рассматривалось влияние на людей и животных электрических полей с величинами напряженности более 10 кВ/м.

Напряженность магнитного поля пропорциональна току и обратно пропорциональна расстоянию; напряженность электрического поля пропорциональна напряжению (заряду) и обратно пропорциональна расстоянию. Параметры этих полей зависят от класса напряжения, конструктивных особенностей и геометрических размеров высоковольтной ЛЭП. Появление мощного и протяженного источника электромагнитного поля приводит к изменению тех естественных факторов, при которых сформировалась экосистема. Электрические и магнитные поля могут индуцировать поверхностные заряды и токи в теле человека (рисунок 15). Исследования показали, что максимальный ток в теле человека, индуцированный электрическим полем, намного выше, чем ток, вызванный магнитным полем. Так, вредное воздействие магнитного поля проявляется лишь при его напряженности около 200 А/м, что бывает на расстоянии (1—1,5) м от проводов фазы линии и опасно только для обслуживающего персонала при работах под напряжением. Это обстоятельство позволило сделать вывод об отсутствии биологического влияния магнитных полей промышленной частоты на людей и животных, находящихся под ЛЭП. Таким образом, электрическое поле ЛЭП является главным биологически действенным фактором протяженной электропередачи, который может оказаться барьером на пути миграции движения разных видов водной и сухопутной фауны.

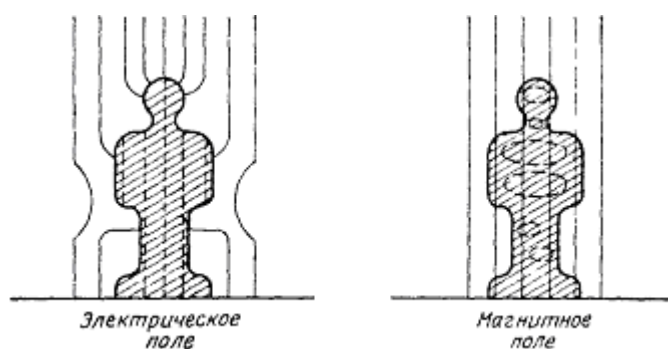


Рисунок 15 – Силовые линии ЭМП ПЧ, воздействующих на человека, стоящего под ВЛЭП

Исходя из конструктивных особенностей ВЛЭП (провисания провода) наибольшее влияние поля проявляется в середине пролета, где напряженность для линий сверх- и ультравысокого напряжения

травысокого напряжения на уровне роста человека составляет (5—20) кВ/м и выше в зависимости от класса напряжения и конструкции линии (рисунок 16). У опор, где высота подвеса проводов наибольшая и сказывается экранирующее влияние опор, напряженность поля наименьшая. Так как под проводами ВЛЭП могут находиться люди, животные, транспорт, то возникает необходимость оценки возможных последствий длительного и кратковременного пребывания живых существ в электрическом поле различной напряженности. Наиболее чувствительны к электрическим полям копытные животные и человек в обуви, изолирующей его от земли. Копыто животных также является хорошим изолятором. Наведенный потенциал в этом случае может достигать 10 кВ, а импульс тока через организм при касании к заземленному предмету (ветке куста, травинке) 100—200 мкА. Такие импульсы тока безопасны для организма, но неприятные ощущения заставляют копытных животных избегать трассы высоковольтных ВЛЭП в летнее время.

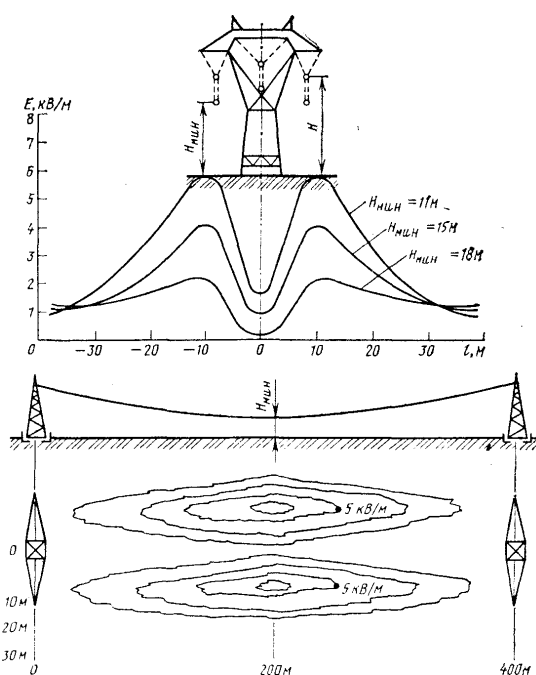


Рисунок 16 - Напряженность электрического поля создаваемого ВЛЭП 380 кВ на уровне земли

В действии электрического поля на человека доминирующую роль играют протекающие через его тело токи. Это определяется высокой проводимостью тела человека, где преобладают органы с циркулирующей в них кровью и лимфой. В настоящее время экспериментами на животных и людях-добровольцах установлено, что плотность тока проводимостью  $0,1 \text{ мкА/см}^2$  и ниже не влияет на работу мозга, так как импульсные биотоки, обычно протекающие в мозгу, существенно превышают плотность такого тока проводимости. При  $j > 1 \text{ мкА/см}^2$  в глазах человека наблюдается мелькание световых кругов, более высокие плотности токов уже захватывают пороговые значения стимуляции сенсорных рецепторов, а также нервных и мышечных клеток, что ведет к появлению испуга, непроизвольным двигательным реакциям. В случае касания человека к изолированным от земли объектам в зоне электрического поля значительной интенсивности, плотность тока в зоне сердца сильно зависит от состояния «подстилающих» условий (вида обуви, состояния почвы и т. д.), но уже может достигать этих величин. При максимальном токе, соответствующем  $E_{\text{max}} = 15 \text{ кВ/м}$  (6,225 мА), известной доле этого тока, втекающего через область головы (около 1/3), и площади головы (около  $100 \text{ см}^2$ ) плотность тока  $j < 0,1 \text{ мкА/см}^2$ , что и подтверждает допустимость принятой в России напряженности 15 кВ/м под проводами воздушной линии.

Для здоровья человека проблема состоит в определении связи между плотностью тока, наведенного в тканях, и магнитной индукцией  $B$  внешнего поля.

Вычисление плотности тока  $I_B = \pi R \gamma f B$  осложняется тем, что его точный путь зависит от распределения проводимости  $\gamma$  в тканях тела.

Так, удельную проводимость мозга определяют  $\gamma=0,2$  см/м, а сердечной мышцы  $\gamma=0,25$  см/м. Если принять радиус головы 7,5 см, а сердца 6 см, то произведение  $\gamma R$  получается одинаковым в обоих случаях. Поэтому можно давать одно представление для плотности тока на периферии сердца и мозга.

Определено, что безопасная для здоровья магнитная индукция составляет около 0,4 мТл при частоте 50 или 60 Гц. В магнитных полях (от 3 до 10 мТл;  $f=(10-60)$  Гц) наблюдалось возникновение световых мерцаний, аналогичных тем, которые возникают при надавливании на глазное яблоко.

Плотность тока, индуцированного в теле человека электрическим полем с величиной напряженности  $E$ , вычисляется по формуле:

$$I_E = kfE,$$

где  $k$  – коэффициент для области мозга и сердца.

Значение  $k=3 \cdot 10^{-3}$  см/Гц·м. По данным ученых Германии напряженность поля, при которой вибрацию волос ощущают 5 % испытуемых мужчин, составляет 3 кВ/м и для 50 % мужчин, подвергшихся испытаниям, она равна 20 кВ/м. В настоящее время отсутствуют данные о том, что ощущения, вызванные действием поля, создают какое-либо неблагоприятное влияние. Что касается связи плотности тока с биологическим влиянием, то можно выделить четыре области, представленные в таблице 13.

Последняя область значения плотности тока относится к временам воздействия порядка одного сердечного цикла, т. е. приблизительно 1 с для человека. Для более коротких экспозиций пороговые значения выше. Для определения порогового значения напряженности поля были выполнены физиологические исследования на людях в лабораторных условиях при напряженности от 10 до 32 кВ/м. Установлено, что при напряженности 5 кВ/м 80% людей не испытывают болевых ощущений при разрядах в случае касания заземленных предметов. Именно эта величина была принята в качестве нормативной при работах в электроустановках без применения средств защиты. Зависимость допустимого времени пребывания человека в электрическом поле с напряженностью  $E$  более порогового аппроксимируется уравнением

$$\lg t_{\text{доп}} = 3,5 - 0,125E.$$

Выполнение этого условия обеспечивает самовосстановление физиологического состояния организма в течение суток без остаточных реакций и функциональных или патологических изменений.

Таблица 13 – Наблюдаемые человеком эффекты в зависимости от плотности тока

$I$ , мкА/см <sup>2</sup>	Наблюдаемые эффекты
0,1	Нет
1,0	Мелькание световых кругов в глазах
10-50	Острые невралгические симптомы подобные тем, которые вызываются электрическим током

$I, \text{мкА/см}^2$	Наблюдаемые эффекты
более 100	Возрастает вероятность фибрилляции желудочка сердца, остановка сердечной деятельности, длительный спазм дыхательных мышц, серьезные ожоги

### **2.2. На животных**

Исследования проводились по двум направлениям: изучение на уровне биосистемы и изучение порогов обнаруженных влияний. Среди цыплят, помещенных в поле с напряженностью 80 кВ/м, отмечалась прибавка массы, жизнеспособность, низкая смертность. Порог восприятия поля измерялся на домашних голубях. Было показано, что голуби обладают каким-то механизмом для обнаружения электрических полей малой напряженности. Генетических изменений не наблюдалось. Отмечено, что животные, пребывающие в электрическом поле большой напряженности, могут испытывать мини-шок из-за посторонних факторов, зависящих от условий эксперимента, которые могут привести к некоторому беспокойству и возбуждению испытуемых.

Общественная осведомленность о влиянии электромагнитного поля на живые организмы продолжает расти, и некоторый интерес и беспокойство в связи с этим влиянием будут приводить к продолжению соответствующих медицинских исследований, особенно на людях, проживающих вблизи воздушных линий электропередачи.

### **2.3. На растения**

Опыты проводились в специальной камере в неискаженном поле с напряженностью от 0 до 50 кВ/м. Было выявлено небольшое повреждение ткани листьев при экспозиции от 20 до 50 кВ/м, зависящее от конфигурации растения и первоначального содержания влаги в нем. Омертвление ткани наблюдалось в частях растений с острыми краями. Толстые, с гладкой закругленной поверхностью растения не повреждались при напряженности 50 кВ/м. Повреждения являются следствием короны на выступающих частях растений. У наиболее слабых растений повреждения наблюдались уже через (1-2) ч после экспозиции. Важно, что у сеянцев пшеницы, имеющих очень острые концы, корона и повреждения были заметны при сравнительно низкой напряженности, равной 20 кВ/м. Это был самый низкий порог появления повреждений в исследованиях. Наиболее вероятный механизм повреждения ткани растений - тепловой. Поражение ткани появляется тогда, когда напряженность поля становится достаточно высокой, чтобы вызвать коронирование, и через кончик листка течет ток короны высокой плотности. Тепло, выделяемое при этом на сопротивлении ткани листа, приводит к гибели узкого слоя клеток, которые сравнительно быстро теряют воду, высыхают и сжимаются. Однако этот процесс имеет предел и процент высохшей поверхности растения невелик.

## **3. Нормирование ЭМП**

Предельно допустимые уровни (ПДУ) - уровни ЭМП ПЧ, воздействие которых не вызывают у людей заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения.

Электрическое поле промышленной частоты

Санитарные нормы ЭП ПЧ для населения устанавливают «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» (№ 2971-84 от 28 февраля 1984 года).

Термин "население" включает лиц, проживающих, работающих или временно находящихся вблизи ВЛ, в том числе работников сельхозпредприятий, автохозяйств и других организаций, проводящих работы вблизи ВЛ.

Санитарные нормы должны соблюдаться:

- при проектировании, сооружении и эксплуатации зданий, сооружений и зон организованного пребывания людей вблизи ВЛ;

- при проектировании, сооружении и эксплуатации ВЛ;
- при проведении работ вблизи ВЛ.

В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля:

- внутри жилых зданий - 0,5 кВ/м;
- на территории зоны жилой застройки - 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа, в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов, в пределах черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов - 5 кВ/м;
- на участках пересечения ВЛ с автомобильными дорогами I-IV категории - 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственные угодья) - 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения - 20 кВ/м.

При напряженности электрического поля выше 1 кВ/м должны быть приняты меры по исключению воздействия на человека ощутимых электрических разрядов и токов стекания.

Предельно допустимые значения напряженности нормируются для электрического поля, не искаженного присутствием человека. Напряженность электрического поля определяется на высоте 1,8 м от уровня земли, а для помещений - от уровня пола.

Контроль за соблюдением предельно допустимых уровней напряженности электрического поля следует производить:

- при приемке в эксплуатацию новых зданий, сооружений и зон организованного пребывания людей вблизи ВЛ;
- после проведения мероприятий по снижению уровней электрического поля ВЛ.

Магнитное поле промышленной частоты

Санитарные нормы МП ПЧ для населения устанавливают ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях».

Гигиенические нормативы распространяются на МП ПЧ, создаваемые элементами системы производства, передачи и распределения электроэнергии переменного тока промышленной частоты (кабельными линиями электропередачи, элементами системы электроснабжения класса напряжения  $\geq 220$  В, трансформаторными и распределительными устройствами трансформаторных подстанций, в том числе встроенных, воздушными линиями электропередачи напряжением 6-500 кВ), а также МП частотой 50 Гц, возникающими в металлоконструкциях и трубопроводах зданий и сооружений, в т.ч. создаваемые станциями катодной защиты.

Гигиенические нормативы направлены на предотвращение неблагоприятного влияния МП ПЧ на здоровье лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников МП частотой 50 Гц: населения; лиц, профессионально не связанных с обслуживанием и эксплуатацией источников МП частотой 50 Гц, но подвергающихся их воздействию в процессе трудовой деятельности.

Нормирование МП частотой 50 Гц осуществляется дифференцированно в зависимости от места пребывания населения и категории лиц (нормативные значения представлены в таблице 14).



Таблица 14 - Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц

№ п/п	Тип воздействия, территория	Интенсивность МП частотой 50 Гц (действующие значения), мкТл (А/м)
1	В жилых помещениях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных и медицинских учреждениях	5 (4)
2	В нежилых помещениях жилых зданий, общественных и административных зданиях, на селитебной территории, в том числе на территории садовых участков	10 (8)
3	В населенной местности вне зоны жилой застройки, в том числе в зоне воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ; при пребывании в зоне прохождения воздушных и кабельных линий электропередачи лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией электроустановок	20 (16)
4	В ненаселенной и труднодоступной местности с эпизодическим пребыванием людей	100 (80)

**4. Расчёт напряжённости электрического поля промышленной частоты, создаваемого ВЛЭП**

Напряженность ЭП ПЧ  $E$  (кВ/м), создаваемая ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов на расстоянии  $x$  от проекции средней фазы на землю на высоте  $h$  (м) от поверхности земли рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{CU_{\phi}}{4\pi\epsilon_0} \times \sqrt{(2k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2}, \quad (1)$$

где  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$  - коэффициенты;

$C$  - емкость фазы относительно земли, Ф/м;

$\epsilon_0$  - электрическая постоянная, Ф/м ( $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ ).

Коэффициенты  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$  рассчитываются по следующим формулам

$$k_1 = \frac{x+d}{m_A^2} - \frac{x+d}{n_A^2};$$

$$k_2 = \frac{H-h}{m_A^2} + \frac{H+h}{n_A^2};$$

$$k_3 = \frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2};$$

$$k_4 = \frac{H-h}{m_B^2} + \frac{H+h}{n_B^2};$$

$$k_5 = \frac{x-d}{m_c^2} - \frac{x-d}{n_c^2};$$

$$k_6 = \frac{H-h}{m_c^2} + \frac{H+h}{n_c^2},$$

где  $m$  и  $n$  – отрезки, являющиеся гипотенузами соответствующих прямоугольных треугольников (см. рисунок 17), м.

Отрезки  $m$  и  $n$  определяют по следующим формулам

$$m_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H-h)^2};$$

$$n_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H+h)^2};$$

$$m_B = \sqrt{x^2 + (H-h)^2};$$

$$n_B = \sqrt{x^2 + (H+h)^2};$$

$$m_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H-h)^2};$$

$$n_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H+h)^2}.$$

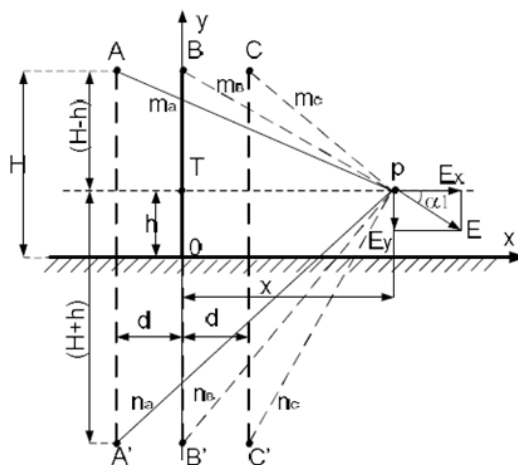


Рисунок 17 – К расчету напряженности ЭП ПЧ создаваемой ВЛЭП у поверхности земли на высоте  $h$  и расстоянии  $x$  от оси линии

Расчет напряженности ЭП ПЧ проводится на высоте  $h = 1,8$  м. Это связано с тем, что после реализации проекта проводится инструментальный контроль  $E$ , который в соответствии с «Методические указания по определению электромагнитного поля воздушных высоковольтных линий электропередачи и гигиенические требования к их размещению» (утв. Минздравом СССР 30.05.1986 № 4109-86) должен проводиться на высоте  $h = 1,8$  м.

Измерения уровней электрического поля производятся:

- на этапе предупредительного санитарного надзора - при приемке ВЛЭП в эксплуата-

цию;

- на этапе текущего санитарного надзора - при изменении ситуационных условий в местах размещения ВЛЭП (появление новых зданий, мест пребывания людей и т.п.);
- после проведения защитных мероприятий, направленных на снижение уровней электрического поля;
- в порядке плановых контрольных измерений (не реже одного раза в год).

Емкость фазы  $C$  (Ф/м) относительно земли на единицу длины линии с горизонтальным расположением проводов рассчитывается по формуле

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2H_{cp} D_0}{r_{экс} \sqrt[3]{(4H_{cp}^2 + D_0^2) \sqrt{H_{cp}^2 + D_0^2}}}},$$

где  $H_{cp}$  – средняя высота подвеса проводов над поверхностью земли, м;

$r_{экс}$  – эквивалентный радиус провода (см. п. 2.1.4.1), м.

Эквивалентный радиус провода можно так же рассчитать по следующей формуле

$$r_{экс} = P^n \sqrt[n]{r_0 a^{n-1}},$$

где  $P$  - поправочный коэффициент.

Для  $n = 2$  и  $n = 3$  коэффициент  $P = 1$ , а для  $n = 4$   $P = 1,09$ .

Наибольшая напряженность ЭП ПЧ, создаваемая ВЛЭП, будет для значений  $H = H_0$  (см. рисунок 10), так как высота подвеса фаз над землей будет наименьшей.

На рисунке 18 приведены результаты расчета напряженности ЭП ПЧ по формуле (1) на разных расстояниях от оси ВЛЭП 500 кВ для значений  $a = 37$  см;  $H_0 = 8,65$  м;  $D_0 = 10,5$  м;  $r_0 = 1,26$  см.

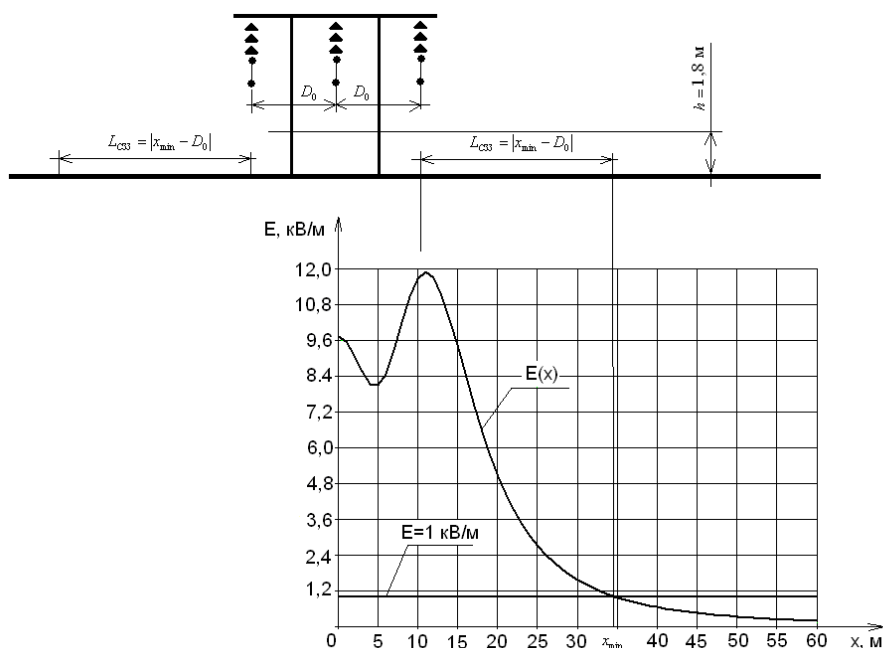


Рисунок 18 – Распределение напряженности ЭП ПЧ на разных расстояниях от оси ВЛЭП 500 кВ

Из определения СЗЗ для ВЛЭП по ЭП ПЧ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля следует, что одна граница СЗЗ ВЛЭП это проекция крайней фазы на землю, которая находится на расстоянии  $D_0$  от оси линии. Другая граница СЗЗ в точке на расстоянии  $x_{\min}$  на высоте  $h = 1,8$  м в которой напряженность ЭП ПЧ равна 1 кВ/м. СЗЗ расположены по обе стороны от оси ВЛЭП. Таким образом, размер СЗЗ по ЭП ПЧ для ВЛЭП можно определить по формуле (см. рисунок 15)

$$L_{\text{СЗЗ}} = |x_{\min} - D_0|.$$

### **5. Требования к размещению высоковольтных ВЛЭП**

1. Ближайшее расстояние от оси проектируемых ВЛЭП напряжением 750—1150 кВ до границы населенных пунктов, как правило, должно быть не менее:

- 250 м — для ВЛЭП напряжением 750 кВ;
- 300 м — для ВЛЭП напряжением 1150 кВ.

2. На участках стесненной трассы ВЛЭП напряжением (750-1150) кВ (ущелья, насыпи и т. и.) допускается уменьшение расстояний, указанных в п. 1, но не менее:

- 40 м - для ВЛЭП напряжением 750 кВ;
- 55 м - для ВЛЭП напряжением 1150 кВ.

3. Допускается в исключительных случаях приближение к границам сельских населенных пунктов на расстояния, менее указанных в п. 1, или пересечение их проектируемыми ВЛЭП напряжением (330-750) кВ при условии:

- соблюдения габаритов, обеспечивающих напряженность электрического поля под проводами ВЛЭП не более 5 кВ/м;
- удаления жилой застройки за пределы санитарно-защитной зоны;
- заземления металлических изгородей и крыш домов, расположенных в санитарно-защитной зоне.

### **6. Мероприятия по защите населения от воздействия ЭМП ПЧ**

1. Защита расстоянием – создание СЗЗ и строгое соблюдение требований, регламентирующих её использование.

2. При организации работ в пределах СЗЗ для уменьшения уровня ЭМП промышленной частоты проводятся следующие мероприятия:

2.1. Движущиеся машины и механизмы оснащаются надёжным элементом контактом с землёй, для заземления машин и механизмов на пневматическом ходу допускается использовать металлическую цепь, закреплённую на несущей раме.

2.2. Машины и механизмы, не имеющие металлических кабин должны быть оборудованы защитными экранами, козырьками, соединёнными с корпусом. Они могут выполняться из листового металла или металлической сетки (принцип экранирования).

2.3. Для исключения электрических разрядов при контакте человека с проводниками их заземляют. Протяжённые проводники заземляют в нескольких местах и размещают перпендикулярно к воздушным линиям.

2.4. При проведении строительных работ металлические изделия заземляют в местах работы и не менее чем в двух точках в других местах (трубопроводы, ВЛ электросвязи).

3. Сохранённые в пределах СЗЗ здания защищаются заземлённым экраном. Металлические кровли надёжно заземляются в не менее чем в двух местах. При устройстве заземления величина сопротивления не нормируется.

4. Для уменьшения напряжённости ЭМП на открытых территориях устанавливаются при необходимости тросовые экранирующие устройства, а так же железобетонные заборы.

5. В местах пересечения дорог с ВЛЭП устанавливаются знаки, запрещающие остановку транспорта и при необходимости, ограничивающие габаритного транспортного средства.

6. В процессе подготовки и проведения работ, вблизи высоковольтных ЛЭП лица, ответственные за проведение этих работ обязаны проводить инструктаж работающих и контролировать выполнение мер защиты от воздействия ЭМП и соблюдение требований техники безопасности.

7. В населённых пунктах, вблизи которых проходит ВЛЭП предприятие электрических сетей совместно с органами местной исполнительной власти организуют разъяснительную работу среди населения по пропаганде мер безопасности при работах и нахождения людей вблизи ВЛЭП.

### **Тема 6. Радиопомехи, создаваемые линиями электропередач**

Радиопомехи – ЭМП радиочастотного диапазона.

Причиной радиопомех является коронный разряд, который возникает на поверхности проводов в зазорах и трещинах изоляторов на заострённых элементах арматуры.

Характеристики радиопомех:

1. Напряжённость электрического поля  $E$ , мкВ/м;
2. Логарифмические уровни напряжённости электрического поля

$$L_E = 20 \lg(E/E_0) , \text{ дБ}$$

где  $E_0$  – пороговое значение, мкВ/м (принято, что  $E_0 = 1$  мкВ/м).

Спектр каждого коронного разряда имеет характер «белого шума» вплоть до частот, близких к 1 МГц, далее он резко падает (рисунок 19). Каждый коронный разряд распространяет непосредственно вокруг себя сферическое излучение, которое было выявлено на больших естественных или искусственных кистевых разрядах. Воздушная линия представляет собой для импульсных или высокочастотных волн волноводы.



Рисунок 19 – Спектр радиопомех (искусственный коронный разряд)

Радиопомехи, как и потери на корону, чувствительны к состоянию поверхности проводов. Так, установлено, что со временем пыль, находящаяся в воздухе, осаждается на провод и обугливается, образуя прочный и пористый нагар. Пористость нагара вызывает уменьшение коронных разрядов при дожде, поскольку он поглощает капли воды. Наблюдается явление постепенного старения проводов, при этом происходит медленное, хотя и неравномерное, убывание потерь энергии и радиопомех.

Уровень радиопомех под воздействием метеорологических условий увеличивается (рисунок 20). Однако метеорологическая статистика говорит о том, что неблагоприятные значения уровней паразитных полей получаются под линией лишь в течение незначительного периода времени за год (несколько процентов от всего времени).

Уровень помех связан с изменением подвеса провода  $h$  и расстоянием от вертикали наиболее близкого проводника  $u$  и снижается по мере удаления от линии, поскольку паразитное поле  $E_{нар}$  имеет характер направленного униполярного поля, убывающего по закону, близкому к

$$E_{\text{пар}} = E_0 h^2 / (h^2 + y^2),$$

где  $E_0$  - напряженность на поверхности провода, кВ/м.

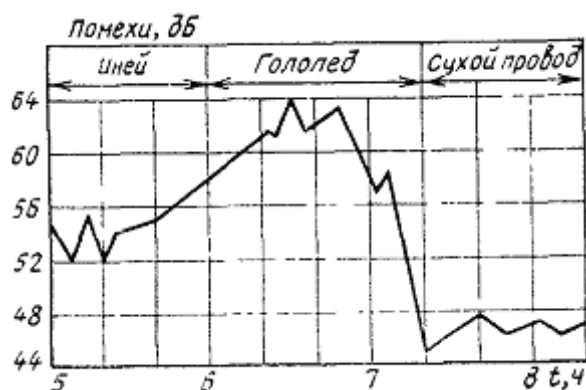


Рисунок 20 – Уровень радиопомех в зависимости от метеорологических условий окружающей среды

Необходимо упомянуть о явлении экранирующего эффекта высоковольтной ВЛЭП, влияющей на уровень сигналов радиостанций. Это сказывается только на радиостанциях, расположенных в непосредственной (десятки метров) близости от линии электропередачи.

Средства, применяемые для уменьшения паразитных полей вблизи линий сверхвысокого и ультравысокого напряжений, немногочисленны. Их принцип состоит в снижении потенциала поля на поверхности проводов с целью уменьшения ударной ионизации - расщеплении фазы на несколько составляющих. При сильном ненастье паразитные радиопомехи могут превосходить допустимые пределы, поэтому применяется:

- установка антенны радиоприемников вдали от ВЛЭП и присоединение ее к приемнику экранированным кабелем;
- использование для радиопередачи самой линии, которая действует как антенна.

Нормы радиопомех: 40 дБ на расстоянии 30 м от оси линии и 30 дБ на расстоянии 61 м. Указанные нормы учитываются на стадии проектирования при выборе конструкции ВЛЭП.

#### Нормирование радиопомех

Квазипиковые значения напряженности поля радиопомех (в децибелах относительно 1 мкВ/м) в полосе частот 0,15-1000 МГц в соответствии с ГОСТ 22012 – 82. “Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций. Нормы и методы измерений” не должны превышать указанных на рисунке 21.

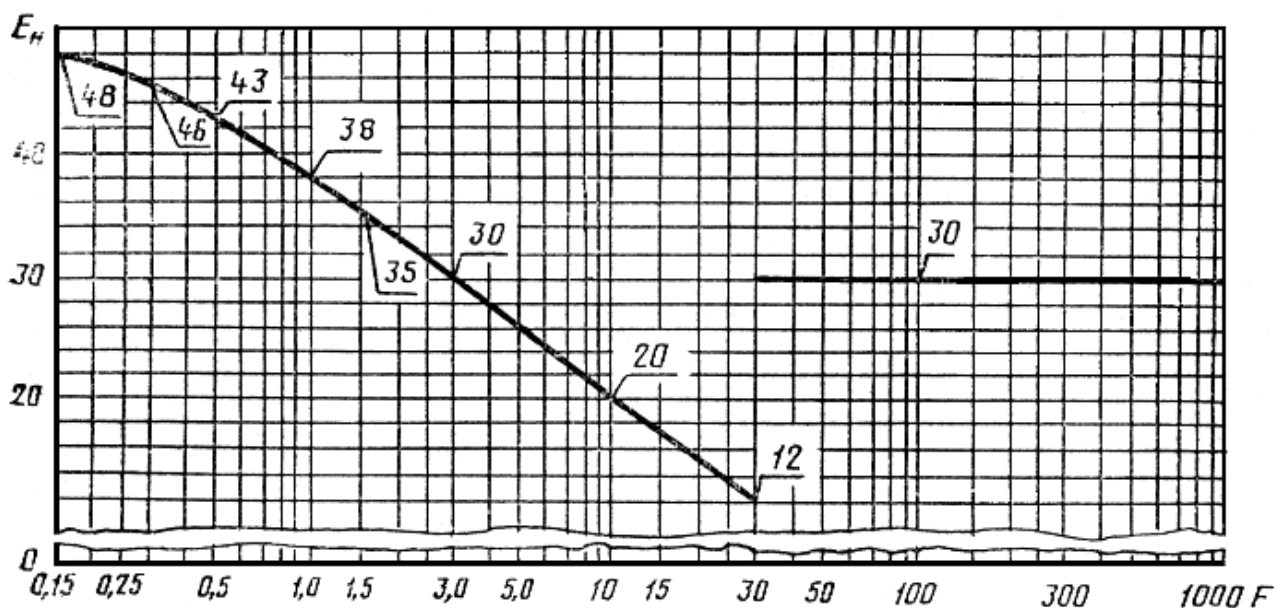
Для измерения радиопомех от ВЛЭП в полосе частот 0,15-30 МГц следует выбирать место вдоль линии в середине пролета между двумя опорами, в полосе частот 30-1000 МГц - напротив опоры.

Расстояние от места измерения до ближайшей электрической подстанции должно быть:

- не менее 10 км - на частотах ниже 0,5 МГц;
- не менее 2 км - на частотах 0,5 МГц и выше.

Не допускается проводить измерения в местах изменения направлений линий и их пересечения между собой и с другими источниками помех (например, трассами электротранспорта, магистралями с движущимся автотранспортом и т.д.).

Измерения напряженности поля радиопомех следует проводить на различных участках ВЛЭП на расстояниях, указанных в таблице 15.



$E_n$  - напряженность поля радиопомех, дБ;  $F$  - частота, МГц

Рисунок 21 – Допустимые уровни радиопомех

Таблица 15 – Участки для измерения напряженности поля радиопомех, создаваемых ВЛЭП

Напряжение ВЛЭП в полоса частот		Расстояние от проекции крайнего провода на землю $R_n$ , м
(0,15-30) МГц	(30-1000) МГц	
$\leq 35$ кВ	$\leq 220$ кВ	10
110, 220 кВ	330, 500 кВ	50
$\geq 330$ кВ	$\geq 750$ кВ	100

Напряженность поля радиопомех от электрических подстанций следует измерять в нескольких точках на расстояниях, указанных в таблице 16.

Измерения проводят вокруг территории подстанции, при этом обязательно:

в точках со стороны границы подстанции, наиболее близко расположенной к открытому распределительному устройству;

в полосе частот 0,15-30 МГц - в точках, находящихся на указанных в табл. 1 расстояниях от проекции на землю крайних проводов ВЛЭП, пересекающих границы подстанции.

*Мероприятия по защите от радиопомех*

1. Защита расстоянием (см. таблицы 15 и 16).

2. Оптимизация конструкции фазы ВЛЭП:

2.1. Применение расширенных проводов.

2.2. Расщепленные провода фаз.

Таблица 16 - Точки для измерения напряженности поля радиопомех, создаваемых подстанциями

Напряжение подстанций, кВ	Расстояние, м	
	от границы территории подстанции	от проекции на землю крайнего провода любой выходящей за пределы подстанции воздушной линии, не менее
$\leq 35$	10	10

Напряжение подстанций, кВ	Расстояние, м	
	от границы территории подстанции	от проекции на землю крайнего провода любой выходящей за пределы подстанции воздушной линии, не менее
110, 220	50	50
≥ 330	100	100

### **Тема 7. Влияние установок сверх высокого напряжения на состав атмосферного воздуха**

Коронирование проводов и деталей линейной арматуры на ВЛЭП сверхвысокого напряжения особенно 750 кВ и выше сопровождается выделением озона и оксидов азота из окружающего провод воздуха. Это происходит по двум причинам. Во-первых, в области коронного разряда идет ионизация воздуха, что в конечном итоге приводит к образованию озона. И, во-вторых, в зоне коронного разряда высокая температура ( $T > 2000$  °С) при которой происходит окисление атмосферного азота с образованием оксида азота, а затем диоксида азота. При наличии паров воды в атмосферном воздухе образуется азотная кислота.

На практике концентрации выше перечисленных загрязнителей атмосферного воздуха существенно меньше их ПДК.

В таблице 17 приведены ПДК озона, диоксида азота и азотной кислоты в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Таблица 17 - ПДК озона, диоксида азота и азотной кислоты в соответствии с ГН 2.1.6.3492-17

№ п/п в ГН 2.1.6.3492-17	Наименование вещества	№ CAS	ПДК <sub>МР</sub> /ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Показатель опасности
4	Азота диоксид	10102-44-0	0,2/0,04	3	рефл.-рез.
5	Азотная кислота (по молекуле HNO <sub>3</sub> )	7697-37-2	0,4/0,15	2	рефл.-рез.
408	Озон	10028-15-6	0,16/0,03	1	рез.

### **Тема 8. Экологические проблемы, связанные с устройством и эксплуатацией заземлителей**

Заземлитель – это проводник или совокупность металлических соединенных проводников, находящихся в соприкосновении с землей или ее эквивалентом, который обеспечивает режим работы электрической сети (рабочее заземление), снижение напряжения прикосновения в аварийных ситуациях в электроустановках (защитное заземление) или отведение тока молнии в землю (молниезащита).

Для заземлителей нормируется сопротивление растеканию тока, которое в основном обусловлено удельным сопротивлением грунта, в котором установлены заземлители. Для того чтобы уменьшить удельное сопротивление грунта используют солевые растворы, которыми проливают грунт в местах размещения заземлителей. Помимо этого понижается температура промерзания грунта, что так же ведет к уменьшению удельного сопротивления грунта в холодный период года.

Таким образом, можно выделить следующие экологические проблемы, связанные с устройством и эксплуатацией заземлителей:

- химическое загрязнение почвы;
- электрический ток.

Решить первую проблему можно, например, путем использования выносных заземлителей. Для решения второй проблемы необходимо широко внедрять современные средства автоматики и релейной защиты, обладающие высокой чувствительностью и селективностью.



## **Тема 9. Влияние энергетических масел на человека и окружающую природную среду**

### **План:**

1. Влияние энергетических масел на человека и окружающую природную среду.
2. Открытые распределительные устройства.
3. Закрытые распределительные устройства и подстанции.

### **1. Влияние энергетических масел на человека и окружающую природную среду**

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 трансформаторное масло имеет характеристики, приведенные в таблице 18.

Попадая в окружающую среду трансформаторное масло, является химическим загрязнителем гидросферы и почв.

Таблица 18 – ПДК трансформаторного масла в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
633. Масла минеральные нефтяные <sup>+</sup>	5	а	III	

Условные обозначения:

а - аэрозоль;

+ - требуется специальная защита кожи и глаз.

### **2. Открытые распределительные устройства (ПУЭ, п. 4.2.69, 7 ред.)**

Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов (реакторов) с количеством масла более 1 т в единице должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники с соблюдением следующих требований:

1) габариты маслоприемника должны выступать за габариты трансформатора (реактора) не менее чем на 0,6 м при массе масла до 2 т; 1 м при массе от 2 до 10 т; 1,5 м при массе от 10 до 50 т; 2 м при массе более 50 т. При этом габарит маслоприемника может быть принят меньше на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора (реактора) на расстоянии менее 2 м.

2) объем маслоприемника с отводом масла следует рассчитывать на единовременный прием 100 % масла, залитого в трансформатор (реактор).

Объем маслоприемника без отвода масла следует рассчитывать на прием 100 % объема масла, залитого в трансформатор (реактор), и 80 % воды от средств пожаротушения из расчета орошения площадей маслоприемника и боковых поверхностей трансформатора (реактора) с интенсивностью 0,2 л/с·м<sup>2</sup> в течение 30 мин;

3) устройство маслоприемников и маслоотводов должно исключать переток масла (воды) из одного маслоприемника в другой, растекание масла по кабельным и др. подземным сооружениям, распространение пожара, засорение маслоотвода и забивку его снегом, льдом и т.п.;

4) маслоприемники под трансформаторы (реакторы) с объемом масла до 20 т допускается выполнять без отвода масла. Маслоприемники без отвода масла должны выполняться заглубленной конструкции и закрываться металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан слой чистого гравия или промытого гранитного щебня толщиной не менее 0,25 м, либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм. Уровень полного объема масла в маслоприемнике должен быть ниже решетки не менее чем на 50 мм.

Удаление масла и воды из маслоприемника без отвода масла должно предусматриваться передвижными средствами. При этом рекомендуется выполнение простейшего устройства для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике;

5) маслоприемники с отводом масла могут выполняться как заглубленными, так и незаглубленными (дно на уровне окружающей планировки). При выполнении заглубленного те-

леприемника устройство бортовых ограждений не требуется, если при этом обеспечивается объем маслоприемника, указанный в п. 2.

Маслоприемники с отводом масла могут выполняться:

с установкой металлической решетки на маслоприемнике, поверх которой насыпан гравий или щебень толщиной слоя 0,25 м;

без металлической решетки с засыпкой гравия на дно маслоприемника толщиной слоя не менее 0,25 м.

Незаглубленный маслоприемник следует выполнять в виде бортовых ограждений маслonaполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна быть не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

Дно маслоприемника (заглубленного и незаглубленного) должно иметь уклон не менее 0,005 в сторону приямка и быть засыпано чисто промытым гранитным (либо другой непористой породы) гравием или щебнем фракцией от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м.

Верхний уровень гравия (щебня) должен быть не менее чем на 75 мм ниже верхнего края борта (при устройстве маслоприемников с бортовыми ограждениями) или уровня окружающей планировки (при устройстве маслоприемников без бортовых ограждений).

Допускается не производить засыпку дна маслоприемников по всей площади гравием. При этом на системах отвода масла от трансформаторов (реакторов) следует предусматривать установку огнепреградителей;

б) при установке маслonaполненного электрооборудования на железобетонном перекрытии здания (сооружения) устройство маслоотвода является обязательным;

7) маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара, автоматическими стационарными устройствами и гидрантами на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений: 50 % масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 ч. Маслоотводы могут выполняться в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов и лотков;

8) маслосборники должны предусматриваться закрытого типа и должны вмещать полный объем масла единичного оборудования (трансформаторов, реакторов), содержащего наибольшее количество масла, а также 80 % общего (с учетом 30-минутного запаса) расхода воды от средств пожаротушения. Маслосборники должны оборудоваться сигнализацией о наличии воды с выводом сигнала на щит управления. Внутренние поверхности маслоприемника, ограждений маслоприемника и маслосборника должны быть защищены маслостойким покрытием.

### **3. Закрытые распределительные устройства и подстанции (ПУЭ, п. 4.2.102 и п. 4.2.103, 7 ред.)**

В закрытых отдельно стоящих, пристроенных и встроенных в производственные помещения ПС, в камерах трансформаторов и других маслonaполненных аппаратов с массой масла в одном баке до 600 кг при расположении камер на первом этаже с дверями, выходящими наружу, маслосборные устройства не выполняются.

При массе масла или негорючего экологически безопасного диэлектрика в одном баке более 600 кг должен быть устроен маслоприемник, рассчитанный на полный объем масла, или на удержание 20 % масла с отводом в маслосборник.

При сооружении камер над подвалом, на втором этаже и выше (см. также 4.2.118), а также при устройстве выхода из камер в коридор под трансформаторами и другими маслonaполненными аппаратами должны выполняться маслоприемники по одному из следующих способов:

1) при массе масла в одном баке (полносе) до 60 кг выполняется порог или пандус для удержания полного объема масла;

2) при массе масла от 60 до 600 кг под трансформатором (аппаратом) выполняется маслоприемник, рассчитанный на полный объем масла, либо у выхода из камеры - порог или пандус для удержания полного объема масла;

3) при массе масла более 600 кг:

маслоприемник, вмещающий не менее 20 % полного объема масла трансформатора или аппарата, с отводом масла в маслосборник. Маслоотводные трубы от маслоприемников под трансформаторами должны иметь диаметр не менее 10 см. Со стороны маслоприемников маслоотводные трубы должны быть защищены сетками. Дно маслоприемника должно иметь уклон 2 % в сторону приямка;

маслоприемник без отвода масла в маслосборник. В этом случае маслоприемник должен быть перекрыт решеткой со слоем толщиной 25 см чистого промытого гранитного (либо другой непористой породы) гравия или щебня фракцией от 30 до 70 мм и должен быть рассчитан на полный объем масла; уровень масла должен быть на 5 см ниже решетки. Верхний уровень гравия в маслоприемнике под трансформатором должен быть на 7,5 см ниже отверстия воздухоподводящего вентиляционного канала. Площадь маслоприемника должна быть более площади основания трансформатора или аппарата.

### ***Тема 10. Сбросы загрязняющих веществ со сточными водами от предприятий электрических сетей***

#### ***План:***

1. Термины и определения
2. Нормируемые сбросы загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС
3. Основные принципы нормирования сбросов загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС
4. Разработка, согласование и утверждение нормативов ПДС действующих ПЭС
5. Организация производственного контроля за сточными водами при эксплуатации ПЭС
6. Порядок и особенности определения массы сброса загрязняющих веществ с неорганизованным стоком

При разработке нормативов сбросов загрязняющих веществ со сточными водами для проектируемых, строящихся и действующих предприятий электрических сетей (ПЭС) любой мощности в электроэнергетике необходимо ориентироваться на порядок и методику, приведенную в РД 153-34.3-02.205-00 «Методические указания по нормированию сбросов загрязняющих веществ со сточными водами предприятий электрических сетей».

#### ***1. Термины и определения***

Водопользователь - гражданин или юридическое лицо, которому предоставлены права пользования водными объектами.

Водопотребитель - гражданин или юридическое лицо, получающее в установленном порядке от водопользователя воду для обеспечения своих нужд.

Загрязнение водных объектов - сброс или поступление иным способом в поверхностные и подземные водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают (исключают) их использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

Контроль качества вод - проверка соответствия показателей качества вод установленным нормам и требованиям.

Лицензия на водопользование - специальное разрешение на пользование водными объектами или их частями на определенных условиях.

Нормы состава сточных вод - перечень веществ, содержащихся в сточных водах, и их концентрации, установленные нормативно-технической документацией.

Поверхностные сточные воды (дождевые, талые, поливомоечные) — вода, поступающая в водный объект с загрязненной застроечной территории по самостоятельной сети дождевой канализации в результате выпадения атмосферных осадков, полива и мойки территории.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК) - концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

## ***2. Нормируемые сбросы загрязняющих веществ со сточными водами предприятий электрических сетей (ПЭС)***

2.1. Предприятия электрических сетей в качестве источников водопотребления используют забор воды из поверхностных источников (рек, озер), городского водопровода, подземных источников, а также получают воду от других предприятий. При этом забор воды из поверхностных источников производят в основном ПЭС, имеющие в своем составе тепловые электрические станции (ТЭС) или котельные.

2.2. При наличии в составе ПЭС ТЭС или котельной образуются следующие категории сточных вод:

- сточные воды систем охлаждения (конденсаторы турбин, масло- и газоохладители и др.): содержат механические примеси, нефтепродукты;
- сточные воды водоподготовительных установок (ВПУ): содержат механические примеси, соли кальция, магния, натрия;
- периодические стоки от химических очисток, консервации оборудования: содержат хлориды, сульфаты, соединения железа, кислоты, щелочи;
- дождевые, поверхностные стоки с территории предприятия, площадок стоянки и мойки транспорта, складов нефтепродуктов: содержат нефтепродукты, механические примеси;
- хозяйственно-бытовые стоки.

2.3. При отсутствии в составе ПЭС ТЭС или котельной образуются следующие категории сточных вод:

- сливы уплотнений сальников насосов, компрессоров, аварийные маслостоки и дренажи каналов и тоннелей с маслonaполненными кабелями на площадках трансформаторов, масляных выключателей: содержат механические примеси, нефтепродукты;
- дождевые, поверхностные стоки с территорий предприятия, площадок стоянки и мойки транспорта, складов масел: содержат механические примеси, нефтепродукты;
- хозяйственно-бытовые стоки.

2.4. Предприятия электрических сетей производят сброс сточных вод:

- в поверхностные водные объекты;
- на поля фильтрации;
- в системы канализации других предприятий.

2.5 При сбросе сточных вод в поверхностные водные объекты нормированию подлежат сбросы загрязняющих веществ для каждого водовыпуска.

2.6 При наличии в составе ПЭС ТЭС или котельной нормированию подлежат сбросы загрязняющих веществ, регламентированные [12].

2.7. Категории нормируемых сбросов и перечень нормируемых показателей сточных вод ПЭС при наличии в их составе ТЭС или котельной (см. п. 2.2) определяются в зависимости от конкретного оборудования ТЭС или котельной с учетом вышеупомянутых Методических указаний для ТЭС и по согласованию с территориальными контролирующими органами.

2.8. Для сточных вод, отводимых в канализационную сеть другого предприятия или населенного пункта, технические условия на сброс устанавливаются владельцем очистных сооружений.

2.9. При сбросе сточных вод в городскую канализацию условия приема этих вод определяются органами жилищно-коммунального хозяйства.

### **3 Основные принципы нормирования сбросов загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС**

3.1. Нормирование сбросов загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС осуществляется в целях ограничения вредного воздействия на водный объект.

Нормирование сбросов загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС в водные объекты производится в соответствии с требованиями нормативных документов и направлено на предотвращение загрязнения водной среды. Нормирование сброса загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС производится с учетом специфики энергетического производства.

Основными документами, составляющими методическую основу нормирования сбросов загрязняющих веществ со сточными водами ПЭС, являются государственные стандарты, общегосударственные и ведомственные нормативные документы.

3.2. Нормирование сбросов загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты производится путем установления для каждого водовыпуска энергопредприятия предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ со сточными водами и планов мероприятий по достижению уровня ПДС со сроками их реализации.

3.3. Предельно допустимые сбросы для веществ, поступающих в водные объекты общего пользования, устанавливаются для каждого энергопредприятия (существующего, расширяемого или реконструируемого).

Предельно допустимый сброс — масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

В случае одновременного использования водного объекта для различных целей к составу и свойствам воды применяются наиболее жесткие нормы из числа установленных.

3.4. При расчете ПДС используются нормы качества воды — предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные допустимые уровни (ОДУ), ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ), установленные нормативными документами, определяющими требования к качеству воды в водных объектах, используемых для хозяйственно-питьевых, коммунально-бытовых и рыбохозяйственных целей.

3.5. Нормативы ПДС пересматриваются:

- по истечении срока действия;
- при изменении экологической обстановки в бассейне водного объекта;
- при изменении технических условий эксплуатации оборудования ПЭС.

3.6. Нормативы ПДС используются:

- при получении лицензии на водопользование;
- для контроля соблюдения энергопредприятием водо-охранного законодательства;
- для оценки эффективности водо-охранных мероприятий;
- для установления платы за сброс;
- для наложения штрафов и предъявления исков о возмещении ущерба при нарушении водного законодательства.

3.7. В качестве критериев для расчета ПДС служат:

- категория водного объекта, принимающего сточные воды;
  - загрязняющие вещества, по которым должны контролироваться сточные воды в зависимости от технологических схем и схем водопользования;
  - фоновые концентрации загрязняющих веществ в контрольном створе водного объекта
- источника водоснабжения после последнего по течению водовыпуска какого-либо другого предприятия непосредственно перед водозабором ПЭС или непосредственно на береговой насосной станции;
- тип водовыпуска (ов);
  - невозможность достижения норм качества воды в водных объектах из-за воздействия природных факторов, не поддающихся регулированию (поступление примесей из атмосферы, склонного или талевого стока, подземного питания водного объекта или реки и т.д.).

3.8. Если в водном объекте под воздействием природных факторов по отдельным веществам превышает ПДК, то для этих водных объектов разрабатываются в установленном порядке региональные нормы качества воды.

Обоснованием для установления региональных норм служат данные специальных гидрологических, гидрохимических, геохимических, гидробиологических и других наблюдений, проводимых организациями, имеющими лицензию на право проведения таких работ.

3.9. Если сброс сточных вод действующими ПЭС осуществляется с превышением нормативов ПДС, то для этих предприятий территориальными (бассейновыми) органами МПР России по согласованию с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, территориальными органами МПР России, Росгидромета, санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России и территориальными (бассейновыми) органами федерального органа управления использованием и охраной рыбных ресурсов устанавливаются лимиты сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, исходя из необходимости поэтапного достижения нормативов ПДС загрязняющих веществ в водные объекты, и сроки достижения нормативов ПДС.

3.10. В целях достижения нормативов ПДС водопользователями разрабатываются планы водо-охранных мероприятий, включающие в себя работы по восстановлению, рациональному использованию и охране водных объектов, которые должны быть обеспечены финансовыми и материальными ресурсами и получить положительное заключение государственной экологической экспертизы.

3.11. Для ПЭС, на которых установлен срок реконструкции очистных сооружений и ведется разработка проектных материалов, нормативы ПДС разрабатываются Генпроектировщиком с учетом планируемого изменения состава и режима отведения сточных вод.

3.12. Для проектируемых и строящихся предприятий соблюдение нормативов ПДС должно быть отражено в проекте и обеспечено к моменту приемки их в эксплуатацию.

3.13. При отведении сточных вод в канализационную сеть другого предприятия, в городскую канализацию выполняются требования п.п. 2.8, 2.9.

#### ***4. Разработка, согласование и утверждение нормативов ПДС действующих ПЭС***

4.1. Нормативы ПДС разрабатываются водопользователем (ПЭС) или по его заказу научной, проектной или иной организацией, имеющей лицензию на проведение данных работ, на основании расчетных материалов по нормативам предельно допустимых воздействий на водные объекты, а при отсутствии таковых, исходя из недопустимости превышения ПДК загрязняющих веществ в водных объектах, согласовываются с территориальными органами МПР России, санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России, Росгидромета, территориальным (бассейновым) органом федерального управления использованием и охраной рыбных ресурсов и представляются на утверждение в территориальный (бассейновый) орган МПР России.

4.2. Предприятие электрических сетей:

- использует исходные данные для разработки нормативов сбросов загрязняющих веществ со сточными водами, утвержденные главным инженером (объем воды, забираемой из источников по местам забора воды, объем возвратных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, качественный состав сточных вод и др.);

- запрашивает в Росгидромете и в его территориальных органах данные по фоновому загрязнению в створах перед забором воды (водопотребление), климатические характеристики района, данные по водотокам (категории, скорости течения и т.д.);

- получает в местных природоохранных органах данные и рекомендации по подготовке проекта норм сбросов загрязняющих веществ со сточными водами (сроки подготовки нормативов, нумерация источников сбросов - сквозная либо станционная и др.);

- непосредственно осуществляет работу по составлению проекта норм сбросов загрязняющих веществ со сточными водами (самостоятельно либо с привлечением организаций, имеющих лицензию на проведение этих работ);

- разрабатывает план мероприятий поэтапного достижения ПДС с экспертной оценкой затрат и сроков реализации мероприятий по достижению нормативов ПДС

4.3. Расчет нормативов ПДС ведется в соответствии с:

- «Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты»;
- «Правила охраны поверхностных вод»;
- «Методика расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) со сточными водами»;
- «Методические указания по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами».

При наличии на ПЭС неорганизованных сбросов расчет их объема и концентрации загрязняющих веществ ведется по «Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты».

Расчетные формулы приведены в вопросе № 6.

При этом для расчета определяются:

- максимально возможные объемы вод, сбрасываемых в водный объект по выпускам ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ), определяемые измерениями, расчетами либо по проектным данным,
- качественный состав сточных вод, поступающих в водный объект в месте выпуска, - концентрация загрязняющих веществ ( $\text{мг/л}$ ), которая определяется по данным химического анализа;
- фоновое качество воды в месте водозабора и в контрольном створе ПЭС для гидрологических условий года 95%-ной обеспеченности;
- намечаемое развитие ПЭС (реконструкция существующего оборудования, ввод новых мощностей и т.д.).

4.4. При проектировании, а также при расширении, реконструкции ПЭС нормативы ПДС разрабатываются проектной организацией. Нормативы ПДС являются неотъемлемой частью технической документации на всех стадиях проектирования и подлежат утверждению совместно с проектом.

4.5. Предприятие электрических сетей при сбросе сточных вод в поверхностные водоемы согласовывает проект ПДС с территориальными органами МПР России, санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России, Росгидромета, территориальными (бассейновыми) органами федерального управления с участием по мере необходимости головной ведомственной организации (энергосистемы) и организации-разработчика проекта нормативов в установленном порядке и несет ответственность за обоснованность и своевременность подготовки и корректировки проекта нормативов.

4.6. Согласованный в установленном порядке проект ПДС ПЭС представляет в территориальный (бассейновый) орган МПР России для утверждения. Решение об утверждении или отказе в утверждении нормативов ПДС принимается территориальным (бассейновым) органом МПР России в сроки, определенные.

4.7. В случае изменения экологической обстановки в бассейне водного объекта или его части, изменения состава, режимов работы оборудования ПЭС, вызывающих появление новых или уточнения существующих источников загрязнения, установленные нормативы ПДС могут быть пересмотрены до истечения срока действия.

## ***5. Организация производственного контроля за сточными водами при эксплуатации ПЭС***

5.1. На ПЭС организуется контроль за внутренними и возвратными сточными водами.

В должностных инструкциях для персонала, связанного с работой очистных сооружений и контролем за сточными водами, следует учитывать положения настоящих Методических указаний.

5.2. Система контроля за внутренними сточными водами должна обеспечивать:

- информацию о количестве и качестве различных категорий внутренних сточных вод;

- оценку эффективности работы имеющихся очистных сооружений, информацию о количестве и качестве очищенных и повторно используемых вод для возможности принятия решений по предотвращению сброса неочищенных стоков ПЭС в водоемы.

5.3. Перечень источников производственных сточных вод и содержащихся в них загрязняющих веществ, технологические схемы для очистки и обезвреживания, объем и периодичность химического контроля должны быть определены на основании нормативных документов по проектированию и эксплуатации оборудования ПЭС.

5.4. Система контроля за сбросами возвратных сточных вод на ПЭС должна обеспечивать:

- систематические данные об объемах забираемой, используемой и возвратной воды и их соответствие установленным лимитам;
- оценку состава и свойств исходных вод в местах собственных водозаборов, фоновых и контрольных створах водных объектов, принимающих сточные воды;
- оценку состава и свойств возвратных вод и соответствия их установленным нормативам ПДС;
- исходные данные к отчетности ПЭС по установленным формам статистической отчетности.

5.5. Предприятие электрических сетей согласовывает с территориальными органами МПР России места и периодичность отбора проб, перечень контролируемых показателей, применяемые методики отбора проб воды и анализов проб, объем и порядок представления информации о сбросах загрязняющих веществ в водные объекты.

5.6. На ПЭС должен быть разработан график контроля за сбросами возвратных вод.

График согласовывается с местными территориальными контролирующими организациями и утверждается главным инженером электростанции.

График должен включать:

- перечень точек контроля,
- наименование загрязняющих веществ, подлежащих контролю;
- объем, применяемые методы анализов, данные о частоте и сроках проведения контроля.

5.7. При проведении работ, связанных с непосредственным определением количества и качества сточных вод, персонал ПЭС должен выполнять требования действующих ПТБ

5.8. Приказом администрации назначается лицо, ответственное за проведение природоохранных мероприятий и владеющее информацией о водопотреблении и водоотведении всеми подразделениями энергопредприятия, и утверждается перечень подразделений и лиц, ответственных за:

- проведение измерений количества забираемых, используемых и возвратных вод,
- проведение измерений количества загрязняющих веществ в возвратных водах;
- информацию о соблюдении нормативов ПДС.

5.9. Порядок представления информации о сбросах загрязняющих веществ в водные объекты водопользователь согласовывает с органами МПР России.

## **6. Порядок и особенности определения массы сброса загрязняющих веществ с неорганизованным стоком**

Масса сброса загрязняющего вещества с неорганизованным стоком с территории водосбора определяется по формуле

$$M_i = S (W_d m_{id} + W_t m_{it}) 10^{-6} + S_n W_n m_{in} 10^{-6},$$

где  $S$  - площадь территории водосбора, га;

$W_d, W_t, W_n$  - объем стока соответственно дождевых, талых и поливочных вод, м<sup>3</sup>/га;

$m_{id}, m_{it}, m_{in}$  - концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в стоке соответственно дождевых, талых и поливочных вод, мг/л;



$S_{\text{п}}$  — площадь водонепроницаемых покрытий, подвергающихся мокрой уборке, га.

Объем стока дождевых вод определяется по формуле

$$W_{\text{д}} = 2,5H_{\text{д}}K_{\text{q}}K_{\text{вн}},$$

где  $H_{\text{д}}$  - слой осадков за теплый период со средними температурами выше  $0^{\circ}\text{C}$ , определяется по данным территориального органа Росгидромета, мм;

$K_{\text{q}}$  - коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя, равном одному году ( $q_{20}$  л/с с 1 га), определяется в зависимости от  $q_{20}$  (рисунок 18). Зависимость приведена в таблице 18.

$K_{\text{вн}}$  - коэффициент, учитывающий интенсивность дождевого стока в зависимости от степени распространения водонепроницаемых поверхностей  $P_{\text{вн}}$  (кровли зданий, дороги, площадки, тротуары и т.п.) на площади водосбора, определяется по таблице 19.

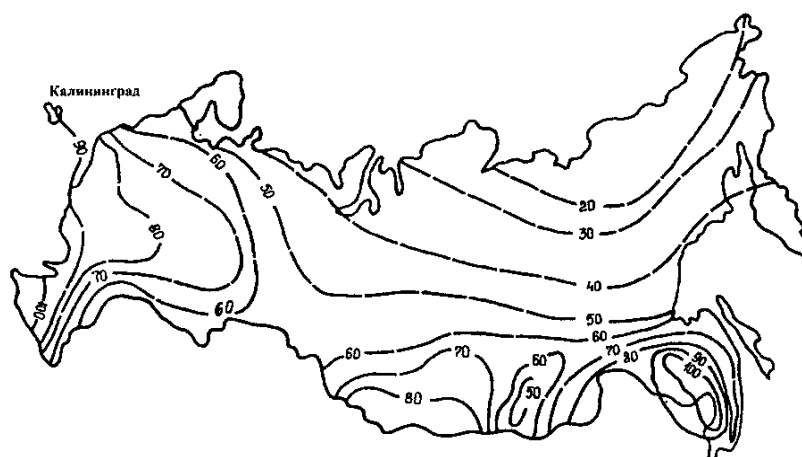
Карта интенсивности дождей продолжительностью 20 мин (л/с с 1 га) при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равной одному году ( $q_{20}$ ) приведена на рисунке 22.

Таблица 18 - Коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя, равном одному году

$q_{20}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
$K_{\text{q}}$	0,96	0,91	0,87	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65	0,60

Таблица 19 - коэффициент, учитывающий интенсивность дождевого стока в зависимости от степени распространения водонепроницаемых поверхностей  $P_{\text{вн}}$  (кровли зданий, дороги, площадки, тротуары и т.п.) на площади водосбора

$P_{\text{вн}}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$K_{\text{вн}}$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2



— — 20 — — изолинии значений  $q_{20}$  л/с с 1 га;  
 ————— граница Российской Федерации

Рисунок 22 - Карта интенсивности дождей продолжительностью 20 мин (л/с с 1 га) при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равной одному году ( $q_{20}$ )

Объем стока талых вод определяется по формуле

$$W_T = H_T K_T K_B,$$

где  $H_T$  - слой осадков за холодный период со средними температурами ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , определяется по данным территориального органа Росгидромета, мм;

$K_T$  - коэффициент, учитывающий объем стока талых вод в зависимости от условий снеготаяния, определяется по таблице 23.

Таблица 23 - Коэффициент, учитывающий объем стока талых вод в зависимости от условий снеготаяния

Зона по условиям стока талых вод	1	2	3	4
$K_T$	0,47	0,56	0,69	0,77

Зоны по условиям стока талых вод определяются по рисунку 23.

$K_B$  — коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории. При отсутствии вывоза он равен 10 с уменьшением его значения пропорционально объему вывоза снега.

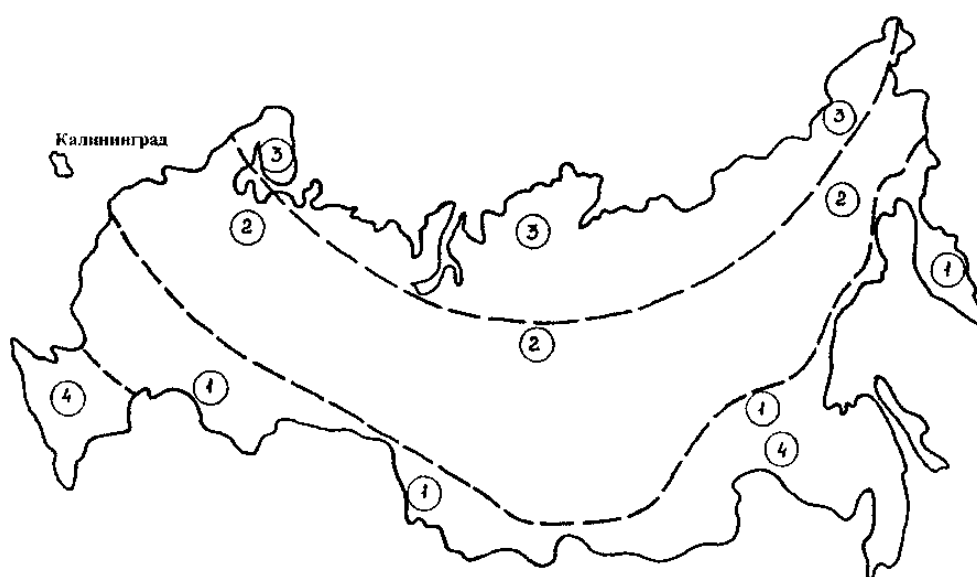
Объем стока поливочных вод определяется по формуле

$$W_{\Pi} = 10 q N K_{\Pi\Pi},$$

где  $q$  - расход воды на одну поливку твердых покрытий ( $1,2-1,3 \text{ л/м}^2$ );

$N$  - количество поливок в год, принимается по данным учета;

$K_{\Pi\Pi}$  - коэффициент стока поливомоечных вод - 0,5.



— — — — границы зон по условиям стока талых вод,

———— граница Российской Федерации

Рисунок 23 - Карта зонирования территории Российской Федерации по условиям стока талых вод

Предельно допустимую массу неорганизованного сброса загрязняющих веществ рекомендуется рассчитывать при их концентрации (мг/л), приведенной в таблице 24.

Таблица 24 – Концентрации загрязняющих веществ, принимаемых при расчетах

Вещество	Дождевая вода	Талая вода	Поливочная вода
Взвешенные вещества	250	3500	500
Нефтепродукты	10	30	30
ВПК	30	90	100
ХПК	10	250	100
Сульфаты	100	500	100
Хлориды	200	1500	200
Азот аммонийный	2	4,3	2
Азот общий	4,9	10,5	4,9
Нитраты	0,08	0,17	0,08
Нитриты	0,08	0,17	0,08
Кальций	43	113	43
Магний	8	14	8
Железо	0,3	1,7	0,3
Медь	0,02	0,076	0,02
Никель	0,01	0,02	0,01
Цинк	0,3	0,55	0,3
Фосфор общий	1,08	1,08	1,08

## **11. Отходы от предприятий электрических сетей**

### **План:**

1. Общие положения.
2. Содержание проекта

### **1. Общие положения**

При разработке нормативов образования и лимитов размещения отходов для проектируемых, действующих и строящихся предприятий электрических сетей любой мощности в электроэнергетике рекомендуется использовать порядок и методику, приведенную в РД 153-34.3-02.206-00 «Рекомендации по разработке проекта нормативов образования и лимитов размещения отходов для предприятий электрических сетей»

Для установления лимитов размещения отходов природопользователь должен представить на согласование и утверждение материалы, содержащие заявку, обоснование и первичную информацию, основанную на действующих нормативах, технологических регламентах, стандартах, технических условиях и т.п., результаты расчетов проектов лимитов и планы мероприятий по их достижению.

С этой целью разрабатывается Проект нормативов образования и лимитов размещения отходов.

### **2. Содержание проекта**

*2.1. В соответствии с «Методические рекомендации по оформлению проекта нормативов образования и лимитов размещения отходов» Проект должен быть оформлен следующим образом.*

2.1.1. На первой странице титульного листа указываются наименование предприятия, наименование проекта, должность руководителя предприятия, его подпись, печать предприятия, населенный пункт, год разработки.

2.1.2. На второй странице титульного листа приводятся сведения об исполнителях. В случае привлечения для выполнения Проекта сторонней организации указываются: наименование организации, ее реквизиты (ИНН, коды ОКПО, ОКОНХ), номер лицензии, дата ее выдачи, срок действия, реквизиты договора, список непосредственных исполнителей с указанием должностей и ученых званий.

На этой же странице дается перечень органов государственного контроля по размещению и лимитированию отходов, которые проверяют и согласовывают Проект.

2.1.3. При необходимости после второй страницы титульного листа помещается содержание (для приложений желательнее сделать свое оглавление).

2.1.4. На третьей странице приводится аннотация - сведения о проведенной работе по составлению Проекта:

- общее количество образующихся отходов производства и потребления (наименование и т/год) с разбивкой по классам опасности;
- количество (масса) отходов, образующихся на предприятии, а также размещаемых, используемых, сдаваемых на переработку и обезвреживание;
- общее количество площадок временного размещения отходов, в том числе открытых и закрытых; количество площадок, оборудованных в соответствии с санитарными требованиями, и площадок, требующих дооборудования;
- информация о планируемых мероприятиях по обращению с отходами.

2.2. Проект должен иметь следующие разделы:

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Дается перечень основных документов, на основании которых проводилась разработка Проекта:

- Закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об охране окружающей среды»;
- Закон Российской Федерации от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018);
- Закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 19.04.91 г. № 52-ФЗ;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 03.08.92 г. № 545 «Об утверждении порядка разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 28.08.92 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов и другие виды вредного воздействия»;
- Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации. / Утв. Минприроды РФ (М.: 1994);
- ГОСТ 12.1.007-88. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;
- Методические рекомендации по оформлению проекта нормативов образования и лимитов размещения отходов (М.: Госкомэкологии, 1999);
- Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации). / Утв. Минздрав СССР, Минводхоз СССР, Мингео СССР (М.: 1985);
- Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов. / Утв. Минздрав СССР, ГКНТ СССР (М.: 1987);
- Общие требования к проектным решениям площадок временного хранения промышленных отходов на территории предприятия (М.: ГП «Промотходы», 1992).

### 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общие сведения о предприятии электрических сетей приводятся в таблице 24.

Таблица 24 - Общие сведения о предприятии электрических сетей

Наименование	Данные
Предприятие	
Ведомственная принадлежность	
Почтовый адрес	
Вид основной деятельности	

Наименование	Данные
Основные производственные показатели работы Количество промышленных площадок и их адреса* Факс	
Фамилии, инициалы, служебные телефоны: директора главного инженера должностного лица, ответственного за охрану природы должностного лица, ответственного за организацию контроля за обращением с отходами Банковские реквизиты Форма собственности Количество работающих	

\* Промышленными площадками для предприятия электрических сетей являются: ремонтно-эксплуатационные площадки, площадки участков электросетей, площадки распределительных электрических подстанций, площадка ремонтно-производственной базы.

Производственная структура предприятия приводится в таблице 25.

Таблица 25 - Производственная структура предприятия

Наименование производственного объекта	Наименование и объем выпускаемой продукции
Объекты основного производства	
Вспомогательные отделы, службы и др.	

Указываются:

- реквизиты земельных и учредительных документов;
- размер площади землепользования: застройки, общей, озеленения, санитарно-защитной зоны (СЗЗ);
- здания и сооружения, расположенные на промышленных площадках;
- арендаторы, их названия, юридические адреса, род их деятельности, численность работающих; при наличии более пяти арендаторов сведения о них выделяются в отдельный раздел «Сведения об арендаторах»;
- ссылка на карту-схему с отображением взаиморасположения промышленных площадок и граничащих с ними объектов (жилых массивов, сельхозугодий, других предприятий).

Прилагается карта-схема расположения предприятия с нанесенными координатами.

На карту-схему наносятся расположение зданий и сооружений предприятия, места размещения отходов, дается экспликация зданий, сооружений и мест (площадок) размещения отходов, указываются координаты площадок размещения отходов.

Карта-схема подписывается руководителем предприятия, на ней ставится печать.

Карта-схема согласовывается с местным органом СЭС.

### **3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Приводятся:

- количество выбросов и сбросов загрязняющих веществ в отчетном году;
- наличие разрешения на выбросы и сбросы, нормативов ПДВ и ПДС с указанием регистрационного номера и даты их согласования;
- наличие и характеристики природоохранного оборудования.

В приложениях к Проекту даются копии разрешений на выбросы и сбросы, форм статистической отчетности 2-тп (воздух) и 2тп-водхоз (если этого требуют местные органы МПР России).

### **4 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ИСТОЧНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ**

Характеристика технологических процессов дается в таблице 26.

Таблица 26 - Характеристика технологических процессов

Объект, производственный цех, участок	Технологический процесс, вид деятельности	Вид образующихся отходов
Административные, бытовые помещения, территория	Освещение территории, помещений	Люминесцентные и ртутные лампы отработанные
	Жизнедеятельность персонала, уборка помещений, смет с полов, с территории	Отходы, приравненные к бытовым
Автотранспортное хозяйство	Техническое обслуживание, мелкий ремонт	Электролит отработанный, масла отработанные, опилки замасленные, автопокрышки и камеры отработанные, аккумуляторы отработанные, лом металлов и др.

### 5 РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ

В качестве исходных материалов для расчета используются нормы расхода сырья и материалов:

- Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления, - М.: НИЦПУРО, 1996;
- Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления, - М.: Госкомэкологии, 1999;
- Методические указания по использованию отработанных турбинных и трансформаторных масел на технологические нужды энергетических предприятий: РД 153-34.0-43.302-2001;
- Инструкция об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов в Российской Федерации. / Утв. Приказом Минтопэнерго РФ от 25.09.98, № 311. - М.: 1998;
- Индивидуальные нормы расхода трансформаторного масла на ремонтные и эксплуатационные нужды для оборудования энергопредприятий. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1987;
- СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения;
- Тепловые и атомные электрические станции. Справочник. - М.: Энергоиздат, 1982;
- Отраслевой каталог «Абразивные материалы и инструменты». - М.: ВНИИАШ, 1991;
- Краткий автомобильный справочник. - М.: Трансконсалтинг, 1994,

а также справка о расходе сырья и материалов, а также среднестатистические данные предприятия электросетей

Класс опасности (токсичности) отхода определяется по «Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16.06.2003 N 144 (ред. от 31.03.2011) "О введении в действие СП 2.1.7.1386-03" (вместе с "СП 2.1.7.1386-03. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления. Санитарные правила", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16.06.2003) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4755).

В данном разделе приводятся основные виды отходов, образующихся на предприятиях электрических сетей.

#### 5.1. Лампы люминесцентные отработанные

Расчет ведется в соответствии с формулой

$$O_{л.л} = \frac{K_{л.л} \times Ч_{л.л} \times C}{H_{л.л}},$$

где  $O_{л.л}$  - количество люминесцентных ламп, подлежащих утилизации, шт.;

$K_{л.л}$  - количество установленных люминесцентных ламп на предприятии, шт.;

$Ч_{л.л}$  - среднее время работы одной люминесцентной лампы (4,57 ч в смену);

С - число рабочих смен в году;

$N_{л.л}$  - нормативный срок службы одной люминесцентной лампы, ч.

Нормативный срок службы одной люминесцентной лампы по ГОСТ составляет 12000 ч.

Определяется масса ламп люминесцентных отработанных ( $M_{л.л}$ ):

$$M_{л.л} = O_{л.л} \times G_{л.л},$$

где  $G_{л.л}$  - масса одной люминесцентной лампы.

Отработанные люминесцентные лампы должны направляться на специализированные предприятия по их приемке.

### **5.2. Лампы ртутные отработанные**

Расчет количества отработанных ртутных ламп, используемых для освещения помещений, ведется по формуле раздела 5.1 при нормативном сроке службы одной лампы 8000 ч.

Расчет количества отработанных ртутных ламп, используемых для освещения территории, производится по формуле

$$O_{р.л} = \frac{K_{р.л} \times Ч_{р.л}}{N_{р.л}},$$

где  $O_{р.л}$  - количество ртутных ламп, подлежащих утилизации, шт.;

$K_{р.л}$  - количество установленных ртутных ламп на предприятии, шт.;

$Ч_{р.л}$  - среднее время работы одной ртутной лампы (8 ч);

$N_{р.л}$  - нормативный срок службы одной ртутной лампы, ч.

Нормативный срок службы одной ртутной лампы по ГОСТ составляет 8000 ч.

Определяется масса ламп ртутных отработанных ( $M_{р.л}$ ):

$$M_{р.л} = O_{р.л} \times G_{р.л},$$

где  $G_{р.л}$  — масса одной ртутной лампы.

Отработанные ртутные лампы должны направляться на специализированные предприятия по их приемке.

### **5.3. Масло трансформаторное отработанное**

Объем сбора трансформаторного масла ( $M_{мас.тр}$ ) определяется по формуле

$$M_{мас.тр} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^p S_i t_i m_i,$$

где  $S_i$  - норма сбора отработанного масла, собираемого при капитальном или текущем ремонте для оборудования  $i$ -го типа; принимается по [8];

$t_i$  - срок службы масла в оборудовании  $i$ -го типа, принимается по [8];

$m_i$  - количество оборудования  $i$ -го типа, выводимого в ремонт, шт.;

$p$  - число типов данного оборудования, ед.;

$l$  - число видов оборудования, ед.

Очищенное трансформаторное масло используется на предприятии в соответствии с направлениями, приведенными в [6].

Отработанное масло с кислотным числом более 0,25 мг КОН/г является отходом.

Если отработанное масло не очищается и не используется на другом оборудовании, то норматив сбора равен 60% [4].

### **5.4. Масло промышленное отработанное**

Масло образуется при замене смазки различных станков.

Планируемый объем сбора индустриального масла определяют умножением планируемого расхода, с которого возможен сбор, на норму сбора. Норма сбора масла без присадок равна 50%, масла с присадками - 35% [4].

### 5.5. Масло моторное отработанное

Масло образуется при эксплуатации автотранспортной техники с карбюраторными и дизельными двигателями.

Сведения о наличии автотранспортной техники, необходимые для определения объемов образования отходов моторного масла, приводятся в приложении к Проекту.

Количество масла моторного отработанного  $M_{\text{мас.мот}}$  (т/год) определяется в соответствии с [4] по формулам:

$$M_{\text{мас.мот}} = \frac{V_i^6 \times H_{\text{тмот}}^6}{100} \times 0,885 \times 10^{-3},$$

где  $V_i^6$  - расход бензина  $i$ -го вида техники, л/год;

$H_{\text{тмот}}^6$  удельный показатель образования масла моторного отработанного  $i$ -го вида техники, л/100 л топлива;

0,885 - плотность моторного масла, кг/л;

$10^{-3}$  - коэффициент перевода килограммов в тонны;

- для техники, работающей на дизельном топливе,

$$M_{\text{мас.мот}} = \frac{V_i^d \times H_{\text{тмот}}^d}{100} \times 0,93 \times 10^{-3}.$$

Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования масла моторного отработанного целесообразно свести в таблицу 27.

Таблица 27 - Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования масла моторного отработанного

Вид техники	Расход топлива, л/год	Удельный показатель образования масла отработанного, л/100 л	Объем образования масла моторного отработанного, т/год
<b>Техника, работающая на бензине и сжиженном газе</b>			
Легковые автомобили		0,56	
Грузовые автомобили		0,71	
Автобусы		0,73	
<b>Техника, работающая на дизельном топливе</b>			
Грузовые автомобили		0,77	
Автобусы		0,85	
Внедорожная техника		1,17	
-самосвалы и другая подобная техника			
<i>Итого</i>			

### 5.6. Масло трансмиссионное отработанное

Количество масла трансмиссионного отработанного ( $M_{\text{мас.транс}}$ ), образующегося при эксплуатации автотранспортной техники (т/год), определяется в соответствии с [4] по формулам:

- для техники, работающей на бензине и сжиженном газе,

$$M_{\text{мас.транс}} = \frac{V_i^6 \times H_{\text{ттранс}}^6}{100} \times 0,93 \times 10^{-3},$$



где  $V_i^{\text{б}}$  - расход бензина  $i$ -го вида техники, л/год;

$H_{\text{транс}}^{\text{б}}$  - удельный показатель образования масла трансмиссионного отработанного  $i$ -го вида техники, л/100 л топлива;

0,93 - плотность трансмиссионного масла, кг/л;

$10^{-3}$  - коэффициент перевода килограммов в тонны;

- для техники, работающей на дизельном топливе,

$$M_{\text{мас.транс}} = \frac{V_i^{\text{д}} \times H_{\text{транс}}^{\text{д}}}{100} \times 0,93 \times 10^{-3},$$

Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования масла трансмиссионного отработанного следует свести в таблицу 28.

Таблица 28 - Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования масла трансмиссионного отработанного

Вид техники	Расход топлива, л/год	Удельный показатель образования масла отработанного, л/100 л	Объем образования масла трансмиссионного отработанного, т/год
<b>Техника, работающая на бензине и сжиженном газе</b>			
Легковые автомобили		0,02	
Грузовые автомобили		0,04	
Автобусы		0,03	
<b>Техника, работающая на дизельном топливе</b>			
Грузовые автомобили		0,05	
Автобусы		0,06	
Внедорожная техника - самосвалы и другая подобная техника			
<i>Итого</i>			

### 5.7. Масло компрессорное отработанное

В соответствии с [4] планируемый объем сбора компрессорного масла определяют умножением планируемого расхода, с которого возможен сбор, на норму сбора. Норма сбора равна 55% [4].

### 5.8. Кислота серная аккумуляторная отработанная

Отходы кислоты серной аккумуляторной отработанной образуются при замене отслуживших свой срок аккумуляторных батарей, установленных на автомобильном транспорте. Расчет нормативного объема образования производится в соответствии с [4]. Количество образующегося отработанного электролита ( $M_{\text{об.э}}$ ) рассчитывается по формуле

$$M_{\text{об.э}} = \frac{P \times H_{\text{а.б}}}{10000} \times 1,1 \times 10^{-3} \text{ т/год},$$

где  $P$  - годовой пробег автомобиля, км;

$H_{\text{а.б}}$  - удельный показатель образования кислоты аккумуляторной отработанной, л/10000 км пробега [4];

1,1 - плотность кислоты, т/м<sup>3</sup>.

Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования кислоты аккумуляторной отработанной целесообразно свести в таблицу 29.

Кислота серная отработанная образуется также при замене аккумуляторов, установленных на предприятии электрических сетей. Ее количество определяется по среднестатистическим данным за 3 года.

Таблица 29 - Исходные данные и результаты расчета нормативного количества образования кислоты аккумуляторной отработанной

Вид техники	Годовой пробег, км	Удельный показатель образования кислоты, л/10000 км	Объем образования кислоты аккумуляторной отработанной, т/год
Легковые автомобили		0,6	
Грузовые автомобили		2,7	
Автобусы		0,94	

### 5.9. Смазочно-охлаждающая жидкость и эмульсии отработанные

В качестве смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), применяемой для охлаждения режущего инструмента и обрабатываемых на станочном оборудовании деталей, используется водная эмульсия эмульсола. Общий выход отработанной эмульсии ( $M_{\text{СОЖ}}$ ) рассчитывается по формуле

$$M_{\text{СОЖ}} = V_{\text{СОЖ}} N_{\text{СОЖ}},$$

где  $V_{\text{СОЖ}}$  - годовой расход эмульсии, т;

$N_{\text{СОЖ}}$  - норматив сбора (13%) [5].

### 5.10. Нефтешлам установки мойки автотранспорта

Расчет количества нефтешлама ( $M_{\text{н.ш}}$ ) производится по формуле [9]

$$M_{\text{н.ш}} = \frac{Q_{\text{в}}(C_{\text{исх}} - C_{\text{оч}})}{(100 - P)\gamma} 10^4 \text{ м}^3/\text{год},$$

где  $Q_{\text{в}}$  - расход нефтесодержащих стоков, м<sup>3</sup>/год;

$C_{\text{исх}}$  - концентрация нефтепродуктов в исходной воде, мг/л;

$C_{\text{оч}}$  - концентрация нефтепродуктов в очищенной воде, мг/л;

$P$  - обводненность нефтешлама, %;

$\gamma$  - плотность нефтешлама, г/см<sup>3</sup>.

Данные для расчета принимаются по результатам анализов на содержание нефтепродуктов в воде перед и после установки мойки автотранспорта,

### 5.11. Ветошь замасленная

Ветошь замасленная образуется при обслуживании и ремонте основного и вспомогательного оборудования, станочного парка и автотранспортной техники.

Объем образования этого вида отходов по автотранспортной технике определяется в соответствии с [4] по формуле

$$M_{\text{вет.авт}} = \frac{P \times N_{\text{вет}}}{10000},$$

где  $M_{\text{вет.авт}}$  - общее количество обтирочной ветоши замасленной;

$P$  - годовой пробег техники, км;

$N_{\text{вет}}$  - удельная норма расхода обтирочного материала на 10 тыс. км пробега техники, кг/10000 км.

Исходные данные и результаты расчета потребного количества образования обтирочной ветоши для эксплуатации автотранспортной техники следует свести в таблицу 30.

Таблица 30 - Исходные данные и результаты расчета потребного количества образования обтирочной ветоши для эксплуатации автотранспортной техники

Вид техники	Количество техники, ед.	Годовой пробег, км	Удельный показатель образования отхода, кг/10000 км	Общее количество образования отхода, т
Легковые автомобили			1,05	
Грузовые автомобили			2,18	
Автобусы			3,0	

Количество замасленной ветоши при обслуживании и ремонте станочного парка ( $M_{\text{вет.ст}}$ ) определяется по формуле

$$M_{\text{вет.ст}} = C_i \times N_i,$$

где  $C_i$  - число смен работы в году  $i$ -го типа станков;

$N_i$  - норма образования ветоши за смену, г [4].

### 5.12. Фильтры масляные отработанные

Количество фильтров масляных отработанных  $O_{\text{ф.о}}$  (т) при эксплуатации автотранспортной техники определяется в соответствии с [4] по формулам:

$$O_{\text{ф.о}} = \frac{\Pi}{H} \times M_{\text{ф}}; \quad O_{\text{ф.о}} = \frac{\Pi_{\text{мот}}}{H_{\text{мот}}} \times M_{\text{ф}},$$

где  $O_{\text{ф.о}}$  - общее количество фильтров масляных отработанных, т;

$\Pi$  - годовой пробег техники, км;

$\Pi_{\text{мот}}$  - годовая наработка техники, моточас;

$H$  - нормативный пробег для замены фильтров, тыс. км;

$H_{\text{мот}}$  - нормативная наработка для замены фильтров, моточас;

$M_{\text{ф}}$  - масса фильтра, т.

Исходные данные и результаты расчета количества образования фильтров масляных отработанных сводятся в таблицу 31.

Таблица 31 - Исходные данные и результаты расчета количества образования фильтров масляных отработанных

Вид техники	Количество техники, ед.	Годовой пробег (наработка), км (моточас)	Норматив на замену фильтров	Общее количество отработанных фильтров

### 5.13. Древесные отходы замасленные (опилки)

Опилки замасленные образуются при обслуживании и ремонте автотранспорта, ликвидации разливов и пятен масел в производственных помещениях и на территории промплощадки. Количество чистых опилок определяется по среднестатистическим данным. Годовое количество образования отхода в виде опилок замасленных с учетом увеличения их массы за счет замасливания рассчитывается как:

$$M_{\text{опил.зам}} = M_{\text{опил.чист}} 1,05 \text{ т/год.}$$

### 5.14. Осадок установки мойки автотранспорта

Осадок образуется при очистке вод загрязненных нефтепродуктами.

Количество осадка нефтешлама ( $M_{\text{н.ш}}$ ) рассчитывается по формуле [9]

$$M_{н.ш} = \frac{Q_{в} (C_{взв.исх} - C_{взв.оч})}{(100-P)\gamma_{ос}} 10^4 \text{ м}^3/\text{год},$$

где  $Q_{в}$  - расход нефтесодержащих стоков, м<sup>3</sup>/год;

$C_{взв.исх}$  - концентрация взвешенных веществ в исходной воде, мг/л;

$C_{взв.оч}$  - концентрация взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л;

$P$  - обводненность осадка, %;

$\gamma_{ос}$  - плотность осадка, г/см<sup>3</sup>.

Данные для расчета принимаются по результатам анализов на содержание взвешенных веществ в воде перед и после установки.

#### **5.15. Автопокрышки отработанные**

Нормативное количество и масса изношенных автопокрышек  $M_{ап.изн}$  (т) определяется в соответствии с [4] по формуле

$$M_{ап.изн} = K_y \times \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\Pi_{срi} \times A_i \times K_i \times M_j}{H_j},$$

где  $K_y$  - коэффициент утилизации автопокрышек  $K_y = 0,85$ ;

$n$  - количество видов автомобилей на предприятии;

$\Pi_{срi}$  - среднегодовой пробег автомобиля  $i$ -го вида, тыс. км;

$A_i$  - количество автомобилей  $i$ -го вида, шт.;

$K_i$  - количество подвижных колес, установленных на  $i$ -м виде автомобиля, шт.;

$M_j$  - масса  $i$ -й модели автопокрышки, кг;

$H_j$  - нормативный пробег  $i$ -й модели автопокрышки, тыс. км.

Исходные данные и результаты расчета следует свести в таблицу 32.

Таблица 32 - Исходные данные и результаты расчета автопокрышек отработанных

Вид автомобиля	Количество автомобилей, ед.	Среднегодовой пробег автомобиля, тыс. км	Нормативный пробег автопокрышки, тыс. км	Количество подвижных колес, шт.	Масса $i$ -й модели автопокрышки, кг	Количество изношенных автопокрышек, шт.	Масса изношенных автопокрышек, т

Примечание - Автопокрышки разделяются на покрышки с металлическим кордом и на покрышки с текстильным кордом.

#### **5.16. Камеры автомобильные отработанные**

Количество камер соответствует количеству изношенных автопокрышек. В среднем масса камеры легкового автомобиля составляет 1,6 кг, а грузового - 4,0 кг. Исходя из этого определяется общая масса изношенных камер.

#### **5.17. Резинотехнические изделия отработанные**

Отходы резинотехнических изделий образуются при замене изношенных резиновых деталей (втулки, манжеты, прокладки, приводные и вентиляторные ремни и др.) оборудования предприятия и автомобильного транспорта.

Количество, резинотехнических изделий определяется по данным расхода этих деталей в год (справка о расходе сырья и материалов).

#### **5.18. Аккумуляторные батареи отработанные кислотные (в сборе)**

Расчет нормативного объема образования отходов аккумуляторных батарей производится в соответствии с [4] по формуле

$$M_{a.б} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{K_{a.б.i} \times M_{a.б.i}}{H_{a.б.i}} \times 10^{-3},$$

где  $M_{a.б}$  - масса отработанных аккумуляторных батарей за год, т;  
 $K_{a.б.i}$  - количество установленных аккумуляторных батарей  $i$ -й марки на предприятии;  
 $M_{a.б.i}$  - средняя масса одной аккумуляторной батареи  $i$ -й марки, кг;  
 $H_{a.б.i}$  - срок службы одной аккумуляторной батареи, лет;  
 $n$  - количество марок аккумуляторных батарей на предприятии;  
 $10^{-3}$  - коэффициент перевода килограммов в тонны.

Исходные данные и результаты расчета количества отработанных аккумуляторных батарей по автотранспортной технике целесообразно свести в таблицу 33.

Таблица 33 - Исходные данные и результаты расчета количества отработанных аккумуляторных батарей по автотранспортной технике

Марка аккумуляторной батареи	Количество аккумуляторных батарей	Масса аккумуляторной батареи		Срок службы аккумуляторной батареи, год	Количество отработанных аккумуляторных батарей, т
		одной, кг	всего, т		

Расчет количества аккумуляторных батарей отработанных можно вести и по пробегу автомобилей [5].

Аккумуляторные батареи отработанные образуются и на самом предприятии электрических сетей. Их количество и масса определяются по среднестатистическим данным за три года.

#### **5.19. Огарки электродов**

Огарки электродов образуются при проведении сварочных работ.

Количество электродов, получаемых предприятием в год, определяется по среднестатистическим данным (справка о расходе сырья и материалов). При замене электрода остающийся огарок составляет (10-12) % его длины.

Масса огарков составляет:  $M_{ог} = M_{эл} \times 0,11$  т/год.

#### **5.20. Шлак сварочный**

Отход в виде шлака равен 10% массы электродов.

Масса шлака сварочного составляет:

$M_{шл} = M_{эл} \times 0,1$  т/год.

#### **5.21. Асбестосодержащие отходы**

Асбестосодержащие отходы образуются при замене теплоизоляции оборудования, а также при замене накладок тормозных отработанных автотранспорта.

Количество отработанных отходов определяется по годовому расходу этих материалов (справка о расходе сырья и материалов).

#### **5.22. Теплоизоляционных материалов отходы**

Эти виды отходов (кирпич шамотный, глина огнеупорная и др.) образуются при ремонтных работах.

Количество отработанных отходов определяется по годовому расходу этих материалов (справка о расходе сырья и материалов).

#### **5.23. Черных металлов лом**

##### **5.23.1. Стружка металлическая**

Этот вид отхода образуется при механической обработке деталей.

Для расчета количества металлической стружки необходимо иметь данные о станочном парке (тип станков и их количество по типам) и времени работы станков в год.

Расчет ведется по формуле

$$M_{\text{струж}} = \sum_{i=1}^{i=n} K_i N_{\text{струж}} B_i 10^{-3} \text{ т/год},$$

где  $K_i$  - количество станков  $i$ -го типа, шт.;

$N_{\text{струж}}$  - норматив образования стружки  $i$ -го типа станков, кг/смен [4];

$B_i$  - число смен работы  $i$ -го типа станков, смен/год;

$10^{-3}$  - коэффициент перевода килограммов в тонны.

#### **5.23.2. Лом мелкокусковой**

Этот вид отхода (куски, брак) образуется при металлообработке, монтаже и ремонте оборудования.

При металлообработке количество лома мелкокускового может быть рассчитано как:

$$M_{\text{куск}} = M_{\text{ч.мет}} N_{\text{мет.отх}} - M_{\text{струж}} \text{ т/год},$$

где  $M_{\text{ч.мет}}$  - количество черного металла, приобретенного для металлообработки, т;

$N_{\text{мет.отх}}$  - норматив образования отходов черных металлов (куски, стружка, брак) – (180-195) кг на 1 т обработанного металла [4].

Норматива образования лома мелкокускового при монтаже и ремонте оборудования нет, поэтому его количество принимается по среднестатистическим данным.

#### **5.23.3. Лом габаритный**

Этот вид отхода образуется при ремонте или демонтаже металлоконструкций.

Норматива образования лома габаритного при монтаже и ремонте оборудования нет, поэтому его количество принимается по годовому расходу этого материала (справка о расходе сырья и материалов).

### **5.24. Цветных металлов лом**

#### **5.24.1. Стружка металлическая**

Этот вид отхода образуется при металлообработке цветных металлов. Расчет стружки металлической ведется по формуле п. 5.23.1.

#### **5.24.2. Лом мелкокусковой**

Этот вид отхода образуется при ремонте линий электропередачи и оборудования, содержащего цветные металлы.

Норматива образования лома мелкокускового цветных металлов нет, поэтому его количество принимается по среднестатистическим данным за три года.

#### **5.24.3. Лом габаритный**

Этот вид отхода образуется при ремонте или демонтаже оборудования.

Норматива образования лома габаритного при монтаже и ремонте оборудования нет, поэтому его количество принимается по годовому расходу этого материала (справка о расходе сырья и материалов).

### **5.25. Воздушные фильтры отработанные**

Отработанные воздушные фильтры образуются в результате эксплуатации автотранспортной техники.

Количество израсходованных воздушных фильтров принимается по их годовому расходу (справка о расходе сырья и материалов).

### **5.26. Лом абразивных кругов**

Отработанный абразивный инструмент образуется при механической обработке деталей на заточных, шлифовальных и отрезных станках. Количество этого вида отхода определяется исходя из массы кругов, поступивших на замену отработанных (справка о расходе сырья и материалов), умноженной на коэффициент 0,5, поскольку согласно [4], [5] масса отработанных кругов равна 50% новых.

### **5.27. Пыль абразивно-металлическая**

Пыль абразивно-металлическая образуется при обработке металлических деталей абразивными инструментами.

Количество этого вида отхода рассчитывается по формуле

$$M_{\text{абр.мет}} = M_{\text{пыл.абр}} + M_{\text{пыл.мет}} \text{ т/год,}$$

где  $M_{\text{пыл.абр}}$  - пыль абразивных кругов, равная массе их износа (см. раздел 5.26);

$M_{\text{пыл.мет}}$  - пыль металлическая, рассчитанная по соотношению

$$M_{\text{пыл.мет}} = M_{\text{пыл.абр}} \times \frac{0,0333}{0,0142} \text{ т/год}$$

(здесь 0,0333 и 0,0142 г/с соответственно выход металлической и абразивной пыли [11] при обработке деталей).

### **5.28. Древесные отходы чистые (отходы пиломатериалов)**

Эти виды отходов рассчитываются исходя из количества древесины, поступившей на обработку (справка о расходе сырья и материалов), и норматива их образования [4].

### **5.29. Стеклобой**

Этот вид отхода рассчитывается исходя из массы стекла, израсходованного на замену битого (справка о расходе сырья и материалов).

### **5.30. Бой изоляторов фарфоровых**

Количество этого вида отхода рассчитывается исходя из среднестатистических данных за три года.

### **5.31. Строительные отходы**

Определяются по среднестатистическим данным предприятия за три года.

### **5.32. Смет с территории**

Смет с территории предприятия, имеющей твердое покрытие, определяется по формуле

$$M_{\text{см}} = F_{\text{ТВ}} \times H_{\text{см}} \times 0,5,$$

где  $F_{\text{ТВ}}$  - площадь твердого покрытия территории ПЭС, м<sup>2</sup>;

$H_{\text{см}}$  - удельный норматив образования смета, 5 кг/м<sup>2</sup>/год (принят по данным Москомприроды),

0,5 - коэффициент при условии, что территория подметается 6 мес. в году.

### **5.33 Твердые бытовые отходы**

Количество твердых бытовых отходов определяется как произведение числа работников предприятия на норматив образования [5].

## **6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ**

При необходимости в этот раздел помещаются материалы определения класса опасности отходов.

## **7. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ, И ИХ МЕСТ ХРАНЕНИЯ**

На основании расчетов и обоснования ожидаемого объема образования отходов составляется таблица по форме [1].

## **8. ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ВРЕМЕННОГО НАКОПЛЕНИЯ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ И ПЕРИОДИЧНОСТИ ИХ ВЫВОЗА**

Информация сводится в таблицу по форме [1].

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ, ХАРАКТЕРИСТИКА И МАССА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЦЕЛОМ ПО ПРЕДПРИЯТИЮ**

Информация, представленная в предыдущих разделах, обобщается и представляется в виде таблицы по форме [1].

## 10. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В соответствии с Законом Российской Федерации от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018) и [1] предприятие обязано соблюдать условия при сборе, временном хранении и транспортировке образующихся отходов, исключаящие их вредное воздействие на окружающую среду.

Оценка воздействия отходов на окружающую среду производится в случае:

- хранения отходов на открытом грунте;
- хранения жидких или пастообразных отходов без поддонов, крышек, навесов, на площадке без твердого покрытия и т.д.;
- хранения отходов не ниже III класса опасности в таре при нарушении ее герметичности, целостности оболочки и пр.

## 11. СВЕДЕНИЯ О ВОЗМОЖНОЙ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ

Для предотвращения аварийной ситуации условия хранения отходов должны соответствовать действующим документам: Общим требованиям к проектным решениям площадок временного хранения промышленных отходов на территории предприятия, Предельному количеству накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации), Постановлению Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 (ред. от 30.12.2017) «О противопожарном режиме» (вместе с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации») и местным инструкциям по пожарной безопасности.

Условия безопасного хранения отходов указаны в таблице 34.

Таблица 34 - Условия безопасного хранения отходов

Наименование отхода	Условия временного хранения
Лампы люминесцентные отработанные, лампы ртутные отработанные	Хранить и транспортировать в специальной таре в вертикальном положении. Должны быть переложены картонными чехлами. Хранить в специальном помещении, в которое должен быть исключен доступ посторонних лиц
Кислота серная отработанная аккумуляторная	Хранить в маркированных, плотно закрывающихся стеклянных бутылках в помещении, оборудованном вентиляцией. Транспортировать - в деревянной обрешетке с древесностружечной прокладкой, предохраняющей бутылки от случайных ударов
Все виды отработанных масел, нефтешлам от установки мойки автомашин	Хранить в закрытых металлических емкостях, установленных на поддонах, отдельно по маркам масел под навесом на площадках, где исключается контакт с открытым огнем. Места хранения оборудовать средствами пожаротушения*
Смазочно-охлаждающая жидкость и эмульсии отработанные	Хранить в закрытых металлических емкостях, установленных на поддонах, под навесом на площадках, где исключается контакт с открытым огнем. Места хранения оборудовать средствами пожаротушения*
Ветошь замасленная, фильтры масляные	Хранить в контейнерах с крышкой, установленных в местах, где исключается контакт с открытым огнем. Места хранения оборудовать средствами пожаротушения*
Автокрышки отработанные, отходы резины (камеры), резинотехнических изделий	Хранить на специальных площадках с твердым покрытием (мелкие изделия - в контейнерах), в местах, исключаящих контакт с открытым огнем. Места хранения оборудовать средствами пожаротушения*
Аккумуляторы отработанные кислотные (в сборе)	Хранить на площадке с твердым покрытием под навесом. Исключить попадание влаги
Черных металлов лом габаритный	Хранить на специально отведенной огороженной площадке с твердым покрытием
Черных металлов лом (мелкокусковой и стружка), огарки электродов и лом тары из-под лакокрасочных материалов	Хранить на площадке с твердым покрытием в контейнерах
Лом абразивных кругов, пыль абразивно-	Хранить в закрытых контейнерах, исключить пыление



Наименование отхода	Условия временного хранения
металлическая, шлак сварочный	
Резинотехнические изделия изношенные, накладки тормозные отработанные, стеклобой, использованные деревянные изделия, отходы, приравненные к бытовым, смет с территории	Хранить в контейнерах, исключить контакт с открытым огнем

\* Количество и тип средств пожаротушения должны соответствовать нормам первичных средств пожаротушения [13].

Аварийными ситуациями при временном хранении отходов могут быть возгорание, разлив жидких отходов, пыление.

При возникновении аварийных ситуаций их ликвидация проводится в соответствии с требованиями местных инструкций пожарной безопасности и техники безопасности.

При обращении с отходами на территории промплощадки ПЭС должны соблюдаться следующие требования:

- не допускать рассыпания и пыления сыпучих отходов, разлива жидких отходов, принимать своевременные меры к устранению их последствий;

- не допускать попадания жидких отходов (нефтепродуктов, аккумуляторной кислоты и т.д.) в почву, систематически осуществляя контроль и ликвидацию обнаруженных утечек;

- систематически проводить влажную уборку производственных помещений;

- в случае механического разрушения люминесцентных ламп их осколки собирать в контейнер для сбора отработанных ламп. Выделившуюся ртуть нейтрализовать путем немедленной обработки загрязненной поверхности 20%-ным раствором хлористого железа. После полного высыхания обработанную поверхность промыть мыльной водой. Обработку загрязненных ртутью поверхностей тоже производить 1%-ным раствором  $KMnO_4$ , подкисленным  $HCl$ ;

- в случае разлива нефтепродуктов посыпать поверхность пола или площадки для их сбора опилками, после чего опилки убрать и отправить на площадку временного хранения замасленных отходов. Подсушенную поверхность тщательно промыть водой с применением моющих средств;

- в случае разлива аккумуляторной кислоты обработать поверхность пола или площадки кальцинированной содой или аммиачной водой, после чего тщательно промыть.

Проверку условий хранения отходов следует производить не реже одного раза в квартал.

## 12. МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТХОДОВ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

\_\_\_\_\_ (наименование предприятия)

\_\_\_\_\_ (подпись руководителя предприятия)

Наименование отхода	Наименование мероприятия	Срок выполнения	Ожидаемая эффективность

## 13 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЛИМИТАМ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель территориального органа Госсанэпиднадзора России

"\_\_" \_\_\_\_\_ 199\_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель территориального органа Минприроды России

"\_\_" \_\_\_\_\_ 199\_ г.

ЛИМИТЫ  
РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ

установлены \_\_\_\_\_ на 199\_ год  
(наименование предприятия, организации)

N п/п	Наименование отходов	Лимит размещения отходов (тонн)		
		Всего	в том числе на:	_____
			объектах общегородского (регионального) назначения	специализиро- ванных объектах (собственных или арендуемых)
1	2	3	4	5

А. Промышленные отходы  
по классам опасности

\_\_\_\_\_

Б. Отходы потребления

\_\_\_\_\_

Подпись уполномоченного работника  
территориального органа Минприроды России

Подпись руководителя предприятия

Внесено в книгу регистрации лимитов на размещение отходов  
территориального органа Минприроды России за

N \_\_\_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 199\_ г.

Дата выдачи лимита "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 199\_ г.

Действительно до "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 199\_ г.

М.П.

Подпись должностного лица

#### Список использованной литературы к теме 11

1. Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации. / Утв. Минприроды РФ. - М.: 1994.
2. Методические рекомендации по оформлению проекта нормативов образования и лимитов размещения отходов. — М.: Госкомэкологии, 1999.
3. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16.06.2003 N 144 (ред. от 31.03.2011) "О введении в действие СП 2.1.7.1386-03" (вместе с "СП 2.1.7.1386-03. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления. Санитарные правила", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16.06.2003) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4755)
4. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления, — М.: НИЦПУРО, 1996.
5. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления, — М.: Госкомэкологии, 1999.
6. Методические указания по использованию отработанных турбинных и трансформаторных масел на технологические нужды энергетических предприятий: РД 153-34.0-43.302-2001.
7. Инструкция об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов в Российской Федерации. / Утв. Приказом Минтопэнерго РФ от 25.09.98, № 311. - М.: 1998.

8. Индивидуальные нормы расхода трансформаторного масла на ремонтные и эксплуатационные нужды для оборудования энергопредприятий. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1987.
9. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.
10. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник. — М.: Энергоиздат, 1982.
11. Отраслевой каталог «Абразивные материалы и инструменты». — М.: ВНИИАШ, 1991.
12. Краткий автомобильный справочник. — М.: Трансконсалтинг, 1994.
13. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий: ВППБ 01-02-95 (РД 34.03.301-95). - Челябинск: Фирма «АОСКО», 1995.
14. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей: РД 34.03.201-97. — М.: ЭНАС, 1997 (Изменение № 1/2000 к РД 34.03.201-97. - М.: ЗАО "Энергосервис", 2000).

## 2. Методические рекомендации к практическим занятиям

### Тема 2. Отвод земельных участков под электрические сети

#### Задача 1. Расчет земельных участков отводимых в постоянное пользование

1. Отвод земельных участков в постоянное пользование

Условие задачи:

Рассчитать площадь земельных участков, отводимых под электрическую сеть в соответствии с заданным вариантом:

- в постоянное пользование.

В постоянное пользование земельные участки отводятся под промежуточные и анкерные угловые опоры и трансформаторные подстанции:

$$F_{\text{пп}} = F_{\text{поп}} + F_{\text{пс}},$$

где  $F_{\text{поп}}$  – площадь земельных участков, отводимых в постоянное пользование под промежуточные и анкерные угловые опоры, м<sup>2</sup>;

$F_{\text{пс}}$  – площадь земельных участков, отводимых в постоянное пользование под подстанции, м<sup>2</sup>.

Площадь земельных участков, отводимых в постоянное пользование под промежуточные и анкерные угловые опоры, рассчитывается по формуле

$$F_{\text{поп}} = F_{\text{по}} + F_{\text{ау}},$$

где  $F_{\text{по}}$  – площадь земельных участков отводимых в постоянное пользование под промежуточные опоры, м<sup>2</sup>;

$F_{\text{ау}}$  – площадь земельных участков отводимых в постоянное пользование под анкерные угловые опоры, м<sup>2</sup>.

Площадь земельных участков  $F$  в общем виде, предоставляемых под стальные опоры (включая оттяжки) воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) в постоянное (бессрочное) пользование, определяется по формуле (рисунок 24):

$$F = (A^2 + \pi\Delta^2 + 4A\Delta) \cdot n,$$

где  $A$  – сторона основания стальной опоры, м;

$\Delta$  – ширина полосы земли вокруг внешнего контура опоры, м;

$n$  – количество опор.

Размер  $\Delta$  зависит от категории земель. Для земель сельскохозяйственного назначения  $\Delta=1,5$  м, а для остальных категорий  $\Delta=1$  м.

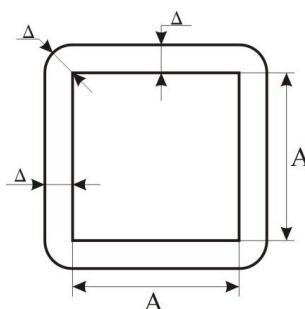


Рисунок 24 – К расчету земельных участков отводимых в постоянное пользование под опоры ВЛЭП

Площадь земельных участков, отводимых под подстанции, определяется по формуле

$$F_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^N F_{\text{пси}},$$

где  $F_{\text{пси}}$  - площадь земельных участков, отводимая под  $i$ -ю подстанцию, м<sup>2</sup>;  
 $N$  - количество подстанций.

## **Задача 2. Расчет земельных участков отводимых во временное пользование**

### **1. Отвод земельных участков в постоянное пользование**

*Условие задачи:*

Рассчитать площадь земельных участков, отводимых под электрическую сеть в соответствии с заданным вариантом:

- во временное пользование.

Площадь земельных участков, предоставляемых во временное пользование, определяется по формуле:

$$F_{\text{вп}} = F_{\text{вл}} + F_{\text{мп}},$$

где  $F_{\text{вл}}$  - площадь земельных участков отводимых во временное пользование под строительство ВЛЭП, м<sup>2</sup>;

$F_{\text{мп}}$  - площадь земельных участков отводимых во временное пользование под монтажные площадки для сборки опор, м<sup>2</sup>.

Ширина полос земель, предоставляемых на период строительства ВЛЭП, сооружаемых на унифицированных типовых опорах определяется по формуле

$$F_{\text{вл}} = L_{\text{влэп}}(L_{\phi-\phi} + 4),$$

где  $L_{\text{влэп}}$  - длина трассы ВЛЭП, м;

$L_{\phi-\phi}$  - расстояние между крайними фазами на опоре, м.

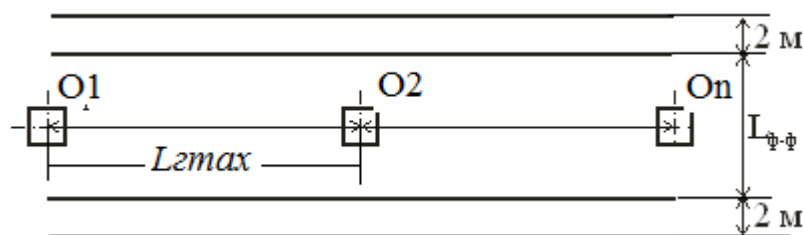
В связи с тем, что по условиям задачи неизвестное расположение опор и подстанций относительно друг друга примем допущение, что расстояние между промежуточными и анкерными угловыми опорами равно максимальной длине габаритного пролета (выбирается по справочным данным в зависимости от шифра опоры). Тогда  $F_{\text{вл}}$  можно рассчитать по формуле (см. рисунок 25)

$$F_{\text{вл}} = (n_{\text{по}} + n_{\text{ау}} - 1)L_{\text{гmax}}(L_{\phi-\phi} + 4),$$

где  $n_{\text{ау}}$  - количество анкерных угловых опор, шт.;

$n_{\text{по}}$  - количество промежуточных опор, шт.;

$L_{\text{гmax}}$  - максимальная длина габаритного пролета, м.



O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> и т.д. - номер опоры

Рисунок 25 - К расчету  $F_{\text{вл}}$

Площадь земельных участков, предоставляемых под монтажные площадки, определяется по формуле:

$$F_{мп} = n_{по}F_{по} + n_{ау}F_{ау},$$

где  $F_{по}$  – площадь земельных участков, отводимых под монтажные площадки промежуточных опор, м<sup>2</sup>;

$F_{ау}$  – площадь земельных участков, отводимых под монтажные площадки анкерных угловых опор, м<sup>2</sup>.

#### ***Тема 4. Акустические шумы, создаваемые объектами электроэнергетики***

##### ***Задача 1. Расчет шума, создаваемого силовыми трансформаторами, и определение санитарно-защитной зоны для подстанции (ПС)***

*Условие задачи:*

На открытом воздухе на территории ПС установлено N трансформаторов.

Определить минимальное расстояние от ПС до границы, прилегающей к подстанции территории (СЗЗ), на которой выполняются санитарно-гигиенические требования по шуму, если известен тип трансформатора.

Расчет шума, создаваемого трансформаторами (ТМ) может возникнуть в двух случаях:

- 1) при проектировании новой ПС;
- 2) при реконструкции действующей ПС.

При проектировании новой подстанции необходимо определить ее расположение относительно прилегающей к ПС территории.

При реконструкции действующей ПС, когда увеличивается мощность силовых ТМ, необходимо определить уровень звука в ближайшей точке на границе территории прилегающей к ПС, создаваемый источниками шума (ТМ) и сделать вывод о его соответствии санитарно-гигиеническим требованиям. Если есть превышение, то необходимо разработать мероприятия по уменьшению шума.

Рассмотрим случай, когда ТМ установлены на открытой территории ПС. Данная задача часто встречается при размещении ПС в сельской местности, когда ее необходимо разместить рядом с сельским населенным пунктом.

*Порядок расчета шума на примере проектировании новой подстанции*

1. По таблице 3 колонка № 13 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах помещений жилых общественных зданий и на территории жилой застройки» определяем допустимый уровень шума в зависимости от типа территории прилегающей к ПС. При этом необходимо принять во внимание, что для некоторых территорий допустимые уровни устанавливаются с учетом времени суток. В расчетах принимаем наиболее жесткие требования, установленные для времени суток с 23.00 часов и до 07.00 часов.

2. Определяем шумовые характеристики источника шума (модель ТМ известна из расчетной части проекта), согласно ГОСТ 12.1.024-87 ССБТ «Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля». В данном стандарте приводятся скорректированные уровни звуковой мощности трансформаторов в зависимости от типовой мощности, класса напряжения и вида системы охлаждения. Скорректированные уровни звуковой мощности приняты в качестве нормируемой величины шумовой характеристики трансформатора.

Для трансформаторов со значениями типовой мощности, которые отличаются от ряда мощностей, приведенных в ГОСТ 12.1.024-87 ССБТ, скорректированный уровень звуковой мощности определяют по ближайшей большей мощности.

3. Определяем минимальное расстояние от ПС до границы жилой застройки.

Известно, что если источник шума имеет показатель направленности равный 1, что можно принять для ТМ, и его скорректированный уровень звуковой мощности равен  $L_{WA}$ , то в

любой точке полусферы радиусом  $R$  уровень шума создаваемый данным источником будет равным  $L_A$  (см. рисунок 26).

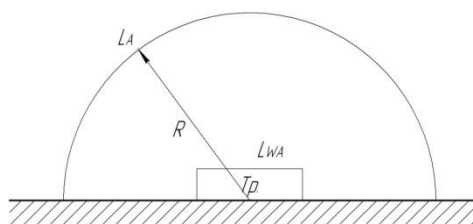


Рисунок 26 – Излучение шума трансформатором

В этом случае в соответствии с ГОСТ 12.1.024-87 справедливо соотношение

$$L_{WA} = L_A + 10 \lg \frac{S}{S_0},$$

где  $S$  – площадь поверхности полусферы,  $m^2$ ;  
 $S_0 = 1 m^2$ .

Исходя из последней формулы при оценке шума, создаваемого трансформатором в эксплуатации, уровень звука на заданном расстоянии  $R$  от трансформатора ( $R > 30 m$ ) можно определить по формуле

$$L_A(R) = L_{WA} - 10 \lg \frac{S}{S_0}, \tag{1}$$

где  $S = 2\pi R^2$ .

Пусть на ПС расположены 2 ТМ и она расположена относительно рассматриваемой территории в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 27. Расстояния  $R_1$  и  $R_2$  неизвестны, а  $l$  - известно (из проекта).

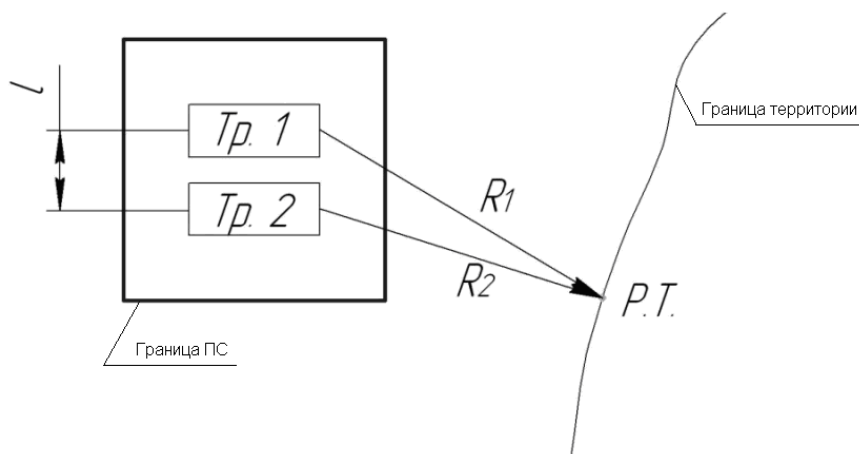


Рисунок 27 – Схема расположения ПС относительно жилой застройки

Чтобы определить минимальное расстояние от источников, расположенных на ПС, до границы жилой застройки по формуле (1) необходимо принять следующие допущения:

1) так как расстояние между трансформаторами  $l$  небольшое и  $R_1 \gg l, R_2 \gg l$  то два и более источника можно заменить одним. При этом его скорректированный уровень звуковой мощности будет равен

$$L_{WAS} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{WAi}},$$

где  $N$  – количество источников шума (ТМ);

$L_{WAi}$  – скорректированный уровень звуковой мощности  $i$ -го источника шума, дБА;

2) на границе жилой застройки уровень звука должен быть равен допустимому уровню звука  $L_A(R) = DY_{LA}$ . Тогда  $R = R_{\min}$ .

Исходя из принятых допущений выражение (1) можно переписать в следующем виде

$$DY_{LA} = L_{WAS} - 10 \lg \frac{2\pi R_{\min}}{S_0}$$

Разрешив последнее уравнение, относительно  $R_{\min}$  получим минимальное расстояние от источников шума на ПС до границы прилегающей территории

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0,1(L_{WAS} - DY_{LA})}}{2\pi}}$$

Любое  $R \geq R_{\min}$  будет обеспечивать соблюдение санитарных норм по шуму на прилегающей к ПС территории. В данном случае реализуется принцип «защита расстоянием», а  $R_{\min} = L_{сз}$  санитарно-защитная зона (СЗЗ) по шуму.

#### *Порядок расчета шума на примере реконструируемой подстанции*

1. По таблице 3 колонка № 13 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки» определяем допустимый уровень шума в зависимости от типа территории прилегающей к ПС. При этом необходимо принять во внимание, что для некоторых территорий допустимые уровни устанавливаются с учетом времени суток. В расчетах принимаем наиболее жесткие требования, установленные для времени суток с 23.00 часов и до 07.00 часов.

2. Определяем шумовые характеристики источника шума (модель ТМ известна из расчетной части проекта реконструкции ПС), согласно ГОСТ 12.1.024-87 ССБТ «Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля». В данном стандарте приводятся скорректированные уровни звуковой мощности трансформаторов в зависимости от типовой мощности, класса напряжения и вида системы охлаждения. Скорректированные уровни звуковой мощности приняты в качестве нормируемой величины шумовой характеристики трансформатора.

Для трансформаторов со значениями типовой мощности, которые отличаются от ряда мощностей, приведенных в ГОСТ 12.1.024-87, скорректированный уровень звуковой мощности определяют по ближайшей большей мощности.

3. По формуле (1) определяем уровни шума, создаваемые Tr1 и Tr2 (см. рисунок 6)

$$L_{A1} = L_{WA} - 10 \lg \frac{2\pi R_1^2}{S_0},$$



$$L_{A2} = L_{WA} - 10 \lg \frac{2\pi R_2^2}{S_0},$$

где  $R_1$  и  $R_2$  – расстояния от источников Тр1 и Тр2 до расчетной точки Р.Т. соответственно. Суммарный уровень шума в Р.Т. можно определить по формуле

$$L_{A\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^2 10^{0,1L_{Ai}}$$

Если  $L_{A\Sigma} \leq ДУ_{LA}$ , то предусматривать мероприятия по снижению шума не требуется.

Если  $L_{A\Sigma} > ДУ_{LA}$ , то необходимо:

- 1) определить требуемое снижение шума по формуле  $\Delta L_{TP} = L_A - ДУ_{LA}$ ;
- 2) разработать мероприятия, обеспечивающие снижение шума не менее чем на величину  $\Delta L_{TP}$ .

### **Задача 2. Расчет шума, создаваемого воздушными линиями электропередачи, и определение санитарно-защитной зоны для ВЛЭП**

*Условие задачи:*

Определить уровни звука, создаваемые ВЛ 500 кВ в соответствии с исходными данными для Вашего варианта, на разных расстояниях  $r$  от ее проекции крайней фазы на землю в середине пролета. Линия имеет горизонтальное расположение проводов с расстоянием между ними  $d=10,5$  м. Фазы расщепленные, состоящие из трех проводов АС-330 радиусом  $r_0=1,26$  см с шагом расщепления  $a$ . Высота подвеса проводов на опоре  $H_{п}=22$  м, габарит линии  $H_0=8,65$  м, средняя высота подвеса проводов над землей  $H_{ср}=13,1$  м. Грозозащитные тросы изолированы от опор, т.е. влияние их на электрическое поле проводов не учитывается. Построить зависимость  $L_A(r)$ . Определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы. Исходные данные приведены в таблице 3.

Рассчитать и построить зависимость максимальной напряженности электрического поля  $E_{max}$  от  $a$  (от 10 см до 85 см). Определить минимальное значение  $E_{max}$ . Для этого значения определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы.

Уровень звука  $L_A$  (дБА) при дожде, создаваемый одной фазой на расстоянии  $R$  (м) от проекции крайнего провода ВЛЭП на землю в зависимости от конструктивных параметров провода и максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода  $E_{max}$  (кВ/см) определяется по эмпирической формуле

$$L_A = 16 + 1,14E_{max} + 9r_0 + 15 \lg n - 10 \lg R,$$

где  $r_0$  – радиус провода, см;

$n$  – число проводов в расщепленной фазе.

Уровень звука  $L_{A\Sigma}$  (дБА) создаваемый ВЛЭП определяется по формуле

$$L_{A\Sigma} = L_A + 10 \lg n_{\phi}, \tag{2}$$

где  $n_\phi$  – количество фаз на опоре.

*Расчет максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода*

Максимальная напряженность электрического поля на поверхности провода (кВ/см) определяется по формуле

$$E_{\max} = K_y E_{cp},$$

где  $K_y$  – коэффициент, учитывающий усиление напряженности поля вследствие влияния зарядов на соседних проводах расщепленной фазы;

$E_{cp}$  – средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы, кВ/м.

Коэффициент усиления рассчитывается по формуле

$$K_y = 1 + (n - 1) \frac{r_0}{r_p},$$

где  $r_p$  – радиус расщепленной фазы, см.

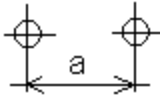
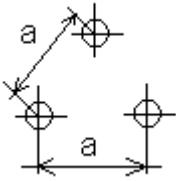
Расчет радиуса расщепленной фазы  $r_p$  зависит от схемы расположения проводов в ней. Количество проводов в расщепленной фазе зависит от класса напряжения ВЛЭП. Класс напряжения дается по линейному напряжению в кВ. В таблице 35 приведены схемы размещения проводов в расщепленной фазе в зависимости от класса напряжения.

Например, для ВЛЭП 500 кВ в связи с тем, что провода в расщепленной фазе составляют равносторонний треугольник (см. рисунок 28), радиус расщепленной фазы можно рассчитать по формуле

$$r_p = \frac{a}{\sqrt{3}},$$

где  $a$  – шаг расщепления, см.

Таблица 35 - Схема проводов в расщепленной фазе

№ п/п	Класс напряжения ВЛЭП, кВ	Количество проводов в расщепленной фазе	Схема размещения проводов в расщепленной фазе
1	330	2	
2	500	3	

№ п/п	Класс напряжения ВЛЭП, кВ	Количество проводов в расщепленной фазе	Схема размещения проводов в расщепленной фазе
3	750	4	
4	1150	6	

Средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы

$$E_{cp} = \frac{U_{\phi}}{nr_0 \ln\left(\frac{S}{r_0}\right)},$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, кВ;

$S$  – среднегеометрическое расстояние между фазами, см;

$r_0$  – эквивалентный радиус одиночного провода, имеющего ту же емкость, что и расщепленная фаза, см.

Фазное напряжение связано с линейным напряжением  $U_n$  (кВ) соотношением

$$U_{\phi} = \frac{U_n}{\sqrt{3}}.$$

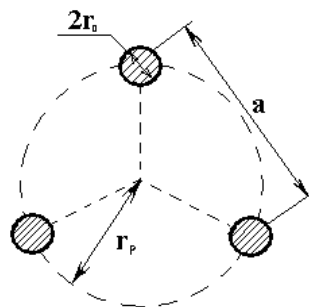


Рисунок 28 – Схема расположения проводов в расщепленной фазе ВЛЭП 500 кВ

Эквивалентный радиус провода  $r_{\text{экв}}$  рассчитывается по формуле

$$r_{\text{экв}} = \sqrt[n]{nr_0 r_p^{n-1}}.$$

Для ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов среднегеометрическое расстояние между фазами определяется по формуле

$$S = \frac{\sqrt[3]{2D_0}}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{D_0}{2H}\right)^2\right) \sqrt{1 + \left(\frac{D_0}{H}\right)^2}}},$$

где  $H$  – высота подвеса провода над поверхностью земли, м;

$D_0$  – расстояние между фазами, м.

При расчете шума наихудший вариант когда  $H = H_0$ , т.е. провода ВЛЭП располагаются наиболее близко к земле (см. рисунок 29).

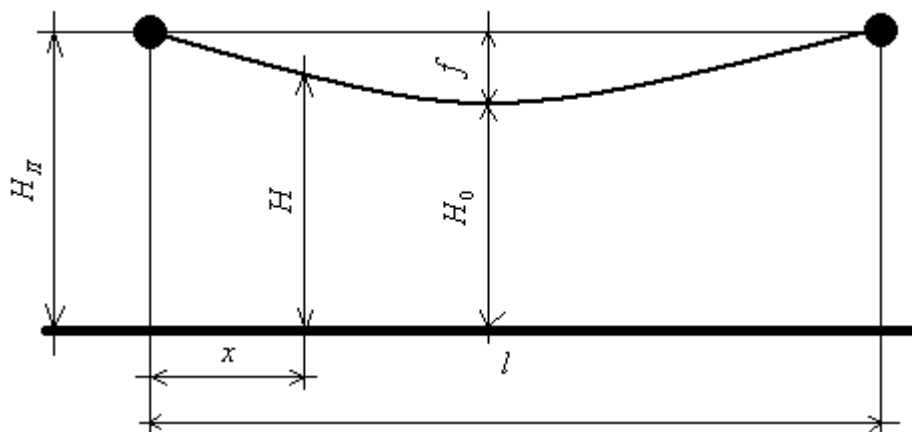
На рисунке 31 приведена зависимость шума, создаваемого ВЛЭП 500 кВ, в зависимости от расстояния  $L_{A\Sigma} = f(R)$ .

По формуле (2) можно определить минимальное расстояние от ВЛЭП до границы прилегающей территории, если принять  $L_{A\Sigma} = DV_{L_A}$  и  $R = R_{\text{min}}$ :

$$R_{\text{min}} = 10^{0,1(16+1,14E_{\text{max}}+9r_0+15\lg n+10\lg n_{\phi}-DV_{L_A})}. \quad (3)$$

Любое значение  $R \geq R_{\text{min}}$  будет обеспечивать соблюдение санитарных норм по шуму.

На практике конструктивные параметры ВЛЭП соответствуют оптимальным параметрам. Одним из важных параметров является шаг расщепления. На рисунке 32 показана зависимость максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода от величины шага расщепления для значений  $H_0 = 8,65$  м;  $D_0 = 10,5$  м;  $r_0 = 1,26$  см.



$H_{II}$  – высота подвеса проводов на опоре, м;

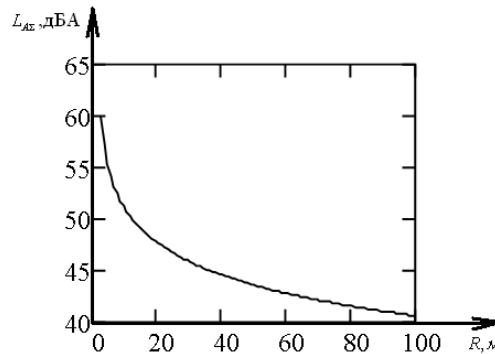
$H$  – высота подвеса проводов на опоре на расстоянии  $x$ , м;

$H_0$  – габарит линии (на расстоянии  $l/2$  от опоры), м;

$l$  – длина пролета линии, м;

$f$  – стрела провеса провода, м

Рисунок 29 – К определению высоты размещения провода над землей на разных расстояниях от опоры  $x$



$a = 31$  см;  $H_0 = 8,65$  м;  $D_0 = 10,5$  м;  $r_0 = 1,26$  см

Рисунок 31 – Зависимость  $L_{A\Sigma} = f(R)$

Из результатов расчета следует, что  $a_{opt} = 26$  см, при этом  $E_{max}$  принимает минимальное значение 19,04 кВ/см.

Если принять, что ВЛЭП проходит рядом с территорией прилегающей к селитебной зоне, для которой  $ДУ_{L_A} = 45$  дБА, то для различных значений  $a$  в таблице 36 приведены рассчитанные по формуле (4)  $R_{min}$ . Расчеты приведены для  $a = 31$  см;  $H_0 = 8,65$  м;  $D_0 = 10,5$  м;  $r_0 = 1,26$  см. В таблице 36 жирным шрифтом выделено значение  $a_{opt}$  и минимальное значение  $R_{min}$ .

Таблица 36 - Минимальные расстояния от ВЛЭП до границы селитебной зоны в зависимости от шага расщепления

$a$ , см	10	16	22	<b>26</b>	34	40	46	52	58	64	70	76	82
$R_{min}$ , м	59,92	43,66	40,08	<b>39,66</b>	40,54	42,02	43,88	45,98	48,26	50,68	53,21	55,84	58,56

Как следует из результатов расчета минимальный размер санитарно-защитной зоны для ВЛЭП по шуму ( $R_{min}$ ) соответствует оптимальному шагу расщепления  $a_{opt}$ . При таком шаге расщепления напряженность электрического поля на поверхности провода будет минимальна, следовательно, и интенсивность короны будет минимальна и уровень шума, создаваемый ВЛЭП так же будет минимальным.

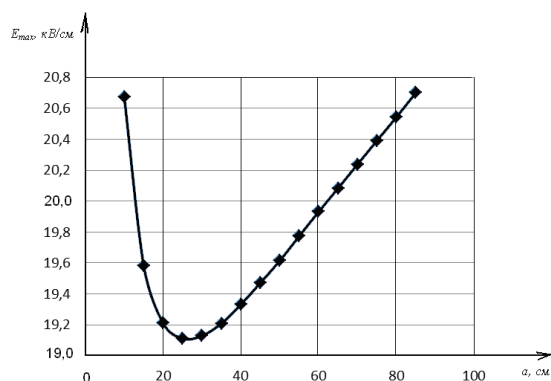


Рисунок 32 – Зависимость  $E_{max} = f(a)$

### Тема 5. Электромагнитные поля промышленной частоты

#### Задача 1. Расчет электрического поля, создаваемого воздушной линией электропередачи

Условие задачи:

Определить уровни звука, создаваемые ВЛ 500 кВ в соответствии с исходными данными для Вашего варианта, на разных расстояниях  $r$  от ее проекции крайней фазы на землю в середине пролета. Линия имеет горизонтальное расположение проводов с расстоянием между ними  $d=10,5$  м. Фазы расщепленные, состоящие из трех проводов АС-330 радиусом  $r_0=1,26$  см с шагом расщепления  $a$ . Высота подвеса проводов на опоре  $H_n=22$  м, габарит линии  $H_0=8,65$  м, средняя высота подвеса проводов над землей  $H_{cp}=13,1$  м. Грозозащитные тросы изолированы от опор, т.е. влияние их на электрическое поле проводов не учитывается. Построить зависимость  $L_A(r)$ . Определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы. Исходные данные приведены в таблице 3.

Рассчитать и построить зависимость максимальной напряженности электрического поля  $E_{max}$  от  $a$  (от 10 см до 85 см). Определить минимальное значение  $E_{max}$ . Для этого значения определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы.

Напряженность ЭП ПЧ  $E$  (кВ/м), создаваемая ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов на расстоянии  $x$  от проекции средней фазы на землю на высоте  $h$  (м) от поверхности земли рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{CU_\phi}{4\pi\epsilon_0} \times \sqrt{(2k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2}, \quad (4)$$

где  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$  – коэффициенты;

$C$  – емкость фазы относительно земли, Ф/м;

$\epsilon_0$  – электрическая постоянная, Ф/м ( $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ ).

Коэффициенты  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$  рассчитываются по следующим формулам

$$k_1 = \frac{x+d}{m_A^2} - \frac{x+d}{n_A^2};$$

$$k_2 = \frac{H-h}{m_A^2} + \frac{H+h}{n_A^2};$$

$$k_3 = \frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2};$$

$$k_4 = \frac{H-h}{m_B^2} + \frac{H+h}{n_B^2};$$

$$k_5 = \frac{x-d}{m_C^2} - \frac{x-d}{n_C^2};$$

$$k_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2},$$

где  $m$  и  $n$  – отрезки, являющиеся гипотенузами соответствующих прямоугольных треугольников (см. рисунок 33), м.

Отрезки  $m$  и  $n$  определяют по следующим формулам

$$m_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H-h)^2};$$

$$n_A = \sqrt{(x+d)^2 + (H+h)^2};$$

$$m_B = \sqrt{x^2 + (H-h)^2};$$

$$n_B = \sqrt{x^2 + (H+h)^2};$$

$$m_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H-h)^2};$$

$$n_C = \sqrt{(x-d)^2 + (H+h)^2}.$$

Расчет напряженности ЭП ПЧ проводится на высоте  $h = 1,8$  м. Это связано с тем, что после реализации проекта проводится инструментальный контроль  $E$ , который в соответствии с «Методические указания по определению электромагнитного поля воздушных высоковольтных линий электропередачи и гигиенические требования к их размещению» (утв. Минздравом СССР 30.05.1986 № 4109-86) должен проводиться на высоте  $h = 1,8$  м.

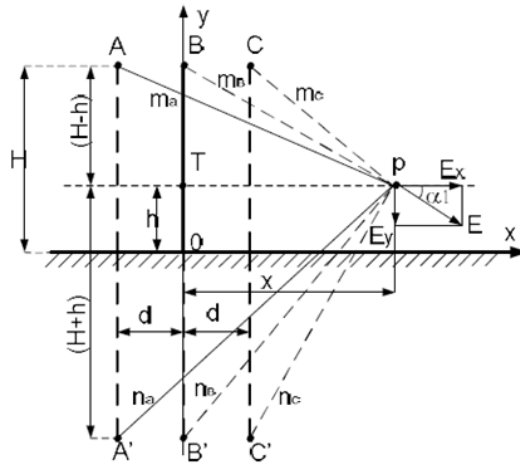


Рисунок 33 – К расчету напряженности ЭП ПЧ создаваемой ВЛЭП у поверхности земли на высоте  $h$  и расстоянии  $x$  от оси линии

Емкость фазы  $C$  (Ф/м) относительно земли на единицу длины линии с горизонтальным расположением проводов рассчитывается по формуле

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2H_{cp} D_0}{r_{экс} \sqrt[3]{(4H_{cp}^2 + D_0^2) \sqrt{H_{cp}^2 + D_0^2}}}},$$

где  $H_{cp}$  – средняя высота подвеса проводов над поверхностью земли, м;

$r_{экс}$  – эквивалентный радиус провода, м.

Эквивалентный радиус провода можно так же рассчитать по следующей формуле

$$r_{экс} = P \sqrt[n]{r_0 a^{n-1}},$$

где  $P$  - поправочный коэффициент.

Для  $n = 2$  и  $n = 3$  коэффициент  $P = 1$ , а для  $n = 4$   $P = 1,09$ .

Наибольшая напряженность ЭП ПЧ, создаваемая ВЛЭП, будет для значений  $H = H_0$  (см. рисунок 29), так как высота подвеса фаз над землей будет наименьшей.

На рисунке 34 приведены результаты расчета напряженности ЭП ПЧ по формуле (5) на разных расстояниях от оси ВЛЭП 500 кВ для значений  $a = 37$  см;  $H_0 = 8,65$  м;  $D_0 = 10,5$  м;  $r_0 = 1,26$  см.



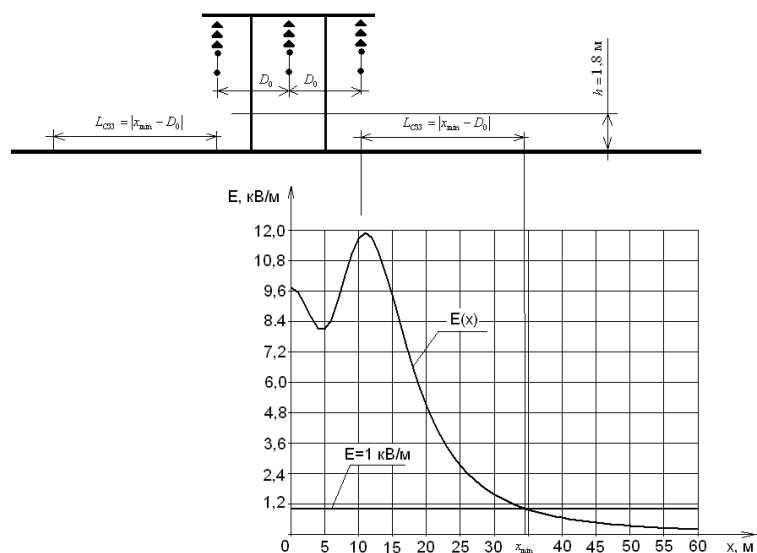


Рисунок 34 – Распределение напряженности ЭП ПЧ на разных расстояниях от оси ВЛЭП 500 кВ

Из определения СЗЗ для ВЛЭП по ЭП ПЧ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля следует, что одна граница СЗЗ ВЛЭП это проекция крайней фазы на землю, которая находится на расстоянии  $D_0$  от оси линии. Другая граница СЗЗ в точке на расстоянии  $x_{\min}$  на высоте  $h = 1,8$  м в которой напряженность ЭП ПЧ равна 1 кВ/м. СЗЗ расположены по обе стороны от оси ВЛЭП. Таким образом, размер СЗЗ по ЭП ПЧ для ВЛЭП можно определить по формуле (см. рисунок 12)

$$L_{CЗЗ} = |x_{\min} - D_0|.$$

### Тема 9. "Расчет маслоприемника под маслонаполненные силовые трансформаторы"

#### Задача 1. Расчет маслоприемников с отводом и без отвода трансформаторного масла

Условие задачи:

На ОРУ установлен маслонаполненный силовой трансформатор. Масса трансформаторного масла в трансформаторе равна  $M$ . Габариты трансформатора  $A \cdot B \cdot H$ .

1. Описать конструкцию маслоприемника.
2. Определить габариты маслоприемника.

#### Расчет маслоприемника без отвода трансформаторного масла

Если на открытом распределительном устройстве (ОРУ) установлен маслонаполненный силовой трансформатор и масса трансформаторного масла в нем масла более 1 т и меньше 20 тонн, то в соответствии с п. 4.2.69 «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ - 7-я редакция) маслоприемник допускается выполнять без отвода масла.

Маслоприемники без отвода масла должны выполняться заглубленной конструкции и закрываться металлической решеткой, поверх которой должен быть насыпан слой чистого гравия или промытого гранитного щебня толщиной не менее 0,25 м, либо непористого щебня другой породы с частицами от 30 до 70 мм. Уровень полного объема масла в маслоприемнике должен быть ниже решетки не менее чем на 50 мм.

Удаление масла и воды из маслоприемника без отвода масла должно предусматриваться передвижными средствами. При этом рекомендуется выполнение простейшего устройства для проверки отсутствия масла (воды) в маслоприемнике

Объем маслоприемника без отвода масла следует рассчитывать на прием 100 % объема масла, залитого в трансформатор (реактор), и 80 % воды от средств пожаротушения из расчета орошения площадей маслоприемника и боковых поверхностей трансформатора (реактора) с интенсивностью  $0,2 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  в течение 30 мин.

Габариты маслоприемника должны выступать за габариты трансформатора (реактора) не менее чем на  $\Delta \geq 0,6 \text{ м}$  при массе масла до 2 т;  $\Delta \geq 1 \text{ м}$  при массе от 2 до 10 т;  $\Delta \geq 1,5 \text{ м}$  при массе от 10 до 50 т;  $\Delta \geq 2 \text{ м}$  при массе более 50 т. При этом габарит маслоприемника может быть принят меньше на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора (реактора) на расстоянии менее 2 м.

Конструкция маслоприемника без отвода масла приведена на рисунке 35. На рисунке 16 показаны размеры для расчета длины и ширины маслоприемника.

Длину  $A_{\text{мп}}$  и ширину  $B_{\text{мп}}$  маслоприемника исходя из выше сказанного можно определить по формуле (см. рисунок 36)

$$A_{\text{мп}} = A_{\text{т}} + 2\Delta,$$

$$B_{\text{мп}} = B_{\text{т}} + 2\Delta,$$

где  $A_{\text{т}}$  – длина трансформатор, м;

$B_{\text{т}}$  – ширина трансформатора, м.

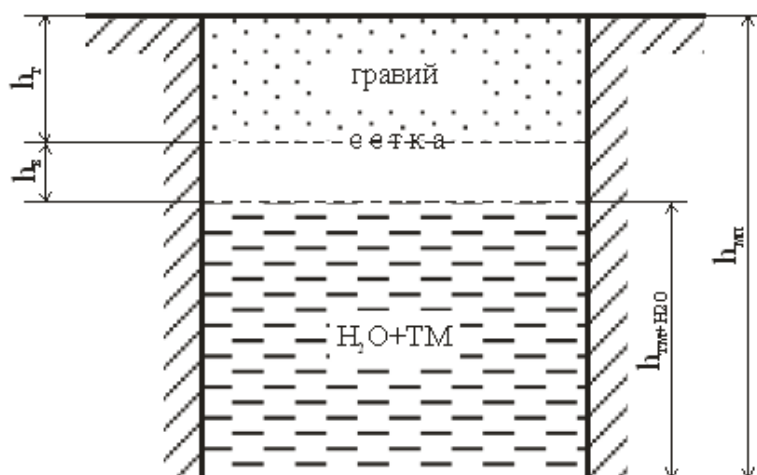


Рисунок 35 – Конструкция маслоприемника без отвода трансформаторного масла и воды (эскиз)

Площадь маслоприемника:

$$S_{\text{мп}} = A_{\text{мп}} B_{\text{мп}}.$$

Объем маслоприемника без отвода масла рассчитываем по формуле

$$V_{\text{мп}} = V_{\text{тм}} + 0,8V_{\text{вода}},$$

где  $V_{\text{тм}}$  – объем трансформаторного масла, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{вода}}$  – объем воды от средств пожаротушения, м<sup>3</sup>.

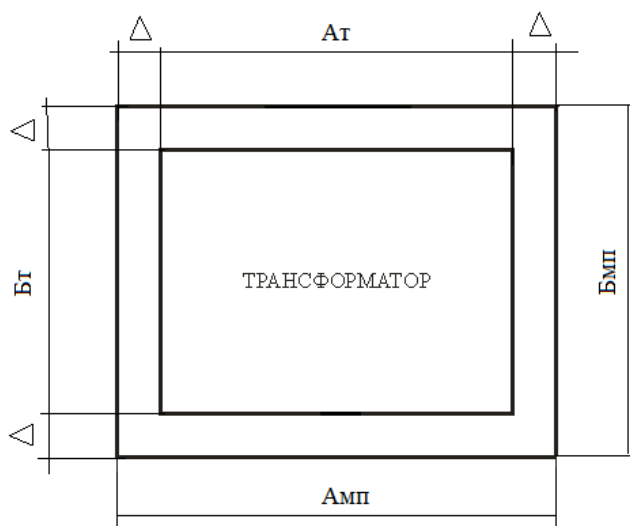


Рисунок 36 – К расчету габарита маслоприемника

Объем трансформаторного масла определяется по формуле

$$V_{\text{ТМ}} = \frac{M_{\text{ТМ}}}{\rho_{\text{ТМ}}},$$

где  $M_{\text{ТМ}}$  – масса трансформаторного масла, кг;  
 $\rho_{\text{ТМ}}$  – плотность трансформаторного масла, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_{\text{ТМ}} = (880 - 890) \text{ кг/м}^3$ ).  
 Объем воды от средств пожаротушения определяется по формуле:

$$V_{\text{ВОДЫ}} = 0,8It(S_{\text{МП}} + S_{\text{БПТ}}),$$

где  $I$  – интенсивность пожаротушения, л/(с·м<sup>2</sup>) ( $I = 0,2 \text{ л/(с·м}^2)$ );  
 $t$  – нормативное время пожаротушения, мин ( $t = 30 \text{ мин}$ );  
 $S_{\text{БПТ}}$  – площадь боковой поверхности трансформатора, м<sup>2</sup>.

Площадь боковой поверхности трансформатора равна:

$$S_{\text{БПТ}} = 2H_{\text{Т}}(A_{\text{Т}} + B_{\text{Т}}),$$

где  $H_{\text{Т}}$  – высота трансформатора, м.  
 Глубина маслоприемника равна

$$h_{\text{МП}} = h_{\text{ТМ}} + h_{\text{ВОДЫ}} + h_{\text{В}} + h_{\text{ГР}},$$

где  $h_{\text{ТМ}}$  – глубина маслоприемника для приема 100 % трансформаторного масла, м;  
 $h_{\text{ВОДЫ}}$  – глубина маслоприемника для приема 80 % воды от средств пожаротушения, м;  
 $h_{\text{В}}$  – глубина воздушного зазора между решеткой с гравием и смесью трансформаторного масла и воды в маслоприемнике, м (не менее 50 мм);  
 $h_{\text{ГР}}$  – толщина гравия (щебня), м (не менее 0,25 м).

Или последнюю формулу можно переписать в виде

$$h_{\text{МП}} = \frac{V_{\text{ТМ}}}{S_{\text{МП}}} + \frac{V_{\text{ВОДЫ}}}{S_{\text{МП}}} + h_{\text{В}} + h_{\text{ГР}}.$$

### *Расчет маслоприемника с отводом трансформаторного масла*

Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслonaполненных силовых трансформаторов (реакторов) с количеством масла более 1 т в единице должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники с соблюдением следующих требований:

1) габариты маслоприемника должны выступать за габариты трансформатора (реактора) не менее чем на 0,6 м при массе масла до 2 т; 1 м при массе от 2 до 10 т; 1,5 м при массе от 10 до 50 т; 2 м при массе более 50 т. При этом габарит маслоприемника может быть принят меньше на 0,5 м со стороны стены или перегородки, располагаемой от трансформатора (реактора) на расстоянии менее 2 м.

2) объем маслоприемника с отводом масла следует рассчитывать на единовременный прием 100 % масла, залитого в трансформатор (реактор).

3) маслоприемник с отводом масла выполняется в случае, если объем масла в единице маслonaполненного оборудования долее 20 т.

4) маслоприемники с отводом масла могут выполняться как заглубленными, так и незаглубленными (дно на уровне окружающей планировки). При выполнении заглубленного маслоприемника устройство бортовых ограждений не требуется, если при этом обеспечивается объем маслоприемника, указанный в п. 2.

5) маслоприемники с отводом масла могут выполняться:

- с установкой металлической решетки на маслоприемнике, поверх которой насыпан гравий или щебень толщиной слоя 0,25 м;

- без металлической решетки с засыпкой гравия на дно маслоприемника толщиной слоя не менее 0,25 м.

Незаглубленный маслоприемник следует выполнять в виде бортовых ограждений маслonaполненного оборудования. Высота бортовых ограждений должна быть не более 0,5 м над уровнем окружающей планировки.

Дно маслоприемника (заглубленного и незаглубленного) должно иметь уклон не менее 0,005 в сторону приямка и быть засыпано чисто промытым гранитным (либо другой непористой породы) гравием или щебнем фракцией от 30 до 70 мм. Толщина засыпки должна быть не менее 0,25 м.

Верхний уровень гравия (щебня) должен быть не менее чем на 75 мм ниже верхнего края борта (при устройстве маслоприемников с бортовыми ограждениями) или уровня окружающей планировки (при устройстве маслоприемников без бортовых ограждений).

Допускается не производить засыпку дна маслоприемников по всей площади гравием. При этом на системах отвода масла от трансформаторов (реакторов) следует предусматривать установку огнепреградителей;

Длину  $A_{мп}$  и ширину  $B_{мп}$  маслоприемника исходя из выше сказанного можно определить по формуле (см. рисунок 36)

$$A_{мп} = A_T + 2\Delta,$$

$$B_{мп} = B_T + 2\Delta,$$

где  $A_T$  – длина трансформатора, м;

$B_T$  – ширина трансформатора, м.

Площадь маслоприемника:

$$S_{мп} = A_{мп} B_{мп}.$$

Примем следующую конструкцию маслоприемника - с установкой металлической решетки на маслоприемнике, поверх которой насыпан гравий или щебень толщиной слоя 0,25

м. В этом случае конструкция маслоприемника с отводом масла, с учетом выше перечисленных требований, приведена на рисунке 37.

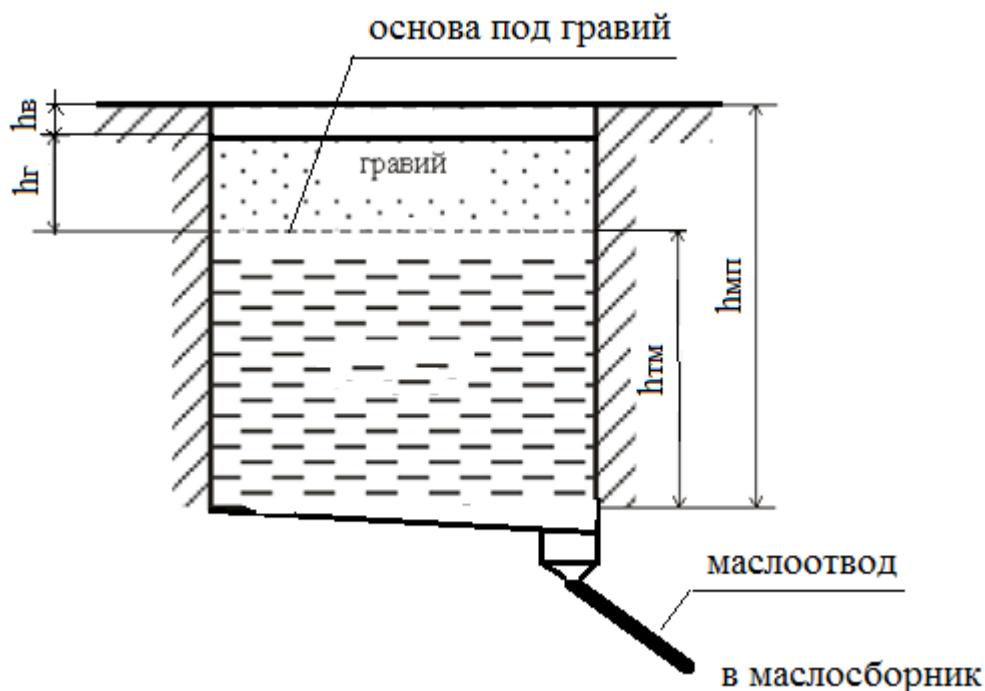


Рисунок 37 - Конструкция маслоприемника с отводом трансформаторного масла и воды (эскиз)

Объем трансформаторного масла определяется по формуле

$$V_{\text{ТМ}} = \frac{M_{\text{ТМ}}}{\rho_{\text{ТМ}}},$$

где  $M_{\text{ТМ}}$  – масса трансформаторного масла, кг;  
 $\rho_{\text{ТМ}}$  – плотность трансформаторного масла, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_{\text{ТМ}} = (880 - 890) \text{ кг/м}^3$ ).

Глубина маслоприемника с отводом трансформаторного масла принятой конструкции равна

$$h_{\text{МП}} = h_{\text{ТМ}} + h_{\text{в}} + h_{\text{ГР}},$$

где  $h_{\text{ТМ}}$  – глубина маслоприемника для приема 100 % трансформаторного масла, м;

$h_{\text{в}}$  – глубина воздушного зазора между гравием на решетке и нулевой отметки ОРУ, м (не менее 75 мм);

$h_{\text{ГР}}$  – толщина гравия (щебня), м (0,25 м).

Глубину маслоприемника для приема 100 % трансформаторного масла рассчитываем по формуле

$$h_{\text{ТМ}} = \frac{V_{\text{ТМ}}}{S_{\text{МП}}}.$$

## **Задача 2. Расчет маслоотвода и маслосборника**

*Условие задачи:*

На ОРУ установлен маслonaполненный силовой трансформатор. Масса трансформаторного масла в трансформаторе равна  $M$ . Габариты трансформатора  $A \cdot B \cdot H$ .

1. Описать конструкцию маслосборника.
2. Определить объем маслосборника и размеры маслоотводов.

Основные требования:

1) маслоотводы должны обеспечивать отвод из маслоприемника масла и воды, применяемой для тушения пожара, автоматическими стационарными устройствами и гидрантами на безопасное в пожарном отношении расстояние от оборудования и сооружений: 50 % масла и полное количество воды должны удаляться не более чем за 0,25 ч. Маслоотводы могут выполняться в виде подземных трубопроводов или открытых кюветов и лотков;

2) маслосборники должны предусматриваться закрытого типа и должны вмещать полный объем масла единичного оборудования (трансформаторов, реакторов), содержащего наибольшее количество масла, а также 80 % общего (с учетом 30-минутного запаса) расхода воды от средств пожаротушения. Маслосборники должны оборудоваться сигнализацией о наличии воды с выводом сигнала на щит управления. Внутренние поверхности маслоприемника, ограждений маслоприемника и маслосборника должны быть защищены маслостойким покрытием.

#### *Расчет маслоотводов*

Смотри подробный расчет, приведенный в «Рекомендации по проектированию систем отвода масла от трансформаторов на подстанциях» № 11099тм-т от 03,12.90 г. Данный документ выдается студентам в электронном виде.

#### *Расчет маслосборника*

Объем маслосборника должен быть не менее

$$V_{\text{МС}} \geq V_{\text{ТМ}} + V_{\text{Воды}},$$

$$V_{\text{Воды}} = 0,8It(S_{\text{МП}} + S_{\text{БПТ}}),$$

$$V_{\text{ТМ}} = \frac{M_{\text{ТМ}}}{\rho_{\text{ТМ}}}.$$

### 3. Методические рекомендации для проведения самостоятельной работы

1. Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

2. Методические рекомендации при подготовке к практическим занятиям

Целью проведения практических занятий является закрепление полученного на лекциях теоретико-методического материала, развитие логического мышления и аналитических способностей у будущих бакалавров. Методика проведения практических занятий предусматривает решение общих (типовых) задач и нескольких задач для самостоятельного решения. Темы практических занятий сообщаются студентам заранее и определены рабочей программой дисциплины.

Методические рекомендации для выполнения практических работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме практической работы, а также приведен порядок выполнения работы с требованиями к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях по теме практического занятия. Изучить выданный преподавателем материал по темам практических работ. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы. Ознакомиться с исходными данными для выполнения индивидуального задания. На практических занятиях задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить расчетно-графическую работу.

Оформление индивидуальных заданий выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 38.

В содержании должны быть отражены следующие пункты:

1. Содержание
2. Условие задачи
3. Теоретическая часть
4. Расчетная часть
5. Анализ результатов расчета
6. Выводы
7. Библиографический список
8. Приложения (при необходимости), например листинги программ по которым производились расчеты

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет:  
Кафедра:  
Направление подготовки:  
Направленность (профиль) образовательной программы:

Расчетно-графическая работа

Вариант № \_\_\_\_\_

по дисциплине: \_\_\_\_\_

Выполнил

студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

И.О.Ф.

(подпись, дата)

Проверил

должность, ученая степень \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

И.О.Ф.

(подпись, дата)

Благовещенск 20 \_\_\_\_\_

Рисунок 38 – Титульный лист отчета по индивидуальному заданию

3. Групповая консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (выполнение расчетно-графической работы, сдача зачета).

4. Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.



Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.