
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.240.55.096-2011

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
СТАЛЬНЫХ МНОГОГРАННЫХ ОПОР И ФУНДАМЕНТОВ
ДЛЯ ВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-500 кВ**

Дата введения: 01.07.2011

ОАО «ФСК ЕЭС»
2011

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации — ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним — ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации — ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте

1 **РАЗРАБОТАН:** Научно-исследовательской лабораторией конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС) ОАО «Северо-Западный энергетический инжиниринговый центр» (ОАО «СевЗап НТЦ»).

2 **ВНЕСЁН:** Департаментом технологического развития и инноваций ОАО «ФСК ЕЭС».

3 **УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ:** приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 01.07.2011 № 378.

4 **ВВЕДЕН: ВПЕРВЫЕ**

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: vaga-na@fsk-ees.ru; linniksp@fsk-ees.ru.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС».

Оглавление

[Введение](#)

[1 Область применения](#)

[2 Нормативные ссылки](#)

[3 Термины и определения](#)

[4 Общие положения](#)

[5 Алгоритм вычисления экономической эффективности](#)

[6 Определение объёмов работ для разработки сметной документации](#)

[7 Разработка сметной документации](#)

[8 Учёт стоимости эксплуатации ВЛ при выборе вида конструкций](#)

[Приложение 1. Входные и расчётные данные](#)

[Приложение 2. Объёмы работ](#)

[Приложение 3. Пример расчёта](#)

Введение

Стандарт Организации ОАО «ФСК ЕЭС» «Методические указания по оценке эффективности применения стальных многогранных опор и фундаментов для ВЛ напряжением 35-500 кВ» (далее — Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт устанавливает требования к вариантному проектированию линий электропередачи (ВЛ) на решетчатых, многогранных и железобетонных опорах и оценке сметной стоимости строительства ВЛ на этапе обоснования эффективности инвестиций.

Стандарт должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих не учтенные в Стандарте требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций.

1 Область применения

Стандарт распространяется на проектирование и устройство ВЛ напряжением 35-500 кВ на решетчатых, многогранных и железобетонных опорах. Стандарт предназначен для применения на первом этапе проектирования: при выборе основных технических решений.

Оценка эффективности выполняется на основании сравнения вариантов компоновки ВЛ из трех видов опор — стальных многогранных, металлических решетчатых, железобетонных на центрифугированных стойках и фундаментах к ним.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП II-23 -81*	Стальные конструкции;
СНиП 52-01-2003	Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения;
СНиП 2.01.07-85*	Нагрузки и воздействия;
СНиП 2.02.01-83*	Основания зданий и сооружений;
СНиП 2.02.03-85	Свайные фундаменты;
СНиП 2.03.11-85	Защита строительных конструкций от коррозии;
СНиП 3.05.06-85	Электротехнические устройства. Производство электромонтажных работ;
СП 50-101-2004	Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений;
СП 50-102-2003	Проектирование и устройство свайных фундаментов;
СП 52-101-2003	Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры;
СП 53-102-2004	Общие правила проектирования стальных конструкций;
ПУЭ	Правила устройства электроустановок, издание 7;
ГОСТ 5686-94	Грунты. Методы полевых испытаний сваями;
ГОСТ 19912-2001	Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием;
ГОСТ 20522-96	Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний;
ГОСТ 25100-95	Грунты. Классификация;
ГОСТ 27772-88*	Прокат для строительных стальных конструкций.

Примечание.

При использовании настоящего стандарта целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего

пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем Стандарте приведены термины по СП 50-102-2003 и СНиП 52-012003, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Стальная многогранная опора — опора со стойкой (стойками), выполненными в виде полых усеченных пирамид из стального листа с поперечным сечением в виде многогранника;

3.2 Железобетонная опора на центрифугированных стойках — опора на одной или двух центрифугированных стойках конического или цилиндрического кольцевого сечения с металлическими траверсами и, возможно, металлической тросостойкой;

3.3 Свая-оболочка — стальная труба, заполняемая частично или полностью бетонным раствором или грунтом, погружаемая в пробуренный котлован, забивкой, вдавливанием или вибропогружаемая с или без выемки грунта (сталежелезобетонная или стальная конструкция);

3.4 Бурунабивная свая — железобетонная свая сплошного или кольцевого сечения с уширениями и без них, бетонируемая непосредственно в пробуренной скважине, в том числе с закреплением стенок скважины обсадной трубой (железобетонная конструкция);

3.5 Бурунабивная свая большого диаметра — бурунабивная свая диаметром не менее 500 мм без уширений;

3.6 Свая винтовая — стальной ствол (труба) со стальной лопастью определённой конфигурации, обеспечивающей включение в работу грунта ненарушенной структуры, завинчиваемая в грунт специальными механизмами;

3.7 Железобетонный подножник — железобетонная фундаментная конструкция (цельная или составная), состоящая из вертикальной или наклонной стойки, соосной с поясом опоры, и плиты основания;

3.8 Анкерная плита — железобетонная фундаментная конструкция для крепления оттяжек опор ВЛ;

3.9 Устойчивые грунты — глинистые, суглинистые и другие связные грунты;

3.10 Неустойчивые грунты — песчаные, гравелистые и другие несвязные грунты.

4 Общие положения

4.1 Методические указания по оценке эффективности применения стальных многогранных опор и фундаментов для ВЛ напряжением 35-500 кВ предназначены для сравнения сметной стоимости строительства ВЛ на решетчатых, многогранных и железобетонных опорах и фундаментов к ним с учётом:

- стоимости материалов конструкций опор и фундаментов;
- затрат на строительные-монтажные работы;
- стоимости работ по отводу просеки;
- климатических и грунтовых условий на протяжении всей трассы ВЛ;
- вида пересекаемой местности (степь, лес, холмы);
- стоимости транспортных расходов.

4.2 Оценка эффективности применения стальных многогранных опор и

фундаментов производится на основании сравнения дисконтированных затрат на строительство и эксплуатацию ВЛ с аналогичными показателями при использовании на трассе других видов конструкций (стальных решетчатых или железобетонных опор) и вариантов их закрепления. Сравнение затрат для каждого варианта производится с учетом стоимости проектирования и строительства ВЛ. Даны рекомендации по учету затрат на эксплуатацию. Дополнительно должны быть учтены затраты на разработку новых конструкций.

4.3 Вариантное проектирование (выбор типа опор и фундаментов) начинается, когда известен район строительства, профиль трассы, климатические и геологические условия и распределение их по трассе. Вслед за выбором анкерных участков (мест установки анкерных опор) по общепринятым методикам производится расстановка промежуточных конструкций.

В простейшем случае сравнению подлежат варианты ВЛ, на которых используются однотипные по конструкции опоры. Например, по всей трассе только стальные многогранные или только стальные решетчатые (только железобетонные).

Для уменьшения сравниваемых вариантов необходимо сразу учитывать особенности трассы и на конкретных участках использовать те конструкции, которые позволят минимизировать затраты на строительство ВЛ в целом. Известно, что заведомо будет невыгодно размещать в труднодоступной местности многогранные опоры для ВЛ напряжением 330-500 кВ, для сооружения которых предъявляются очень высокие требования к качеству подъездных путей для дорогостоящей техники. Однако при строительстве ВЛ 110 кВ использование однотипных опор (как для промежуточных, так и для анкерных конструкций) будет оптимальным решением.

Количество вариантов, принимаемых к рассмотрению, не ограничено. Изучение международного опыта применения многогранных опор показывает, что для линий напряжением свыше 110 кВ целесообразно учитывать условия прохождения трассы и преимущественно использовать многогранные опоры в районах городской застройки, где предъявляются повышенные требования к минимизации отвода земли, к эстетическому виду опор, где стоимость подъездных путей для техники находится в разумных пределах. В труднодоступных районах стоимость ВЛ напряжением 220кВ и выше на решетчатых опорах может оказаться предпочтительней. При разработке вариантов ВЛ часто бывает целесообразно использовать и многогранные, и решетчатые стальные опоры в рамках одной линии.

5 Алгоритм вычисления экономической эффективности

5.1 Для вычисления экономической эффективности того или иного технического решения необходимо руководствоваться различными нормативными документами и правилами. При этом не существует четкого алгоритма действий — итерационного списка этапов работ, которые надо выполнить для вычисления стоимостного выражения экономической эффективности для выбранной компоновки опор и фундаментов.

5.2 Целью данного Стандарта является предоставление проектировщику детального алгоритма, разбитого на последовательные, четко сформулированные этапы.

Это позволит уйти от несовпадения расчетных данных при сравнении вариантов компоновки различными организациями.

5.3 Алгоритм вычисления экономической эффективности (далее Алгоритм) базируется на положениях ПУЭ-7, все формулы для большей наглядности расширены, даны дополнительные пояснения, наименования коэффициентов изменены так, что, по названию сразу понятно, за что отвечает тот или иной коэффициент. Алгоритм базируется на многолетнем опыте проектирования ВЛ.

5.4 Представленный Алгоритм является строго унифицированной последовательностью действий для получения оценки экономической эффективности строительства ВЛ при заданной компоновке опор и фундаментов. Такая организация

материала позволяет использовать данный Стандарт для разработки автоматизированных программных продуктов для вычисления экономической эффективности (сметной стоимости) строительства ВЛ при принятии тех или иных технических решений.

5.5 Задание профиля

На первом этапе необходимо задать трассу, для которой будут рассматриваться различные варианты компоновки опор и фундаментов. Для этого необходимо располагать горизонтальным профилем трассы.

При задании профиля необходимо определить все характеристики трассы: геодезические, административные, коммуникационные, а именно:

1) тип местности — тип угодий, административная принадлежность, описание лесных земель;

необходимо задать районирование местности по всей протяженности трассы;

2) высотные характеристики — задаются уровни земли на всем протяжении проектируемой трассы относительно Кронштадтского футштока;

с горизонтального профиля считаются основные точки изменения поверхности;

3) углы поворота — задаются углы поворота проектируемой трассы;

4) пересекаемые объекты и коммуникации — задаются пересекаемые реки, озера, дороги, ж/д, ВЛ, также если пересекается другой «тип местности» (см. пп.1), — данный тип определяется как пересечение;

при пересечении объектов ВЛ задаются углы пересечения;

5) грунтовые условия — по отдельным участкам задаются типы грунтов на всем протяжении трассы; грунты задаются повысотно в местах бурения скважин;

на данном этапе можно сразу произвести расчет среднего грунта, который и будет учитываться при подборе фундаментов; для этого характеристики грунтов заносятся в **таблицу № 9 «Грунты» приложения № 1**, в которой подсчитываются средние характеристики грунтов, по которым получается средневзвешенный грунт;

номер скважины из **таблицы № 9 приложения № 1** заносится в **таблицу № 1 «Профиль трассы» приложения № 1 (строка Грунты)**.

Данные, задаваемые в п. 5.5 предоставляются изыскателями. Для дальнейшей работы с данными по п. 5.5 их необходимо занести в общую таблицу (**таблицу № 1 в приложении № 1**).

На данном этапе все исходные данные анализируются по профилю трассы.

5.6 Расстановка анкерных опор

Для определения экономической эффективности требуется подсчитать все расходы, связанные со строительством ВЛ для разных компоновок опор и фундаментов.

На первом этапе расстановки устанавливаются анкерные опоры. Промежуточные опоры расставляются между анкерными участками по 3-м кривым (описание алгоритма расстановки промежуточных опор приводится в п. 5.9 «Расстановка промежуточных опор»). Фундаменты подбираются исходя из нагрузок от опор и характеристик средневзвешенного грунта.

На данном этапе требуется определить:

- тип расставляемых анкерных опор: железобетонные, решетчатые металлические или многогранные;

- количество цепей у будущей ВЛ;

- класс напряжения;

- максимальную длину анкерного пролета (определяется исходя из геолого-климатических особенностей местности) (**таблица № 3 «Информация по ВЛ» приложения № 1**).

В дальнейшем, при «задании участков» (см. п. 5.7), можно будет задать другой материал для промежуточных опор.

Для выбранного типа опор надо подобрать вручную конкретные анкерно-угловые опоры для разных углов (**таблица № 2 «Анкерные опоры» приложения № 1**); при этом для упрощения можно остановиться и на одной анкерно-угловой опоре с большим углом поворота.

На основе заданного профиля (см. п. 5.5), следует произвести расстановку анкерных опор в точках поворота, пересечениях коммуникаций (если это требуется по требованиям ПУЭ-7) (**таблица № 1 приложения № 1**). Большие анкерные пролеты следует поделить на меньшие, исходя из максимально возможной длины анкерного участка (**таблица № 3 приложения № 1**).

При завершении данного этапа анкерно-угловые опоры расставлены по профилю трассы, на всём протяжении трассы ВЛ определены все анкерные участки.

5.7 Задание климата

Одна трасса ВЛ может пролегать в нескольких климатических зонах. Климатические условия влияют на расчет нагрузок на опору, которые нужны для последующей расстановки промежуточных опор.

Для заданного профиля (см. п. 5.5) определяются участки границ климатических зон (**Таблица № 1 приложения № 1**) и для каждого участка задаются климатические характеристики (**Таблица № 4 «Климатические характеристики» приложения № 1**): температура, напор ветра, толщина стенки гололеда.

В зависимости от климатической зоны и условий труда меняются различные коэффициенты, поэтому вместе с заданием климатических характеристик следует задавать и таблицу коэффициентов (**пп. 22-33 таблицы № 4 приложения № 1**). Следует иметь в виду, что большинство коэффициентов задается однозначно (подробнее см. п. 5.8.2), кроме двух коэффициентов: коэффициент региональный по гололеду ($K_{\text{регГол}} = 1.0-1.5$) и коэффициент региональный по ветру ($K_{\text{регВет}} = 1.0-1.3$), которые определяются на основании опыта эксплуатации и указываются в задании на проектирование.

Для всей трассы также необходимо задать тип провода и троса, которые будут использованы, а также определить тип промежуточных опор.

Для удобства, эти данные можно также задавать по участкам как климатические характеристики и таблицы коэффициентов (**Таблица № 4 приложения № 1**). Заданные марки проводов, тросов и промежуточных опор с их характеристиками надо занести в **таблицы № 5 «Провода», № 6 «Тросы» и № 7 «Промежуточные опоры» приложения № 1** соответственно.

Если для заданного участка подходят несколько промежуточных опор, то при выборе следует руководствоваться минимальной стоимостью изготовления, суммированной со стоимостью доставки к месту строительства.

Данную возможность (для каждого участка указывать провод, трос и тип промежуточной опоры) можно не использовать по желанию проектировщика.

Для разных участков некоторые параметры могут совпадать. Например: для всех участков тип провода и троса может быть один и тот же и т.д.

Трасса делится на участки. Для каждого участка задаются:

- 1) тип провода;
- 2) тип троса, ВОЛС;
- 3) тип промежуточной опоры: железобетонные, решетчатые металлические, многогранные; выбирается марка опоры из выбранного диапазона;
- 4) климатические условия;
- 5) таблица коэффициентов.

При завершении данного этапа получается трасса, разбитая на участки, для каждого из которых заданы провод и трос, марка промежуточной опоры для расстановки на данном участке, климатические условия и таблица коэффициентов.

5.8 Систематический расчет провода и троса

Для расстановки промежуточных опор по профилю, необходимо рассчитать нагрузки на них.

На основе габаритных характеристик выбранных промежуточных опор (таблица № 7 приложения № 1), климатических характеристик (таблица № 4 приложения № 1), типа провода (таблица № 5 приложения № 1) и троса (таблица № 6 приложения № 1) для каждого участка, а также коэффициентов (таблица № 4 приложения № 1), производится следующий расчет, результаты которого заносятся в таблицу № 8 «Расчетные данные» приложения № 1.

5.8.1 Стрела провеса провода и приведенный центр тяжести провода.

Стрела провеса провода рассчитывается по формуле:

$$f_n = h_1 - h_{гир} + h_{габ} \quad (5.1)$$

где

f_n – стрела провеса провода, м ;

h_1 – высота до нижней траверсы, м ;

$h_{гир}$ – длина гирлянды изоляторов провода, м ;

$h_{габ}$ – габарит до земли в середине пролета, м .

Приведенный центр тяжести провода рассчитывается по формуле:

$$h_{прп} = h_{ср} - 2/3 f_n \quad (5.2)$$

где

$h_{прп}$ – приведенный центр тяжести провода, м ;

$h_{ср}$ – среднеарифметическое значение высоты крепления проводов к изоляторам, м ;

Среднеарифметическое значение высоты крепления проводов к изоляторам рассчитывается по формуле:

$$h_{ср} = \frac{n_1 h_{1с} + n_2 h_{2с} + n_3 h_{3с}}{n_1 + n_2 + n_3} \quad (5.3)$$

где

n_1 – количество проводов на 1 ярусе;

n_2 – количество проводов на 2 ярусе;

n_3 – количество проводов на 3 ярусе;

$h_{1с} = h_1 - h_{гир}$;

$h_{2с} = h_{1с} + h_2$;

h_2 – высота от нижней до средней траверсы, м ;

$h_{3с} = h_{2с} + h_3$;

h_3 – высота от средней до верхней траверсы, м ;

Данные для расчетов берутся из таблицы № 7 приложения № 1, а результаты заносятся в таблицу № 8 приложения № 1.

5.8.2 Погонные и приведенные нагрузки на провод

Погонная нагрузка от собственного веса провода рассчитывается по формулам:

$$P_{1н} = G_n \quad (5.4)$$

где

$P_{1н}$ — нормативная нагрузка от веса провода, кгс/м;

G_n — погонный вес провода, кгс/м;

$$P_{1р} = K_{надВес} \cdot P_{1н} \quad (5.5)$$

$P_{1р}$ — расчетная нагрузка от веса провода, кгс/м;

$K_{надВес}$ — коэффициент надежности по весовой нагрузке, равный 1.05;

Расчетная нагрузка от веса провода $P_{1р}$ заносится в таблицу № 8 приложения № 1.

Погонная нагрузка от веса гололёда рассчитывается по формулам:

$$P_{2n} = \pi \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_s \cdot \left[\left(+ k_i \cdot k_d \cdot b_s \right) \right] P \cdot 0.001 \quad (5.6)$$

где

P_{2n} — нормативная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода, кгс/м;

k_i, k_d — коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте в зависимости от диаметра провода, принимаются по таблице 5.1;

b_s — толщина стенки гололеда эквивалентная, мм;

d — диаметр провода, мм;

P — плотность льда, принимаемая равной 0.9 г/см³;

$$P_{2p} = P_{2n} \cdot K_{надОтвГол} \cdot K_{регГол} \cdot K_{надГол} \cdot K_{усл} \quad (5.7)$$

P_{2p} — расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода, кгс/м;

$K_{надОтвГол}$ — коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1.0 — для ВЛ до 220 кВ; 1.3 — для ВЛ 330-750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах, независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;

Таблица 5.1. Коэффициенты k_i, k_d .

$h_{нрп}, м$	k_i	$d, мм$	k_d
25	1	10	1
30	1.4	20	0.9
50	1.6	30	0.8
70	1.8	50	0.7
100	2	70	0.6

В таблице 5.1 для промежуточных высот $h_{нрп}$ значения коэффициентов k_i и k_d определяются линейной интерполяцией.

$K_{регГол}$ — региональный коэффициент, принимаемый равным от 1 до 1.5 на основании опыта эксплуатации; указывается в задании на проектирование;

$K_{надГол}$ — коэффициент надежности по гололедной нагрузке, равный 1.3 для районов по гололеду I и II; 1.6 — для районов по гололеду III и выше;

$K_{усл}$ — коэффициент условий работы, равный 0.5;

$$P_{2po} = P_{2n} \cdot K_{надОтвГол} \cdot K_{регГол} \cdot K_{надГол} \cdot K_{услОпора} \quad (5.8)$$

P_{2po} — расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода, воспринимаемая опорами, кгс/м;

$K_{услОпора}$ — коэффициент условий работы, равный: 1.0 — при расчете по первой группе предельных состояний; 0.5 — при расчете по второй группе предельных состояний;

Расчет производится по двум гололедным режимам: в формуле 5.6 b_s (толщина стенки гололеда эквивалентная) принимается равной «толщине стенки гололеда 1 экв» и «толщине стенки гололеда 2 экв» из **таблицы № 4 приложения № 1**.

Рассчитанные данные ($P_{2p1}, P_{2po1}, P_{2p2}, P_{2po2}$) заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1**.

Погонная нагрузка от веса провода, покрытого гололёдом, рассчитывается по формулам:

$$P_{3p} = P_{1p} + P_{2p} \quad (5.9)$$

где

P_{3p} — расчетная линейная нагрузка от веса провода и гололеда на 1 м провода, кгс/м;

$$P_{3po} = P_{1p} + P_{2po} \quad (5.10)$$

где

p_{3po} — расчетная линейная нагрузка от веса провода и гололеда на 1 м провода, воспринимаемая опорами, кгс/м;

Расчет производится по двум гололедным режимам: в формулу 5.9 подставляются значения p_{2p1} и p_{2p2} , в формулу 5.10 подставляются значения p_{2p1} и p_{2p2} , p_{2po1} и p_{2po2} .

Расчитанные данные (p_{3p1} , p_{3po1} , p_{3p2} , p_{3po2}) заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1**.

Погонная нагрузка от давления ветра на провод, свободный от гололёда, рассчитывается по формулам:

$$p_{4н} = k_w \cdot a_w \cdot c_x \cdot W \cdot d \cdot 0.001 \cdot k_1 \cdot l_{ветр} \quad (5.11)$$

где

$p_{4н}$ — нормативная ветровая нагрузка на провод, действующая перпендикулярно проводу, кгс/м;

k_w — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности (**пп. 6 таблицы № 4 приложения № 1**), принимается по таблице 5.2;

a_w — коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ, принимается по таблице 5.3;

c_x — коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1.1 — для проводов диаметром 20 мм и более; 1.2 — для проводов диаметром менее 20 мм;

W — нормативное ветровое давление на высоте 10 м над поверхностью земли (**см. таблицу № 4 приложения № 1**), кг/м²;

d — диаметр провода (**см. таблицу № 5 приложения № 1**), мм ;

k_1 — коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1.2 при длине пролета до 50 м, 1.1 — при 100 м, 1.5 — при 150 м, 1.0 — при 250 м и более; промежуточные значения определяются интерполяцией;

$l_{ветр}$ — длина ветрового пролета, принимаемая равной $1.1 \cdot l_{габ}$ (длина габаритного пролета) (**см. таблицу № 7 приложения № 1**), м .

На данном этапе вычислений следует опустить последние два множителя в формуле 5.11 (в скобках). Длина габаритного пролёта будет определена в п. 5.8.3, после чего необходимо вычислить ветровой пролёт и коэффициент k_1 .

Таблица 5.2 Коэффициент k_w .

$h_{нпр}, м$	k_w для типов местности		
	А	В	С
до 15	1	0.65	0.4
20	1.25	0.85	0.55
40	1.5	1.1	0.8
60	1.7	1.3	1
80	1.85	1.45	1.15
100	2	1.6	1.25
150	2.25	1.9	1.55
200	2.45	2.1	1.8
250	2.65	2.3	2
300	2.75	2.5	2.2
350 и выше	2.75	2.75	2.35

В таблице 5.2 для промежуточных высот значение коэффициента k_w определяется

линейной интерполяцией.

В таблице 5.2 типы местности берутся из **пп. 6 таблицы № 4 приложения № 1** и могут принимать следующие значения:

- А — открытые побережья морей, озер, водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;
- В — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой не менее 2/3 высоты опор;
- С — городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м, просеки в лесных массивах с высотой деревьев более высоты опор, орографически защищенные извилистые и узкие склоновые долины и ущелья.

ВЛ считается расположенной в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны ВЛ на расстоянии, равном тридцатикратной высоте опоры при высоте опор до 60 м и 2 км при большей высоте.

Таблица 5.3 Коэффициент a_w .

$k_w \cdot W$ (или $k_w \cdot W_m$, или $k_w \cdot W_r$), кг/м ²	a_w
до 20	1
24	0.94
28	0.88
30	0.85
32	0.83
36	0.8
40	0.76
50	0.71
58 и более	0.7

В таблице 5.3 промежуточные значения a_w определяются интерполяцией.

$$p_{4ин} = k_w \cdot a_w \cdot c_x \cdot W_m \cdot d \cdot 0.001 \cdot \left(\frac{l_{опер}}{l_{опер}} \right) \quad (5.12)$$

где

$p_{4ин}$ — нормативная ветровая нагрузка на провод при монтаже, кгс/м²;

W_m — нормативное ветровое давление на высоте 10 м над поверхностью земли, принимаемое равным 5 кг/м².

На данном этапе вычислений следует опустить последние два множителя в формуле 5.12 (в скобках). Длина габаритного пролёта будет определена в п. 5.8.3, после чего необходимо вычислить ветровой пролёт и коэффициент k_l .

$$p_{4bn} = k_w \cdot a_w \cdot c_x \cdot W_r \cdot d \cdot 0.001 \cdot \left(\frac{l_{опер}}{l_{опер}} \right) \quad (5.13)$$

где

p_{4bn} — нормативная ветровая нагрузка на провод при грозе, кгс/м²;

$W_r = K_{гроза} \cdot W$; при значении $W_r < 5$ кг/м², то W_r принимается равным 5 кг/м²;

$K_{гроза}$ — коэффициент уменьшения скоростного напора ветра при грозе, принимаемый равным 0.06.

На данном этапе вычислений следует опустить последние два множителя в формуле 5.12 (в скобках). Длина габаритного пролёта будет определена в п. 5.8.3, после чего необходимо вычислить ветровой пролёт и коэффициент k_l .

$$p_{4р} = p_{4н} \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВет} \quad (5.14)$$

где

$p_{4р}$ — расчетная ветровая нагрузка на провод, кгс м ;

$K_{надОтвВет}$ — коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1.0 — для ВЛ до 220 кВ; 1.1 — для ВЛ 330-750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а

также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;

$K_{регВет}$ — региональный коэффициент, принимаемый равным от 1.0 до 1.3 на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

$K_{надВет}$ — коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1.1;

$$p_{4po} = p_{4н} \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВетОпора} \quad (5.15)$$

где

p_{4po} — расчетная ветровая нагрузка на провод, воспринимаемая опорами, $кгс/м^2$;

$K_{надВетОпора}$ — коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный: 1.3 — при расчете по первой группе предельных состояний; 1.1 — при расчете по второй группе предельных состояний;

$$p_{4ар} = p_{4ан} \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВет} \quad (5.16)$$

где

$p_{4ар}$ — расчетная ветровая нагрузка на провод при монтаже, $кгс/м^2$;

$$p_{4бр} = p_{4бн} \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВет} \quad (5.17)$$

где

$p_{4бр}$ — расчетная ветровая нагрузка на провод при грозе, $кгс/м^2$;

Погонная нагрузка от давления ветра на провод, покрытый гололедом, рассчитывается по формулам:

$$p_{5н} = k_w \cdot a_w \cdot c_x \cdot W_T \cdot F \cdot (k_l \cdot l_{ветр}) \quad (5.18)$$

где

$p_{5н}$ — нормативная ветровая нагрузка на провод, покрытый гололедом, действующая перпендикулярно проводу, $кгс/м$;

W_T — нормативное ветровое давление при гололеде (см. таблицу № 4 приложения № 1), $кг/м^2$;

На данном этапе вычислений следует опустить последние два множителя в формуле 5.12 (в скобках). Длина габаритного пролёта будет определена в п. 5.8.3, после чего необходимо вычислить ветровой пролёт и коэффициент k_l .

F — площадь продольного диаметрального сечения провода с учетом условной толщины стенки гололеда, $м^2$, рассчитывается по формуле:

$$F = (d + 2 \cdot k_l \cdot k_d \cdot b_y) \cdot 0.001 \quad (5.19)$$

где

b_y — толщина стенки гололеда условная, $мм$;

$$p_{5р} = p_{5н} \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВет} \quad (5.20)$$

где

$p_{5р}$ — расчетная ветровая нагрузка на провод, покрытый гололедом, $кгс/м^2$;

$$p_{5po} = p_{5н} \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВетОпора} \quad (5.21)$$

где

p_{5po} — расчетная ветровая нагрузка на провод, покрытый гололедом, воспринимаемая опорами, $кгс/м^2$;

Расчет производится по двум гололедным режимам: в формуле 5.19 b_y (толщина стенки гололеда условная) принимается равной «толщине стенки гололеда 1 усл» и «толщине стенки гололеда 2 усл» из таблицы №4 приложения №1. Рассчитанные данные ($p_{5р1}$, $p_{5р2}$, p_{5po1} , p_{5po2}) заносятся в таблицу №8 приложения №1.

Погонная нагрузка от веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда, рассчитывается по формулам:

$$p_6 = \sqrt{(p_{1р}^2 + p_{4р}^2)} \quad (5.22)$$

где

p_6 — нагрузка от веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда,

кгс/м²;

$$p_{6a} = \sqrt{(p_{1p}^2 + p_{4ap}^2)} \quad (5.23)$$

где

p_{6a} — нагрузка от веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда при монтаже, кгс/м²;

$$p_{6b} = \sqrt{(p_{1p}^2 + p_{4bp}^2)} \quad (5.24)$$

где

p_{6b} — нагрузка от веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда при грозе, кгс/м²;

Погонная нагрузка от веса провода, покрытого гололёдом, рассчитывается по формуле:

$$p_7 = \sqrt{(p_{3p}^2 + p_{5p}^2)} \quad (5.25)$$

где

p_7 — нагрузка от веса провода, покрытого гололедом, кгс/м²;

Расчет производится по двум гололедным режимам: в формуле 5.25 на место p_{3p} и p_{5p} подставляются соответственно пары p_{3p1} , p_{5p1} и p_{3p2} , p_{5p2} из **таблицы № 4 приложения № 1**. Рассчитанные данные (p_{71} , p_{72}) заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1**.

Определение приведённых нагрузок производится по формуле:

$$\gamma_i = p_i / s \quad (5.26)$$

где

γ_i — значение приведенной нагрузки, кгс/(м·мм²);

p_i — значение погонной нагрузки, кгс/м;

s — площадь сечения провода, мм².

Значения γ_i рассчитываются для следующих погонных нагрузок: p_{1p} , p_{3p1} , p_{3p2} , p_6 , p_{6a} , p_{6b} , p_{71} , p_{72} . Полученные значения приведенных нагрузок заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1**.

5.8.3 Габаритный пролёт

Габаритный пролёт рассчитывается по формуле:

$$l_{\text{габ}} = \sqrt{(8 \cdot f_n \cdot \sigma / \gamma)} \quad (5.27)$$

$$\sigma = [N + \sqrt{(N^2 + 4 \cdot (1 + M) \cdot K)}] / 2 \cdot (1 + M) \quad (5.28)$$

где

$N = \sigma_0 - \alpha \cdot E \cdot (t - t_0)$;

$M = (\gamma_0^2 / \gamma \cdot E \cdot f_n) / 3 \cdot \sigma_0^2$;

$K = \gamma \cdot E \cdot f_n / 3$;

f_n — стрела провеса провода, м;

α — температурный коэффициент линейного расширения (**таблица № 5 приложения № 1**), °C⁻¹;

E — модуль упругости (**таблица №5 приложения №1**), кг/мм²;

σ_0 , t_0 , γ_0 — исходное состояние;

t , γ — искомое состояние.

Габаритный пролет рассчитывается для 3-х исходных состояний: максимальная нагрузка, минимальная температура и среднеэксплуатационные условия (см. таблицу 5.4).

За габаритный пролет принимается минимальное значение пролета рассчитанного для каждого исходного состояния.

Таблица 5.4 Исходные состояния для расчёта габаритного пролёта.

Исходное состояние	σ_0 , кг/мм ² см. табл. №5 прил. №1	t_0 , °C см. табл. №4 прил. №1	γ_0 , кгс/(м·мм ²) см. табл. №8 прил. №1
--------------------	---	--	---

Максимальная нагрузка	$\sigma_{(r)}$	$t_{(r)}$ или $t_{(в)}$ если $\gamma_6 > \gamma_7$	γ_6 или γ_7 если $\gamma_6 > \gamma_7$
Минимальная температура	$\sigma_{(-)}$	$t_{(-)}$	γ_1
Среднеэксплуатационные условия	$\sigma_{(e)}$	$t_{(e)}$	γ_1

Для определения параметров искомого состояния надо руководствоваться тем, что максимальная стрела, по которой определяется габаритный пролет, может быть не при максимальной температуре, а при наибольшей (весовой) нагрузке.

Для выбора правильного искомого состояния следует руководствоваться таблицей 5.5 и критерием t_k , который определяется по формуле:

$$t_k = t_{(r)} + \sigma_{(r)} / (\alpha \cdot E) \cdot (1 - \gamma_1 / \gamma_3) \quad (5.29)$$

Таблица 5.5 Выбор искомого состояния

Критерий выбора <i>см. табл. №4 прил. №1</i>	Искомое состояние	t , °C <i>см. табл. №4 прил. №1</i>	γ , кгс/(м·мм ²) <i>см. табл. №8 прил. №1</i>
$t_{(+)} > t_k$	Максимальная температура	$t_{(+)}$	γ_1
$t_{(+)} \leq t_k$	Наибольшая (весовая) нагрузка	$t_{(r)}$	γ_3

Габаритный пролет вычисляется для неоткорректированных приведенных нагрузок.

Габаритный пролет следует вычислить для каждого гололедного режима (γ_{31} , γ_{71} и γ_{32} , γ_{72}) и выбрать среди них минимальный, который и принимается за габаритный пролет и заносится пп. 34 таблицы № 8 приложения № 1.

5.8.4 Коррекция погонных и приведённых нагрузок на провод

Рассчитав габаритный пролет, необходимо вернуться к п. 5.8.2 формулы 5.11, 5.12, 5.13, 5.18 и произвести расчет по данным формулам с последним множителем.

Далее необходимо последовательно произвести расчет по формулам 5.14-5.17 и 5.20-5.25 и занести полученные откорректированные значения в таблицу № 8 приложения № 1.

Затем следует рассчитать откорректированные приведенные нагрузки для следующих погонных нагрузок: p_6 , p_{6a} , p_{6b} , p_{71} , p_{72} по формуле 5.26 и занести полученные значения откорректированных приведенных нагрузок в таблицу № 8 приложения № 1.

5.8.5 Стрела провеса троса и приведенный центр тяжести троса

Стрела провеса троса рассчитывается по формуле:

$$f_T = h_T - h_{габТ} \quad (5.30)$$

где

f_T — стрела провеса троса, м;

h_T — высота крепления троса к изолятору, м ;

$h_{габТ}$ — габарит троса, м ;

$$h_T = h_1 + h_2 + h_3 + h_{тр} - h_{гТ} \quad (5.31)$$

где

h_1 — высота до нижней траверсы, м ;

h_2 — высота от нижней до средней траверсы, м ;

h_3 — высота от средней до верхней траверсы, м ;

$h_{тр}$ — высота тросостойки, м ;

$h_{гТ}$ — длина гирлянды изоляторов троса, м ;

$$h_{габТ} = h_{габ6} + h_2 + h_3 + h_{67} \quad (5.32)$$

где

$h_{\text{габ}}$ — габарит до земли в середине пролета, м ;

h_{67} — расстояние от провода до троса, определяемое по таблице 5.6, м .

Таблица 5.6 Расстояние от провода до троса

Габаритный пролет, м	h_{67} , м
100	2
150	3.2
200	4
300	5.5
400	7
500	8.5
600	10
700	11.5
800	13
900	14.5
1000	16
1200	18
1500	21

В таблице 5.6 промежуточные значения h_{67} определяются линейной интерполяцией

После вычисления h_{67} необходимо произвести следующую проверку:

если $h_{67} < h_{\text{гп}} + h_{\text{тр}} - h_{\text{гт}}$, тогда $h_{67} = h_{\text{гп}} + h_{\text{тр}} - h_{\text{гт}}$;

если $f_{\text{т}} > f_{\text{п}}$, тогда $f_{\text{т}} = f_{\text{п}}$.

Приведённый центр тяжести троса рассчитывается по формуле:

$$h_{\text{прг}} = h_{\text{т}} - 2/3 \cdot f_{\text{т}} \quad (5.33)$$

где

$h_{\text{прг}}$ — приведенный центр тяжести троса, м .

Рассчитанные значения $f_{\text{т}}$ и $h_{\text{прг}}$ заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1**.

5.8.6 Погонные и приведенные нагрузки на трос

Рассчитываются погонные и приведенные нагрузки на трос аналогично п. 5.8.2, полученные результаты (с индексом «т» на конце) заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1**. В п. 5.8.2 используется рассчитанный габаритный пролет с учётом последних двух множителей в скобках ($k_1 \cdot 1_{\text{ветр}}$).

5.8.7 Критические пролёты

Критические пролёты рассчитываются по формуле:

$$L_{\text{к}} = \sigma_{\text{п}} / \gamma_{\text{т}} \cdot \sqrt{(A/B)} \quad (5.34)$$

где

$$A = \sigma_{\text{п}} - \sigma_{\text{т}} + \alpha \cdot E \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{т}});$$

$$B = E/24 \cdot [(\gamma_{\text{п}} / \gamma_{\text{т}})^2 - (\sigma_{\text{п}} / \sigma_{\text{т}})^2];$$

$L_{\text{к}}$ — критический пролет, м ;

α — температурный коэффициент линейного расширения (**таблица № 5 приложения № 1**), °C⁻¹;

E — модуль упругости (**таблица № 5 приложения № 1**), кг/мм²;

Исходные значения:

$\sigma_{\text{т}}$, $\sigma_{\text{п}}$ — напряжение, кг/мм² ;

$\gamma_{\text{т}}$, $\gamma_{\text{п}}$ — приведенная нагрузка, кгс/(м·мм²);

t_i, t_{II} — температура, °С.

1) Для расчета 1-ого критического пролета подставляются следующие значения:
 $\sigma_I = \sigma_{(-)}$ — допустимое напряжение провода при минимальной температуре (**таблица №5 приложения №1**), кг/мм² ;

$\sigma_{II} = \sigma_{(e)}$ — допустимое напряжение провода эксплуатационное (**таблица № 5 приложения № 1**), кг/мм² ;

$\gamma_{II} = \gamma_I$ (см. п.5.8.2);

$\gamma_{II} = \gamma_I$;

$t_I = t_{(-)}$ — температура минимальная (**таблица № 4 приложения № 1**), °С .

$t_{II} = t_{(e)}$ — температура среднегодовая (**таблица № 4 приложения № 1**), °С .

2) Для расчета 2-ого критического пролета подставляются следующие значения:

$\sigma_I = \sigma_{(-)}$;

$\sigma_{II} = \sigma_{(r)}$ — допустимое напряжение провода при максимальном гололеде (**таблица №5 приложения №1**), кг/мм² ;

$\gamma_I = \gamma_I$;

$\gamma_{II} = \text{MAX}(\gamma_6, \gamma_{71}, \gamma_{72})$ (см. п.5.8.2);

$t_I = t_{(-)}$;

$t_{II} = t_{(r)}$ или $t_{(в)}$ если $\gamma_6 > \text{MAX}(\gamma_{71}, \gamma_{72})$ — температура при гололеде или температура при ветре (**таблица № 4 приложения № 1**), °С .

3) Для расчета 3-ого критического пролета подставляются следующие значения:

$\sigma_I = \sigma_{(e)}$;

$\sigma_{II} = \sigma_{(r)}$;

$\gamma_I = \gamma_I$;

$\gamma_{II} = \text{MAX}(\gamma_6, \gamma_{71}, \gamma_{72})$;

$t_I = t_{(e)}$;

$t_{II} = t_{(r)}$ или $t_{(в)}$ если $\gamma_6 > \text{MAX}(\gamma_{71}, \gamma_{72})$.

Если $B < 0.000001$ в формуле 5.34, то соответствующий критический пролет считается бесконечным.

Если $A/B < 0$ в формуле (34), то соответствующий критический пролет считается мнимым.

Если $A = 0$ и $B = 0$ в формуле (34), то соответствующий критический пролет считается неопределенным.

Бесконечный, мнимый или неопределенный критический пролет не участвует в дальнейших расчетах.

Полученные критические пролеты (L_{k1}, L_{k2}, L_{k3}) заносятся в **таблицу № 8 приложения № 1** в столбец соответствующего участка.

5.8.8 Напряжения для всех расчетных режимов

Определение величин напряжений провода при изменении атмосферных условий и длин пролетов выполняется с помощью уравнения состояния провода, представляющего взаимную зависимость этих величин в математической форме:

$$\sigma_n - \gamma_n^2 \cdot l_{\text{габ}}^2 \cdot E / 24 \cdot \sigma_m^2 = \sigma_m - \gamma_m^2 \cdot l_{\text{габ}}^2 \cdot E / 24 \cdot \sigma_m^2 - \alpha \cdot E \cdot (t_n - t_m) \quad (5.35)$$

где

σ_m, γ_m, t_m — величины, соответствующие исходному состоянию провода;

σ_n, γ_n, t_n — величины, соответствующие искомому состоянию провода;

$l_{\text{габ}}$ — габаритный пролет, м ;

E — модуль упругости (**таблица № 5 приложения № 1**), кг/мм² ;

α — температурный коэффициент линейного расширения (**таблица № 5 приложения № 1**), °С⁻¹;

Исходное состояние провода определяется в результате сравнения критических

пролетов (см. п.5.8.7) и габаритного пролета ($l_{\text{габ}}$):

1) $L_{k1} > L_{k2} > L_{k3}$.

В этом случае все пролеты длиной $\leq L_{k2}$ считаются в режиме «низшей температуры» (см. таблицу 5.7), а длиной $> L_{k2}$ - в режиме «наибольшей нагрузки» (см. таблицу 5.7).

1) $L_{k1} < L_{k2} < L_{k3}$.

В этом случае все пролеты $\leq L_{k1}$ считаются в режиме «низшей температуры», длиной $> L_{k1}$ и $\leq L_{k3}$ - в режиме «среднеэксплуатационных условий» (см. таблицу 5.7), длиной $> L_{k3}$ - в режиме «наибольшей нагрузки».

Таблица 5.7. Режимы расчета пролетов.

Режим	σ_m , кгс/мм ² см. табл. №5 прил. №1	γ_m , кгс/(м·мм ²) см.п.5.8.2	t_m , °С см. табл. №4 прил. №1
Низшей температуры	$\sigma_{(-)}$	γ_1	$t_{(-)}$
Наибольшей нагрузки	$\sigma_{(r)}$	MAX($\gamma_6, \gamma_{71}, \gamma_{72}$)	$t_{(r)}$ или $t_{(в)}$ если $\gamma_6 >$ MAX(γ_{71}, γ_{72})
Среднеэксплуатационных условий	$\sigma_{(e)}$	γ_1	$t_{(e)}$

Расчетные режимы, для которых надо вычислить напряжение, приведены в виде таблицы 5.8, в которую включены столбцы с искомой приведенной нагрузкой и искомой температурой.

Таблица 5.8. Расчётные режимы

Расчетный режим	Искомая температура, °С см. табл. №4 прил. №1	Приведенная нагрузка, кгс/(м·мм ²) см.п.п.5.8.2
1	$t_{(r)}$	γ_{71}
2	$t_{(r)}$	γ_{72}
3	$t_{(r)}$	γ_{31}
4	$t_{(r)}$	γ_{32}
5	$t_{(в)}$	γ_6
6	$t_{\text{(монт)}}$	γ_{6a}
7	$t_{\text{(гроза)}}$	γ_1
8	$t_{(-)}$	γ_1
9	$t_{(+)}$	γ_1
10	$t_{(e)}$	γ_1
11	$t_{\text{(гроза)}}$	γ_{6b}

Полученные результаты ($\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_{11}$) необходимо занести в **таблицу № 8 приложения № 1.**

5.8.9 Стрелы провеса для всех расчетных режимов

Для каждого расчетного режима (см. табл. 5.8) рассчитывается стрела провеса. Расчет стрелы провеса можно производить по следующим формулам:

$$f = \gamma \cdot l^3 / 8 \cdot \sigma \quad (5.36)$$

$$f = \gamma \cdot l^2 / 8 \cdot \sigma + \gamma^3 \cdot l^4 / 384 \cdot \sigma^3 \quad (5.37)$$

где

f — стрела провеса провода, м;

γ — приведенная нагрузка провода, соответствующая расчетному режиму,

кгс/(м·мм²);

σ — напряжение провода в расчетном режиме, кг/мм² ;

l — длина пролёта, м .

Предпочтительно использовать вторую, двухчленную формулу 5.37 для получения более точного результата.

Полученные результаты (f_1, f_2, \dots, f_{11}) следует занести в **таблицу №8 приложения №1**.

Выбирается стрела провеса, большая по величине $f_{\max} = \text{MAX}(f_1, f_2, \dots, f_{11})$, и заносится в **п.92 таблицы №8 приложения №1**.

В результате получается максимальная расчетная стрела провеса для каждого участка (климат/опора/провод/трос/коэффициенты) (**таблицы №4 и №8 приложения №1**), которая будет использоваться при расстановке промежуточных опор.

На данном этапе были рассчитаны все данные, которые требуются для расстановки промежуточных опор.

5.9 Расстановка промежуточных опор

В п.5.6 расставлены анкерные опоры. В п.5.8 посчитаны данные для расстановки промежуточных опор в анкерные участки.

На основе высотных характеристик профиля (см. п.5.5), деления трассы на участки (см. п.5.8) и расчетных стрел провеса (см. п.5.8) необходимо произвести расстановку промежуточных опор по профилю проектируемой трассы в ранее расставленные анкерные пролеты (см. п.5.6).

Расстановка промежуточных опор производится с помощью наложения на профиль линий шаблонов, изображающих кривые наибольшего провеса провода. При этом последний пролет в анкерном участке получается не максимально возможным, а просто моделируется соединение соседних опор с помощью рассчитанных в п.5.8 кривых.

Для рассчитанного значения f_{\max} и $l_{\text{габ}}$ на бумаге необходимо построить параболу с некоторым коэффициентом шаблона $K_{\text{ш}}$. Затем перенести эту кривую на кальку трижды с необходимыми смещениями по вертикали (кривая положения провода, габаритная кривая, земляная кривая) и нанести оси x и y , а также провести вертикальные линии по границам использования шаблона. Соответственно, для проектируемой трассы необходимо создать шаблоны, количество которых равно количеству участков с отличающимся климатом и типом промежуточных опор.

Для расстановки опор необходимо начертить профиль трассы в соответствии с ранее заданным коэффициентом $K_{\text{ш}}$. Для этого берется большой лист бумаги и по данным **таблицы №1 приложения №1** на нем наносится профиль проектируемой трассы с учётом умножения всех величин на коэффициент $K_{\text{ш}}$.

На вычерченном профиле расставляются анкерные опоры с отмеченным расположением нижней траверсы, вертикальными линиями обозначаются заданные участки.

Расстановка начинается с первой анкерной опоры. При расстановке опор по профилю необходимо, чтобы ось y шаблона при наложении его на профиль была строго вертикальной. Кривая положения провода показывает, как располагается провод в пролете по отношению к земле и к пересекаемым объектам. Габаритная кривая не должна пересекать линию профиля, иначе не будет соблюдаться габарит провода над землей. Земляная кривая в точках пересечения с линией профиля показывает местоположение соседних опор.

Расставив все опоры на профиле, необходимо рассчитать все ветровые ($l_{\text{ветр}}$) и весовые ($l_{\text{вес}}$) пролеты. *Длина ветрового пролета* определяется как полусумма длин смежных пролетов. *Длина весового пролета* определяется как расстояние между осями шаблонов смежных пролетов. Весовые пролеты могут быть как положительными, так и отрицательными (при отрицательных весовых пролетах гирлянды изоляторов будут

испытывать усилия направленные вверх, т.е. эти гирлянды будут задираяться).

На профиле над каждой опорой необходимо подписать ее ветровой и весовой пролет (данная информация понадобится при расчете нагрузок от опор).

Фактические ветровые и весовые пролеты опор не должны превышать соответственно расчетные величины, наибольшие для данного типа опоры по условиям ее прочности, иначе необходимо заменить выбранные опоры на другие, для которых будут выполняться требования по прочности.

По окончании данного этапа, получается список всех опор, которые были смоделированы при рассматриваемых условиях и выбранном типе анкерно-угловой и промежуточной опор.

Количество промежуточных опор ($N_{\text{пром.оп.}}$) заносится в пп .93 таблицы № 8 приложения № 1.

5.10 Расчёт нагрузок на фундаменты

Для подбора фундаментов необходимо исходить из следующих требований, которым они должны удовлетворять: тип грунта в месте установки фундамента, нагрузка, которую держит выбранный фундамент. Далее считаются нагрузки на фундамент от опор.

Расчет опор производится по методу предельных состояний.

Первое предельное состояние — по несущей способности. При достижении первого предельного состояния конструкция перестает удовлетворять предъявляемым к ней эксплуатационным требованиям или теряет способность сопротивляться внешним воздействиям в возможных неблагоприятных условиях.

Второе предельное состояние — по деформациям и перемещениям. Характеризуется предельными допустимыми при эксплуатации деформациями и перемещениями при воздействии внешних нагрузок в возможных неблагоприятных сочетаниях.

По направлению действия нагрузки подразделяются на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальные нагрузки:

- ветровая нагрузка на конструкцию опоры (с/без гололеда) P_w ;
- ветровая нагрузка на гирлянду изоляторов (без гололеда) $P_{и}$;
- ветровая нагрузка на провода и тросы (с/без гололеда) $P_{п}$, $P_{т}$;
- нагрузки от тяжения проводов и тросов (с/без гололеда/обрыв) T_{max} .

Вертикальные нагрузки собираются по аналогичному принципу, что и горизонтальные; перечислим вертикальные нагрузки:

- собственный вес опоры;
- вес гирлянд изоляторов с арматурой;
- вес проводов и тросов;
- монтажные нагрузки.

Сбор нагрузок на фундаменты от анкерно-угловых опор отличается от подобных нагрузок на промежуточные опоры наличием тяжения, которые следует рассчитывать на различные углы с некоторым заранее установленным шагом.

Нагрузки собираются с опор, которые используются в рассматриваемом варианте компоновки опор и фундаментов для заданных углов (см. таблицу №2 «Анкерные опоры» в приложении №1).

Выполнив данный этап, будут собраны все данные для подбора фундаментов (средневзвешенные грунты по всей длине трассы, нагрузки от промежуточных и анкерных опор).

5.10.1 Ветровая нагрузка на конструкцию опоры

Расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры определяется по формуле:

$$P_w = (P_{ис} + P_{ип}) \cdot K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot K_{надВетОпора} \quad (5.38)$$

где

P_w — расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры, кгс/м;
 $P_{нс}$ — нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки, кгс/м;
 $P_{нп}$ — нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки, кгс/м;
 $K_{надОтвВет}$, $K_{регВет}$ — в соответствии с формулой 5.14;
 $K_{надВетОпора}$ — в соответствии с формулой 5.15.

Нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$P_{нс} = k_w \cdot W \cdot c_{хОпора} \cdot A \quad (5.39)$$

где

$P_{нс}$ — нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки, кгс/м;
 k_w — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности (см. таблицу №4 приложения №1), принимается по таблице 5.2;
 W — нормативное ветровое давление на высоте 10 м над поверхностью земли (см. таблицу №4 приложения №1), кг/м²;
 $c_{хОпора}$ — аэродинамический коэффициент, определяемый в зависимости от вида конструкции, согласно СНиП;
 A — площадь проекции, ограниченная контуром конструкции, ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярно ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту, м².

Для конструкций опор из стального проката, покрытых гололедом, при определении A учитывается обледенение конструкции с толщиной стенки гололеда b_y (пп. 18, 20 таблицы № 4 приложения № 1) при высоте опор более 50 м, а также для районов по гололеду V (пп.6 таблицы № 4 приложения № 1) и выше независимо от высоты опор.

Нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки $P_{нп}$, кгс/м, для опор высотой до 50 м определяется по формуле:

$$P_{нп} = K_{п} \cdot P_{нс} \quad (5.40)$$

где

$K_{п}$ — коэффициент, определяемый по таблице 5.9;

Таблица 5.9. Коэффициент $K_{п}$.

Тип опор	$K_{п}$
Свободностоящие одностоечные стальные	0.5
Свободностоящие порталные стальные	0.6
Свободностоящие железобетонные на центрифугированных стойках	0.5
Стальные и железобетонные с оттяжками при шарнирном креплении к фундаментам	0.6

Нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки $P_{нп}$, кгс/м, для опор высотой более 50 м, а также для других типов опор, не перечисленных выше в таблице, независимо от их высоты, определяется в соответствии со СНиП «Нагрузки и воздействия».

5.10.2 Ветровая нагрузка на гирлянду изоляторов

Расчетная ветровая нагрузка на гирлянду изоляторов определяется по формуле:

$$P_{и} = K_{надОтвВет} \cdot K_{регВет} \cdot k_w \cdot c_{хи} \cdot W \cdot K_{надВетИзол} \cdot F_{и} \quad (5.41)$$

где

$P_{и}$ — Расчетная ветровая нагрузка на гирлянду изоляторов, кгс/м;
 $K_{надОтвВет}$, $K_{регВет}$ — в соответствии с формулой 5.14;
 k_w — в соответствии с формулой 5.11;
 $c_{хи}$ — коэффициент лобового сопротивления цепи изоляторов, равный 1.2;
 W — нормативное ветровое давление (см. таблицу №4 приложения №1), кг/м²;

$K_{\text{надВетИзол}}$ — коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1.3;
 $F_{\text{и}}$ — площадь диаметрального сечения цепи гирлянды изоляторов, м^2 ,
 рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{и}} = 0.7 \cdot D_{\text{и}} \cdot H_{\text{и}} \cdot n \cdot N \cdot 0.000001 \quad (5.42)$$

$D_{\text{и}}$ — диаметр тарелки изоляторов, мм ;
 $H_{\text{и}}$ — строительная высота изоляторов, мм ;
 n — число изоляторов в цепи;
 N — число цепей изоляторов в гирлянде.

Воздействие ветрового давления на гирлянды изоляторов при гололеде не учитывается.

5.10.3 Ветровая нагрузка на провода и тросы

Расчетная ветровая нагрузка на провода $P_{\text{п}}$, кгс/м и тросы $P_{\text{т}}$, кгс/м определяется согласно таблице 5.10.

Таблица 5.10. Расчетная ветровая нагрузка на провода и тросы.

Условие	$P_{\text{п}}$, кгс/м <i>см. табл. №8 прил. №1</i>	$P_{\text{т}}$, кгс/м <i>см. табл. №8 прил. №1</i>
Направление ветра перпендикулярно ВЛ		
Гололеда нет	$p_{4\text{po}}$	$p_{4\text{рот}}$
Гололед есть	$p_{5\text{po1}}$ и $p_{5\text{po2}}$	$p_{5\text{po1т}}$ и $p_{5\text{po2т}}$
Направление ветра под углом 45 град.		
Гололеда нет	$0.707 \cdot p_{4\text{po}}$	$0.707 \cdot p_{4\text{рот}}$
Гололед есть	$0.707 \cdot p_{5\text{po1}}$ $0.707 \cdot p_{5\text{po2}}$	$0.707 \cdot p_{5\text{po1т}}$ $0.707 \cdot p_{5\text{po2т}}$

5.10.4 Нагрузки от тяжения проводов и тросов

Нормативная нагрузка от тяжения проводов и тросов определяется по формуле:

$$T_{\text{н}} = F \cdot \sigma \quad (5.43)$$

где

$T_{\text{н}}$ — нормативная нагрузка от тяжения проводов и тросов, кгс ;

F — сечение провода, мм^2 ;

σ — напряжение провода в рассматриваемом режиме (см. п.5.8), кг/мм^2 ;

Расчетная горизонтальная нагрузка от тяжения проводов и тросов определяется по формуле:

$$T_{\text{max}} = T_{\text{н}} \cdot K_{\text{надТяж}} \quad (5.44)$$

T_{max} — расчетная горизонтальная нагрузка от тяжения проводов и тросов, кгс ;

$K_{\text{надТяж}}$ — коэффициент надежности по нагрузке от тяжения, равный: 1.3 — при расчете по первой группе предельных состояний; 1.0 — при расчете по второй группе предельных состояний.

Нагрузка от тяжения провода и троса при его обрыве принимается равной $0.5 \cdot T_{\text{max}}$.

5.11 Подбор фундаментов

На данном этапе нам следует подобрать фундаменты под все опоры на трассе. Для данной процедуры следует руководствоваться информацией о фундаментах (типовые проекты, результаты расчетов). Необходимо выбрать фундаменты, которые подходят под используемые типы опор по расчетным нагрузкам в имеющихся грунтах.

Для проектируемой трассы заданы грунты на всем ее протяжении (см. п.5.5), по профилю трассы расставлены анкерные и промежуточные опоры. Под каждую пару грунт/опора (нагрузки на фундаменты см. п.5.10) подбирается фундамент и для каждого участка выбранный фундамент заносится в **таблицу №10 «Фундаменты» в приложении**

№1.

Если под конкретный случай подходит несколько фундаментов, то следует руководствоваться минимальной стоимостью его изготовления, суммированной со стоимостью доставки к месту строительства.

Закончив данный этап, мы имеем все данные по опорам и фундаментам. После этого необходимо определить общую стоимость изготовления выбранных опор и фундаментов, а также их доставку до места строительства, т.е. разработать сметную документацию.

6 Определение объемов работ для разработки сметной документации

Рекомендуемые формы таблиц приведены в приложении №2.

6.1 Отвод земли (постоянный/временный, тип угодий).

Определяются типы пересекаемых угодий по профилю трассы (см. п.5.5). По типам используемых опор/фундаментов вычисляются требуемые отводы земли, необходимые для используемых типов угодий и заносятся в **таблицу №1 «Отвод земли» в приложении №2**. При переводе части земель из лесных в нелесные заполняется **таблица №2 «Перевод лесных земель в нелесные» в приложении №2**.

6.2 Лесоочистительные работы.

С помощью заданного в п.5.5 профиля трассы определяются лесные участки, через которые проходит или которые пересекает трасса ВЛ. Данные участки разбиваются по категориям леса. По каждому из участков задается средняя высота леса. На основании вышеперечисленных данных производится подсчет лесоочистительных работ, и данные заносятся в **таблицу №3 «Лесоочистительные работы» в приложении №2**.

6.3 Инженерно-геодезические и трассировочные работы (разбивка центров опор).

По количеству фундаментов/опор заполняется **таблица №4 «Разбивка центров опор» в приложении №2**; в ней обозначаются все расставленные опоры в рассматриваемом варианте.

6.4 Объемы земляных работ (разделено по группам грунтов).

По каждому фундаменту рассчитываются объемы земляных работ для каждого усредненного грунта, в котором он ставится на проектируемой трассе. Необходимый объем работ заносятся в **таблицу №5 «Объемы земляных работ» в приложении №2**.

6.5 Установка фундаментов (условия монтажа, тип угодий, количество, объем бетона, характеристики бетона, для многогранных опор - металл по толщинам, болты, краска).

Рассчитываются все работы, связанные с фундаментами, подобранными в п.5.11.

Для каждого типа местности, разных условий работы данные параметры следует подсчитывать отдельно. Составляется спецификация на фундаменты и заносятся в **таблицу №6 «Установка фундаментов» в приложении №2**.

6.6 Установка железобетонных опор (тип котлована, условия монтажа, тип угодий, количество опор, плит, ригелей, объем бетона, вес лестниц, деталей крепления ригелей, объем грунтовок, краски, количество слоев нанесения).

Для всех железобетонных опор составляется спецификация и заносятся в **таблицу №7 «Установка железобетонных опор» в приложении №2**.

6.7 Установка металлических опор (условия монтажа, тип угодий, вес опоры, в т.ч. болтов, объем грунтовок, краски, количество слоев нанесения).

Для всех металлических опор составляется спецификация и заносятся ее в **таблицу №8 «Установка опор металлических» в приложении №2**.

6.8 Подвеска проводов и троса (условия монтажа, тип угодий, в т.ч. до 1 км и более 1 км).

Заполняется **таблица №9 «Подвеска проводов и троса» в приложении №2** по угодьям, где проходит трасса и выносятся в отдельные столбцы участки до 1 км и более 1

км. В неё заносится количество проводов и тросов на ВЛ.

6.9 Подвеска проводов и троса на переходах (условия монтажа, тип угодий, в т.ч. между анкерными опорами и между промежуточными опорами).

Для переходов заполняется **таблица №10 «Подвеска проводов и троса на переходах» в приложении №2.**

6.10 Заземление опор (объем металла, объем земляных работ и пр.).

По количеству промежуточных и анкерных опор составляется спецификация для заземления опор и заносится в **таблицу №11 «Объемы работ по заземлению» в приложении №2.**

6.11 Информационные знаки и светоограждение опор.

Объемы работ по установке информационных знаков заносятся в **таблицу №12 «Установка информационных знаков» в приложении №2.** Объемы работ по светоограждению опор заносятся в **таблицу №13 «Светоограждение опор» в приложении №2.**

6.12 Линии связи.

Для переустройства линий связи или ремонта производится подсчет объемов необходимых работ и заносится в **таблицу №14 «Переустройство и защита линий связи» в приложении №2.**

6.13 Газо- и нефтепроводы.

При прохождении ВЛ вблизи газо- и нефтепроводов необходимо выполнить ряд работ по их защите от возможных воздействий со стороны ВЛ. Объем работ по защите заносится в **таблицу №15 «Защита газо- и нефтепроводов» в приложении №2.**

6.14 Оборудование для линейной арматуры (кол-во по эл-там).

По количеству промежуточных и анкерных пролетов составляется спецификация на линейную арматуру и заносится в **таблицу №16 «Линейная арматура» в приложении №2.**

6.15 Рекультивация земель по годам освоения (1-й, 2-й) (лесных земель, пашня, луг, прочее).

Составляется перечень работ, необходимых для рекультивации земли после постройки ВЛ, и заносится в **таблицу №17 «Рекультивация земель» в приложении №2** в соответствии с типом земель.

После завершения работ, перечисленных в главе 6, будут собраны данные, которые существенно влияют на стоимость строительства ВЛ с выбранной компоновкой опор и фундаментов.

7 Разработка сметной документации

Полученные данные заносятся в сметную программу (прототипом сметной программы в примере является А0).

Все перечисленные в главе 6 виды работ в виде спецификаций заносятся в сметную программу, в которой производится окончательная оценка этих видов работ.

Для структурирования сметной стоимости по разным факторам можно использовать механизм «фрагментов» в программе А0. «Фрагменты» — деление сметы на части; они позволяют анализировать сметную стоимость в разрезе затрат по видам работ, конструктивным элементам и т.п.

Итогом данного этапа является оценочная стоимость всех видов работ и итоговая стоимость строительства ВЛ, которую можно применять для анализа экономической эффективности выбранной компоновки опор и фундаментов на заданной трассе, учитывая качественные оценки эксплуатационных затрат.

7.1 Перспективы развития специализированного программного обеспечения.

Для более точного определения наиболее эффективного варианта следует разбивать стоимость строительства ВЛ по времени с учетом дисконтирования затрат. Прототипом

программы календарного планирования может являться Primavera. При работе с данной системой можно получить разбивку стоимостей по времени, на основании данного представления осуществляется выбор наиболее эффективного варианта компоновки опор и фундаментов.

Также остро стоит вопрос об автоматизации расчетов, приведенных в данном Стандарте. И если выбор сметной программы и системы календарного планирования является свободным, то разработка единой автоматизированной системы для расчета экономической эффективности различных технических решений по компоновке опор и фундаментов, является обязательным пунктом на пути к однообразию получаемых расчетных данных и полной прозрачности при выборе того или иного варианта компоновки.

8 Учёт стоимости эксплуатации ВЛ при выборе вида конструкций

На стоимость эксплуатационных затрат влияют множество факторов.

Задачей данного раздела является выявление факторов, связанных с особенностями внедряемых на территории России опор из многогранного профиля и фундаментов на винтовых сваях под различные виды опор.

Надежность того или иного вида конструкции определяется на стадии проектирования путем выбора уровня расчетных нагрузок. Все виды опор вновь вводимых линий электропередачи с 2003 года рассчитываются в соответствии с требованиями ПУЭ-7 редакции, т.е. теоретически имеют одинаковый уровень надежности. Однако, существует ряд факторов, связанных с особенностями конструкции многогранных опор и фундаментов на винтовых сваях, которые не учитываются в расчете, но оказывают существенное влияние на такой показатель надежности, как долговечность.

Ниже перечислены некоторые из них.

Факторы, влияющие на долговечность многогранных опор.

- Высокая коррозионная стойкость опор из многогранного профиля. Толстостенная замкнутая конструкция стоек хорошо защищена при помощи цинковых покрытий. Минимальное количество пазух для сбора влаги позволяет избежать проблем, связанных со щелевой коррозией.

- Малое количество болтовых соединений уменьшает вероятность разрушения конструкции по причине выхода их из строя.

- Высокая степень сохранности опор из многогранного профиля при транспортировке. Секции малой длины (до 12 м), снабженные транспортными диафрагмами, позволяют обеспечить их доставку к месту установки без повреждений. Железобетонные стойки, в отличие от металлических многогранных, часто получают дефекты за счет несоблюдения правил транспортировки. конструкции (22.6 - 26м) часто имеют скрытые дефекты (микротрещины), резко сокращающие срок службы опор.

- Высокая степень гарантированности проектной прочности опор из многогранного профиля. Прочностные показатели металлической конструкции, поставляемой с завода, стабильны. На прочностные показатели железобетонных опор влияет множество факторов, связанных с технологическими особенностями их изготовления. Исходный разброс прочностных характеристик проявляется только в эксплуатации и, при неблагоприятных условиях, резко сокращает срок их службы.

- Мощные фундаменты, устанавливаемые под многогранные опоры, обладают более высокой долговечностью по сравнению с легкими, разнесенными в пространстве, фундаментами башенных опор.

- Металлические фундаменты под многогранные опоры могут служить глубинными заземлителями, не требующими регулярного контроля их состояния.

Более высокие исходные показатели надежности конструкций ведут, в общем случае, к уменьшению затрат на их эксплуатацию.

Анализ затрат на обслуживание ВЛ позволил выделить факторы, влияющие на их величину.

- Сокращение времени на устранение неисправностей, проведение ремонтных работ может быть достигнуто при условии внедрения опор с высокими показателями ремонтпригодности. Конструкции многогранных опор ВЛ напряжением 220-500кВ позволяют вести работы по замене изоляторов без отключения напряжения.

- Уменьшение стоимости оплаты земли, отведенной в постоянное пользование под опоры по сравнению с башенными опорами и опорами на оттяжках.

- Уменьшение количества многогранных опор на трассе по сравнению с количеством железобетонных конструкций ведет к сокращению затрат на верховые осмотры, на обслуживание изоляторов, ремонты проводов и тросов в местах их выхода из поддерживающих зажимов.

- Сами конструкции свободностоящих опор из многогранного профиля практически не требуют обслуживания в эксплуатации. Стальные решетчатые опоры требуют проведения периодических ремонтов, связанных с ремонтом защитных покрытий, восстановлением утраченных элементов. Опоры на оттяжках нуждаются в регулярной проверке тяжения в оттяжках, выборочной проверке состояния узлов крепления анкерных плит и U-образных болтов со вскрытием грунта. Осмотры железобетонных опор и оценка степени их работоспособности требуют высокой квалификации линейного персонала.

- Конструкции траверс из многогранного профиля не позволяют птицам вить на них гнезда. Требования к репеллентной защите отсутствуют, как и необходимость вести работы по очистке изоляторов, загрязненных птицами.

Высокие затраты на расчистку просек делают задачу сокращения проектной ширины просеки путем создания опор с уменьшенным расстоянием между крайними фазами актуальной. Опоры с односторонним расположением траверс решают эту проблему.

Учет стоимости эксплуатации ВЛ в численном выражении на этапе проектирования достаточно сложен из-за отсутствия объективных исходных данных. Однако при выборе из сопоставимых по стоимости вариантов ВЛ возможно учесть такие показатели, как количество обслуживаемых конструкций (соответственно изоляторов, линейной арматуры), долговечность опор с точки зрения коррозии (у многогранных опор она выше), возможность обслуживания ВЛ под напряжением (многогранные опоры для ВЛ 330кВ дают такую возможность) и т.д.

Используя такую методику, любой проектировщик сможет оценить эффективность использования различных типов опор для каждого отдельного варианта, а Заказчик получит объективную оценку выбора конструкций.

Приложение 1. Входные и расчётные данные
Таблица №1 «Профиль трассы»

Пикетаж, м	0	50	230	250	350	420	500	700	890	900	900	950	1010
Административная принадлежность	Город												
Высота леса, м												5	10
Высотная характеристика, м	20												
Поворот, град вправо(+), влево(-)				-15								+60	
Пересекаемые объекты		Жд1			Дорога1		Река1		ЛЭП1 15град	ЛЭП1кВ			
Грунты	1												
Анкерные опоры (уточнение угла)	АК	А0	А0	А20	А0	А0	А0	А0	А0	А0	А0	А60	
Участки	1												
	2												

Таблица №2 «Анкерные опоры»

Шифр	Угол поворота, град	Марка анкерно-угловой опоры	Высота до нижней траверсы, м	Количество опор
A0	0			
A20	20			
A40	40			
A60	60			
A90	90			
AK	Концевая			

Таблица №3 «Информация по ВЛ»

п/п	Название	Значение
1	Название линии	
2	Тип анкерных опор	
3	Цепность	
4	Напряжение, кВ	
5	Количество проводов в фазе	
6	Длина трассы ВЛ, км	
7	Максимальная длина анкерного участка, км	

Таблица №4 «Климатические характеристики»

п/п	Название	Участок			
		1	2		
1	Название участка	1	2		
2	Марка провода		-		
3	Марка троса (ВОЛС)		-		
4	Марка промежуточной опоры		-		
5	Габарит до земли в середине пролета, м				
6	Тип местности по воздействию ветра на ВЛ	С	В		
7	Район по гололеду				
8	t ₍₋₎ Температура минимальная, °С		-		
9	t ₍₊₎ Температура максимальная, °С		-		
10	t _(е) Температура среднегодовая, °С		-		
11	t _(г) Температура при гололеде, °С		-		
12	t _(в) Температура при ветре, °С		-		
13	t _(монт) Температура при монтаже, °С				
14	t _(гроза) Температура при грозе, °С		-		
15	Скоростной напор ветра на высоте 10 м, кг/м ²		-		
16	Скоростной напор ветра при гололеде 1, кг/м ²		-		
17	Скоростной напор ветра при гололеде 2, кг/м ²		-		
18	Толщина стенки гололеда 1 экв, мм		-		
19	Толщина стенки гололеда 1 усл, мм		-		
20	Толщина стенки гололеда 2 экв, мм		-		
21	Толщина стенки гололеда 2 усл, мм		-		
22	Коэффициент надежности по весовой нагрузке для провода (K _{надВес})	1.05			

23	Коэффициент надежности по ответственности для гололеда ($K_{\text{надОтвГол}}$)	1.0 или 1.3				
24	Коэффициент региональный по гололеду ($K_{\text{регГол}}$)	1.0-1.5				
25	Коэффициент надежности по гололеду ($K_{\text{надГол}}$)	1.3 или 1.6				
26	Коэффициент условий работы ($K_{\text{усл}}$)	0.5				
27	Коэффициент условий работы при расчете нагрузок на опору ($K_{\text{услОпора}}$)	0.5 или 1.0				
28	Коэффициент надежности по ответственности для ветра ($K_{\text{надОтвВет}}$)	1.0 или 1.1				
29	Коэффициент региональный по ветру ($K_{\text{регВет}}$)	1.0-1.3				
30	Коэффициент надежности по ветру ($K_{\text{надВет}}$)	1.1				
31	Коэффициент надежности по ветру при расчете нагрузок на опору ($K_{\text{надВетОпора}}$)	1.1 или 1.3				
32	Коэффициент уменьшения скоростного напора ветра при грозе ($K_{\text{гроза}}$)	0.06				

Таблица №5 «Провода»

п/п	Название	Провод				
1	Марка провода					
2	Сечение, мм ²					
3	Диаметр, мм					
4	Погонный вес, кг/м					
5	Доп. напр. при макс. гололеде, кг/мм ² ($\sigma_{(r)}$)					
6	Доп. напр. при мин. темп., кг/мм ($\sigma_{(-)}$)					
7	Доп. напр. эксплуат., кг/мм ² ($\sigma_{(e)}$)					
8	Темп. коэф. лин. расширения, 1/°C (α)					
9	Модуль упругости, кг/мм ² (E)					

Таблица №6 «Тросы»

п/п	Название	Трос				
1	Марка троса					
2	Сечение, мм ²					
3	Диаметр, мм					
4	Погонный вес, кг/м					
5	Доп. напр. при макс. гололеде, кг/мм ($\sigma_{(r)}$)					
6	Доп. напр. при мин. темп., кг/мм ($\sigma_{(-)}$)					
7	Доп. напр. эксплуат., кг/мм ² ($\sigma_{(e)}$)					
8	Темп. коэф. лин. расширения, 1/°C (α)					
9	Модуль упругости, кг/мм ² (E)					

Таблица №7 «Промежуточные опоры»

п/п	Название	Опора				
1	Марка опоры					
2	Тип опоры					
3	Высота до нижней траверсы, м					
4	Высота от нижней до средней					

	траверсы, м				
5	Высота от средней до верхней траверсы, м				
6	Высота тросостойки, м				
7	Количество проводов на 1 ярусе				
8	Количество проводов на 2 ярусе				
9	Количество проводов на 3 ярусе				
10	Длина гирлянды изоляторов провода, м				
11	Длина гирлянды изоляторов троса, м				

Таблица 8 «Расчетные данные»

п/п	Название	Участок			
		1	2		
1	Название участка				
2	f_n Стрела провеса провода, м				
3	$h_{прп}$ Приведенный центр тяжести провода, м				
4	p_{1p} , кгс/м				
5	p_{2p1} , кгс/м				
6	p_{2p2} , кгс/м				
7	p_{2po1} , кгс/м				
8	p_{2po2} , кгс/м				
9	p_{3p1} , кгс/м				
10	p_{3p2} , кгс/м				
11	p_{3po1} , кгс/м				
12	p_{3po2} , кгс/м				
13	p_{4p} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
14	p_{4po} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
15	p_{4ap} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
16	p_{4bp} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
17	p_{5p1} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
18	p_{5p2} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
19	p_{5po1} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
20	p_{5po2} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
21	p_6 , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
22	p_{6a} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
23	p_{6b} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
24	p_{71} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
25	p_{72} , кгс/м (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
26	γ_1 , кгс/(м·мм ²)				
27	γ_{31} , кгс/(м·мм ²)				
28	γ_{32} , кгс/(м·мм ²)				
29	γ_6 , кгс/(м·мм ²) (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
30	γ_{6a} , кгс/(м·мм ²) (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
31	γ_{6b} , кгс/(м·мм ²) (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
32	γ_{71} , кгс/(м·мм ²) (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			
33	γ_{72} , кгс/(м·мм ²) (без/с [$k_1 \cdot I_{ветр}$])	/			

34	$L_{\text{таб}}$, м					
35	$f_{\text{т}}$ Стрела провеса троса, м					
36	$h_{\text{прт}}$ Приведенный центр тяжести троса, м					
37	$p_{1\text{прт}}$, кгс/м					
38	$p_{2\text{р1т}}$, кгс/м					
39	$p_{2\text{р2т}}$, кгс/м					
40	$p_{2\text{ро1т}}$, кгс/м					
41	$p_{2\text{ро2т}}$, кгс/м					
42	$p_{3\text{р1т}}$, кгс/м					
43	$p_{3\text{р2т}}$, кгс/м					
44	$p_{3\text{ро1т}}$, кгс/м					
45	$p_{3\text{ро2т}}$, кгс/м					
46	$p_{4\text{прт}}$, кгс/м					
47	$p_{4\text{рот}}$, кгс/м					
48	$p_{4\text{арт}}$, кгс/м					
49	$p_{4\text{брт}}$, кгс/м					
50	$p_{5\text{р1т}}$, кгс/м					
51	$p_{5\text{р2т}}$, кгс/м					
52	$p_{5\text{ро1т}}$, кгс/м					
53	$p_{5\text{ро2т}}$, кгс/м					
54	$p_{6\text{т}}$, кгс/м					
55	$p_{6\text{ат}}$, кгс/м					
56	$p_{6\text{брт}}$, кгс/м					
57	$p_{71\text{т}}$, кгс/м					
58	$p_{72\text{т}}$, кгс/м					
59	$\gamma_{1\text{т}}$, кгс/(м·мм ²)					
60	$\gamma_{31\text{т}}$, кгс/(м·мм ²)					
61	$\gamma_{32\text{т}}$, кгс/(м·мм ²)					
62	$\gamma_{6\text{т}}$, кгс/(м·мм ²)					
63	$\gamma_{6\text{ат}}$, кгс/(м·мм ²)					
64	$\gamma_{6\text{брт}}$, кгс/(м·мм ²)					
65	$\gamma_{71\text{т}}$, кгс/(м·мм ²)					
66	$\gamma_{72\text{т}}$, кгс/(м·мм ²)					
67	$L_{\text{к1}}$, м					
68	$L_{\text{к2}}$, м					
69	$L_{\text{к3}}$, м					
70	σ_1 , кгс/мм ²					
71	σ_2 , кгс/мм ²					
72	σ_3 , кгс/мм ²					
73	σ_4 , кгс/мм ²					
74	σ_5 , кгс/мм ²					
75	σ_6 , кгс/мм ²					
76	σ_7 , кгс/мм ²					
77	σ_8 , кгс/мм ²					
78	σ_9 , кгс/мм ²					
79	σ_{10} , кгс/мм ²					
80	σ_{11} , кгс/мм ²					

81	f ₁ , м					
82	f ₂ , м					
83	f ₃ , м					
84	f ₄ , м					
85	f ₅ , м					
86	f ₆ , м					
87	f ₇ , м					
88	f ₈ , м					
89	f ₉ , м					
90	f ₁₀ , м					
91	f ₁₁ , м					
92	f _{макс} , м					
93	N _{пром.оп.}					

Таблица №9 «Грунты»

Номер скважины	№ грунта по СНиП (если есть)	Мощность слоя, м	Угол внутр. Трения, град.	Удельное сцепление, кН/м ²	Плотность, кН/м ²	E, кН/м ²
«1»	-	4	39	0,5	20	50000
	49	2	14	17.92	17	15000
Средневзвешенный:	15	6	30.7	6.3	19	38333
«2»	4	3	35	0.75	19	50000
Средневзвешенный:	4	3	-	-	-	-

Таблица №10 «Фундаменты»

п/п	Название	Участок				
		1	2			
1	Название участка					
2	Марка фундамента под промежуточную опору					
3	Количество фундаментов под промежуточную опору					
4	Марка фундамента под анкерную опору					
5	Количество фундаментов под анкерную опору					

Приложение 2. Объемы работ
Таблица №1 «Отвод земли»

п/п	Угодья	Постоянный отвод, Га	Временный отвод, Га	Длина, м
1	Лес хвойный гр.3	1,4	3,2	1200
2	Лес по болоту			
3	Кустарник	0,01	0,5	149
4	Прочее			
5	Всего	1,41	3,7	1349

Всего опор по трассе - 23

Таблица №2 «Перевод лесных земель в нелесные»

Бонитет 1-2					...					Бонитет n-(n+1)					Итого группа леса	Итого группа леса	Итого группа леса
1 группа леса		2 группа леса			1 группа леса		2 группа леса			1 группа леса		2 группа леса					
Мягколиственные	Хвойные	Мягколиственные	Твердые	Хвойные	Мягколиственные	Хвойные	Мягколиственные	Твердые	Хвойные	Мягколиственные	Хвойные	Мягколиственные	Твердые	Хвойные			
1,23		0,45	0,04						1,23	3,45		2,13	5,67	1,03	12,46	2,75	15,23
Административная принадлежность																	
Административная принадлежность																	
Административная принадлежность																	
15,23																	

Таблица №3 «Лесоочистные работы»

п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Количество
	Вырубка просеки:		
1	Валка деревьев с корня:		
	Мягких пород, диаметр стволов: до 16 см	Дер.	
	до 20 см	Дер.	
	до 24 см	Дер.	
	до 28 см	Дер.	
	до 32 см	Дер.	
	более 32 см	Дер.	
	Твердых пород и лиственницы, диаметр стволов: до 16 см	Дер.	
	до 20 см	Дер.	
	до 24 см	Дер.	
	до 28 см	Дер.	
	до 32 см	Дер.	
	более 32 см	Дер.	
2	Трелевка хлыстов на расстояние до 300 м тракторами мощностью 79 (108) кВт (л.с.), диаметр стволов: до 20 см	Хлыст	
	до 30 см	Хлыст	
	более 30 см	Хлыст	
3	Разделка древесины, полученной от валки леса:		
	Мягких пород, диаметр стволов: до 12 см	Дер.	
	до 16 см	Дер.	
	до 20 см	Дер.	
	до 24 см	Дер.	
	до 28 см	Дер.	
	до 32 см	Дер.	
	более 32 см	Дер.	
	Твердых пород и лиственницы, диаметр стволов: до 12 см	Дер.	
	до 16 см	Дер.	
	до 20 см	Дер.	
	до 24 см	Дер.	
	до 28 см	Дер.	
	до 32 см	Дер.	
	более 32 см	Дер.	
4	Корчевка пней:		
	В грунтах естественного залегания корчевателями-собирающими на тракторе 79 (108) кВт (л.с.) с перемещением пней до 5 м		
	Диаметр пней: до 24 см	Пень	

	до 32 см	Пень	
	более 32 см	Пень	
	В торфяных грунтах корчевателями-собирающими на тракторе 79 (108) кВт (л.с.) с перемещением пней до 5 м		
	Диаметр пней: до 24 см	Пень	
	до 32 см	Пень	
	более 32 см	Пень	
5	Засыпка подкоренных ям бульдозерами мощностью 79 (108) кВт (л.с.)		Яма
6	Обивка земли с выкорчеванных пней корчевателями-собирающими на тракторе 79 (108) кВт (л.с.)		
	Диаметр пней: до 24 см	Пень	
	более 24 см	Пень	
7	Вывозка пней тракторными прицепами 2 т на расстояние до 100 м		
	Диаметр деревьев: до 32 см	Пень	
	более 32 см	Пень	
8	Срезка кустарника и мелколесья в грунтах естественного залегания кусторезами на тракторе 79 (108) кВт (л.с.)		
	Кустарник и мелколесье: густые	Га	
	средние	Га	
	редкие	Га	
9	Срезка кустарника и мелколесья в торфяных и переувлажненных грунтах кусторезами на тракторе 79 (108) кВт (л.с.)		
	Кустарник и мелколесье: густые	Га	
	средние	Га	
	редкие	Га	
10	Корчевка кустарника и мелколесья в грунтах естественного залегания корчевателями-собирающими на тракторе 79 (108) кВт (л.с.)		
	Кустарник и мелколесье: густые	Га	
	средние	Га	
	редкие	Га	
11	Корчевка кустарника и мелколесья в торфяных грунтах корчевателями-собирающими на тракторе 79 (108) кВт (л.с.)		
	Кустарник и мелколесье: густые	Га	
	средние	Га	
	редкие	Га	
12	Сгребание срезанного или выкорчеванного кустарника и мелколесья корчевателями-собирающими на тракторе 79 (108) кВт (л.с.) с перемещением до 50 м		
	Кустарник и мелколесье: густые	Га	
	средние	Га	

	редкие	Га	
13	Сжигание с перетряхиванием валов из кустарников, мелколесья и корней корчевателями-собираньями на тракторе мощностью 79 (108) кВт (л.с.)		
	Кустарник и мелколесье: густые	Га	
	средние	Га	
	редкие	Га	
14	Выход древесины деловой	м ³	
15	Выход древесины дровяной	м ³	

Таблица №4 «Разбивка центров опор»

Номер опоры	Марка опоры	Координаты	
		Широта	Долгота

Всего опор –

Таблица №5 «Объемы земляных работ»

п/п	Наименование работ	Ед. изм.	I группа	II группа	III группа	IV группа
1	Разработка сухих грунтов экскаваторами с ковшом емкостью 0,35 м ³ в отвал (97% общего объема)	м ³				
2	Зачистка котлованов с откосами вручную в сухих грунтах (3% общего объема)	м ³				
3	Разработка мокрого торфа или песчаных и супесчаных грунтов экскаваторами с ковшом емкостью 0,35 м ³ в отвал (97% общего объема)	м ³				
4	Зачистка котлованов с откосами вручную в мокрых грунтах (3% общего объема)	м ³				
5	Разработка мокрых сильноналипающих на ковш грунтов экскаваторами с ковшом емкостью 0,35 м ³ в отвал (97% общего объема)	м ³				
6	Зачистка котлованов с откосами вручную в мокрых сильноналипающих на инструмент грунтах (3% общего объема)	м ³				
7	Разработка экскаваторами в котлованах с креплениями вручную (97% общего объема)	м ³				
8	Разработка мокрых грунтов в котлованах с креплениями вручную (3% общего объема)	м ³				
9	Рытье рисберм в сухих грунтах вручную	м ³				
10	Рытье рисберм в мокрых грунтах вручную	м ³				
11	Водоотлив из котлованов при потоке воды до 30 м ³ /час	м ³				
12	Водоотлив из рисберм при потоке воды до 30 м ³ /час	м ³				
13	Устройство щитовых креплений стен котлованов в сухих грунтах	м ²				
14	Устройство щитовых креплений стен котлованов в мокрых грунтах	м ²				
15	Устройство шпунтовых креплений стен котлованов	м ²				
16	Перемещение всего ранее разрыхленного грунта бульдозерами на расстояние до 30 м во временные отвалы	м ³				
17	Обратная засыпка котлованов	м ³				

	вручную с трамбованием без учета глубоких болот (10% объема засыпки)					
18	Обратная засыпка котлованов бульдозерами с перемещением на расстояние до 30 м без учета глубоких болот (90% объема засыпки)	м ³				
19	Обратная засыпка котлованов вручную с трамбованием для глубоких болот (10% объема засыпки)	м ³				
20	Обратная засыпка котлованов бульдозерами с перемещением на расстояние до 30 м для глубоких болот (90% объема засыпки)	м ³				
21	Трамбование грунта, засыпанного бульдозерами, пневматическими трамбовками	м ³				
22	Разработка сухого грунта в притрассовом карьере экскаватором с ковшом 0,5 м ³ с погрузкой на транспортные средства	м ³				
23	Транспортировка грунта в банкетки автотранспортом на расстояние до 10 км	т				
24	Отсыпка банкетов привозным грунтом с разравниванием	м ³				
25	Посев трав на откосах и обочинах банкетов	м ²				
26	Одерновка откосов и обочин банкетов	м ²				
27	Укрепление откосов банкетов железобетонными плитами по щебеночному основанию	м ²				
28	Расход железобетонных плит типа ПЛ-1	м ³				
29	Расход железобетонных плит типа ПЛ-2	м ³				
30	Объем щебня	м ³				
31	Щебеночная подготовка под основания фундаментов	м ³				
32	Засыпка рисберм гравием	м ³				
33	Засыпка рисберм песком	м ³				
34	Рыхление грунта	м ³				
35	Глиняная отмостка для ж/б опор	м ³				
36	Засыпка пазух для ж/б опор	м ³				
37	Сверление котлованов 800 мм	п.м				
38	Сверление котлованов 550 мм	п.м				

Таблица №6 «Установка фундаментов»

п/п	Тип фундамента	Условия монтажа (в нормальных условиях, вдоль ВЛ)								Элементы фундаментов, шт				
		по ровной трассе (без усложняющих условий)	болота, заболоченные земли	распутица или на участках залитых водой	горные условия, крутые склоны (многогорья), овраги	при большом количестве пней и валунов	просеки и кустарники	сыпучие грунты	в котлованах с притоком грунтовых вод	скальные грунты	Марка элемента	Марка элемента	Марка элемента	
1												КОЛ-ВО	КОЛ-ВО	КОЛ-ВО
2														
3														

Фундаменты изготавливаются из бетона марки _____ по водонепроницаемости и _____ по морозостойкости

Таблица №7 «Установка железобетонных опор»

Тип опоры	по ровной трассе (без усложняющих условий)	болота, заболоченные земли	распутица или на участках, залитых водой	горные условия, крутые склоны (косогоры), овраги	при большом количестве пней и валунов	просеки и кустарники	сыпучие грунты	в котлованах с притоком грунтовых вод	скальные грунты
Опора _____ Бетон, шт/м3 _____ Лестницы _____ металлические, т _____									
Опора _____ Бетон, шт/м3 _____ Лестницы _____ металлические, т _____									
Опора _____ Бетон, шт/м3 _____ Лестницы _____ металлические, т _____									
Плита _____ Бетон, шт/м3 _____									
Ригели к опорам Бетон, шт/м3 _____ Детали крепления ригелей, т _____									

Металлоконструкции грунтуются грунтовкой _____ т; окрашиваются краской _____ т, за _____ раза.

Итого: Стальные конструкции (траверсы), _____ т

Детали крепления ригелей _____ т

Болты _____ т Штыри _____ шт.

Сталь стержневая диаметром до 10 мм _____ кг

Хомуты стальные _____ кг

Таблица №8 «Установка опор металлических»

Условия монтажа (в нормальных условиях, вдоль ВЛ)

Тип опоры	по ровной трассе (без усложняющих условий)	болота, заболоченные земли	распутица или на участках, залитых водой	горные условия, крутые склоны (косогоры), овраги	при большом количестве пней и валунов	просеки и кустарники	сыпучие грунты	в котлованах с притоком грунтовых вод	скальные грунты
Опора _____ Вес _____ в т.ч. Болты _____									
Опора _____ Вес _____ в т.ч. Болты _____									
Опора _____ Вес _____ в т.ч. Болты _____									

Опоры грунтуются грунтовкой _____, Т;
окрашиваются краской _____, Т, в _____ СЛОЯ.

Таблица №14 «Переустройство и защита линий связи»

п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во
	Земляные работы		
1			
...			
n			
	Механизированная установка деревянных опор		
1			
...			
n			
	Механизированная установка ж/б опор		
1			
...			
n			
	Установка приставок к опорам		
1			
...			
n			
	Установка деревянной подпоры к опорам		
1			
...			
n			
	Крепление на деревянных опорах траверс		
1			
...			
n			
	Подвеска проводов на крюках		
1			
...			
n			
	Подвеска проводов на траверсах		
1			
...			
n			
	Устройство кабельной площадки на опоре		
1			
...			
n			
	Устройство молниеотвода к опорам		
1			
...			
n			

Таблица №17 «Рекультивация земель»

Технологическая схема работ по биологическому этапу рекультивации лесных земель
_____ га

п/п	Наименование работ	Годы освоения	
		1-й	2-й
1	Боронование, га		
2	Внесение торфо-навозн. компоста, 20 т/га, т		
3	Внесение минеральных удобрений: Аммиачная селитра (0,9 ц/га), ц Хлористый калий (0,5 ц/га), ц Хлористый калий (0,6 ц/га), ц Суперфосфат двойной (1,0 ц/га), ц Суперфосфат двойной (1,2 ц/га), ц		
4	Культивация в два следа, га		
5	Посев смеси трав (0,3 ц/га), ц		
6	Прикатывание почвы, га		

Технологическая схема работ по биологическому этапу рекультивации под пашню
_____ га

п/п	Наименование работ	Годы освоения	
		1-й	2-й
1	Ранневесеннее боронование, га		
2	Известкование (4,5 т/га), т		
3	Внесение торфо-навозн. компоста (20 т/га), т		
4	Внесение минеральных удобрений под основную обработку: Аммиачная селитра (1,7 ц/га), ц Хлористый калий (1,0 ц/га), ц Хлористый калий (1,3 ц/га), ц Суперфосфат двойной (1,1 ц/га), ц Суперфосфат двойной (1,6 ц/га), ц		
5	Предпосевная культивация, га		
6	Посев семян овса (2,7 ц/га), ц Внесение в рядки при посеве гранулир. суперфосфата (0,2 ц/га), ц		
7	Посев семян люпина (0,5 ц/га), ц		
8	Прикатывание почвы, га		
9	Уборка овса, га		
10	Посев однолетних трав: горох полевой (1,8 ц/га), ц овес (0,8 ц/га), ц		
11	Прикатывание почвы, га		
12	Уборка однолетних трав, га		

Технологическая схема работ по биологическому этапу рекультивации под луг
_____ га

п/п	Наименование работ	Годы освоения	
		1-й	2-й
1	Ранневесеннее боронование, га		
2	Известкование (6,0 т/га), т		
3	Внесение торфо-навозн. компоста (20 т/га), т		
4	Внесение минеральных удобрений под основную обработку: Аммиачная селитра (1,7 ц/га), ц Хлористый калий (1,3 ц/га), ц Хлористый калий (1,7 ц/га), ц Суперфосфат двойной (1,6 ц/га), ц Суперфосфат двойной (1,8 ц/га), ц		
5	Предпосевная культивация, га		
6	Посев семян овса (2,7 ц/га), ц Внесение в рядки при посеве гранулир. суперфосфата (0,2 ц/га), ц		
7	Посев семян люпина (0,5 ц/га), ц		
8	Прикатывание почвы, га		
9	Уборка овса, га		
10	Посев семян трав: Овсяница красная (0,7 ц/га), ц Мятлик (0,4 ц/га), ц Овсяница луговая (0,8 ц/га), ц		
11	Прикатывание почвы, га		

Приложение 3. Пример расчёта

Пример выбора оптимального варианта конструктивных решений опор и фундаментов на ВЛ 330кВ «Калининградская ТЭЦ-2 – ПС Центральная»

Таблица 1. Общие исходные данные по ЛЭП 330кВ Калининградская ТЭЦ-2 - ПС Центральная (напряжения) (указаны линии)

п/п	Параметры трассы ЛЭП	Таблица в приложении к Методическим указаниям	Значения параметров трассы ЛЭП
1	<p>Описание трассы</p> <p>1.1 Административная принадлежность</p> <p>1.2 Тип местности</p> <p>1.3 Высотная характеристика</p> <p>1.4 Повороты трассы</p> <p>1.5 Пересекаемые объекты</p> <p>1.6 Грунты</p>	<p>табл. №1 п.2</p> <p>табл. №4 п.5,б</p> <p>табл. №1 п.4</p> <p>табл. №1 п.5</p> <p>табл. №1 п.б</p> <p>табл. №0</p>	<p>Гурьевский район Калининградской области</p> <p>большой набор данных, подробнее см. табл. №4 п.5,б</p> <p>большой набор данных, подробнее см. табл. №1 п.4</p> <p>большой набор данных, подробнее см. табл. №1 п.5</p> <p>большой набор данных, подробнее см. табл. №1 п.б</p> <p>№№1-5, №№10-11, №№27-30, №№38-39 в соответствии с ГОСТ 25100-95</p>
2	Длина трассы ВЛ, км	табл. №3 п.7	18,174
3	Цепность	табл. №3 п.3	1
4	Количество проводов в фазе	табл. №3 п.5	2
5	Марка провода	табл. №4 п.2	АС300/39
6	Марка троса	табл. №4 п.3	ОКГТ
7	Климат		
7.1	Температурный режим	табл. №4 п.7-13	средняя +5, максимальная +35, минимальная -35, при гололеде -5, при максимальном ветре -5
7.2	Скоростной напор ветра	табл. №4 п.14-16	максимальный 800 Па, при гололеде 200 Па
7.3	Гололедный режим	табл. №4 п.17-20	район II (стенка гололеда 15 мм)