

ООО «Айтея»

Пакет программ проектирования воздушных линий электропередачи и связи  
(ВЛ, ВОЛС ВЛ, ВОЛС)

**LineS**

**Программа расчета монтажных тяжений и стрел провеса  
проводов, тросов и самонесущих кабелей  
линий связи и электропередачи**

**«LineMount»**

**Версия 7.0**



Руководство пользователя

(для Windows)

Новосибирск, 1985 – 2024 г.

# Оглавление

<b>1. Описание программы</b>	<b>1</b>
1.1. Общие сведения	1
1.1.1. Наименование программы	1
1.1.2. Исключительные права. Авторские права	1
1.2. Назначение и цели внедрения программы	2
1.2.1. Назначение программы	2
1.2.2. Цели внедрения программы	2
1.3. Краткое описание программы	3
1.3.1. Исходные данные для расчёта	3
1.3.1.1. Общие данные	4
1.3.1.2. Данные по участку	5
1.3.1.3. Данные по опорам участка	7
1.3.1.4. Данные для расчёта гасителей вибрации	7
1.3.2. Расчёт	8
1.3.2.1. Определение нагрузок	8
1.3.2.2. Расчёт критических пролётов	9
1.3.2.3. Определение приведённых пролётов	10
1.3.2.4. Решение уравнения состояния провода. Расчёт напряжений и стрел провеса (без учёта гирлянд)	10
1.3.2.5. Решение уравнения состояния провода. Расчёт напряжений, стрел провеса (учёт веса гирлянд)	11
1.3.2.6. Определение тяжения	12
1.3.3. Результаты расчёта	12
1.3.3.1. Журнал расстановки опор	12
1.3.3.2. Поопорная схема ВЛ, ВОЛС ВЛ. Программа LineMount	12
1.3.3.3. Ведомость гасителей вибрации	13
1.3.3.4. Формы Excel для вывода результатов	13
1.4. Литература	18
<b>2. Описание применения</b>	<b>19</b>
2.1. Общие указания пользователю	19
2.2. Ограничения программы	20
2.3. Место расчёта в проекте	20
2.3.1. Ещё раз про 'ВОЛС ВЛ'	25
2.4. Исходные данные	29
2.4.1. Требования к данным климатических условий, запрашиваются на метеостанциях	30
2.4.2. Нормативные ветровые и гололёдные нагрузки	30
2.4.3. Коэффициенты надёжности к нормативным ветровым и гололёдным нагрузкам	30
2.4.4. Требования к характеристикам проводов, тросов и самонесущих кабелей для внесения в справочник программ	31
2.4.5. Требования к задаваемым максимальным напряжениям, тяжениям	32
2.5. Термины	33
2.6. Дополнительные функции	34
2.7. Начало работы с программой	35
2.8. Ввод, редактирование и удаление данных	37
2.8.1. Справочник климатических районов	38
2.8.2. Климатические параметры	40
2.8.3. Справочник проводов, кабелей, тросов	41
2.8.4. Монтажные таблицы (участки и опоры)	44
2.8.5. Гасители вибрации	52
2.9. Организация данных	54
<b>3. FAQ и К (к кому и как обращаться с вопросами)</b>	<b>55</b>
<b>4. Приложения</b>	<b>57</b>
4.1. Выдержки из ПУЭ-7	57
4.2. Гасители ВЛ - СО 34.20.264-2005	65
4.3. Гасители ВЛ - СО 34.20.265-2005	79

# 1. Описание программы

## 1.1. Общие сведения

### 1.1.1. Наименование программы

Программа расчёта монтажных тяжёлений и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей линий связи и электропередачи «LineMount».

### 1.1.2. Исключительные права. Авторские права

Свидетельство о государственной регистрации программы № 2008614734 от 1 октября 2008 года.



Правообладателем программы LineMount является ООО «Айтея», (ранее «ПроЭнергоСофт») г. Новосибирск,

тел./факс: (383) 309-29-02, 309-29-04, 309-29-05

E-mail: support@linecross.ru

Сайт в Интернете: www.linecross.ru

Автор: Иванов Николай Павлович

Программисты: Сергеев С.Г., Бирик Е.И., Авраменко А.А., Корнилов М.В. и др.

Перевод на английский язык Ирины Одновал.

Ядро программы, собственно сам механический расчет, сертифицировано:

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ РОСС RU.АГ35.Н01149

Срок действия с 25.11.2016 по 24.11.2019

№ 1288247

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ** — продукция Общества с ограниченной ответственностью "Центр Сертификация "СертПрокТест", Место нахождения: 117282, Российская Федерация, город Москва, улица Профсоюзная, дом 26/44, Помещение II, комната 1. Фактический адрес: 115114, Российская Федерация, город Москва, улица Петовская, дом 10, строение 2. Телефон: +74953662085, факс: +74953662085. Адрес электронной почты: info@sertproktest.ru. Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.11AG35 выдан 25.05.2015 Федеральным службой по аккредитации

**ПРОДУКЦИЯ** Программа расчета монтажных тяжёлых и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей линий связи и электропередачи LineMount (LineMount.Sd) с расчетом таблицей таблиц LineMount, файл: LineMount.Sd, файл: ЛУЗ-7, ИД 153.34.0-48.518-99, СО 153-34.48.519-2002, СО 34.20.264-2005, СО 34.20.265-2005, ГОСТ Р ИСО 9127-94, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 Серийный выпуск

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ** ПУЭ-7, ПД 153.34.0-48.518-99, СО 153-34.48.519-2002, СО 34.20.264-2005, СО 34.20.265-2005, ГОСТ Р ИСО 9127-94, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ** Общество с ограниченной ответственностью «Айтея» Адрес: 630007, Россия, г. Новосибирск, ул. Коммунистическая, 50, оф. 71 Телефон: (383) 231-12-12, Факс: (383) 231-12-12, E-mail: support@linecross.ru ИНН: 5406556510

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН** Общество с ограниченной ответственностью «Айтея» Адрес: 630007, Россия, г. Новосибирск, ул. Коммунистическая, 50, оф. 71 Телефон: (383) 231-12-12, Факс: (383) 231-12-12, E-mail: support@linecross.ru ИНН: 5406556510

**НА ОСНОВании** протокола испытаний № 797-43-1-16/БМ/08 от 05.08.2016 года, выданного испытательной лабораторией Общество с ограниченной ответственностью «БитнисМаркет», аттестат аккредитации регистрационный № РОСС RU.0001.21AG09 от 15.12.2015 года, срок действия - бессрочно

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ** Схема сертификации: 3.

Руководитель органа Я.А. Бородин  
Эксперт А.Н. Лукьянов

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

## 1.2. Назначение и цели внедрения программы

### 1.2.1. Назначение программы

Автоматизация выполнения механического расчёта провода, троса, самонесущего кабеля по методу допускаемых напряжений.

Программа переведена на английский язык с возможностью вывода результатов расчётов для зарубежных заказчиков проектов.

### 1.2.2. Цели внедрения программы

1. Расчёт монтажных тяжёлых и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей ВЛ электропередачи, ВОЛС ВЛ, ВОЛС. Оформление таблиц в составе проектной

документации.

Обеспечение при температуре монтажа тяжений и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей линий связи и электропередачи, необходимых для их дальнейшей надёжной эксплуатации в любых расчётных атмосферных условиях.

2. Уточнение, по расчётам монтажных таблиц, соотношений стрел провеса проводов и тросов, проводов и кабелей. Если необходимо, обновление расчётов.
3. Определение по замерам стрел провеса и тяжений (значения монтажных режимов) установившихся допускаемых напряжений на существующих ВЛ электропередачи и принятие решений по допускаемым напряжениям в грозозащитном тросе, в самонесущих ВОК (ОКГТ, ОКСН).
4. Определение допускаемых напряжений (нагрузок, тяжений) в самонесущих ВОК (ОКГТ, ОКСН) при подвеске ВОЛС на существующих ВЛ (ВОЛС ВЛ), сопоставляя стрелы провеса ВОК со стрелами провеса существующего провода ВЛ по значениям напряжений на провода ВЛ согласно ПУЭ.
5. Расчёт количества гасителей вибрации в пролётах и расстояний их подвески от креплений проводов, тросов и самонесущих кабелей для обычных районов строительства, на переходах и для Северных районов (Крайнего севера).
6. Получение Журнала расстановки опор по профилю (Ведомости подвески ВОЛС ВЛ, ОКГТ). Дооформление журнала (ведомости).
7. Подсчёт длин проводов, тросов, самонесущих кабелей в пролётах с учётом провеса, в анкерных пролётах и в целом по проекту.
8. Возможный расчёт шлейфов анкерных опор.
9. Для версий программы «Cad» - получение поопорной схемы ВЛ, ВОЛС ВЛ. Оформление поопорной схемы в составе проекта.
10. В формате поопорной схемы ВЛ, ВОЛС ВЛ решение других задач проектирования (обоснование смены грозозащитного троса, в том числе ОКГТ, показ мест установки муфт ВОЛС, показ типов, числа и расстояний при подвеске гасителей вибрации, показ замеров стрел провеса и тяжений на существующих линиях, некоторые задачи при утере профиля трассы).

### **1.3. Краткое описание программы**

#### **1.3.1. Исходные данные для расчёта**

Исходные данные для расчёта разделены на общие и данные по участкам трассы.

Участком трассы для расчёта считается:

1. Часть трассы с одинаковым принятым допускаемым напряжением (тяжением) провода, самонесущего кабеля (троса нет, учёта веса гирлянд изоляторов нет).
2. Часть трассы с неизменными принятыми допускаемыми напряжениями (тяжениями) провода, троса (самонесущего кабеля), без учёта веса гирлянд изоляторов.
3. Часть трассы с неизменными принятыми допускаемыми напряжениями (тяжениями) провода, троса (самонесущего кабеля), или без троса, с учётом веса гирлянд изоляторов. При этом вес гирлянд изоляторов учитывается только для «провода».

В исходных данных программы сохраняются все данные по трассе, проекту.

### 1.3.1.1. Общие данные

Для учёта внешних воздействий на провода, тросы, самонесущие кабели согласно ПУЭ в исходных данных программы запрашиваются климатические условия:

1. Температура:
  - максимальная температура окружающего воздуха;
  - минимальная температура окружающего воздуха;
  - температура при максимальном ветре;
  - температура при гололёде без ветра;
  - температура при максимальном ветре и гололёде;
  - среднеэксплуатационная (среднегодовая) температура.
2. Скорость ветра:
  - максимальная скорость ветра;
  - скорость ветра при гололёде.
3. Гололёд:
  - толщина стенки гололёда, мм.
4. Уточнение климатических параметров.

Программой в расчёте учтены коэффициент на ветровую нагрузку по высоте в зависимости от типа местности и другие рекомендации ПУЭ-7, неравномерность ветра и лобовое сопротивление. Учтены коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололёда по высоте над поверхностью земли, коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололёда в зависимости от диаметра провода, троса, самонесущего кабеля и другие рекомендации ПУЭ-7.

В программе учитывается, что базовые нормативные нагрузки (внешние воздействия) и поправки, зависящие от типа местности и высоты согласно таблицам [2.5.2](#) и [2.5.4](#) ПУЭ-7 (уточнение климатических параметров) пользователь задаёт отдельно. В этом случае пользователь может учесть как требования старых ПУЭ (самостоятельно, при разнице в коэффициентах), так и новых.

Для определения расчётных нагрузок согласно ПУЭ-7 дополнительно введены коэффициенты надёжности к нормативным нагрузкам отдельным вводом данных:

- к ветровым нагрузкам: ответственности, региональный, надёжности;
- к гололёдным нагрузкам: ответственности, региональный, надёжности, условий работы.

Согласно [2.5.11](#) ПУЭ-7 значения этих коэффициентов, по умолчанию, приняты равными единице.

Коэффициенты надёжности не являются частью теории механического расчёта, учитывают человеческий фактор. Заказчик проекта вправе усилить или ослабить проект, изменив какой-либо коэффициент надёжности, соответственно меняющий скорость ветра или толщину стенки гололёда, указав это в задании на проектирование.

При вводе уточнений климатических параметров по умолчанию принят тип местности А (ПУЭ) с высотой приведённого центра тяжести до 15 м.

Общие исходные данные выводятся перед результатами расчётов для контроля в проекте.

<b>Климатические условия</b>	
Толщина стенки гололёда, мм	
Скорость ветра максимальная, м/с	
Скорость ветра при гололёде, м/с	
Температура минимальная, °С	
Температура максимальная, °С	
Температура при гололёде без ветра, °С	
Температура при гололёде с ветром, °С	
Температура среднегодовая, °С	

<b>Коэффициенты надёжности к нормативным нагрузкам</b>	
<b>К ветровым нагрузкам</b>	
Ответственности	1,00
Региональный	1,00
Надёжности	1,00
<b>К гололёдным нагрузкам</b>	
Ответственности	1,00
Региональный	1,00
Надёжности	1,00
Условий работы	1,00

<b>Уточнение климатических параметров</b>	
Тип местности	А
Высота приведённого центра тяжести проводов, кабеля, средних точек зон конструкций опор над поверхностью земли, м	15
То же, троса, кабеля	15

Монтажные таблицы подразделяют на участки и опоры.

В окне «Участки» отображается перечень наименований участков по трассе, проекту.

В окне «Опоры» отображается перечень опор по активному участку трассы, проекта с указанием номера опоры, типа (по типу крепления проводов, тросов, самонесущих кабелей) длин пролётов (до следующих опор) и отметки визируемых пролётов.

### 1.3.1.2. Данные по участку

Данные по участку можно добавить, удалить или изменить.

Название участка – любое, кроме использования специальных символов.

Провода, тросы, самонесущие кабели представлены следующими характеристиками:

- марка провода, троса, самонесущего кабеля;
- диаметр;
- сечение несущей нагрузку части;
- погонный вес, даН/м (1 кг – 0.98 даН);
- модуль упругости, даН/мм<sup>2</sup> (кН/мм<sup>2</sup>);
- коэффициент температурного линейного удлинения, м/град. (1/К).



Для хранения данных по проводам, тросам, самонесущим кабелям в программе имеется редактируемый справочник (создать, изменить, удалить).

«Провод»

Характеристика провода, кабеля (справочник программы)	
Диаметр, мм	
Сечение, мм <sup>2</sup>	
Погонный вес (нагрузка), кг/м	
Модуль упругости, даН/мм <sup>2</sup> (кН/мм <sup>2</sup> )	
Коэффициент лин. темпер. расширения, 1/К	

«Трос»

Характеристика троса, кабеля (справочник программы)	
Диаметр, мм	
Сечение, мм <sup>2</sup>	
Погонный вес (нагрузка), кг/м	
Модуль упругости, даН/мм <sup>2</sup> (кН/мм <sup>2</sup> )	
Коэффициент лин. темпер. расширения, 1/К	

Согласно методу расчёта (допускаемых напряжений) в исходных данных запрашиваются согласно ПУЭ два значения принятых допускаемых напряжений:

- максимальное допускаемое напряжение (тяжение) в несущем сечении провода, троса, самонесущего кабеля при наибольших нагрузках (гололёд и ветер) и при низшей температуре, даН/мм<sup>2</sup> (Н/мм<sup>2</sup>); даН (кН);
- максимальное допускаемое напряжение (тяжение) в несущем сечении провода, троса, самонесущего кабеля при среднеэксплуатационных условиях (среднегодовой температуре), даН/мм<sup>2</sup> (Н/мм<sup>2</sup>); даН (кН).

С целью упрощения работы проектировщиков, в особенности ВОЛС ВЛ, принято решение использовать, если нужно, вместо допускаемых напряжений, допускаемые нагрузки (тяжения) на кабель, даН (кН), используемые для пересчёта в механические напряжения внутри программы. При выводе результатов показываются и напряжения и тяжения.

Для активизации расчёта с учётом веса натяжных гирлянд изоляторов, влияющих на стрелу провеса провода в окне «Участки» имеется соответствующий флажок. – «Учёт веса гирлянд».

☒ **Учёт веса гирлянд (провод)**

Вес гирлянды изоляторов, кг:

Длина гирлянды изоляторов, м:

Разность высот, м:

Для гирлянд изоляторов запрашивать следующие исходные данные:

- Вес гирлянды изоляторов, кг.
- Длина гирлянды изоляторов, м.
- Разность высот (подвески на опорах), м.

При расчёте вес гирлянд изоляторов учитывается только при указании флажка «Провод».

☒ **Провод (кабель)**



### 1.3.1.3. Данные по опорам участка

Есть возможность добавить, изменить, копировать, вставить или удалить данные по опорам активного участка. Для этого, сначала, нужно выбрать в окне отражения участков необходимый участок.

- Номер опоры – произвольный ввод номера опоры с возможностью ввода не специальных символов (может содержать буквы, например **1a** или, для порталов, **П1**).
- Тип опоры (крепления): «Анкерная», «Промежуточная».
- Длина пролёта до следующей опоры, м.
- Визируемый пролёт – при включённом флажке, для визируемого пролёта будут произведены расчёты стрелы провеса в монтажных режимах.

Вводятся данные по всем опорам на участке. Отражение в окне сверху вниз. Участок всегда начинается и заканчивается анкерным креплением, соответственно, последняя опора всегда анкерная, но длина пролёта по ней и визируемые условны и не учитываются.

Начиная с версии 5.6 (2015 г.) данные по опорам можно импортировать из файлов Excel.

Основные исходные данные можно набирать также с помощью демоверсии программы.

### 1.3.1.4. Данные для расчёта гасителей вибрации

Данные для расчёта количества гасителей вибрации и расстояний их подвески от мест крепления проводов, тросов и самонесущих кабелей вводятся, согласно технологии проектирования, после проведения всех расчётов по монтажным таблицам. Все деления на участки трассы и ввод пролётов в окне опоры по участкам трассы должны быть завершены и расчёты монтажных таблиц должны быть закончены полностью.

Технологическое разделение с собственно расчётом монтажных таблиц связано с тем, что данные для расчёта гасителей вибрации формируются из данных для расчёта монтажных таблиц.

Дополнительно к общим данным для расчёта монтажных таблиц технологически отдельно запрашиваются и формируются общие данные для расчёта гасителей вибрации:

- Категория местности согласно СО 34.20.264(265)-2005.
- Переадресация проекта в Северные районы (Крайнего Севера) согласно СО 34.20.264(265)-2005 и, соответственно, ввод среднемесячной температуры самого холодного месяца (учитывается только для сталеалюминиевых проводов, ОКГТ и стальных тросов).
- Автоматически формируемый перечень участков из расчёта монтажных таблиц тяжёлых и стрел провеса.

При выборе любого участка трассы (из участков, сформированных для расчёта гасителей вибрации) можно сразу определиться, нужен ли на этом участке расчёт гасителей вибрации, в зависимости от допускаемого напряжения при среднегодовой температуре и длин пролётов на участке. Для расчёта достаточно пометить флажок «Выполнить расчёт». При отказе от расчёта гасителей на этом участке ничего не указывать, на данных подсветки не будет, расчёта не будет.

При расчёте гасителей вибрации на участке нужно указать:

- Материал провода, троса, кабеля (сталеалюминевый, стальной, диэлектрический).
- Требуемое исполнение гасителя.
- Количество проводов в фазе.
- Количество цепей на линии.
- Количество тросов.
- Для сталеалюминевых проводов (и ОКГТ) выбрать соотношение А/С.

**Примечание.** Отношение А/С можно было бы ввести в справочник проводов, но для импортных проводов оно заранее неизвестно, так же, как и для заказываемых ОКГТ, сечение которых чаще зависит от токов короткого замыкания. Поэтому пользователь сам решает данный вопрос.

### 1.3.2. Расчёт

Расчёты, приведённые далее, полностью соответствуют теории, кроме коэффициентов надёжности, указанных ПУЭ-7. Линии электропередачи, построенные 50-70 лет назад, по результатам замеров тяжения и стрел провеса полностью подтверждают правильность расчётов.

#### 1.3.2.1. Определение нагрузок

Погонные и удельные нагрузки (1...7):

1. Нагрузка от собственного веса провода.

$p_1$  – даН/м (1 кг – 0.98 даН) – из справочника.

$$\gamma_1 = \frac{p_1}{F_0}, \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2.$$

2. Нагрузка от веса гололёда (гололёд на проводе имеет цилиндрическую форму).

$$p_2 = \left[ \frac{\pi (d + 2e)^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right] q_0 = \pi q_0 e (d + e), \text{ даН} / \text{м}.$$

$q_0$  – удельный вес гололёда.  $q_0 = 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{см}^3$ .

На толщину стенки гололёда применены коэффициенты по формулам ПУЭ-7 в зависимости от высоты приведённого центра тяжести и диаметра проводов согласно исходным данным.

На погонную нагрузку  $p_2$  согласно ПУЭ-7 применены коэффициенты надёжности из исходных данных.

$$\gamma_2 = \frac{p_2}{F_0}, \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2.$$

3. Нагрузка от веса провода с гололёдом.

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2, \text{ даН} / \text{м} \cdot \text{мм}^2.$$

4. Нагрузка от давления ветра на провод без гололёда.

Значение  $a$  (коэффициент неравномерности) получаем интерполяцией. (ПУЭ-7).

Значение  $c_x$  (аэродинамический коэффициент) также берём по ПУЭ-7.

$$p_4 = \frac{a C_x dV^2}{16}, \partial aH / м.$$

На величину скорости ветра применяются коэффициенты в зависимости от высоты приведённого центра тяжести и типа местности по формулам ПУЭ-7.

Коэффициенты интерполируются.

На погонную нагрузку  $p_4$  согласно ПУЭ-7 применяются коэффициенты надёжности из исходных данных.

$$\gamma_4 = \frac{p_4}{F_0}, \partial aH / м \cdot мм^2.$$

#### 5. Нагрузка от давления ветра на провод с гололёдом.

При этом  $0.25q$  при гололёде,  $a=1$ ,  $C_x$  не меняется.

$$p_5 = a \cdot C_x \cdot q(d + 2e), \partial aH / м.$$

На погонную нагрузку  $p_5$  согласно ПУЭ-7 применяются коэффициенты надёжности из исходных данных.

$$\gamma_5 = \frac{p_5}{F_0}, \partial aH / м \cdot мм^2.$$

#### 6. Нагрузка от давления ветра и веса провода без гололёда.

$$p_6 = \sqrt{p_4^2 + p_1^2}, \partial aH / м$$

$$\gamma_6 = \frac{p_6}{F_0}, \partial aH / м \cdot мм^2.$$

#### 7. Нагрузка от ветра и веса провода с гололёдом.

$$p_7 = \sqrt{p_3^2 + p_5^2}, \partial aH / м$$

$$\gamma_7 = \frac{p_7}{F_0}, \partial aH / м \cdot мм^2.$$

Из полученных нагрузок для дальнейших расчётов принимается наибольшая.

### 1.3.2.2. Расчёт критических пролётов

$$l_K = \sqrt{\frac{(\sigma_n - \sigma_m) + \alpha E(\theta_n - \theta_m)}{\frac{\gamma_n^2 E}{24 \sigma_n^2} - \frac{\gamma_m^2 E}{24 \sigma_m^2}}}$$

	n	m
$l_{1K}$	$\theta_{\bar{n}}$	$\theta_i$
$l_{2K}$	$\theta_{\Gamma}$	$\theta_i$
$l_{3K}$	$\theta_{\bar{A}}$	$\theta_{\bar{n}}$

В результате расчётов значения критических пролётов получаются в пяти сочетаниях:

$$1. \quad (l_{1K} < l_{2K} < l_{3K})$$

При изменении пролёта от 0 до  $l_{1\kappa}$  расчётные условия – низшие температуры; от  $l_{1\kappa}$  до  $l_{3\kappa}$  - среднегодовые условия; от  $l_{3\kappa}$  до  $\infty$  - гололёд.

2.  $(l_{3\kappa} < l_{2\kappa} < l_{1\kappa})$   
 $l < l_{2\kappa}$  - расчётные – низшие температуры;  
 $l > l_{2\kappa}$  - расчётными являются гололёдные условия (наибольшие нагрузки).
3.  $l_{1\kappa}$  - мнимый критический пролёт;  $l_{2\kappa}$  - не имеет физического смысла;  $l_{3\kappa}$  - расчётный критический пролёт.  
 $l < l_{3\kappa}$  - расчётные – среднегодовые условия;  $l > l_{3\kappa}$  - гололёдные расчётные условия.
4.  $l_{3\kappa}$  - мнимый критический пролёт;  $l_{2\kappa}$  - не имеет физического смысла;  $l_{1\kappa}$  - расчётный критический пролёт.  
 $l < l_{1\kappa}$  - расчётные – низшие температуры;  
 $l > l_{1\kappa}$  - расчётные – среднегодовые условия.
5.  $l_{1\kappa}$  и  $l_{3\kappa}$  - мнимые критические пролёты;  $l_{2\kappa}$  - не имеет физического смысла.

В данном случае расчётными являются среднегодовые условия при всех длинах пролётов.

### 1.3.2.3. Определение приведённых пролётов

Для каждого анкерного пролёта (пролёта или пролётов с промежуточными опорами, ограниченных анкерными опорами) определяется величина приведённого пролёта.

$$l_{прив} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}}, \text{ м}$$

### 1.3.2.4. Решение уравнения состояния провода. Расчёт напряжений и стрел провеса (без учёта гирлянд)

Для определения стрел провеса провода нужно определить напряжения в проводе при различных атмосферных условиях.

Расчёт производим по уравнению состояния провода.

$$\sigma_n - \frac{l_{прив}^2 \cdot \gamma_n^2 E}{24 \sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{l_{прив}^2 \cdot \gamma_m^2 E}{24 \sigma_m^2} - \alpha E (\theta_n - \theta_m);$$

где:

$\sigma_n$  - напряжение в материале провода при изменяющихся атмосферных условиях.

$l_{прив}$  - длина приведённого пролёта.

$\gamma_n$  - нагрузка из сочетаний атмосферных условий.

$E$  - модуль упругости.

$\sigma_m$  - сравниваемое напряжение в материале провода. В зависимости от соотношения критических пролётов, длин пролётов и расчётных условий.

$\gamma_m$  - нагрузка при сравниваемых атмосферных условиях.

$\theta_m$  - соответственно расчетным условиям.

$\theta_n$  - температура соответствующего сочетания атмосферных (климатических) условий для расчета.

Мы будем брать поочередно каждый анкерный пролёт со своим значением приведённого пролёта и определять напряжение в проводе, сравнивая с расчетными «т»-ными условиями.

Уравнение состояния провода:

$$\sigma_{II} - \frac{A}{\sigma_{II}^2} = B; \quad \sigma_{II}^2 (\sigma_{II} - B) = A. \text{ решить любым методом.}$$

Выполняем расчёты напряжений для рассчитанных приведённых пролётов при расчётных температурах монтажа -30, -20, -10, 0, +10, +20, +30, +40°C.

Стрелы провеса:

$$y = \frac{l^2 \cdot \gamma_1}{8 \cdot \sigma} + \frac{l^4 \cdot \gamma_1^3}{384 \cdot \sigma^3}, \text{ и}$$

### 1.3.2.5. Решение уравнения состояния провода. Расчёт напряжений, стрел провеса (учёт веса гирлянд)

Длина провода в пролёте с натяжными гирляндами:

$$L_1 = L - 2 L_{гир.}, \text{ м}$$

Угол наклона провода:

$$\varphi = \arctg \frac{\Delta h}{L}, \text{ где } \Delta h - \text{разница высот подвески проводов.}$$

$$p = 8 \frac{L_{гир.}}{L_1} \cdot \frac{P_{гир.}^2 \cdot \cos^3 \varphi}{F^2};$$

$$U_1 = L_1 (L_1 + 6 L_{гир.} \cdot \cos \varphi) \gamma_1^2 + 12 L_{гир.} \cdot \gamma_1 \frac{P_{гир.}}{F} \cos \varphi^2 + p$$

$U_{нб} = L_1 (L_1 + 6 L_{гир.} \cdot \cos \varphi) \gamma_{нб}^2 + 12 L_{гир.} \cdot \gamma_{нб} \frac{P_{гир.}}{F} \cos \varphi^2 + p$  - при наибольших нагрузках (6 или 7).

Если  $U_{нб} - U_1 \leq 24 \alpha \cdot \sigma_{нб}^2 (-\theta_{min} - \theta_{v2})$ , то  $\theta_m = \theta_{min}$ ,  $U_m = U_1$ .

Иначе  $\theta_m = \theta_{v2}$ ,  $U_m = U_{нб}$ .

$$\beta = \frac{1}{E} - \text{коэффициент упругого удлинения всего провода.}$$

Для уравнения состояния провода:

$$A = \frac{U_1}{24 \beta}; \quad B = \sigma_{нб} - \frac{U_m}{24 \beta \cdot \sigma_{нб}^2} - \frac{\alpha (\theta_n - \theta_m)}{\beta}.$$

Решение уравнения состояния провода

$$\sigma_{II}^2 (\sigma_{II} - B) = A., \text{ определение } \sigma \text{ в середине пролёта.}$$

$$\sigma_0 = \sigma \cdot \cos \varphi - \text{горизонтальная составляющая напряжения.}$$

Стрела провеса:

$$y = \frac{L_1 (L_1 + 4 L_{\text{гир}} \cdot \cos \varphi) \cdot \gamma_1}{8 \sigma_0 \cdot \cos \varphi} + \frac{L_{\text{гир}} \cdot P_{\text{гир л}} \cdot \cos \varphi}{2 \sigma_0 \cdot F}, \text{ м.}$$

### 1.3.2.6. Определение тяжения

$$T = \sigma \cdot F, \text{ даН}$$

Примечание. Расчётную часть и логику по определению количества гасителей вибрации в пролётах и расстояний от мест крепления проводов, тросов, самонесущих кабелей не приводим. Относим пользователя к документам СО [8], [9].

### 1.3.3. Результаты расчёта

Результаты расчёта таблиц монтажных тяжений и стрел провеса оформляются таблицей Excel в двух вариантах. Вариант 1 – классический, вариант 2 добавлен по просьбе пользователей.

Перед результатами расчётов распечатываются для контроля все исходные данные (приведенные выше таблицы).

Расчёт на один участок составляет один лист книги Excel. Все последующие участки проекта распечатываются на новых листах книги Excel.

#### 1.3.3.1. Журнал расстановки опор

Дополнительно, к результатам расчётов монтажных тяжений и стрел провеса, появляется возможность сформировать, почти без дополнительных данных, журнал расстановки опор. К вводу данных для монтажных таблиц добавлен необязательный ввод данных для журнала расстановки опор (необязательный ввод – не влияющий на расчёт, в журнал выводится то, что введено, чтобы не задерживать основную задачу проектировщика, а журнал оставить «на после»).

Добавлены:

- Шифр опор.
- Номер угла.
- Размер угла, градусы, минуты, секунды. + право, - лево.
- Пикет начальный, резаный с дальнейшим подсчётом пикетов от введённых значений с возможностью учёта знаков + и -.
- Номер пересечения.
- Примечание.

Для ВОЛС ВЛ журнал становится журналом (ведомостью) подвески самонесущего кабеля на опорах ВЛ.

С появлением этих возможностей подсчитываются длины участков и всей трассы в целом.

Добавлена функция определения длин провода, троса, самонесущего кабеля в пролётах, анкерных пролётах, по проекту в целом. Длины проводов, тросов, кабелей определены при температуре 20 градусов. При пересчёте на другую температуру можно воспользоваться коэффициентом температурного линейного расширения.

#### 1.3.3.2. Поопорная схема ВЛ, ВОЛС ВЛ. Программа LineMount

Учитывая, что проектировщики по связи выполняют чертежи показа схемы установки опор, без масштаба, на «ровной местности» с характеристиками ВОЛС, в САД или другой графический пакет выполняется вывод поопорной схемы ВЛ, ВОЛС ВЛ. Для проектировщиков ВЛ схема окажется полезной при работах по смене провода, троса,

подвеске гасителей по новым требованиям, особенно при потере профиля трассы ВЛ. Кроме того она становится более информативной, чем таблица монтажных тяжений и стрел провеса.

Выполнена задача: совмещение на поопорной схеме ВЛ, ВОЛС ВЛ безмасштабного показа опор ВЛ с данными журнала расстановки опор и результатов расчёта монтажных тяжений и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей по виду как профиль трассы, но на «ровной местности».

		1 Анк.	2 Пром.	3 Пром.	4 Пром.	5 У110-1
		0+0	1+70	3+9	4+40	5+70
		170	139	131	130	135
Углы и прямые, км		Уг.1;+8°16'0"				
Длина анкерного участка, м		570				
Приведенный пролет, м		145,36				
Марка и допускаемое напряжение в проводе. дАН/мм <sup>2</sup> , макс./ср.экспл		АПС120/19 13,9/9,2				
Марка и допускаемое напряжение в тросе. дАН/мм <sup>2</sup> , макс./ср.экспл		ТК-9.1 30/25				
Монтажные стрелы провеса, м, провод(трос), при температуре	40	2,01 <2,05>		1,79 <1,82>		
	30	1,79 <1,91>		1,59 <1,7>		
	20	1,57 <1,77>		1,39 <1,58>		
	10	1,36 <1,64>		1,2 <1,45>		
	0	1,17 <1,5>		1,04 <1,34>		
	-10	1,01 <1,38>		0,89 <1,22>		
	-20	0,87 <1,25>		0,77 <1,11>		
	-30	0,76 <1,14>		0,68 <1,02>		
Монтажное тяжение,	40	565 <492>		543 <512>		
	30	637 <528>		616 <555>		
	20	727 <569>		710 <605>		
	10	839 <617>		827 <663>		

Участки ввода данных по программе расположены по порядку на поопорной схеме, что даёт проектировщику возможность сформировать необходимые чертежи.

### 1.3.3.3. Ведомость гасителей вибрации

Ведомость гасителей вибрации формируется в двух частях, слева для провода (кабеля), справа, повторяя форму, для троса (кабеля). Указываются все пролёты с гасителями, их марки, расстояния от мест крепления и количество в пролёте.

Выбираются марки гасителей вибрации, приведённые в СО 34.20.264(265)-2005. При выборе других гасителей вибрации проектировщиком выбираются аналоги.

### 1.3.3.4. Формы Excel для вывода результатов

Для вывода результатов расчёта в Excel подготовлены две формы монтажных таблиц для программы, согласно двум вариантам для основного расчёта, форма журнала расстановки опор и форма результатов расчёта гасителей вибрации.



Исходные данные в результатах одинаковы для обоих вариантов.

Климатические условия	
Толщина стенки гололёда, мм	
Скорость ветра максимальная, м/с	
Скорость ветра при гололёде, м/с	
Температура минимальная, °С	
Температура максимальная, °С	
Температура при гололёде без ветра, °С	
Температура при гололёде с ветром, °С	
Температура среднегодовая, °С	

Коэффициенты надёжности к норм. нагрузкам	
К ветровым нагрузкам	
Ответственности	1,00
Региональный	1,00
Надёжности	1,00
К гололёдным нагрузкам	
Ответственности	1,00
Региональный	1,00
Надёжности	1,00
Условий работы	1,00

Уточнение климатических параметров	
Тип местности	A
Высота приведённого центра тяжести проводов, кабеля, средних точек зон конструкций опор над поверхностью земли, м	15
То же, троса, кабеля	15

Характеристика провода, кабеля (справочник программы)	
Диаметр, мм	
Сечение, мм <sup>2</sup>	
Погонный вес (нагрузка), кг/м	
Модуль упругости, даН/мм <sup>2</sup> (кН/мм <sup>2</sup> )	
КТЛР, 1/К	

Характеристика троса, кабеля (справочник программы)	
Диаметр, мм	
Сечение, мм <sup>2</sup>	
Погонный вес (нагрузка), кг/м	
Модуль упругости, даН/мм <sup>2</sup> (кН/мм <sup>2</sup> )	
КТЛР, 1/К	

Вариант 1.

В варианте 1 для участка вначале, в отдельной таблице размещены монтажные тяжения по анкерным пролётам участка, затем таблица монтажных стрел провеса по заказанным визируемым пролётам участка. Предусмотрено две формы: T = -30...+40; T = -40...+40.

Название участка																			
Анкерный участок			Провод (кабель)			Напряжение, даН/мм <sup>2</sup> (Н/мм <sup>2</sup> )			Тяжение, даН (кН)		Трос (кабель)			Напряжение, даН/мм <sup>2</sup> (Н/мм <sup>2</sup> )			Тяжение, даН (кН)		
			Допускаемое максимальное								Допускаемое максимальное								
			Среднеэксплуатационное								Среднеэксплуатационное								
Монтажные тяжения в даН (кН) при температуре, °С																			
№ погр. опор	Длина, м	Прив. пролёт, м																	
			-30.0	-20.0	-10.0	0	10.0	20.0	30.0	40.0	-30.0	-20.0	-10.0	0	10.0	20.0	30.0	40.0	

Таблицу стрел провеса, расположенную справа за таблицей тяжений нужно вырезать в Excel и расположить за таблицей тяжений.

Анкерный участок			Визир. пролёты		Монтажные стрелы провеса в м при температуре, °С															
№ погр. опор	Длина, м	Прив. пролёт, м	Длина, м	№ погр. опор																
					-30	-20	-10	0	10	20	30	40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40

Вариант 2.

В варианте 2 для участка в одной таблице размещены монтажные тяжения и монтажные стрелы провеса по заказанным визируемым пролётам анкерных пролётов участка.

Название участка										Название участка									
Провод (кабель)			Напряжение, даН/мм <sup>2</sup> (Н/мм <sup>2</sup> )		Тяжение, даН (кН)					Трос (кабель)			Напряжение, даН/мм <sup>2</sup> (Н/мм <sup>2</sup> )		Тяжение, даН (кН)				
Допускаемое максимальное										Допускаемое максимальное									
Среднеэксплуатационное										Среднеэксплуатационное									
№ погр. опор	Прив. пролёт, м	Длина пролёга, м	Провода (кабеля) при температуре воздуха, °С							№ погр. опор	Прив. пролёт, м	Длина пролёга, м	Троса (кабеля) при температуре воздуха, °С						
			-30	-20	-10	0	+10	+20	+30				-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
			Тяжения, даН (кН)										Тяжения, даН (кН)						
			Стрелы провеса, м										Стрелы провеса, м						

При использовании варианта 2 имеется возможность оформления таблицы монтажных тяжений и стрел провеса в портретном расположении формата А4. Для этого достаточно вырезать и перенести правую, «тросовую» часть таблицы вслед за левой «проводной». С этим же (сокращение ширины печати) связано исключение расчёта для температуры +40 °С, которая приведена в варианте 1.

Форма для вывода результатов расчёта количества гасителей вибрации в пролётах и расстояний от точек подвеса проводов, тросов, самонесущих кабелей

Название участка								Название участка							
Марка провода (кабеля)								Марка троса (кабеля)							
№ погр. опор	Прив. пролёт, м	Длина пролёта, м	Тяжение при сгт, даН (кН)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	№ погр. опор	Прив. пролёт, м	Длина пролёта, м	Тяжение при сгт, даН (кН)	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
				Расстояние, см.    Марка гасителя								Расстояние, см.    Марка гасителя			
				Количество гасителей в пролёте на один провод (кабель), шт.								Количество гасителей в пролёте на один трос (кабель), шт.			

Имеется возможность оформления ведомости гасителей вибрации в портретном расположении формата А4. Для этого достаточно вырезать и перенести правую, «тросовую» часть таблицы вслед за левой «проводной». В случае расчёта только «провода» или «троса» ненужную часть легко удалить.

В результатах расчётов гасителей вибрации на электрических кабелях для S<sub>1</sub> расстояние .../5, означает, что 5 см - расстояние от выхода кабеля из верхнего слоя спирального натяжного зажима (при этом S<sub>2</sub> можно заменить на S<sub>1</sub>), в числителе - расстояние от выхода кабеля из поддерживающего зажима.

Форма журнала расстановки опор (ведомости подвески ВОЛС на ВЛ), длины проводов, тросов, кабелей в пролётах.

Журнал расстановки опор						
№ опор	Шифры опор	Углы, прямые, км	Пикеты установки опор	Пролёт до след. опоры, м	Анкерные и приведённые пролёты, м	Примечание

Длина провода (кабеля), м		Длина троса (кабеля), м	
Пролёт	Анкерный пролёт	Пролёт	Анкерный пролёт

## 1.4. Литература

1. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчёт линий электропередачи.
2. Бошнякович А.Д. Механический расчёт проводов и тросов линий электропередачи.
3. Правила устройства электроустановок, издание 6.
4. Правила устройства электроустановок, издание 7.
5. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше. Минтопэнерго РФ, РАО ЕЭС, Госкомсвязи РФ. 1998 г.
6. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 0,4-35 кВ. Минэнерго РФ, Министерство РФ по связи и информатизации, 2002 г.
7. Правила подвески и монтажа самонесущего волоконно-оптического кабеля на опорах контактной сети и высоковольтных линий автоблокировки (утв. МПС РФ 16.08.1999 № ЦЭ/ЦИС-677).
8. [СО 34.20.264-2005. Рекомендации по применению многочастотных гасителей вибрации ГВП и унифицированных гасителей вибрации ГВУ на воздушных линиях электропередачи напряжением 35-750 кВ. ОРГРЭС. 04.04.2005.](#)
9. [СО 34.20.265-2005. Рекомендации по применению многочастотных гасителей вибрации для самонесущих волоконно-оптических кабелей \(ОКСН\). ОРГРЭС. 04.04.2005.](#)
10. Положение о технической политике в распределительном электросетевом комплексе. Приложение к распоряжению ОАО РАО «ЕЭС России» и ОАО «ФСК ЕЭС» от 25.10.2006 № 270р / 293р

## 2. Описание применения

### 2.1. Общие указания пользователю

Расчёт по программе LineMount производится под окончательную проектную расстановку опор, порталов и других несущих конструкций ВЛ.

Для ВОЛС на существующей ВЛ программа является основной для определения допускаемых напряжений (тяжений) в самонесущем ВОК. При этом необходимо сопоставить стрелы провеса кабеля (ОКСН, ОКГТ) и существующего провода ВЛ в монтажных (эксплуатационных) режимах.

Расчёт LineMech предназначен для определения проектом допускаемых напряжений (тяжений) на разных участках трассы в проводе, тросе, самонесущем кабеле с учётом несущей способности самого провода, троса, самонесущего кабеля, с учётом несущей способности конструкций, к которым подвешиваются провода, тросы, самонесущие кабели.

Принятые проектом допускаемые напряжения (тяжения) из механического расчёта по программе LineMech используются далее в расчётах габаритов пересечений, монтажных тяжений и стрел провеса. Во всех дальнейших за LineMech расчётах на участках трассы проекта используются соответствующие этим участкам одинаковые значения климатических условий, уточнение климатических параметров, коэффициентов надёжности, напряжений, тяжений.

Расчёт габаритов пересечений программой LineCross производится после предварительной проектной расстановки опор для уточнения мест их установки и решения вопросов применения повышенных и пониженных опор.

На окончательную расстановку опор могут повлиять расчёты на отклонение гирлянд изоляторов при воздействии низшей температуры, ветра и тяжения, а также вырывающие усилия на крепления проводов, кабелей по программе LineLoad, определяющей величину компенсирующих грузов (балластов). Возможна замена промежуточных опор на анкерные.

Монтажников, в отличие от проектировщиков, не интересует, какие приняты допускаемые напряжения (тяжения), правильно ли определены габаритные пролёты, обеспечены ли габариты над землёй и при пересечениях. Монтажникам для натяжения проводов, тросов и самонесущих кабелей необходимо получить от проектировщиков в составе проектной документации таблицы монтажных тяжений и стрел провеса этих проводов, тросов и кабелей, для подвески на всех опорах линии и порталах подстанций.

Программа LineMount выполняет расчёт монтажных тяжений и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей линий электропередачи и связи при разных температурах монтажа и формирует соответствующие монтажные таблицы.

Расчёт производится по методу допускаемых напряжений (тяжений) при условии обеспечения определенного запаса прочности. Согласно ПУЭ, вместо запаса прочности на практике используются допускаемые напряжения (тяжения), данные в долях или процентах от предела прочности (табл. 2.5.7. ПУЭ).

Программа позволяет хранить в одном файле исходных данных и рассчитывать несколько участков, например отпаяк, или участков с разными проводами, тросами, кабелями, напряжениями и тяжениями, то есть, весь проект в целом.

Справочник проводов, тросов, самонесущих кабелей, ранее содержавший только гостированные их типы, по просьбе пользователей дополнен негостированными марками, внесёнными, в основном, для ориентировки в значениях задаваемых характеристик.

**Предупреждение.** Данные по негостированным проводам (в том числе СИП), тросам, самонесущим кабелям отличаются у разных заводов-изготовителей, выпускающих их по собственным ТУ, изменяются со временем, поэтому эти данные должны быть проверены, согласованы непосредственно для каждого проекта с заводом – изготовителем.

Расчётная часть программы использовалась при проектировании с 1985 года, начиная с ЭВМ СМ-4.

Программа рассчитана на пользователей, регулярно занимающихся проектированием воздушных линий электропередачи и связи.

Предупреждение: От достоверности исходных данных для расчёта (см. ПУЭ), обоснованности напряжений (тяжений) по механическому расчёту, обеспеченности габаритов с пересекаемыми сооружениями и правильности внесенных в справочник характеристик проводов, тросов и самонесущих кабелей зависит конечный результат!

Применительно к имеющимся в справочнике проводам, тросам, кабелям не может быть рассчитан какой-либо другой провод, трос, кабель. Расчёт будет нереален.

## **2.2. Ограничения программы**

Расчёты (по умолчанию) производятся без учёта последующей вытяжки проводов, тросов и самонесущих кабелей (в процессе эксплуатации). Поэтому, при проектировании выдавать для специалистов по монтажу рекомендацию об уменьшении стрел провеса при монтаже на 3-5-7-10%.

С учётом последующей вытяжки монтажные тяжения и стрелы провеса подсчитываются по процентам вытяжки, указанным для проводов, тросов в литературе, для кабелей, – в Правилах по подвеске и монтажу самонесущих ВОК.

Один файл исходных данных с несколькими участками может быть только при неизменных климатических условиях.

Нагрузки на несущие конструкции в данной программе не рассчитываются. Можно оценить только тяжения в монтажных режимах и то, что при нагрузочных условиях достигается заданное максимально допускаемое напряжение и соответствующее тяжение. Погонные, приведённые нагрузки, по которым проектировщиком определяются нагрузки на несущие конструкции (опоры, порталы и т.п.) от воздействия различных климатических факторов на провода, тросы и самонесущие кабели, рассчитываются программой LineMech. Там же рассматривается поведение провода, троса, самонесущего кабеля в нагрузочных (не только монтажных) режимах для разных длин пролётов.

Марки гасителей вибрации в программе заложены согласно СО 34.20.264(265)-2005. При применении других гасителей подбираются аналоги (обязательно многочастотные) по креплению к проводам, тросам, кабелям,.

Число символов в марке провода, троса кабеля справочника увеличено с 9 до 16 (с версии 5.1).

Внимание. Согласовывайте характеристики негостированных проводов, тросов, самонесущих кабелей с заводами-изготовителями.

## **2.3. Место расчёта в проекте**

Результаты расчёта по программе LineMount служат основанием для обеспечения при монтаже тяжений в анкерных и стрел провеса в визируемых пролётах при разных температурах монтажа.

В программе LineMount реализовано два вида выходных форм таблиц монтажных тяжений и стрел провеса, в разных регионах привычных для восприятия монтажниками. Выбор формы осуществляет проектировщик.

Форма 2 одинакова для провода и троса,  $T = -30...+30$  градусов, в форме 1 два варианта:  $T = -30...+40$ ;  $T = -40...+40$  градусов.



Название участка									
Провод (кабель)			Напряжение, даН/мм <sup>2</sup> (Н/мм <sup>2</sup> )				Тяжение, даН (кН)		
Допускаемое максимальное									
Среднеэксплуатационное									
№ погр. опор	Прив. пролёт, м	Длина пролёта, м	Провода (кабеля) при температуре воздуха, °С						
			-30	-20	-10	0	+10	+20	+30
			Тяжения, даН (кН)						
			Стрелы провеса, м						

Для контроля и возможного применения в проектах выводится журнал расстановки опор с данными, введёнными проектировщиком в программе. Для ВОЛС ВЛ это ведомость подвески ВОЛС на опорах ВЛ.

№№ опор	Шифры опор	Углы, прямые, км	Пикеты установки опор	Пролёт до след. опоры, м	Анкерные и приведённые пролёты, м		Примечание

Дополнительно, при формировании журнала опор подсчитывается длина трассы по участкам и в целом по линии.

В продолжение строк журнала опор приводится таблица длин проводов, тросов, кабелей в пролётах с учётом стрел провеса при 20 градусах.

Длина провода (кабеля), м		Длина троса (кабеля), м	
Пролёт	Анкерный пролёт	Пролёт	Анкерный пролёт

Длины проводов, тросов, кабелей в пролётах рассчитываются для определения потребности в проводах, тросах, кабелях. Добавляются длины проводов, тросов, кабелей в шлейфах, вводы кабелей в муфты и по конструкциям, запас на разделки и отходы при монтаже.

При наличии пролётов с большой разницей в высоте подвески проводов, тросов, кабелей на опорах длины проводов, тросов, кабелей в этих пролётах более точно можно рассчитать в программе LineCross.

В LineMount, кроме перечисленных форм осуществлён вывод поопорной схемы ВЛ, ВОЛС ВЛ в САД или другой графический пакет, где совмещены результаты расчётов и журнала расстановки опор.



Удобно задавать исходные данные от начала к концу трассы, например, первый участок – это участок со сниженным тяжением между порталом и первой анкерной опорой, следующие участки – выбранные далее по трассе, последний – между последней анкерной опорой и порталом подстанции. Не рекомендуется вводить в программу участки очень большой протяжённости, лучше дробить на несколько, например, не более 100 опор.

Каждый участок начинается и заканчивается анкерной опорой (креплением). Длина пролёта за последней анкерной опорой участка условна и в расчёте обнуляется.

Иногда, после анализа стрел провеса на участке, принимается решение разделить этот участок на два и более, тогда нужно воспользоваться возможностью редактирования данных в программе, вставляя участки и копируя в них данные по опорам других участков.

Для ОКСН стрелы провеса в монтажных режимах должны быть обычно не более стрел провеса провода в тех же режимах, поэтому для ВОЛС на существующих ВЛ программа LineMount является основной для определения подбором допускаемых напряжений (тяжений) в кабеле ВОЛС. При этом программы LineMech и LineCross являются контрольными для анализа поведения кабеля в нагрузочных режимах, оценки габарита, в особенности при гололёде без ветра.

При самостоятельной подвеске ВОК, не на опорах ВЛ электропередачи, подход к проектированию аналогичен подвеске проводов ВЛ и ОКСН (ВОЛС ВЛ) со снятием некоторых ограничений, в том числе по конструктивному исполнению кабеля. В этом случае требуется соблюдение габаритов собственно кабеля с землёй и пересекаемыми сооружениями. Расчёты те же. При невозможности подвески самонесущего кабеля в некоторых отдельных пролётах по длине или по габариту, в этих пролётах возможна подвеска кабеля на стальном тросе. Расчёт таких участков отдельный, не по марке кабеля, а по стальному тросу с кабелем. При этом сам кабель не понесёт нагрузки, а расчёты будут выполняться по несущей способности стального троса (в справочнике учитывать сечение, модуль упругости и КТЛР только троса, эквивалентный диаметр и вес погонного метра троса и кабеля вместе). Не потребуется замена на более дорогой кабель с большей допустимой растягивающей нагрузкой.

Задавая провод ВЛ в «Провод(кабель), а качестве "Трос(кабель)" самонесущий кабель (ОКСН) или грозозащитный трос, в том числе с оптоволоком (ОКГТ), удобно, в одной строке результатов расчёта, отслеживать соотношение стрел провеса провода и кабеля (троса).

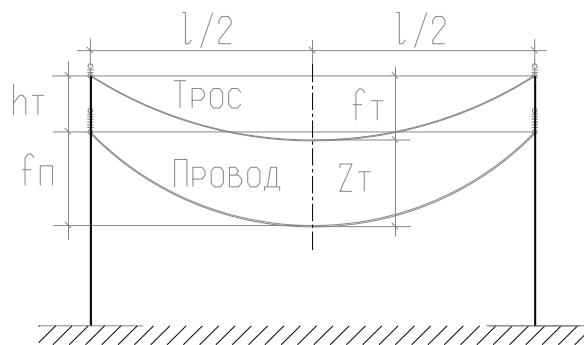
С помощью монтажных таблиц стрел провеса провода и троса при температурах между +10 и +20 градусов появляется возможность уточнить снижение допускаемого напряжения в грозозащитном тросе, обеспечивая допускаемое расстояние между проводом и тросом в габаритном пролёте согласно табл. 2.5.16 ПУЭ с целью снижения нагрузок от троса на тросостойки и опоры. В других пролётах проверяется соблюдение расстояний между проводом и тросом не менее чем на опорах.

Высота приведённого центра тяжести троса выше, чем высота приведённого центра тяжести проводов, что нужно учесть при расчётах. Применяются соответствующие коэффициенты на значение ветра при высотах более 15 метров и гололёда при высотах более 25 метров.

На выбранное допускаемое напряжение в тросе выполняется полноценный контрольный механический расчёт по программе LineMech. Об выбранном допускаемом напряжении в тросе сообщается в проекте. Эти же действия выполняются при подвеске ОКГТ или замене обычного грозозащитного троса на ОКГТ.

Длина пролета, м	100	150	200	300	400	500	600
Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м	2.0	3.2	4.0	5.5	7.0	8.5	10

Подробности и продолжение таблицы - в ПУЭ.



Кроме указанных расстояний табл. 2.5.16 ПУЭ необходимо проверить расстояние между проводом и тросом (по изоляционному промежутку) в случае наличия гололёда на тросе и отсутствии гололёда на проводах ВЛ.

В качестве "провода" может быть указан провод существующей линии электропередачи с напряжением (тяжением), определенным по замерам стрел провеса и тяжений при температурах замеров (при отсутствии замеров напряжения в проводе принимаются по ПУЭ).

Заказчики присылали автору замеры тяжений и стрел провеса по существующим ВЛ. Удивительно, что при решении обратной задачи – определении (подборе) допускаемых напряжений, их величина оказывалась соответствующей ПУЭ, что говорит о правильном учёте монтажниками последующей вытяжки проводов и тросов при монтаже.

"Временные руководящие указания по расчету монтажных напряжений и стрел провеса проводов и тросов воздушных линий электропередачи с учетом остаточных деформаций" (3471тм-т1) были приняты не всеми проектными организациями. Нашими специалистами было принято решение не применять данные РУ. Все расчёты монтажных тяжений и стрел провеса было решено проводить без учёта последующей вытяжки, с соответствующим примечанием в проектной документации о снижении при монтаже расчётной стрелы провеса на 5-10%.

Кроме того, имелись обращения монтажных организаций с тем, чтобы их не путали учётом вытяжки, что у них имеются свои инструкции по монтажу, по которым предусматривается учёт вытяжки, причём точность монтажа при этом обеспечивается в пределах  $\pm 4-5\%$ . Просили только, чтобы в примечаниях к таблицам должно быть чётко указано, как произведён расчёт.

Затем учёт последующей вытяжки в расчётах монтажных таблиц вошёл в ПУЭ-7, мало того, эти требования были распространены, кроме проводов и тросов, на самонесущие кабели ВОЛС на ВЛ, но, к примеру, учесть вытяжку самонесущего диэлектрического ВОК в качестве ОКСН за 25 лет эксплуатации (удвоение стрелы провеса) только при монтаже невозможно. Мы рекомендуем сделать, если необходимо, через сколько-то лет перетяжку самонесущего кабеля с целью обеспечения сопоставимых с проводами ВЛ стрел провеса кабеля.

Появились публикации о повышении аварийности от неправильности применения РУ, соответствующее недоверчивое отношение к РУ других специалистов проектировщиков, поэтому мы не включили их в расчёт.

Приказ РАО ЕЭС № 218 от 18.04.2002 г., п. «3.6. АО «Фирма ОРГРЭС» разработать в 2002 г. методические указания по расчёту:

- стрел провеса и тяжений проводов и грозозащитных тросов с учётом их вытяжки в процессе эксплуатации в соответствии с рекомендациями СИГРЭ» не выполнен, методики пока нет.

В последнее время при обращении заказчиков участились тестовые расчёты монтажных таблиц с учётом последующей вытяжки в процентах. Включаем этот, зарекомендовавший себя метод, в расчёт.

С учётом последующей вытяжки монтажные тяжения и стрелы провеса подсчитываются по процентам вытяжки, указанным для проводов, тросов в литературе, для кабелей, – в Правилах по подвеске и монтажу самонесущих ВОК.

Рекомендуем прикладывать к проекту оба расчёта, без учёта (установившийся режим тяжения) и с учётом вытяжки, для чёткого отслеживания монтажной организацией процесса вытяжки при монтаже.

Добавим следующее: механический расчёт (LineMech), расчёт габаритов пересечений (LineCross), расчёт отклонений гирлянд ветром и при низшей температуре (LineLoad) – это всё сопровождается расчётом установившегося режима тяжения. Если затем в расчёте монтажных тяжений и стрел провеса (эта программа LineMount) учесть вытяжку не только при монтаже, но и в процессе эксплуатации, то все перечисленные расчёты становятся бросовыми, не тот габаритный пролёт, не те габариты пересечений, проблемные гирлянды сразу задерутся вверх. До 25% (что может быть при расчётах РУ 3471тм-т1) перетяжки при монтаже все расчёты нарушат, допускаемые напряжения будут превышены, напряжения в высших точках подвеса станут запредельными и не соответствующими расчётам.

После расчёта монтажных тяжений и стрел провеса, вместе с окончанием расстановки опор, появляется возможность решить задачу подвески гасителей вибрации.

В программе предусмотрена передача данных по участкам и пролётам трассы для модуля, рассчитывающего количество гасителей в пролётах и расстояния их установки от мест крепления проводов, тросов, самонесущих кабелей.

Расчёт гасителей вибрации производится для проводов и тросов (в том числе ОКГТ) ВЛ 35 кВ и выше, а также для самонесущих кабелей связи, диэлектрических (ВОЛС ВЛ) и других, не на ВЛ, если это требуется. Расчёт гасителей вибрации для кабелей, подвешиваемых на стальных тросах или других выносных силовых элементах, не требуется.

Типовые решения, приведённые в СО [9] не рассматривались, ввиду их ошибочности (гасители перекрывают друг друга) и противоречивости с предыдущим в СО изложением.

Ведомость гасителей вибрации формируется для каждого участка трассы, где, по выбору пользователя, нужно подвесить гасители. В дальнейшем пользователь может соединить Ведомости отдельных участков трассы в единую таблицу, для размещения в проекте.

В результатах расчётов гасителей вибрации на диэлектрических кабелях для  $S_1$  расстояние  $\dots/5$ , означает, что 5 см - расстояние от выхода кабеля из верхнего слоя спирального натяжного зажима (при этом  $S_2$  можно заменить на  $S_1$ ), в числителе - расстояние от выхода кабеля из поддерживающего зажима.

Подсчитывается общая потребность в гасителях вибрации.

### **2.3.1. Ещё раз про ‘ВОЛС ВЛ’**

При подвеске ВОК на существующих ВЛ электропередачи нужно знать следующее (первые 3 пункта обязательно):

1. Типовые проекты опор, установленных на ВЛ, соответственно, допускаемые тяжения на опоры, в особенности на концевые и анкерно-угловые.
2. Марки и сечения проводов, подвешенных на ВЛ.
3. Номера опор, типы опор по креплению проводов - анкерные, промежуточные. Длины пролётов.
4. Замеры стрел провеса нижнего провода ВЛ в выбранных, удобных для замера, пролётах каждого анкерного участка с фиксацией температуры замера (желательное, полезное для обеспечения достоверности и лучшего качества проекта мероприятие).

Для получения сведений по существующим ВЛ используются данные владельцев существующих электрических сетей, эксплуатирующих, обслуживающих ВЛ организаций. Замеры производятся инструментально.

В типовых проектах опор ВЛ электропередачи обычно указывается допускаемое тяжение (напряжение) на фазу линии электропередачи. В зависимости от того одноцепная линия или

двухцепная (3 или 6 проводов фаз) общее тяжение на опоры складывается из сумм нагрузок на фазу, для ВЛ 35 кВ и выше учитывается ещё и грозозащитные тросы.

Подвеска ВОК (ОКСН) всегда является дополнительной нагрузкой на опоры по сравнению с данными типовых проектов опор, поэтому тяжение (напряжение) в ВОК должно быть минимальным, обоснованным. В случае подвески ВОК на опорах 0.4 кВ, в тех случаях, когда типовым проектом опор предусматривалась подвеска линий ПВ, но не подвешивается, ВОК может заменять по нагрузкам линию ПВ.

Основное - не нагружать опоры дополнительной, не обоснованной нагрузкой от тяжения ВОК, передающейся на опоры ВЛ.

Учитывать, что если для подвески ВОК используются порталы подстанций, то порталы вообще не допускают больших нагрузок. Обычно порталы рассчитаны на тяжение, в зависимости от конструкций стоек, 70-150 – 450 кг (даН) на фазу, редко больше. Спуски с опор на порталы, соответственно, нагружаются не по нагрузкам на опору, а по нагрузкам на портал. Та же ситуация наблюдается с несущей способностью конструкций в стенах при вводах в здания.

*(Пусть есть ВОК сечением  $140 \text{ мм}^2$ , портал с вибрированными ж.б. стойками с допускаемой нагрузкой на фазу 150 кг. Максимальное допускаемое напряжение  $150 \text{ кг (даН)} / 140 \text{ мм}^2 = 1.07 \text{ даН/мм}^2$ . При среднегодовой температуре напряжение можно принять от 0.6 до 1.0 даН/мм<sup>2</sup>. Желательно ещё меньше нагружать портал. Монтажная (эксплуатационная) стрела провеса ВОК при этом не должна быть менее 0.3-0.5 метра).*

Допускаемое тяжение в ВОК по прочности обычно имеется в маркировке кабеля в кН. Допускаемое тяжение (напряжение) на ВОК по данным заводов – изготовителей – это только отправная точка, значение для первого расчёта. Натягивать кабель на полное тяжение не имеет никакого смысла. Требуется оптимальное решение - снижение напряжения в кабеле такое, чтобы стрелы провеса ОКСН и провода ВЛ были сопоставимы (стрелы провеса кабеля примерно равны или немного меньше, чем стрелы провеса провода), а, в случае ОКГТ требуется ещё учесть допускаемое расстояние между проводом и тросом в пролёте согласно табл. 2.5.16. ПУЭ (стрелы провеса ОКГТ будут меньше стрел провеса провода, но не более, чем чтобы соблюсти расстояние между проводом и тросом в пролёте по ПУЭ).

### **Отступление.**

Самонесущие оптоволоконные кабели связи выпускаются заводами изготовителями по ТУ, в которых представлены допускаемые нагрузки (тяжения) на кабели. Нет понятия напряжений на 1 мм<sup>2</sup> сечения (тяжение поделить на сечение). Чтобы не вызывать лишнего непонимания, во все исходные данные программ внесены понятия допускаемых тяжений (нагрузок).

Длительно допустимая растягивающая нагрузка (тяжение) является для программ основанием для определения допускаемого максимального напряжения.

При этом площадь поперечного сечения кабеля принимается по элементам (сечение твёрдой части кабеля).

Вторая величина для программ – допускаемое напряжение (тяжение) при среднегодовой температуре, среднеэксплуатационное. Принимается в процентах (особая точность не нужна) от разрывного усилия (см. Правила) или примерно 60 % от допускаемой длительной растягивающей нагрузки.

Кроме этих двух величин тяжений (напряжений) для расчётов ничего не нужно.

В характеристиках кабелей заводами-изготовителями иногда указывается максимальная нагрузка при монтаже. Это величина, которую контролируют по окончательным расчётам монтажных тяжений (программа LineMount).

Обычно нагрузки при монтаже ниже, так как наша задача минимизировать нагрузки на опоры, снижая допускаемые тяжения при сопоставлении монтажных стрел провеса провода ВЛ и самонесущего кабеля связи (программа LineMount, первая при расчётах ВОЛС ВЛ). Монтажные

стрелы провеса кабелей связи должны быть не более стрел провеса проводов ВЛ при большинстве температур монтажа.

Трудно сопоставить стрелы провеса кабеля связи и провода ВЛ при гололёде (2 режим расчёта программы LineMesh; ветра нет, гололёд, температура при гололёде согласно ПУЭ, -5 или -10 градусов). Для кабеля связи проверка стрел провеса при гололёде ограничивается допустимым габаритом до земли или пересекаемого сооружения (программа LineCross, в которой проверка точнее). Возможно учитывать смягчающие условия по габариту при гололёде, недоступность местности, а также редкую повторяемость гололёда, которая обычно не превышает одного, двух дней в году.

### Продолжение главы.

Провода ВЛ могут быть натянуты с напряжениями, не более указанных в таблице 2.5.7. ПУЭ. Но это значения для опор, которые допускают такие нагрузки. Для опор, например, ВЛ 10 и 0.4 кВ, а также некоторых ВЛ 35 кВ провода не могут быть натянуты с напряжениями, указанными в табл. 2.5.7. ПУЭ. Точно также более мощные провода не могут быть натянуты по значениям табл. 2.5.7. ПУЭ, если они больше по сечению, чем указаны в типовом проекте опор, тогда напряжение нужно снижать, чтобы не превысить допускаемое тяжение на опоры. Тяжения (напряжения) определяются в этом случае в зависимости от нагрузок, допускаемых на опоры ВЛ и порталы, которые принимаются по типовым проектам опор, порталов и они ниже приводимых в табл. 2.5.7. ПУЭ.

### Вывод.

Для определения допускаемых напряжений, тяжений в ВОК (ОКСН и ОКГТ) требуется одновременный расчёт монтажных тяжений и стрел провеса провода («Провод(кабель)» в программе) и кабеля («Трос(кабель)» в программе) с сопоставлением их стрел провеса.

При этом допускаемые напряжения в проводе принимаются согласно ПУЭ или сниженные и приведённые в типовых проектах опор ВЛ (напряжения по ПУЭ – для мощных опор ВЛ, для слабых конструкций опор это напряжение принимать нельзя, его следует брать в типовых проектах опор). Идеальным является проведение замеров (дополнительные затраты в проекте) стрел провеса провода при температурах замера для известных марок и сечений проводов в известных пролётах существующих ВЛ и восстановление подбором по монтажным (замеренным температурам) допускаемых напряжений в проводе программой LineMount, а затем использование в расчётах полученных напряжений. Если замеры произвести невозможно, то напряжения в проводах принимаются по ПУЭ и типовым проектам.

Допускаемые напряжения, тяжения в ВОК подбираются снижением от значения, определяемого по тяжению в заводской марке.

*(К примеру кабель рассчитан на допускаемое рабочее тяжение 10.0 кН (указано в марке кабеля). Это 1000 даН (деканьютонов), грубо 1000 кг (для расчётов разница в даН и кг не существенна). Допустим, сечение твёрдой части кабеля 140 мм<sup>2</sup> (без площади гидрофобного заполнения и пустот. Можно рассчитывать сечение и по диаметру кабеля, определяя сечение по нему, но будет небольшое, допустимое отклонение от реального расчёта). Исходя из допускаемого тяжения и сечения определяем допускаемое максимальное напряжение для этого кабеля  $1000 \text{ даН} / 140 \text{ мм}^2 = 7.14 \text{ даН/мм}^2$ . Напряжение при среднегодовой температуре принимаем около 60 % от максимального -  $4.3 \text{ даН/мм}^2$ , если в заводских данных на кабель не указано конкретное значение тяжения, по которому определяем напряжение.*

*Итак максимальное механическое напряжение на кабель  $7.1 \text{ даН/мм}^2$ , при среднегодовой температуре  $4.3 \text{ даН/мм}^2$ . Точность в значениях до второго знака после запятой не важна. Эти значения для кабеля подставляем в программу и выполняем расчёт одновременно провода и кабеля.)*

В новых версиях программ вместо механических напряжений в ВОК можно использовать допускаемые на кабель нагрузки (тяжения).



Если кабель по допускаемому тяжению и возможным величинам пролётов подобран правильно, то первый расчёт покажет при одинаковых пролётах, что стрелы провеса кабеля много меньше стрел провеса провода. Для ОКСН это не нужно. Для ОКСН достаточно примерно одинаковых стрел провеса с проводами ВЛ. То есть требуется снизить допускаемые напряжения, тяжения в кабеле для данного проекта много ниже, чем допускает конструкция кабеля. В конечном итоге снизится тяжение на опоры с 1000 кг до оптимальной величины, при которой стрелы провеса провода и кабеля сопоставимы (достигается снижением величин максимального напряжения, тяжения и напряжения, тяжения при среднегодовой температуре для конкретного проекта, подбирается).

Если монтажные стрелы провеса ОКСН в больших пролётах больше стрел провеса провода при максимальном по прочности тяжении (заводские данные) – нужно взять кабель, рассчитанный на большее тяжение по прочности и снова произвести подбор напряжений. Чем прочнее кабель, например не на 10.0 кН, а на 15.0 кН и т.п., тем легче обеспечить меньшую стрелу провеса ОКСН при прочих равных условиях и снизить нагрузки на опоры. Но выше стоимость кабеля.

Для ОКГТ обычно принимаются большие величины тяжений, но и для ОКГТ излишне малые стрелы провеса кабеля по сравнению со стрелами провеса провода ни к чему, только лишь для соблюдения расстояния между проводом и тросом в пролёте согласно табл. 2.5.16. ПУЭ с учётом расстояний между проводом и тросом на опорах.

После подбора для проекта максимально допускаемого напряжения в ВОК и при среднегодовой температуре делается окончательная запись в проекте о принятых напряжениях:

Для ОКСН: «С целью снижения нагрузок на опоры, напряжения в ВОК (ОКСН) проектом приняты при сопоставлении стрел провеса ВОК и проводов ВЛ с проверкой в нагрузочных режимах по программе механического расчёта

на участке ... максимальное допускаемое напряжение - ... даН/мм<sup>2</sup>, при среднегодовой температуре - ... даН/мм<sup>2</sup>; на участке... и т.д.». (Или тяжения, нагрузки).

Иногда требуется участок разделить на два и более. В этом случае в программе предусмотрены вставки новых участков и копирование в них данных по опорам.

#### *Пример для ВОЛС ВЛ:*

На участке сначала идут пролёты порядка 150 метров, затем анкерный пролёт 600 метров, далее пролёты порядка 300 метров. Конечно, нужно было с самого начала делать 3 участка, а не один и обосновывать в них разные допускаемые напряжения. Кроме того, возможно в участке (в данном случае один пролёт) 600 метров можно подвесить более мощный кабель, а то и применить три разных кабеля в 3 участках. Разница в стоимости будет огромной по сравнению с тем, что везде бы применялся один кабель из расчёта возможности подвески в пролётах 600 метров.

Для ОКГТ: «С целью снижения нагрузок на опоры и тросостойки, напряжения в ВОК (ОКГТ) проектом приняты с соблюдением расстояния между тросом и проводом в пролёте согласно табл. 2.5.16. ПУЭ с проверкой в нагрузочных режимах и на минимальное расстояние между проводом и тросом (при гололёде на тросе при отсутствии гололёда на проводах) по программе механического расчёта

на участке ... максимальное допускаемое напряжение - ... даН/мм<sup>2</sup>, при среднегодовой температуре - ... даН/мм<sup>2</sup>; на участке ... и т.д.»

Основной обосновывающий расчёт выполняется по программе LineMount, проверка выполняется программой LineMech. Для расчёта подставляются напряжения, полученные подбором и принятые для монтажа ВОК в программе LineMount. Иногда, после проверки в нагрузочных режимах (габариты при гололёде, увеличение расстояния между проводом и тросом из-за недопустимого на пробой расстояния между проводом и заземлёнными частями, в частности с тросом при наличии гололёда на тросе (ОКГТ) и отсутствии его на проводе ВЛ),

требуется некоторое, обоснованное проектом, повышение напряжений в ВОК, чтобы обеспечить габариты и расстояния. Всё пересчитывается.

Возможно, по требованию владельцев пересекаемых сооружений, например, автомобильных дорог федерального назначения, может потребоваться расчёт габаритов пересечения ВОК с пересекаемым сооружением при различных климатических условиях по программе LineCross. Выполняются расчёты пересечения (для ВОК габариты сложнее обеспечить при гололёде без ветра), делается чертёж пересечения в масштабе (программой выводится в файл ...dxf графики) и прикладывается к проекту. В этой же программе проще выполнить контроль габаритов ВОК при гололёде.

Для ответственных ВОЛС может потребоваться расчёт вырывающих усилий на промежуточное крепление кабеля по программе LineLoad. После расчётов вырывающих усилий возможны изменения в проекте ВОЛС и пересчёт по всем программам. Подробности в Руководстве пользователя LineLoad.

Принятые проектом напряжения, тяжения в ВОК на разных участках ВОЛС могут быть разные в зависимости от значений длин пролётов на ВЛ, на участках спуска с опор на порталы или другие конструкции (стены зданий и т.п.).

Основное, что при сопоставлении стрел провеса провода и кабеля по программе расчёта монтажных тяжений и стрел провеса одновременно получаем тяжения и стрелы провеса для монтажа ВОК. Одновременный расчёт провода и кабеля по программе LineMount является обосновывающим материалом, представляемым на утверждение и на экспертизу проекта. Дополнительно программой выдаётся Ведомость подвески ВОЛС на ВЛ, рассчитываются гасители вибрации, в САД или другой графический пакет выводится поопорная схема ВОЛС ВЛ,

По трассе ВОК может оказаться несколько разных ВЛ электропередачи, с разными номинальными напряжениями ВЛ, с разными опорами. Соответственно будут разные участки ВОК с разными механическими напряжениями, тяжениями. Обоснование допускаемых напряжений, тяжений на участках и монтажные таблицы и стрелы провеса при этом могут быть получены одним проектом, одним расчётом.

Программы позволяют минимизировать нагрузки на конструкции при подвеске ВОК. Сами нагрузки (максимальное тяжение, напряжение задаётся, подбирается для проекта) присутствуют в расчётах, погонные и приведённые от собственного веса кабеля, гололёда, ветра, температуры, тяжения, рассчитываются программой LineMech.

Действие минимизированных программами нагрузок на несущие конструкции (опоры, порталы, заделки в стенах и т.п.) оценивает далее специалист – строитель по образованию.

По отдельности разные сведения и некоторые подробности по ВОЛС ВЛ приведены в других разделах данного Руководства.

## **2.4. Исходные данные**

Исходные данные в рабочую программу могут быть набраны тремя способами:

- непосредственно в рабочей (лицензированной) версии программы;
- в демоверсии программы на любом компьютере. При этом, затем, в файле исходных данных, загруженном в рабочей (лицензированной) версии программы необходимо выбрать правильные провода, тросы, кабели из справочника;
- импортировать перечень опор, пролёты и др. из специально подготовленного файла Excel (заготовку InputMount.xls сохранить в свой файл по проекту) из папки Forms. Пример заполнения в файле TestInputMount.xls в рабочей папке программы. В этом случае, затем, в файле исходных данных, загруженном в рабочей (лицензированной) версии программы необходимо заполнить все остальные данные окон и закладок.

Программа рассчитана на применение как для нового строительства, так и для реконструкции, то есть расчёт можно производить руководствуясь как требованиями ПУЭ 7 издания, так и более ранними.

В расчёте используются климатические условия, уточнение климатических параметров, значения коэффициентов надёжности, допускаемые напряжения, тяжения, применённые и определённые при механическом расчёте провода, самонесущего кабеля, троса и принятые проектом.

Механический расчёт производится по программе LineMech нашей фирмы.

#### **2.4.1. Требования к данным климатических условий, запрашиваются на метеостанциях:**

1. Гололёд, мм - согласно данным метеостанций, если данных нет - руководствоваться картами и рекомендациями ПУЭ. Повторяемость – 1 раз в 25 лет.
2. Температуры максимальная, минимальная (это не температура самой холодной пятидневки), среднегодовая - данные метеостанций. Это температуры абсолютные с повторяемостью 1 раз в 25 лет.

**Внимание!** Если нужно учесть температуру дополнительного нагрева проводов электрическим током и от солнечной радиации - корректируйте максимальную температуру.

3. Температуры при гололёде без ветра и с ветром принимаются согласно ПУЭ. В некоторых случаях температура при гололёде с ветром равна -10 град.С (данные метеостанций).
4. Максимальная скорость ветра, м/с - повторяемостью 1 раз в 25 лет и скорость ветра при гололёде (формула пересчёта с ветрового давления приведена в ПУЭ) принимаются согласно данным метеостанций, при их отсутствии - согласно картам и рекомендациям ПУЭ.

#### **2.4.2. Нормативные ветровые и гололёдные нагрузки**

Нормативные ветровые и гололёдные нагрузки определяются с учётом коэффициентов к базовым (данные метеостанций) значениям ветра и гололёда.

Часть значений коэффициентов, зависящих от уже введённых исходных данных, автоматически учитывается в программе (неравномерность ветра по пролёту, лобовое сопротивление и т.п.), часть коэффициентов определяется программой после уточнения пользователем типа местности и высоты приведённого центра тяжести, указываемых в таблице исходных данных под кнопкой программы «Уточнение климатических параметров». Здесь же учитывается коэффициент на гололёдную нагрузку в зависимости от диаметра провода, троса, кабеля.

Под кнопкой «Уточнение климатических параметров», по умолчанию, указывается тип местности А и высота приведённого центра тяжести до 15 метров (коэффициенты на ветер и гололёд, равные 1.0).

#### **2.4.3. Коэффициенты надёжности к нормативным ветровым и гололёдным нагрузкам**

По умолчанию, согласно [2.5.11](#). ПУЭ-7, при отсутствии данных, принимаются равными 1.0. Если произведение коэффициентов по ветру или по гололёду ниже 1.0, программой выдается предупреждение:

«Расчётные нагрузки ниже нормативных, продолжать расчёт?»

Применение коэффициентов надёжности согласовывается с заказчиком.

**Уточнение климатических параметров и Коэффициенты надёжности** задаются отдельно под своей кнопкой. Если их не корректировать, в них, по умолчанию, учитываются коэффициенты 1.0.

Эту кнопку можно было бы обозначить «ПУЭ-7», так как без её применения расчёт будет по базовой теории, независимо от ПУЭ-6 или 7, ПУЭ Украины или Казахстана.

Возможно, в некоторых случаях, пользователю потребуется самостоятельно изменять базовые (по данным метеостанций) значения ветра и гололёда, например, применяя требования старых ПУЭ, проверяя старый расчёт. В таком случае, не меняя данных под кнопкой «Уточнение климатических параметров. Коэффициенты надёжности», можно получить требуемый расчёт.

Для контроля, значения коэффициентов надёжности, а также указанные пользователем тип местности и высота приведённого центра тяжести, отражены в распечатке исходных данных вместе с результатами расчётов.

#### **2.4.4. Требования к характеристикам проводов, тросов и самонесущих кабелей для внесения в справочник программ**

Характеристики неизолированных проводов и тросов принимаются по ГОСТ, ТУ, ПУЭ, самонесущих изолированных проводов, кабелей запрашиваются у завода - изготовителя или принимаются по ТУ, ПУЭ:

1. Диаметр, мм - внешний диаметр провода, троса, самонесущего изолированного провода, кабеля вместе с изоляцией. Для скрученного из изолированных жил самонесущего провода - общий внешний, эквивалентный диаметр. Испытывает воздействие ветра и образование гололёда.
2. Сечение, мм<sup>2</sup> - площадь поперечного сечения несущей, силовой части конструкции провода, троса, для самонесущего изолированного провода - сечение только несущей жилы, для самонесущего кабеля – сечение твёрдой части кабеля. Для расчётов воздух между проволоками свивки, смазка и другие подобные материалы из сечения исключаются. Испытывает тяжение, приложенное к проводу, тросу, несущей части самонесущего изолированного провода, кабеля от собственного веса, натяжения, воздействия ветра, гололёда, изменения температуры.
3. Погонный вес, кг/м - вес одного метра провода, троса, всего самонесущего изолированного провода, кабеля. 1 кг=0,981 даН=9,81 Н (округление до 1 даН, 10 Н на результаты практически не влияет).
4. Модуль упругости провода, троса, самонесущего изолированного провода (по несущей жиле), для кабеля – по данным испытаний, приведённое к сечению твёрдой части кабеля, конечный, даН/мм<sup>2</sup> (кН/мм<sup>2</sup>) - 1,0 гПа=1000000000 Па=1,0 кН/мм<sup>2</sup>=100 даН/мм<sup>2</sup>.
5. Коэффициент температурного линейного расширения, 1/К - изменение длины провода, троса, самонесущего изолированного провода, кабеля при изменении температуры на 1 градус. Для самонесущих изолированных проводов - по материалу несущей жилы, для кабелей – по данным испытаний. Для ввода в справочник программ 0,000002 соответствует  $2 \times 10^{-6}$  (2.0E-6).

#### **Провода, тросы, кабели в справочнике**

Провода, тросы, кабели, внесённые в справочник, разбиты на группы:

1. Неизолированные провода по ГОСТ 839-80\*Е.
2. Неизолированные провода по ТУ3511-001-40914170-2012.
3. Неизолированные провода по ТУ16-707.183-81.
4. Самонесущие изолированные провода (СИП).
5. Стальные провода, тросы, канаты.
6. Самонесущие волоконно-оптические кабели (ОКСН, ОКГТ и др.).
7. Прочие (пока пусто, но пользователь может сделать расчёт для любого линейного материала с известными характеристиками).

### 2.4.5. Требования к задаваемым максимальным напряжениям, тяжениям

1. Максимальное допускаемое напряжение, даН/мм<sup>2</sup> (Н/мм<sup>2</sup>) - напряжение в материале провода, троса, несущей части конструкции самонесущего изолированного провода, кабеля, задаваемое проектировщиком для расчётов и принимаемое в проекте.

Напряжение, даН/мм<sup>2</sup> (Н/мм<sup>2</sup>) – это тяжение (нагрузка), даН (Н), делённое на несущее сечение, мм<sup>2</sup>, провода, троса, самонесущего изолированного провода, самонесущего кабеля связи.

Максимальное допускаемое тяжение (нагрузка), даН (кН), на провод, трос, самонесущий кабель.

Нагрузка, тяжение, даН (кН) – это напряжение (механическое), умноженное на сечение несущей части провода, троса, кабеля.

- 1.1. Принимается всегда не больше допускаемого по тяжению по данным ПУЭ, ГОСТ, ТУ или завода - изготовителя. Допускаемое напряжение обычно составляет не более 50% от разрывного по механической прочности (см. ПУЭ).
  - 1.2. Принимается не более допускаемого, исходя из нагрузок на несущие конструкции – опоры, порталы, другие узлы крепления.
  - 1.3. Принимается проектом ещё ниже, если позволяют условия, для снижения нагрузок на конструкции, при соблюдении габаритов и т.п.
  - 1.4. Для ВОЛС на существующих ВЛ (ВОЛС ВЛ) принимается из условий сопоставления стрел провеса кабеля и существующего провода по программе LineMount с контролем по программам LineMech и LineCross. Для ОКШН обеспечиваются примерно равные стрелы провеса кабеля (возможно меньшие для кабеля после проверки габаритов при гололёде) и провода в монтажных режимах. Для ОКГТ сопоставление стрел провеса кабеля и провода в пролёте производится с учётом [табл. 2.5.16](#). ПУЭ.
2. Допускаемое напряжение при среднегодовых (среднеэксплуатационных) условиях, даН/мм<sup>2</sup> (Н/мм<sup>2</sup>) - напряжение, допускаемое при среднегодовой температуре. Обычно 50 - 75% от максимального допустимого, если другое не указано в ПУЭ, ГОСТ, ТУ или заводом - изготовителем. Всегда ниже или условно равно принятому проектировщиком максимальному допустимому напряжению, но не выше указанного по ПУЭ, ГОСТ, ТУ, данным завода-изготовителя для среднегодовой температуры.

Допускаемые напряжения (и соответствующие им по сечению тяжения) никогда не превышаются программой. Поэтому и название метода расчёта: «Метод допускаемых напряжений». При определённых пролётах допускаемое напряжение может быть достигнуто либо в режимах наибольших нагрузок (гололёд с ветром или максимальный ветер) или при низшей температуре.

Это не значит, что увеличение длины пролёта приведёт к разрыву провода и какой-то реакции программы. Этот вариант не рассматривался.

#### Напряжения (тяжения) по группам проводов, тросов, кабелей в справочнике.

##### Группа 1 – провода по ГОСТ 839—80\*Е

Напряжения (тяжения) принимаются полностью в соответствии с [табл. 2.5.7. ПУЭ-7](#).

##### Группа 2 – провода по ТУ 3511-001-40914170-2012 ООО ОКП «ЭЛКА-Кабель»

Провода рассчитаны на большее разрывное усилие, чем по ПУЭ-7

Напряжения (тяжения) принимаются в процентах по ПУЭ-7 от разрывного усилия, указанного в каталоге продукции ОКП «ЭЛКА-Кабель». Допускаемые напряжения (тяжения) соответственно могут быть увеличены по сравнению с ПУЭ-7.

### **Группа 3 – провода по ТУ 16-705.183-81**

Напряжения (тяжения) принимаются по ПУЭ-7.

### **Группа 4 – самонесущие изолированные провода, защищённые провода (СИП)**

Напряжения (тяжения) принимаются согласно ПУЭ-7.

### **Группа 5 – стальные провода, тросы, канаты**

Напряжения (тяжения) принимаются согласно ПУЭ-7.

### **Группа 6 - самонесущие волоконно-оптические кабели (ОКСН, ОКГТ и др.)**

### **Группа 7 - прочие. Внесённые пользователями в собственные справочники (не проверено).**

Максимальные тяжения (нагрузки) принимаются согласно ТУ, данных заводов – изготовителей. Для проектов важно, чтобы данные были получены официально непосредственно от завода – изготовителя.

Реально для ВОЛС и особенно для ВОЛС ВЛ допускаемые нагрузки по проекту всегда ниже допускаемых нагрузок на изготовленный кабель.

**Предупреждение.** Данные справочника по волоконно-оптическим кабелям устарели, включены исключительно для примера. Кабели постоянно совершенствуются, их марки и характеристики быстро изменяются. Требуйте достоверные, официальные данные от заводов – изготовителей.

**Внимание!** Во всех случаях принятия решений по допускаемым напряжениям (тяжениям) в проекте, или его части, по сравнению с допускаемыми напряжениями (тяжениями), на которые рассчитаны провода, тросы, кабели, будет несущая способность конструкций (опор по типовым проектам, их стоек, тросостоек, порталов, креплений в стенах, на конструкциях по крышам и т.п.).

Провода ВЛ электропередачи обычно несут всю нагрузку по ПУЭ, ТУ или снижены из-за несущей способности опор.

Нагрузки от грозозащитных тросов (в т.ч. ОКГТ) на опоры (тросостойки) обычно снижают, исходя из расстояния между проводом и тросом в пролёте согласно [табл. 2.5.16](#). ПУЭ-7.

Нагрузки на опоры от ОКСН снижают, исходя из поведения самонесущего кабеля в пролётах при обеспечении стрел провеса в монтажных (эксплуатационных) режимах не более стрел провеса проводов ВЛ с контролем габаритов при гололёде.

Всегда выгоднее иметь запас прочности как проводов, тросов, кабелей так и несущих конструкций.

## **2.5. Термины**

**Проект** (файл исходных данных) — воздушная линия с одинаковыми Регионально-Климатическими Условиями (РКУ). При изменении, например, толщины стенки гололёда по трассе, по анкерной опоре должны быть разделены проекты (файлы исходных данных) на одной линии с разными РКУ.

**Участок** – часть линии электропередачи или связи с одинаковыми проводами, тросами, кабелями, напряжениями в их материале; отпайки и т.п. Линия может быть разделена на участки по любому анкеру независимо от изменения перечисленных параметров. В программе имеется возможность редактирования участков трассы и опор на них в случае принятия решения о делении участка на два и более с разными допускаемыми напряжениями

**Пролёт ВЛ** - участок ВЛ между двумя соседними опорами или конструкциями, заменяющими опоры. Длина пролёта - горизонтальная проекция этого участка ВЛ, сокращённо, пролёт, м.

**Тип опоры (крепления)** – в программе важно крепление, в данном случае анкерное (натяжное) или промежуточное (подвесное) в отличие от применяемых опор (шифра опор).

Отступление. В некоторых случаях на анкерных опорах (например, с малым углом или без угла поворота трассы), может быть промежуточное крепление самонесущего кабеля связи и наоборот, то есть, не совпадать с креплением проводов ВЛ электропередачи. В таких случаях, для более точного анализа соотношения стрел провеса проводов ВЛ (в случае наличия замеров) и стрел провеса самонесущего кабеля связи необходимо произвести два расчёта.

**Гирлянда изоляторов** - устройство, состоящее из нескольких подвесных изоляторов и линейной арматуры, подвижно соединённых между собой (натяжные и подвесные гирлянды изоляторов). По программе, в расчётах, имеется в виду учёт веса натяжных гирлянд, в пролётах с малым тяжением, влияющих на стрелу провеса провода (не троса, не кабеля, кроме намотанного на фазу).

**Визируемый пролёт** – пролёт, в котором нужно показать расчётом величины стрел провеса в монтажном режиме. Отмечается для пролёта, следующего за опорой, отражается знаком «V» в списке опор окна «Опоры».

Рекомендуется визировать вторые от анкера пролёты (с обеих сторон анкерного участка), каждые примерно 7-мые, удобные для визирования приборами, пролёты пересечений. Визируемые пролёты должны быть во всех анкерных участках линии, иначе расчёт не будет произведён.

**Анкерный пролёт (участок)** - участок ВЛ между двумя ближайшими анкерными опорами (креплениями).

**Приведённый пролёт** — корень квадратный из суммы кубов пролётов анкерного участка, делённых на сумму пролётов. Во всем анкерном участке устанавливается практически одинаковое (при монтаже, без ветра, монтажное) тяжение, которое соответствует приведённому пролёту.

Приведённый пролёт рассчитывается программой, поэтому в исходных данных должны быть представлены все опоры и пролёты линии.

**Стрела провеса** провода – расстояние по вертикали от прямой, соединяющей точки крепления провода, до провода (визирование стрелы провеса по наклонной прямой, параллельной прямой, соединяющей точки подвеса). Совпадает с понятием стрелы провеса при механическом расчёте только для идеально ровной местности и одинаковой высоте подвеса провода, троса, самонесущего кабеля между анкерными опорами (натяжными креплениями).

**Тип опоры (крепления)** – анкерная, промежуточная. Из "Типы опор" окна "Опоры" удалено "Концевая по тросу". Неизвестно чем руководствовались некоторые заказчики, но с такой опоры линии не начинаются. Если у Вас будет "Концевая по тросу" - опора с оттяжкой (концевая для троса, промежуточная для проводов фаз), то временно замените "Тип опоры" на "Анкерная", скопируйте результат расчётов для троса и вернитесь к типу опоры "Промежуточная". В некоторых случаях анкерное крепление самонесущих кабелей связи возможно на промежуточных опорах ВЛ электропередачи, с временным их анкерованием при монтаже.

Другие термины имеют разъяснение по тексту.

## 2.6. Дополнительные функции

Программа позволяет получить для контроля или использования в проекте «Журнал расстановки опор» (для проектов ВОЛС – Журнал или Ведомость подвески самонесущего кабеля на опорах ВЛ).

Журнал опор заказывается в программе либо с полным или частичным заполнением правой части окна «Опоры», либо без заполнения, «по умолчанию».

Использование этой дополнительной функции программы в полной зависимости от проектировщика.

Журнал расстановки опор позволяет получить дополнительные данные по длинам участков и по всей трассе.



Если в правильной последовательности заполнить исходные данные по участкам, то журнал при правильном указании пикета первой опоры первого участка, будет содержать все пикеты установки опор по всем участкам.

«По умолчанию», пикет первой анкерной (крепления) опоры 0+0.00. При «резаном» пикете достаточно для любой опоры указать «правильный» пикет, дальнейший отсчёт будет от него.

В рамках формирования журнала производится вывод расчёта длин проводов, тросов, кабелей в пролётах. Суммируются длины пролётов и длины проводов, тросов, кабелей по участкам и по проекту.

Программа LineMount формирует поопорную схему ВЛ, ВОЛС ВЛ в CAD, где совмещены данные расчёта и журнала расстановки опор.

Если необходимо, возможен расчёт монтажных тяжений и стрел провеса с учётом веса гирлянд изоляторов (в небольших пролетах с натяжными подвесками и сниженными напряжениями в проводе, когда вес гирлянды влияет на стрелу провеса и тяжение).

В программе формируется Ведомость гасителей вибрации.

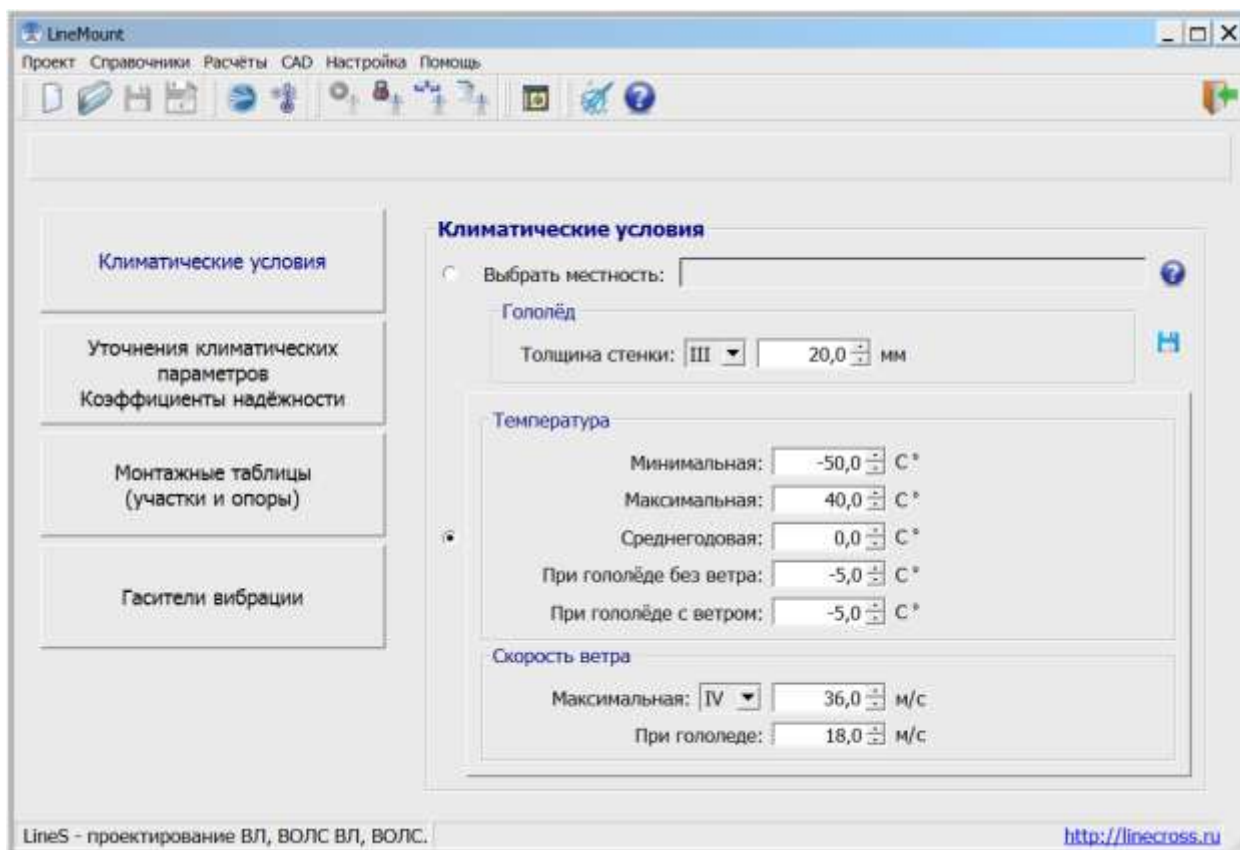
Применительно, возможен расчёт шлейфов анкерных опор. При этом пролёт – расстояние от левого до правого крепления шлейфа на опоре. Тяжение - немного более собственного веса провода в шлейфе. Контролируется стрела провеса провода шлейфа и длина провода с учётом провисания.

Программа позволяет занести в справочник проводов и тросов новые провода (тросы, самонесущие кабели) и/или корректировать данные в справочнике.

К поставляемой программе приложены тестовые, ознакомительные исходные данные. Имена файлов тестовых примеров Test...lmt. Рекомендуется сохранять их и не использовать для переноса своих исходных данных.

## 2.7. Начало работы с программой

При запуске программы появляется незаполненное данными окно проекта, открытое на закладке «Климатические условия».



В программе параметры разбиты по группам, каждая в отдельной закладке:

- «Климатические условия»;
- «Уточнение климатических параметров. Коэффициенты надёжности»;
- «Монтажные таблицы (участки и опоры)»;
- «Гасители вибрации».

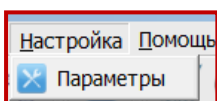
В окне проекта имеется главное меню и панель инструментов, дублирующих наиболее частые операции с программой и данными.

В меню программы предлагается обычный набор действий:

- «**Проект**» - операции с файлами (формат \*.jlm);
- «**Справочники**» - работа со справочниками;
- «**Расчёты**» - расчёт пересечений и формирование ведомости пересекаемых объектов;
- «**Настройка**» - выбор рабочего каталога и единиц измерения;
- «**Помощь**» - информация о программе и справка.

Можно производить ввод нового проекта или открыть файл исходных данных уже имеющегося проекта для редактирования и расчёта.

Меню «**Настройка**»:

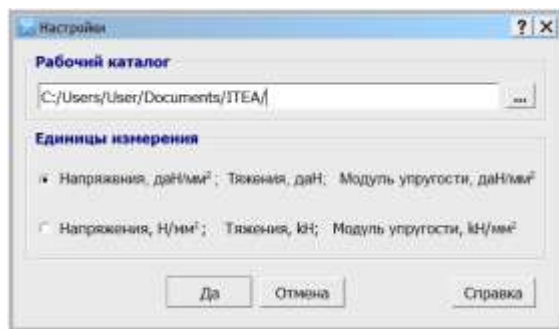


Позволяет настроить параметры: выбрать рабочий каталог и единицу измерения для ввода исходных данных и использования при выводе результатов расчёта.

Папка с проектами размещена в рабочем каталоге программы на компьютере пользователя, по умолчанию на диске: C:\Users\User\ITEA\Projects\.

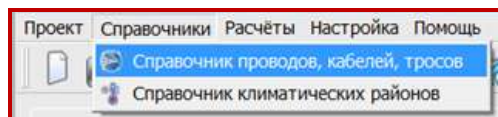
Все проекты будут сохраняться в эту папку.

В качестве рабочего каталога можно выбрать другое место на диске. Папка Projects будет создана там автоматически.

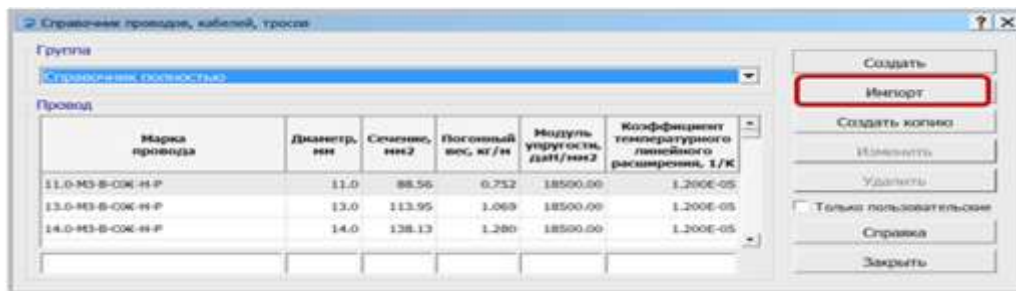


**Важно!** У рабочего каталога должны быть права на запись и чтение.

Меню «**Справочники**»:



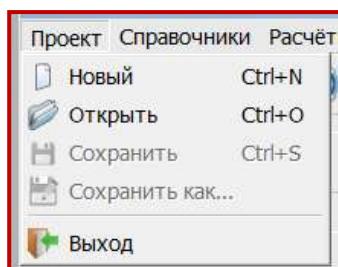
Есть возможность импортировать пользовательские справочники старого формата (проводов wirebase.txt или климата climate.txt) в новый формат.



С помощью кнопки "**Импорт**" открываем файл справочника для импорта.

Аналогичные действия для справочника климатических районов.

## 2.8. Ввод, редактирование и удаление данных

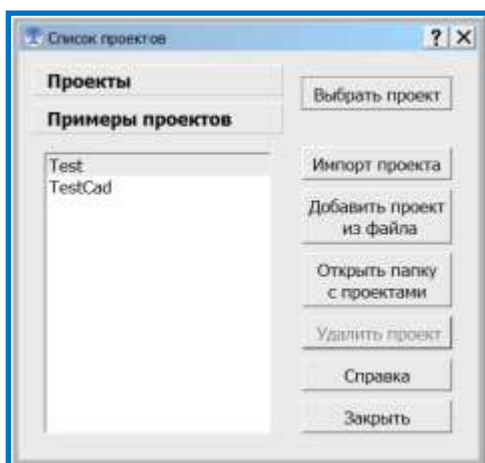


Меню «Проект»:

Группа команд («Новый», «Открыть», «Сохранить», «Сохранить как...») позволяет выполнить операции с файлами исходных данных.

Файлам исходных данных по программе LineMount присваивается расширение **jlmт**.

Чтобы открыть готовый проект из внутренней базы данных, воспользуйтесь командой «Открыть» из меню «Проект». Появится окно «Список проектов».



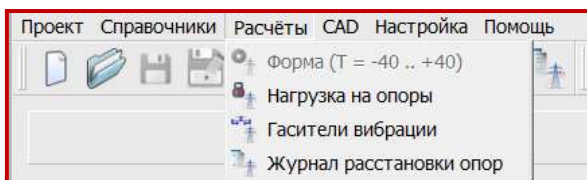
Для примера, в базе данных к программе есть несколько проектов мехрасчета (кнопка "**Примеры проектов**").

Пользователи LineMount версий ниже 5.0. могут загрузить файлы проектов в формате \*.lmt в базу данных и использовать их для следующих проектов (кнопка "Добавить проект из файла"). При выборе внешнего файла автоматически происходит импорт проекта и сохранение его в список проектов программы.

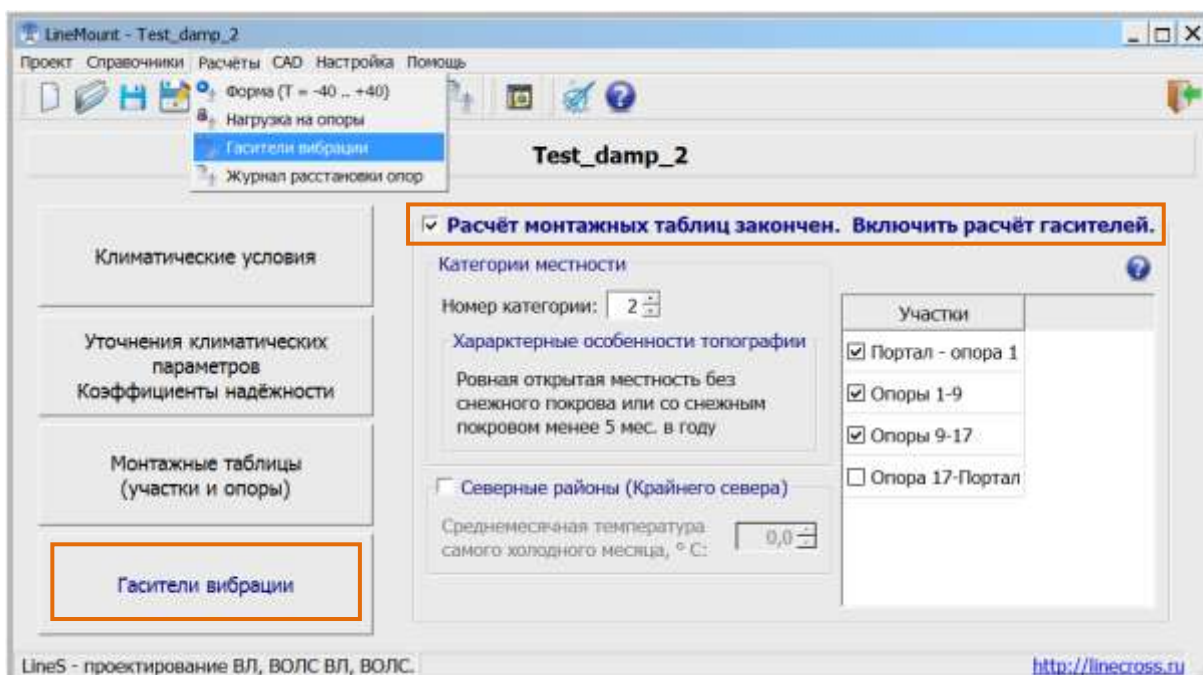
По кнопке "Открыть папку с проектами" открывается окно "Проводника" на папке с проектами, по умолчанию все проекты сохраняются в рабочем каталоге программы на компьютере пользователя **C:\Users\User\ITEA\Projects\**.

При желании, можно из окна "Проводника" скопировать файл проекта в любую вашу папку на диске или открыть ваш проект из любой другой папки. Но при этом, все изменения в проекте будут сохраняться в файл проекта находящийся в папке по умолчанию **C:\Users\User\ITEA\Projects\**.

Меню «Расчёты»:

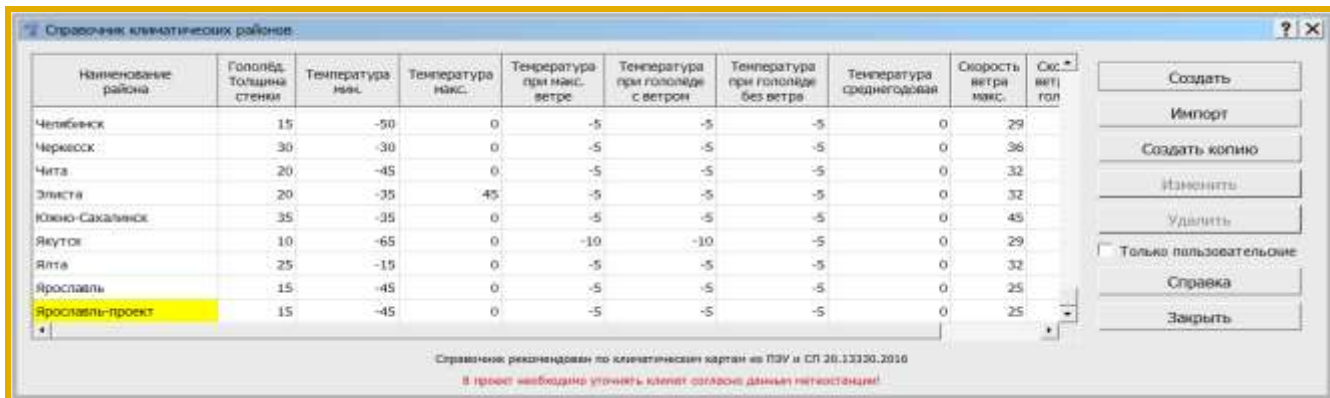
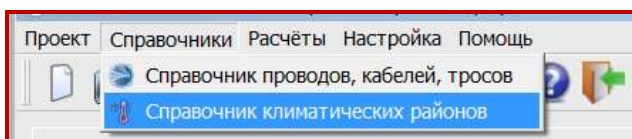


Расчёт гасителей вибрации активизируется только при открытой закладке «Гасители вибрации» и включённом флажке «Расчёт монтажных таблиц закончен. Включить расчёт гасителей».



### 2.8.1. Справочник климатических районов

Команда «Справочник климатических районов» из меню "Справочники" позволяет редактировать справочник климатических районов.



#### Внимание!

Справочник рекомендован по климатическим картам из ПУЭ и СП 20.13330.2016. В климатическом справочнике не выставлена среднегодовая температура и не везде выставлена максимальная и минимальная температура из-за разночтений в данных таблиц и нормативных карт. Температура, согласно ПУЭ 2.5.51 округлена до кратности 5.

**В проект необходимо уточнить климат согласно данным метеостанции!**

Смотри [п. 2.4.2.](#)

Справочник климатических районов (файл **climate.txt**) один для всех программ (LineMech, LineCross, LineMount, LineLoad) размещается внутри корневой папки программы **LineS-2024\Defaults\Dictionaryes\**. Этот справочник поставляется разработчиком программ линейки LineS и носит рекомендательный характер. Его данные отображаются, но закрыты на редактирование.

Пользователь может дополнить справочник своими данными, которые будут сохранены в собственном справочнике пользователя на диске в рабочем каталоге программы **C:\Users\User\ITEA\Dictionaryes\**.

Данные обоих файлов отображаются в общем справочнике климатических районов линейки программ LineS. Жёлтым выделены районы добавленные пользователем. Для их фильтрации поставьте галочку ☒ **Только пользовательские**.

Рекомендуется осуществлять резервное копирование справочника.

Редактор пользовательского справочника проводов несложен, необходимо «Создать», «Удалить» или «Изменить» данные по климатическим районам.



Добавление в справочник новой записи с климатическими параметрами на основе уже имеющейся в справочнике:

1. Выбрать запись с нужным районом (например, "Анапа") и нажать кнопку "Создать копию".

Справочник климатических районов

Наименование района	Гололёд, Толщина стенки	Температура мин.	Температура макс.	Температура при макс. ветре	Температура при гололёде с ветром	Температура при гололёде без ветра	Температура среднегодовая	Скорость ветра макс.	Скорость ветра при гололёде
Абзан	20	-45	0	-5	-5	-5	0	29	14
Амурск	20	0	0	-5	-5	-5	0	32	16
<b>Анапа</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>-5</b>	<b>-5</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>20</b>
Ангарск	15	0	0	-5	-5	-5	0	32	16
Арзамас	15	0	0	-5	-5	-5	0	25	11
Армавир	25	0	0	-5	-5	-5	0	36	18
Артем	25	0	0	-5	-5	-5	0	36	18
Архангельск	15	-45	35	-5	-5	-5	0	29	14
Астрахань	15	-35	40	-5	-5	-5	0	32	16
Ачинск	15	-60	35	-5	-5	-5	0	32	16

Справочник рекомендован по климатическим картам из ПЗУ и СП 20.13330.2016  
В проект необходимо уточнить климат согласно данным метеостанции!

Создать  
Импорт  
Создать копию  
Изменить  
Удалить  
Только пользовательские  
Справка  
Закрыть

2. Откроется окно добавления новой записи с копией параметров выбранного района.

Добавление копии

Наименование местности: Анапа (копия)

Гололёд  
Толщина стенки: VI 35,0 мм

Температура  
Минимальная: 0,0 °C  
Максимальная: 0,0 °C  
При максимальном ветре: -5,0 °C  
При гололёде с ветром: -5,0 °C  
При гололёде без ветра: -5,0 °C  
Среднегодовая: 0,0 °C

Скорость ветра  
Максимальная: V 40,0 м/с  
При гололёде: 20,0 м/с

Добавить Отмена

Поле «Наименование местности» проверяется на уникальность. Добавить уже существующее название не получится (кнопка «Добавить», для сохранения данных в справочник, будет недоступна).

Изменим наименование местности, например на "Анапа\_TestCad" и сохраним новую запись кнопкой "Добавить".

В результате, запись появится в пользовательском справочнике и будет доступна для редактирования и удаления (выделена жёлтым).

Справочник климатических районов

Наименование района	Гололёд, Толщина стенки	Температура мин.	Температура макс.	Температура при макс. ветре	Температура при гололёде с ветром	Температура при гололёде без ветра	Температура среднегодовая	Скорость ветра макс.	Скорость ветра при гололёде
Абзан	20	-45	0	-5	-5	-5	0	29	14
Амурск	20	0	0	-5	-5	-5	0	32	16
Анапа	35	0	0	-5	-5	-5	0	40	20
<b>Анапа_TestCad</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>-5</b>	<b>-5</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>20</b>
Ангарск	15	0	0	-5	-5	-5	0	32	16
Арзамас	15	0	0	-5	-5	-5	0	25	11
Армавир	25	0	0	-5	-5	-5	0	36	18
Артем	25	0	0	-5	-5	-5	0	36	18
Архангельск	15	-45	35	-5	-5	-5	0	29	14
Астрахань	15	-35	40	-5	-5	-5	0	32	16

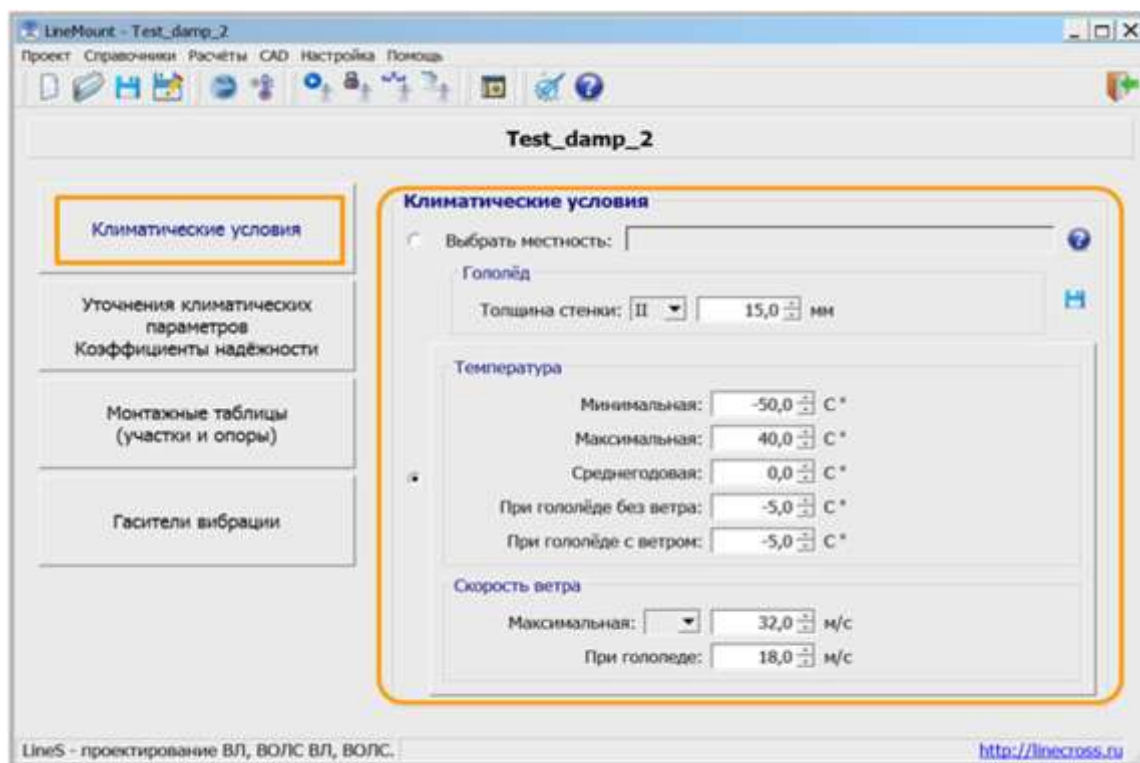
Справочник рекомендован по климатическим картам из ПЗУ и СП 20.13330.2016  
В проект необходимо уточнить климат согласно данным метеостанции!

Создать  
Импорт  
Создать копию  
Изменить  
Удалить  
Только пользовательские  
Справка  
Закрыть

## 2.8.2. Климатические параметры

Климатические параметры (закладки «Климатические условия» и «Уточнение климатических параметров. Коэффициенты надёжности») могут быть заполнены «вручную» или импортированы из механического расчёта.

Кнопка "Климатические условия" позволяет задать климатические условия для проекта.



**Гололёд**, мм - согласно данным метеостанций, если данных нет - руководствоваться картами и рекомендациями ПУЭ (2.5.46-2.5.47, Таблица 2.5.3). Повторяемость – 1 раз в 25 лет.

**Температуры максимальная, минимальная** (это не температура самой холодной пятидневки), среднегодовая - данные метеостанций. Это температуры абсолютные с повторяемостью 1 раз в 25 лет.

### Внимание!

*Если нужно учесть температуру дополнительного нагрева проводов электрическим током и от солнечной радиации - корректируйте максимальную температуру.*

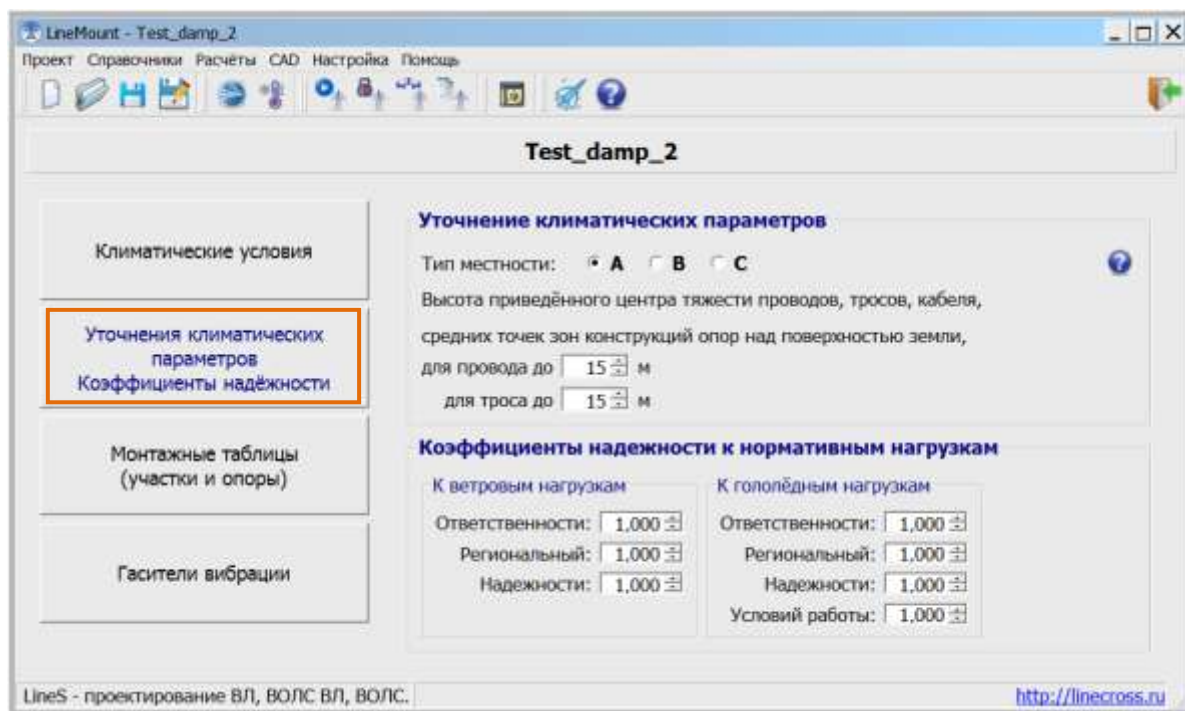
**Температуры при гололёде и при максимальном ветре** принимаются согласно ПУЭ (п.п.2.5.51). В некоторых случаях температура при гололёде с ветром равна -10°C или -15°C (данные метеостанций).

**Максимальная скорость ветра**, м/с - повторяемостью 1 раз в 25 лет и скорость ветра при гололёде (формула пересчёта с ветрового давления приведена в ПУЭ п.2.5.41) принимаются согласно данным метеостанций, при их отсутствии - согласно картам и рекомендациям ПУЭ (п.п.2.5.39 - 2.5.43, Таблица 2.5.1).

### Внимание!

*Существующие линии были рассчитаны с данными РКУ, принятыми по ПУЭ-6 или более раннего издания. Для достоверности оценки стрел провеса в этом случае принимать соответствующие данные РКУ.*

## Кнопка «Уточнение климатических параметров. Коэффициенты надёжности»



Значения поправочных коэффициентов на ветер и гололёд в зависимости от типа местности, высоты приведённого центра тяжести и диаметра провода, троса, кабеля по умолчанию равны 1.0 (тип местности – А, высота – до 15 метров).

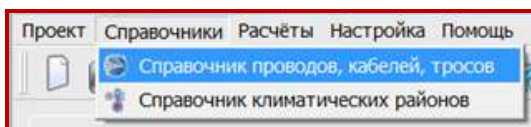
Значения коэффициентов надёжности к нормативным ветровым и гололёдным нагрузкам по умолчанию, равны 1.0 ([2.5.11. ПУЭ-7](#)).

### Внимание!

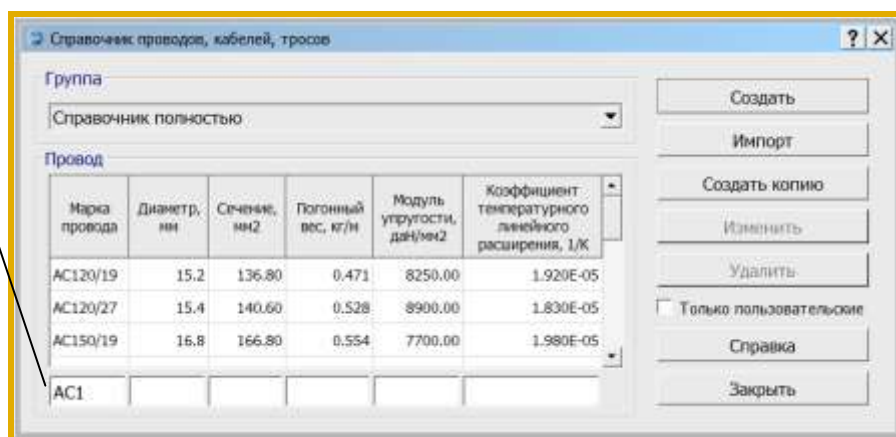
Если не использовать кнопку «Уточнение климатических параметров. Коэффициенты надёжности», то это будет равноценно применению программы без дополнений разных ПУЭ, под чистую теорию расчёта гибкой нити (цепной линии). При этом уточнение значений ветра и гололёда по высоте приведённого центра тяжести можно производить в окне «Климатические условия».

### 2.8.3. Справочник проводов, кабелей, тросов

Команда «Справочник проводов, кабелей, тросов» из меню «Справочники» позволяет редактировать справочник проводов, тросов и самонесущих кабелей.



Нижняя строка в справочнике для фильтрации данных по введённым значениям.



Справочник проводов, кабелей, тросов (файл **wirebase.txt**) один для всех программ (LineMech, LineCross, LineMount, LineLoad) размещается внутри корневой папки программы **c:\ITEA\LineS-2024\Defaults\Dictionaries\**.

Пользователь может дополнить справочник своими данными, которые будут сохранены в собственном справочнике пользователя на диске в рабочем каталоге программы **C:\Users\User\ITEA\Dictionaries\**.

Данные обоих файлов отображаются в общем справочнике проводов, кабелей, тросов линейки программ LineS. Жёлтым выделены провода добавленные пользователем. Для их фильтрации поставьте галочку ☒ **Только пользовательские**.

Рекомендуется осуществлять резервное копирование пользовательского справочника.

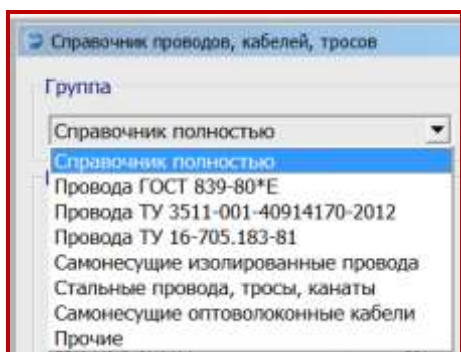
### Внимание!

*В многопользовательской сети у каждого пользователя **свой** редактируемый справочник проводов.*

*Если пользователи обмениваются проектами, то **обязательно**, вместе с файлом проекта передавайте необходимые для данного проекта пользовательские провода из справочника проводов пользователя.*

Редактор пользовательского справочника проводов несложен, необходимо «Создать», «Удалить» или «Изменить» данные по проводу, тросу, самонесущему кабелю.

Провода, тросы, кабели разнесены по группам.



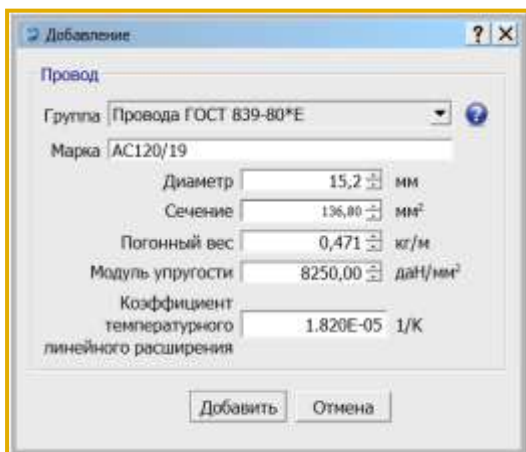
- **Группа 1** – провода по ГОСТ 839—80\*Е  
Напряжения (тяжения) принимаются полностью в соответствии с табл. 2.5.7. ПУЭ-7.
- **Группа 2** – провода по ТУ 3511-001-40914170-2012 ООО ОКП «ЭЛКА-Кабель»  
Провода рассчитаны на большее разрывное усилие, чем по ПУЭ-7  
Напряжения (тяжения) принимаются в процентах по ПУЭ-7 от разрывного усилия, указанного в каталоге продукции ОКП «ЭЛКА-Кабель». Допускаемые напряжения (тяжения) соответственно могут быть увеличены по сравнению с ПУЭ-7.
- **Группа 3** – провода по ТУ 16-705.183-81. Напряжения (тяжения) принимаются по ПУЭ-7.
- **Группа 4** – самонесущие изолированные провода, защищённые провода (СИП)  
Напряжения (тяжения) принимаются согласно ПУЭ-7.
- **Группа 5** – стальные провода, тросы, канаты. Напряжения (тяжения) принимаются согласно ПУЭ-7.
- **Группа 6** - самонесущие волоконно-оптические кабели (ОКСН, ОКГТ и др.)
- **Группа 7** - прочие. Внесённые пользователями в собственные справочники (не проверено).

Программы поставляются с большим числом внесённых проводов, тросов, кабелей, более 500. Удобно пользоваться разнесением на группы.



«Справочник полностью» - это только для просмотра и выбора, не является группой вносимых проводов, тросов, кабелей.

При дополнении справочника нужно провод, трос, кабель присоединить к группе. Есть возможность отнести любой рассчитываемый линейный материал к «Прочим», что никак не будет влиять на расчёты.



**Диаметр**, мм - внешний диаметр провода, троса, самонесущего изолированного провода, кабеля вместе с изоляцией. Для скрученного из изолированных жил самонесущего провода - общий внешний, эквивалентный диаметр. Испытывает воздействие ветра и образование гололёда.

**Сечение**, мм<sup>2</sup> - площадь поперечного сечения несущей, силовой части конструкции провода, троса, для самонесущего изолированного провода - сечение только несущей жилы, для самонесущего кабеля – сечение твёрдой части. Для расчётов воздух между проволоками свивки, смазка и другие подобные материалы из сечения исключаются. Испытывает тяжение, приложенное к проводу, тросу, несущей части самонесущего изолированного провода, кабеля от собственного веса, натяжения, воздействия ветра, гололёда, изменения температуры.

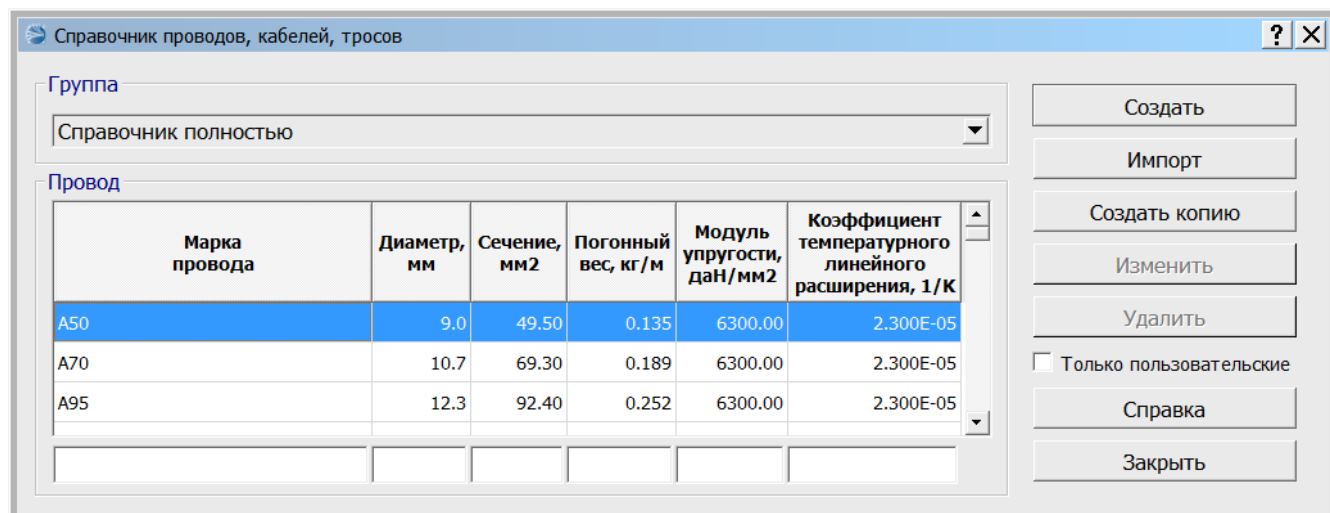
**Погонный вес**, кг/м - вес одного метра провода, троса, всего самонесущего изолированного провода, кабеля. 1 кг = 0,981 даН = 9,81 Н (округление до 1 даН, 10 Н на результаты практически не влияет).

**Модуль упругости** провода, троса, самонесущего изолированного провода (по несущей жиле), для кабеля – по данным испытаний, приведённое к сечению твёрдой части кабеля, конечный, даН/мм<sup>2</sup> (кН/мм<sup>2</sup>) - 1,0 гПа = 1000000000 Па = 1,0 кН/мм<sup>2</sup> = 100 даН/мм<sup>2</sup>.

**Коэффициент температурного линейного расширения**, 1/К - изменение длины провода, троса, самонесущего изолированного провода, кабеля при изменении температуры на 1 градус. Для самонесущих изолированных проводов - по материалу несущей жилы, для кабелей – по данным испытаний. Для ввода в справочник программ 0,000002 соответствует 2x10-6 (2.0E-6).

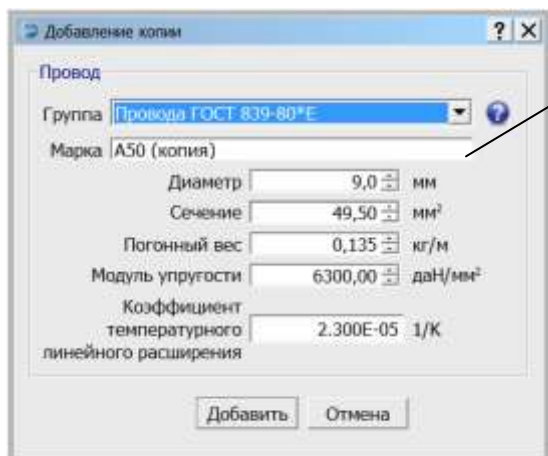
Для ввода в справочник программ коэффициента температурного линейного расширения (КТЛР) например, набираем 0,000016, что соответствует 1.6x10-5 (1.6E-5).

Чтобы создать запись на основе уже имеющейся в справочнике, нужно выбрать нужную запись (например, провод А50) и нажать кнопку "Создать копию".



Марка провода	Диаметр, мм	Сечение, мм²	Погонный вес, кг/м	Модуль упругости, даН/мм²	Коэффициент температурного линейного расширения, 1/К
A50	9.0	49.50	0.135	6300.00	2.300E-05
A70	10.7	69.30	0.189	6300.00	2.300E-05
A95	12.3	92.40	0.252	6300.00	2.300E-05

Откроется окно добавления новой записи с копией параметров выбранного провода.



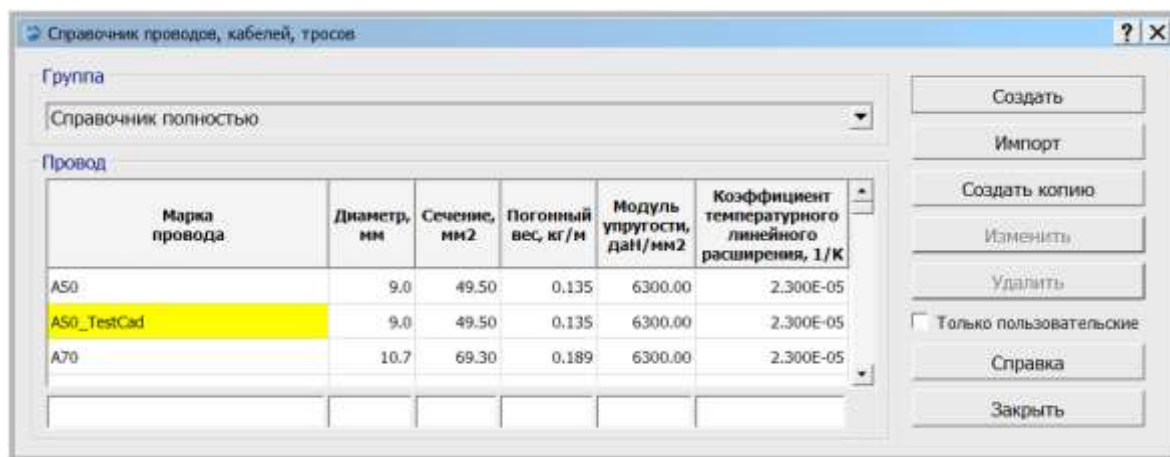
Поле «Марка» проверяется на уникальность. Добавить уже существующее название не получится (кнопка «Добавить», для сохранения данных в справочник, будет недоступна).

Изменим марку провода, например на "A50\_TestCad" и сохраним новую запись кнопкой "Добавить".

### Внимание!

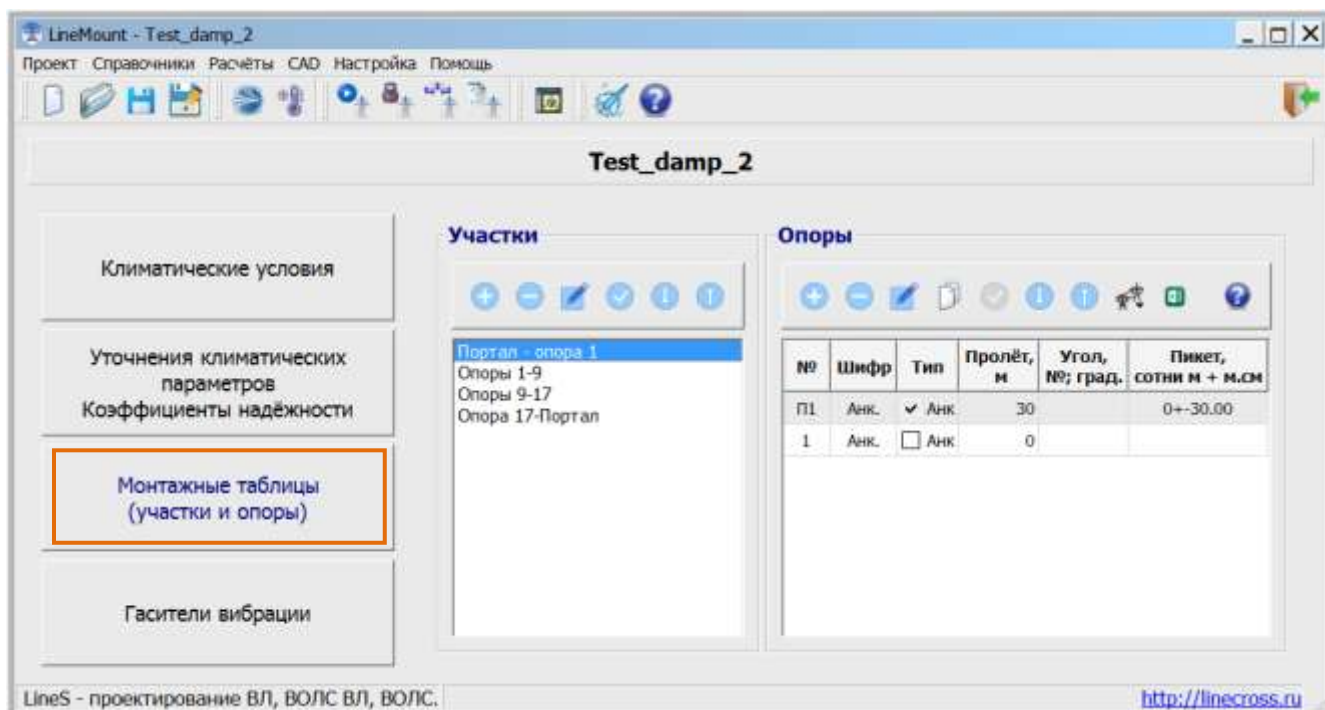
*В названии провода (троса, кабеля) не допускается использование символа « ; »*

В результате, запись появится в пользовательском справочнике и будет доступна для редактирования и удаления (выделена жёлтым).



## 1.8.4. Монтажные таблицы (участки и опоры)

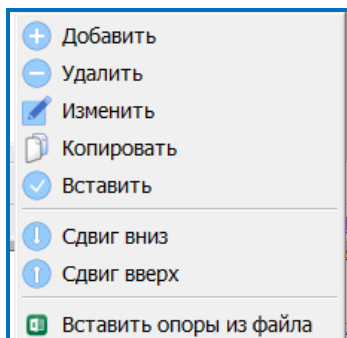
Кнопка «Монтажные таблицы (участки и опоры)»



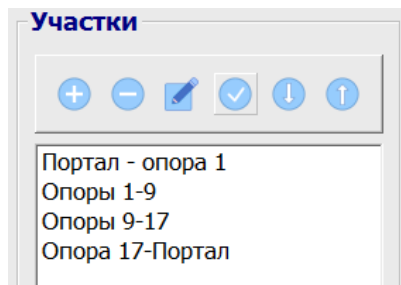
Осуществляется ввод исходных данных для расчёта таблиц монтажных тяжений и стрел провеса проводов, тросов и самонесущих кабелей (в том числе кабелей, подвешиваемых на стальных тросах).

При помощи панели инструментов  в окнах «Участки» и «Опоры» можно добавить, удалить, изменить, копировать и вставить активный (выделенный) элемент списка.


Также доступно контекстное меню с соответствующими командами.

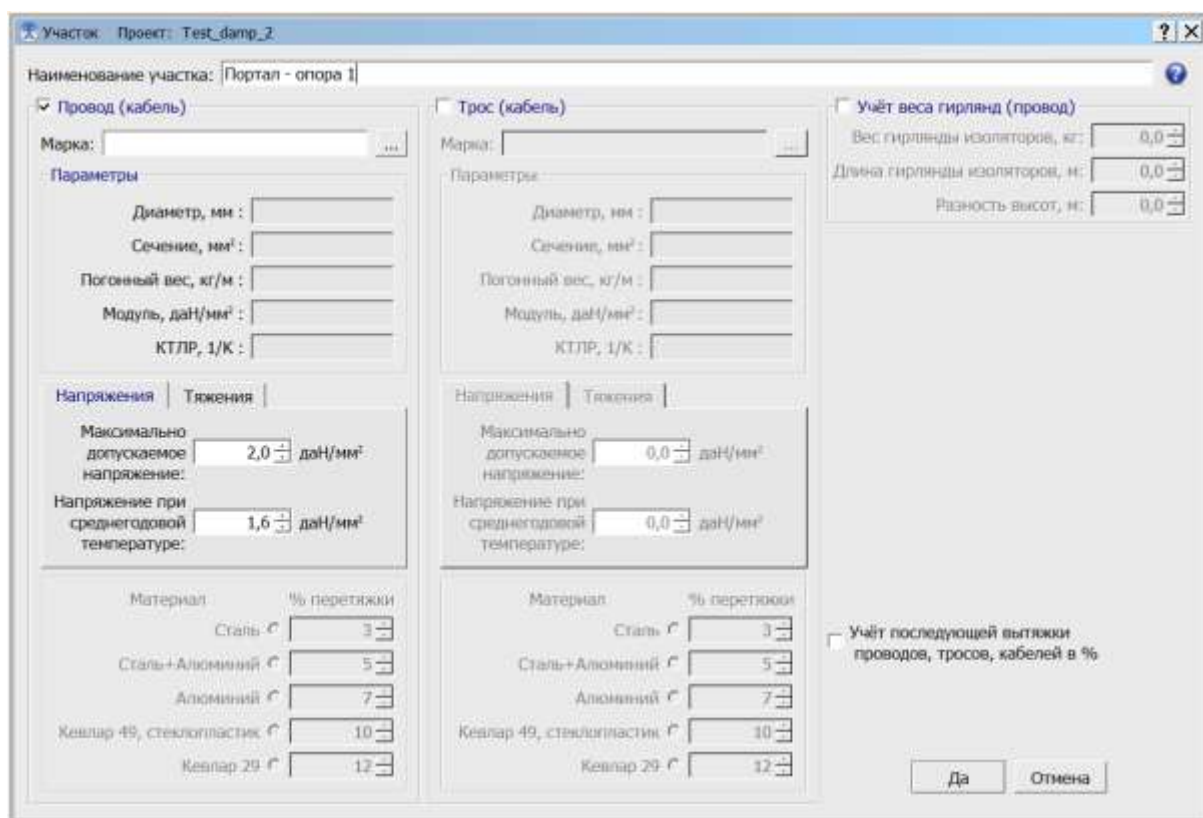


Основное окно «Участки» трассы



(не путайте участок трассы с анкерным участком. На участке трассы может быть сколько угодно анкерных пролётов)

При добавлении или изменении участка (панель инструментов ) открывается окно «Участок»:



Участок Проект: Test\_damp\_2

Наименование участка: Портал - опора 1

☒ Провод (кабель)

Марка:

Параметры

Диаметр, мм:

Сечение, мм²:

Погонный вес, кг/м:

Модуль, даН/мм²:

КТЛР, 1/К:

Напряжения Тяжения

Максимально допустимое напряжение:  даН/мм²

Напряжение при среднегодовой температуре:  даН/мм²

Материал % перетяжки

Сталь ☐ 3

Сталь+Алюминий ☐ 5

Алюминий ☐ 7

Кевлар 49, стеклопластик ☐ 10

Кевлар 29 ☐ 12

☐ Трос (кабель)

Марка:

Параметры

Диаметр, мм:

Сечение, мм²:

Погонный вес, кг/м:

Модуль, даН/мм²:

КТЛР, 1/К:

Напряжения Тяжения

Максимально допустимое напряжение:  даН/мм²

Напряжение при среднегодовой температуре:  даН/мм²

Материал % перетяжки

Сталь ☐ 3

Сталь+Алюминий ☐ 5

Алюминий ☐ 7

Кевлар 49, стеклопластик ☐ 10

Кевлар 29 ☐ 12

☐ Учёт веса гирлянд (провод)

Вес гирлянды изоляторов, кг:

Длина гирлянды изоляторов, м:

Разность высот, м:

☐ Учёт последней вытяжки проводов, тросов, кабелей в %

Да Отмена

При добавлении нового участка открывается пустое окно ввода названия участка и данных по проводам, тросам и самонесущим кабелям.


Участки рекомендуется вводить в порядке следования трассы, начиная с первой опоры, портала, затем по порядку следования нумерации опор, к концу трассы. При этом названия участков располагаются в основном окне «Участки» сверху вниз.

Каждому участку должны соответствовать опоры, вводимые в окне «Опоры».

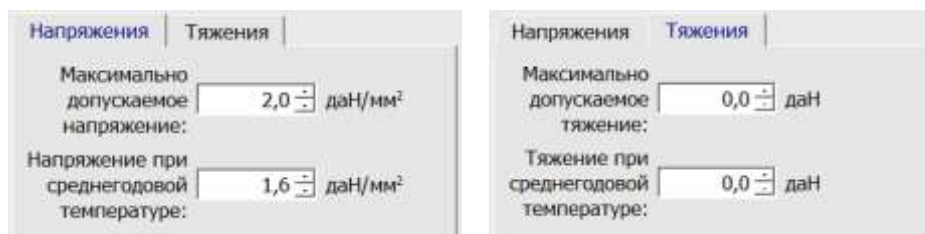
При вставке уже имеющегося участка, дубликат участка будет вставлен вместе с опорами в конце списка с участками, что требуется при делении уже набранного участка или при желании первым участком (если забыли) сделать пролёт от портала (другой конструкции) до первой опоры со сниженным напряжением.

Когда на участке рассчитывается только один провод, трос, кабель (нет одновременного расчёта провода и троса, провода и кабеля при обоих флажках «Провод (кабель)», «Трос (кабель)»), следует вводить данные по проводу, тросу, кабелю только под флажком «Провод (кабель)».

При самостоятельной подвеске ВОК, не на опорах ВЛ электропередачи, при невозможности подвески самонесущего кабеля в некоторых отдельных анкерных пролётах по длине или по габариту, в этих пролётах возможна подвеска кабеля на стальном тросе. Расчёт таких пролётов, в том же проекте, производится отдельным участком, не по марке кабеля, а по стальному тросу с кабелем. При этом сам кабель не понесёт нагрузки, а расчёты будут выполняться по несущей способности стального троса (в справочнике учитывать сечение, модуль упругости и КТЛР только троса, эквивалентный диаметр и вес погонного метра троса и кабеля вместе).

Марка провода (кабеля), троса (кабеля) выбирается по кнопке  из справочника проводов, кабелей, тросов.

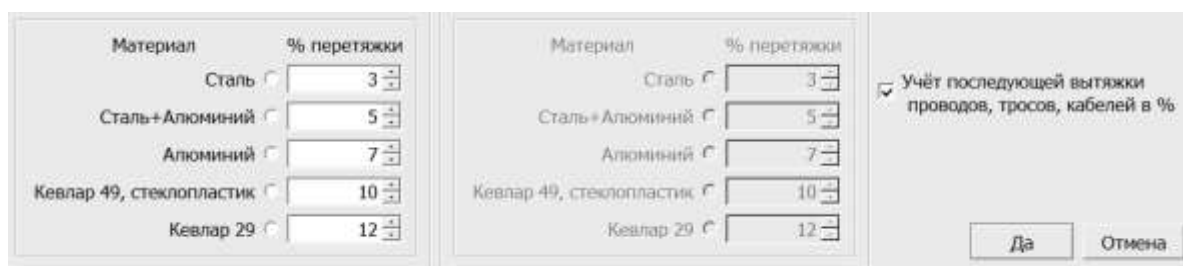
Вместо допускаемых механических напряжений можно задавать тяжения (нагрузки), для чего предусмотрены соответствующие закладки. Внутри программы будет выполнен пересчёт и в результатах расчётов будут показаны пары допускаемых значений.



Напряжение, тяжение выбирается или по прочности проводов, тросов и самонесущих кабелей самостоятельных ВОЛС (см. ПУЭ, ТУ на кабели) или по несущей способности конструкций и обосновывается механическим расчётом в программе LineMech, результаты которого сообщаются в проекте, а сами материалы хранятся в обосновывающих материалах и подлинниках расчётов по данному проекту в проектной организации.

Напряжение, тяжение ВОЛС ВЛ подбирается сопоставлением монтажных стрел провеса проводов и кабелей в данной программе (расчёт одновременно провода под флажком «Провод(кабель)» и кабеля под флажком «Трос(кабель)»), обычно напряжение, тяжение в кабеле снижается по сравнению с напряжением по допускаемому тяжению, нагрузке на кабель, указанному в маркировке кабеля.

**Учёт последующей вытяжки провода, троса, кабеля в %.**



В случае получения монтажных таблиц с учётом последующей вытяжки в процентах для провода (кабеля), троса (кабеля) нужно указать точкой в строке материал несущего сечения провода, троса, кабеля. В этом случае активизируются соответствующие окна ввода процента, размер которых можно корректировать. Проценты «по умолчанию» или скорректированные будут учтены при расчёте. В результатах расчётов по каждому участку выводится примечание о том, как произведён расчёт, с учётом или без учёта последующей вытяжки. Это примечание обязательно должно быть в проекте.

#### Учёт веса гирлянд (проводов).

☒ **Учёт веса гирлянд (провод)**

Вес гирлянды изоляторов, кг:

Длина гирлянды изоляторов, м:

Разность высот, м:

Вес гирлянд изоляторов в натяжных подвесках проводов существенно влияет на стрелу провеса в небольших пролётах, ограниченных натяжными гирляндами изоляторов с ослабленными напряжениями в проводе (не трос и не самонесущий кабель связи, кроме случаев подвески изолированных проводов на натяжных гирляндах изоляторов).

Если у Вас напряжения более 2-3 даН/мм<sup>2</sup>, - не задавайте учет веса гирлянд. Учёт веса гирлянд включайте только на спусках с опор на порталы, на пролётах отпайки от существующих ВЛ.

#### Учёт веса гирлянд изоляторов работает только для данных «Провод».

Если троса нет, то по нему ничего указывать не нужно, кроме случаев рассмотрения поведения самонесущего кабеля связи, в том числе ОКГТ по отношению к проводу.

#### Основное окно «Опоры» участка трассы

**Опоры**

№	Шифр	Тип	Пролёт, м	Угол, №; град.	Пикет, сотни м + м.см
П1	Анк.	<input checked="" type="checkbox"/> Анк	30		0+-30.00
1	Анк.	<input type="checkbox"/> Анк	0		

Для перехода к вводу (редактированию) опор необходимо сначала левой клавишей мыши выбрать участок, по которому будут вводиться (редактироваться) опоры. При редактировании, удалении и вставке левой клавишей мыши выбирается введённая опора. Вставка производится строкой выше введённой выбранной опоры. Добавить всегда работает на ввод новой опоры в конце списка, независимо от положения на какой-либо опоре.

Добавить  
 Удалить  
 Изменить  
 Копировать  
 Вставить  
 Сдвиг вниз  
 Сдвиг вверх  
 Вставить опоры из файла

При нажатии правой клавиши на поле «Опоры» появляется меню редактирования данных по опорам (добавить, удалить, изменить, копировать, вставить) выбранного участка.

То же действие вызывается нажатием левой клавиши мыши на панели инструментов окна



Визировать все опоры  
 Визировать только анкерные опоры  
 Оптимальное визирование

Кнопка «Визирование пролётов» позволяет осуществить оптимизацию массового визирования опор.



При добавлении или изменении опоры открывается окно «Опора»:

**Внимание!** При выводе результатов расчёта по **форме 2** одинаковы таблицы тяжений и стрел провеса для провода (кабеля) и для троса (кабеля). Для удобства перенесите таблицу для троса (кабеля) вслед за таблицей для провода (кабеля).

При добавлении новой опоры открывается пустое окно ввода данных по каждой следующей опоре и последующем пролёте.

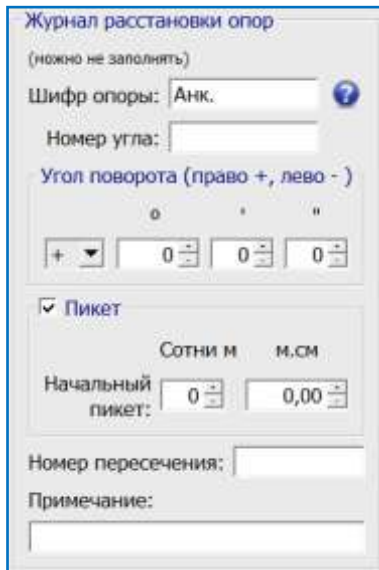
Окно имеет четыре области ввода:

1. **Номер опоры** - может содержать буквы, например 1а или, для порталов, П1. При этом опоры и их номера отражаются в окне «Опоры» сверху вниз. Может быть обратная нумерация. Для простых чисел предусмотрено автоматическое увеличение и уменьшение номеров опор на единицу.
2. **Тип опоры (Анкерная или Промежуточная)** - соответствует анкерному и промежуточному креплению. Первая и последняя опоры участка (крепление) всегда «Анкерная».
3. **Длина пролёта до следующей опоры, м.**
4. **Визируемый пролёт** – при включённом флажке, для визируемого пролёта будут произведены расчёты стрелы провеса в монтажных режимах. Все пролёты, тем более, одинаковые по длине на одном анкерном участке, визировать не нужно (будут одинаковые стрелы провеса), только характерные, удобные для визирования. В окне «Опоры» визируемые пролёты помечаются знаком «V».

**Внимание!** В анкерном участке (пролёте) хотя бы один пролёт должен быть визируемым. Если Вы не сделаете хотя бы одну отметку визируемого пролёта в анкерном участке (пролёте), значит Вы не получите расчёта.

Правая часть окна «Опоры» (Журнал расстановки опор) не является строго обязательной для заполнения.

На расчёты правая часть окна «Опоры» не влияет, Журнал будет формироваться в любом случае, по умолчанию, только с теми данными, что имеются.



**Шифр опоры.** При вводе шифра опор не применяйте шифров «Анк.» и «Пром.». Эти значения выводятся в Журнале расстановки опор и в поопорной схеме (LineMount) «по умолчанию» из данных левой стороны окна «Опора». При задании шифра опор в правой стороне окна «Опора» Вы можете выделить промежуточное крепление на анкерной опоре или анкерное крепление на промежуточной опоре. Не путайте тип опоры (по креплению) с шифром опоры.

**Пикет** установки первой опоры по умолчанию 0+0.00. Можно указать истинный пикет, например, 0-15.00, в таком случае отсчёт от первой опоры будет от истинного пикета. Если где-то пикет меняется (в том числе «резанный» или другая линия, отпайка) нужно снова указать истинный пикет, в том числе снова с 0+0.00. Дальнейший отсчёт значений пикетов будет от него. Для изменения пикета выставляется флажок «Пикет».

Данные по последней на участке анкерной опоре условны и терять время на их корректировку (зануление длины и отмену визируемости пролёта) не нужно, а может Вы продолжите набор опор на этом участке. Важно, что участок закончился анкерной опорой (креплением).

**Итак, простое логичное правило: на каждом участке должны быть опоры, начинаясь и заканчиваясь анкерным креплением, в каждом анкерном участке должен быть хотя бы один визируемый пролёт.**

#### Напоминание.

Исходные данные в рабочую программу могут быть набраны тремя способами:

- непосредственно в рабочей (лицензированной) версии программы;
- в демоверсии программы на любом компьютере. При этом, затем, в файле исходных данных, загруженном в рабочей (лицензированной) версии программы необходимо выбрать правильные провода, тросы, кабели из справочника;
- импортировать перечень опор, пролёты и др. из специально подготовленного файла Excel (заготовку InputMount.xls сохранить в свой файл по проекту) из папки Forms. Пример заполнения в файле TestInputMount.xls в рабочей папке программы. В этом случае, затем, в файле исходных данных, загруженном в рабочей (лицензированной) версии программы необходимо заполнить все остальные данные окон и закладок.

#### Деление участка на 2 и более

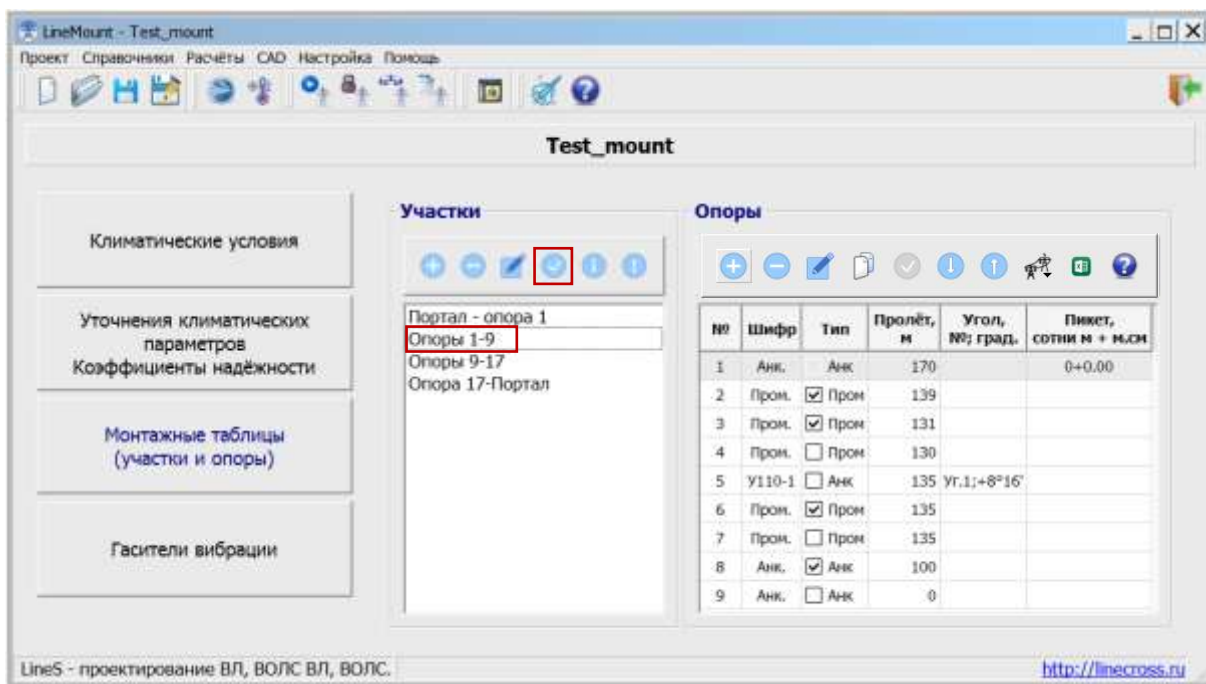
После анализа стрел провеса провода, кабеля на участке, особенно кабеля ВОЛС, когда все усилия направлены на снижение напряжений, может выясниться, что нужно было вместо одного расчётного участка иметь 2 и более с разными допускаемыми напряжениями чтобы снизить нагрузки на опоры.

#### Простой пример:

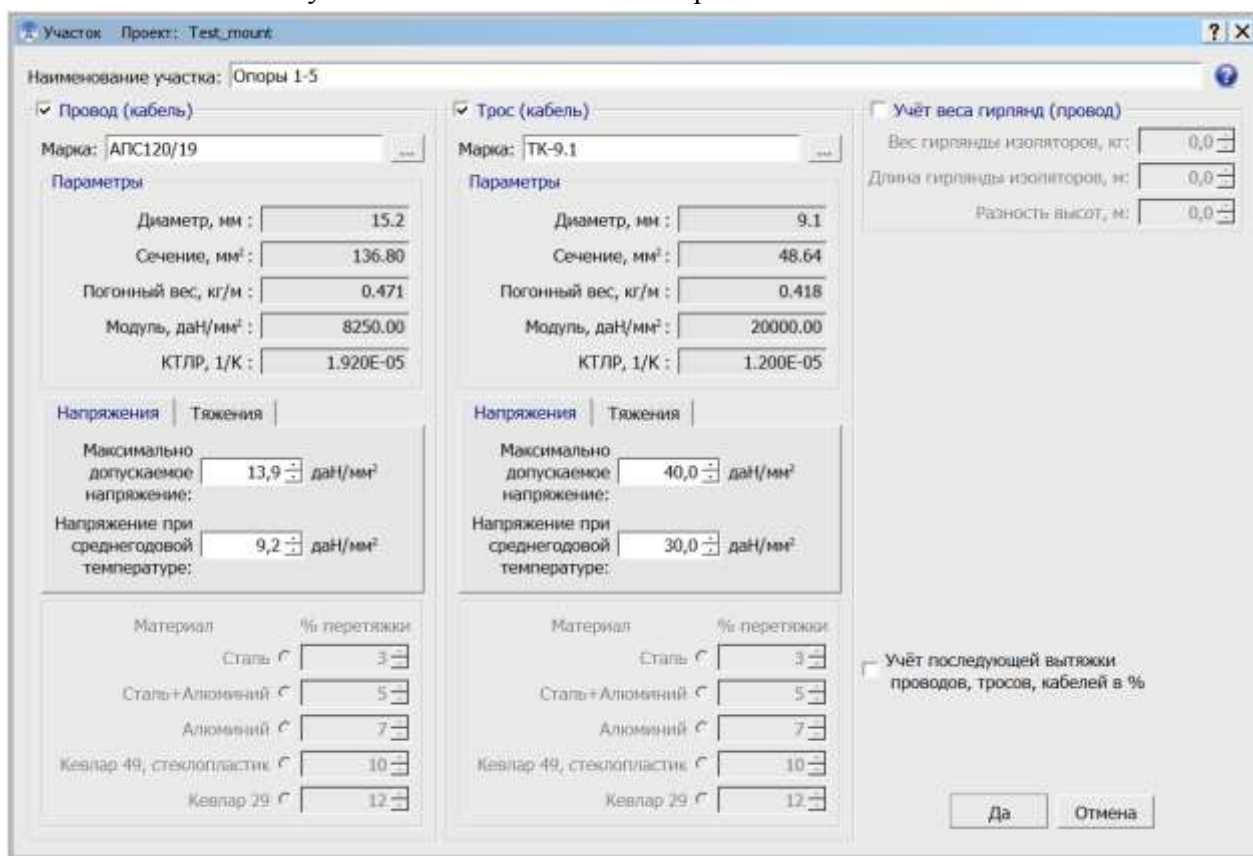
Был участок «Опоры 1-9» с анкерными опорами 1, 5, 8, 9 (см. тестовый пример Test\_mount).

Принято решение разделить этот участок на 2: «Опоры 1-5» и «Опоры 5-9».

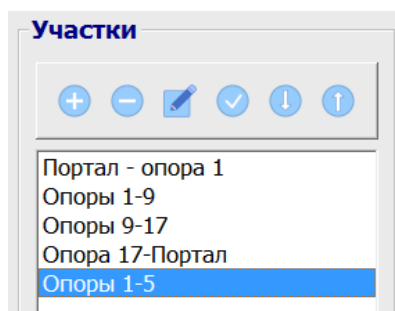
Выделив в окне «Участки» строку «Опоры 1-9» нажимаем «Вставить».



Появляется окно нового участка. Называем его «Опоры 1-5».

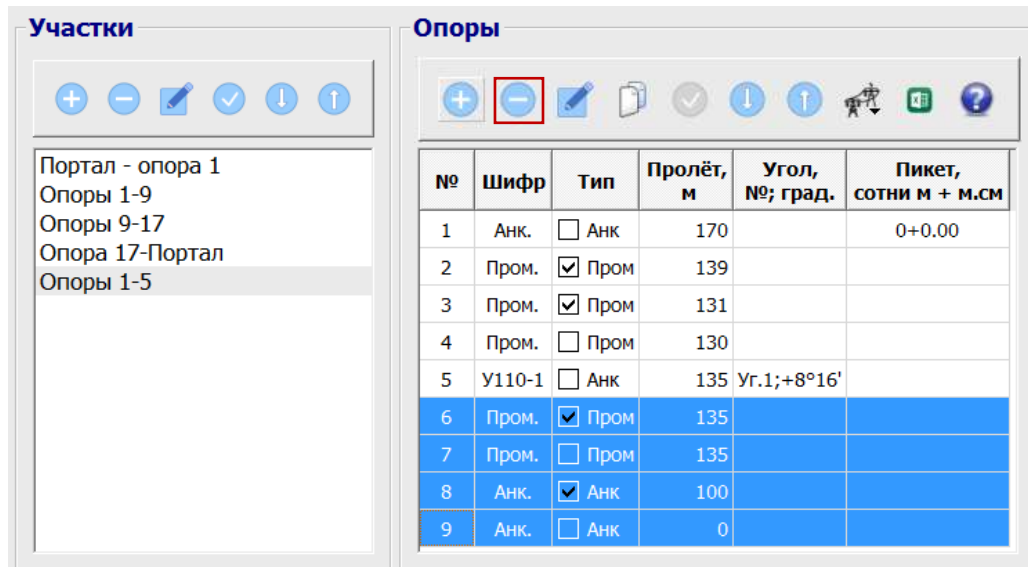


В конце списка участков появится участок «Опоры 1-5» .





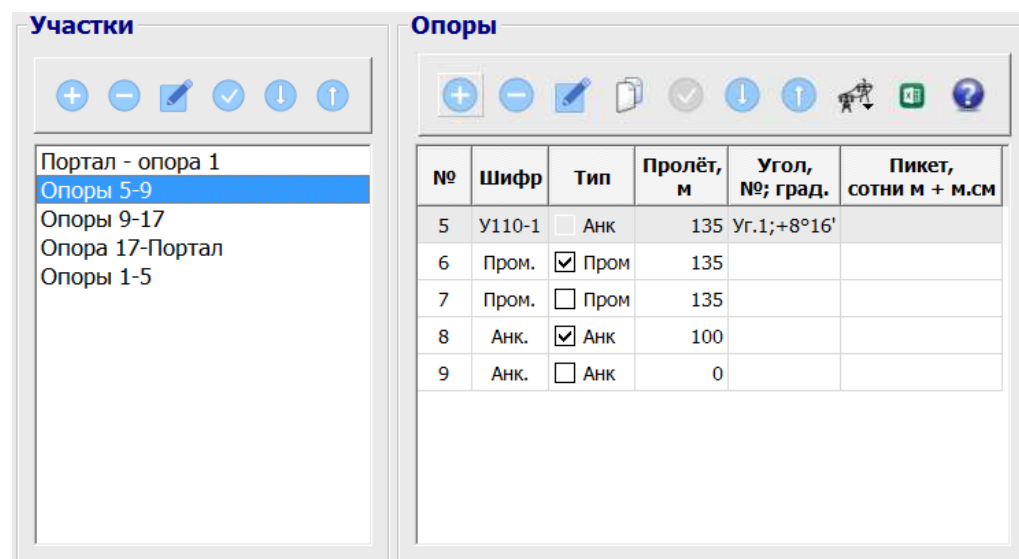
Выделим участок «Опоры 1-5» и в окне «Опоры» с помощью клавиатуры «Shift» и левой клавишей мыши выделяем строки опор 6-9, далее после нажатия правой клавишей мыши в появившемся контекстном меню выбираем «Удалить».




Переходим в участок «Опоры 1-9» и в окне «Опоры» с помощью клавиатуры «Shift» и левой клавишей мыши выделяем строки опор 1-4, далее после нажатия правой клавишей мыши в появившемся контекстном меню выбираем «Удалить».

Затем, переименуем участок «Опоры 1-9» на «Опоры 5-9» с помощью команды «Изменить ».

Опора 5 останется как первая (анкерная) опора переименованного участка «Опоры 5-9».



## Дублирование опор

Дублировать можно одну или несколько выделенных в списке опор с помощью операций «Копировать» и «Вставить» из панели инструментов .

**Например:**

Выделим опору 3 и нажмём кнопку «Копировать».

Затем выделим опору перед которой нужно вставить дубликат (вставлять будем перед опорой 6) и нажмём кнопку «Вставить».

Дубликату присвоится номер копируемой опоры с буквой «а» (в нашем случае 3а).

Далее, можно внести изменения в дубликат нажав кнопку «Изменить».

**Test\_damp\_2**

**Участки**

Портал - опора 1  
Опоры 1-9  
Опоры 9-17  
Опора 17-Портал

**Опоры**

№	Шифр	Тип	Пролёт, м	Угол, №; град.
1	Анк.	<input type="checkbox"/> Анк	170	
2	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	139	
3	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	131	
4	Пром.	<input type="checkbox"/> Пром	130	
5	У110-1	<input type="checkbox"/> Анк	135	Уг.1; +8°16'
6	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	135	
7	Пром.	<input type="checkbox"/> Пром	135	
8	Анк.	<input checked="" type="checkbox"/> Анк	100	

**Опоры**

№	Шифр	Тип	Пролёт, м	Угол, №; град.	Пикет, сотни м + м.см
1	Анк.	<input type="checkbox"/> Анк	170		0+0,00
2	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	139		
3	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	131		
4	Пром.	<input type="checkbox"/> Пром	130		
5	У110-1	<input type="checkbox"/> Анк	135	Уг.1; +8°16'	
3а	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	131		
6	Пром.	<input checked="" type="checkbox"/> Пром	135		
7	Пром.	<input type="checkbox"/> Пром	135		
8	Анк.	<input checked="" type="checkbox"/> Анк	100		
9	Анк.	<input type="checkbox"/> Анк	0		

### 2.8.5. Гасители вибрации

Кнопка «Гасители вибрации»

**LineMount - Test\_damp\_2**

Проект Справочники Расчёты САД Настройка Помощь

**Test\_damp\_2**

Климатические условия

Уточнения климатических параметров  
Коэффициенты надёжности

Монтажные таблицы  
(участки и опоры)

**Гасители вибрации**

☒ **Расчёт монтажных таблиц закончен. Включить расчёт гасителей.**

Категории местности

Номер категории: 2

Характерные особенности топографии

Ровная открытая местность без снежного покрова или со снежным покровом менее 5 мес. в году

☐ Северные районы (Крайнего севера)

Среднемесячная температура самого холодного месяца, °C: 0,0

**Участки**

☒ Портал - опора 1

☒ Опоры 1-9

☒ Опоры 9-17

☐ Опора 17-Портал

LineS - проектирование ВЛ, ВОЛС ВЛ, ВОЛС. <http://linecross.ru>

Расчёт гасителей вибрации производится для проводов и тросов (в том числе ОКГТ) ВЛ 35 кВ и выше, а также для самонесущих кабелей связи, диэлектрических (ВОЛС ВЛ) и других, не на ВЛ, если это требуется. Расчёт гасителей вибрации для кабелей, подвешиваемых на стальных тросах или других выносных силовых элементах, не требуется.

Расчёт гасителей вибрации производится после окончания всех работ по монтажным таблицам, в связи с этим при переходе к расчёту гасителей вибрации необходимо подтвердить этот переход поставив флажок «Расчёт монтажных таблиц закончен. Включить расчёт гасителей».

☒ **Расчёт монтажных таблиц закончен. Включить расчёт гасителей.**

Такой переход не «жёсткий», но технологичный. К монтажным таблицам можно вернуться в любое время.

Открывается для ввода окно общих данных по расчёту гасителей вибрации.

Выбирается категория местности для проекта гасителей. Категории отличаются от категорирования по ПУЭ.

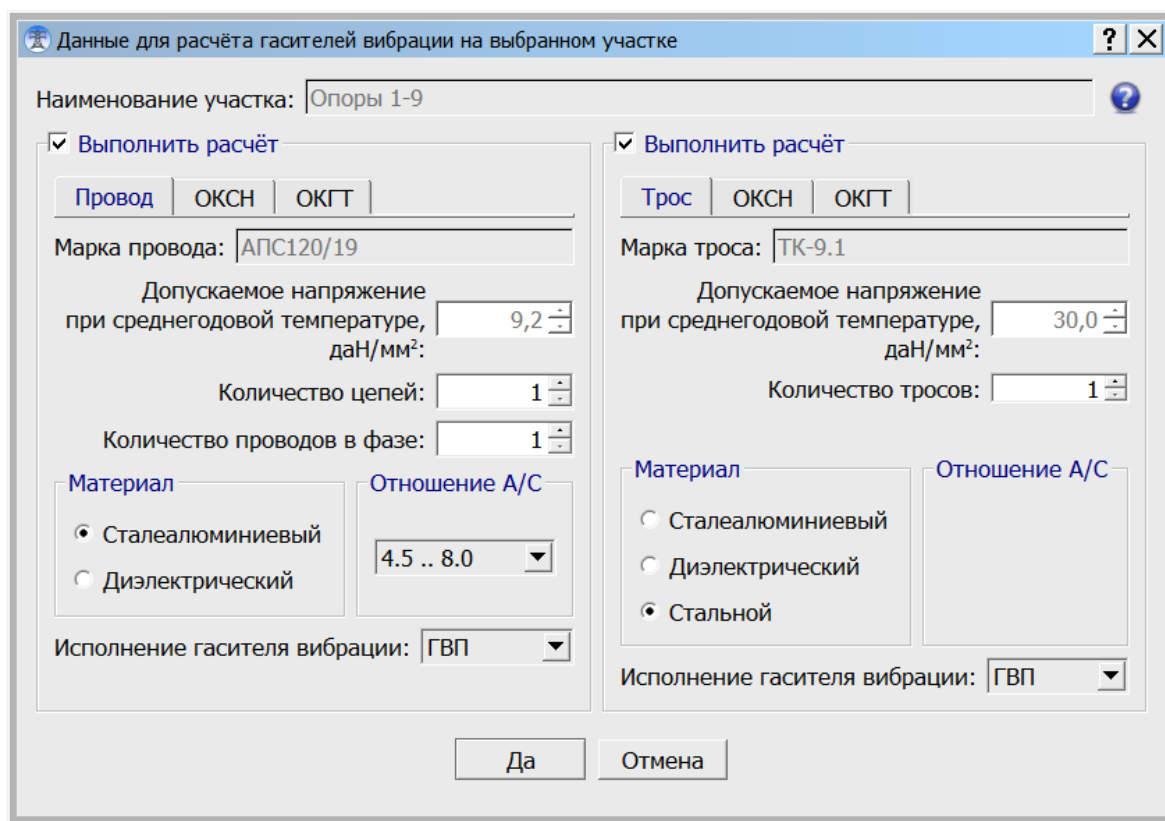
Если проект выполняется в Северных районах (Крайнего Севера), выставляется флажок и появляется требование ввести среднемесячную температуру самого холодного месяца года в градусах Цельсия.

При переходе к расчёту гасителей автоматически осуществляется импорт необходимых данных из расчёта монтажных таблиц. В области «Участки» появляется перечень всех участков, введённых в закладке «Монтажные таблицы (Участки и опоры)».



В этом перечне после всех вводов данных автоматически отмечаются те участки, в которых требуется расчёт гасителей.

При двойном щелчке левой клавиши мыши на выбранном участке открывается окно ввода данных для расчёта гасителей вибрации на выбранном участке.



Из расчёта монтажных таблиц высвечивается марка провода (кабеля), марка троса (кабеля), если были введены, и заданные в расчётах монтажных таблиц допускаемые напряжения при среднегодовой температуре. Они высвечиваются не для редактирования, чего не следует делать, а для принятия решения о выполнении расчёта гасителей вибрации. Если напряжения меньше требуемых для подвески гасителей по СО [8], [9], то нет смысла включать флажок выполнения расчёта. Это могут быть спуски с опор на порталы, ответвления от промежуточных опор, другие пролёты со сниженным напряжением. Точно также, если длина пролётов не достигает требуемой по СО в пролётах участка, - нет смысла включать расчёт, запутывать себя и программу, получать ненужную пустую выходную форму.

Остальные данные заполняются, если включён флажок «Выполнить расчёт». ☒ Выполнить расчёт.

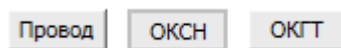
### По умолчанию:

- количество цепей ВЛ – 1,
- количество проводов в фазе – 1,
- количество тросов – 1.

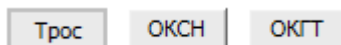
Эти значения определяют количество гасителей вибрации (ОКСН и ОКГТ, по умолчанию, – 1).

В левой части окна заполняются данные для провода ВЛ или одиночных ОКСН, ОКГТ. Здесь предусмотрено применение только сталеалюминиевых проводов и тросов, в том числе ОКГТ и диэлектрических самонесущих кабелей.

В заголовке «**Провод, ОКСН, ОКГТ**» выбирается то, что у Вас рассчитывается. В случае независимой ВОЛС (не на ВЛ электропередачи), - выберите ОКСН.



В правой части окна заполняются данные для стальных, сталеалюминиевых тросов, в том числе ОКГТ, а также диэлектрических самонесущих кабелей связи в случаях одновременного расчёта монтажных таблиц провода и троса (в т.ч. ОКГТ), провода и ОКСН, когда сопоставляются стрелы провеса провода и троса, провода и кабеля.



В заголовке «**Трос, ОКСН, ОКГТ**» выбирается то, что у Вас рассчитывается.

При применении сталеалюминиевых проводов и ОКГТ выбирается соотношение А/С (деление сечений алюминия к стали) из диапазонов, представленных в [табл.5 СО \[8\]](#).

Далее выбирается исполнение гасителя вибрации, ГВП, ГВУ, для диэлектрических кабелей автоматически выбираются гасители ГВС (ГВУ), в Северных районах (Крайнего Севера) для сталеалюминиевых проводов и для стальных тросов - гасители ГВУ.

Марки гасителей приняты согласно СО [8, 9], многочастотные. Если необходимо, поменяйте эти марки гасителей в результатах расчётов на другие многочастотные гасители-аналоги (расстояния от точек крепления и количество гасителей в пролёте остаются прежними, конкретные характеристики гасителей на эти расчётные данные не влияют), подобрав по креплению к проводам, тросам, кабелям.

Если гасителей нет, то они не нужны, либо по причине незначительного пролёта, либо недостаточного тяжения для подвески гасителей (см. СО). Проверяются все пролёты.

Дробная часть от целой при наборе числовых исходных данных отделяется точкой, в результатах расчёта разделитель дробной части от целой зависит от настройки ПК.

## 2.9. Организация данных

При выходе из программы, чтении других исходных данных, перед расчётом предлагается сохранить текущий файл исходных данных. Будьте внимательны. Не замените файл другого проекта. Рекомендуется осуществлять резервное копирование.

Файлы исходных данных и результатов могут храниться в папке вместе с программами, но наиболее рационально хранение отдельно, вместе со всеми проектами на сервере с организацией места (папки) по специальности в проектах с соответствующим специальности полным доступом и с ежедневным автоматическим резервным копированием проектов.

«По умолчанию», файлы программы LineMount при инсталляции располагаются в папке LineS совместно с файлами других программ комплекта.

### Файлы программы LineMount:

- LineMount.exe – исполняемый модуль программы.
- Test.jlmt – тестовые файлы исходных данных, пример для пользователя.

- wirebase.txt – справочник проводов, тросов и самонесущих кабелей.
- climate.txt – справочник климатических районов.
- FormMount.xls – форма 1 Excel для заполнения программой результатами расчёта,  $T = -30...+40$ .
- FormMount1.xls – форма 1 Excel для заполнения программой результатами расчёта,  $T = -40...+40$ .
- FormMount2.xls – форма 2 Excel для заполнения программой результатами расчёта,  $T = -30...+30$ .
- Journal.xls - форма Excel для оформления журнала расстановки опор.
- FormDamp.xls – форма ведомости гасителей вибрации.
- InputMount.xls – форма для заполнения данными по опорам и импорта в исходные данные программы.
- TestInputMount.xls – пример заполнения данными по опорам для последующего импорта в программу.
- LineMountQuickStart.ppsx – файл справки "Быстрый старт".
- Руководство пользователя LineMount.
- Файл лицензии.

Программы могут находиться в любом месте на дисках, в реестре не прописываются.

### **3. FAQ и К** (к кому и как обращаться с вопросами)

(К = К Кому и Как обращаться с вопросами)

Правильность и полнота заполнения исходных данных к программе демонстрируются в прилагаемых при поставке тестовых файлах исходных данных с расширением jlmh.

Дополнительные сведения представлены на сайте страницами "[Проекты ВЛ](#)", "[Проекты ВОЛС](#)", "[Теория и практика](#)".

#### **Общие требования:**

1. Никогда не превышайте максимальное допускаемое тяжение (напряжение – тяжение, поделённое на сечение) на конструкции и провода, тросы, самонесущие кабели, обычно 0.35-0.5 от предела прочности.
2. То же, при среднегодовых температурах, обычно 0.3-0.35 от предела прочности.
3. Если есть возможность снижения в проекте допускаемых тяжений (напряжений) – снижайте.
4. Внимательно анализируйте данные заводов – изготовителей проводов, тросов, самонесущих кабелей, заносимые в справочник программы. Могут быть индивидуальные ограничения по прочности.
5. Используйте данные метеостанций необходимой повторяемости климатических условий (1 раз в 25 лет или другой, обоснованной проектом).

#### **Требования к компьютеру, программному окружению - минимальные, при условиях:**

- установки ОС MS Windows, начиная с Windows XP;
- использования графических пакетов CAD, КОМПАС и др., которые поддерживают обменный формат dxf.

- использования MS Excel формата, начиная с 97-2003, XP при установке средней безопасности;
- наличия на дисках около 10 Мб свободной памяти для каждого нашего модуля.

Администраторы: пользователю требуется полный доступ к CAD и к нашим программам.

#### **Не выполняются расчёты и вывод в Excel:**

1. Проверить правильность исходных данных, сверить их полноту с прилагаемым, правильно заполненным тестовым примером. Исправить исходные данные, повторить расчёт.
2. Не установлен MS Excel.
3. Выставлен не тот уровень безопасности.
4. Excel активен с результатами предыдущего расчёта. Закрыть предыдущий расчёт.
5. Следите, в какой папке находитесь для получения результатов и присвоения имени файла результатов. Предусматривается, что это нужно производить в папке, где находится программа, там же её шаблон (в отдельной папке Forms). Шаблон программы в Excel считывается и заполняется результатами расчётов. Теперь результат расчёта можно сохранить где угодно на дисках или на сервере или, по умолчанию, в папке программы.

#### **Не выполняется вывод в CAD, нарушение текста:**

1. Проверить, выполняется ли расчёт и вывод в Excel, если нет - внести поправки в исходных данных.
2. Графический пакет не поддерживает обменный формат dxf. Поставьте другой.
3. Измените шрифт txt.shx в папке Fonts графического пакета на шрифт txt.shx, поддерживающий русский язык.

#### **К кому и как обращаться с вопросами**

Если ничего не получается, есть сомнения в расчётах или сомнения в собственных выводах по проекту, присылайте по адресу:

[support@linecross.ru](mailto:support@linecross.ru)

файлы исходных данных по проекту с расширением jlmt, пользовательский справочник климатических районов climate.txt, пользовательский справочник проводов, тросов и самонесущих кабелей wirebase.txt. Не лишним будет выслать также данные завода-изготовителя на провод, трос, самонесущий кабель.

Мы заинтересованы в улучшении сервиса программ линейки LineS и будем благодарны всем нашим пользователям за обращения, присланные замечания и рекомендации по улучшению программы. Мы готовы к сотрудничеству.



## 4. Приложения

### 4.1. Выдержки из ПУЭ-7

**2.5.6.** По условиям воздействия ветра на ВЛ различают три типа местности:

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.

Воздушная линия 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.

---

**2.5.11.** Основными характеристиками нагрузок являются их нормативные значения, которые устанавливаются настоящими Правилами, а для нагрузок, не регламентированных ими, - в соответствии со строительными нормами и правилами.

Расчетные значения нагрузок определяются как произведение их нормативных значений на коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$ , надежности по ответственности  $\gamma_n$ , условий работы  $\gamma_d$ , региональные  $\gamma_p$ .

При расчете элементов ВЛ расчетные нагрузки могут дополнительно умножаться на коэффициент сочетаний.

Необходимость применения коэффициентов и их значения устанавливаются настоящими Правилами.

При отсутствии указаний о значениях коэффициентов они принимаются равными единице.

---

**2.5.39.** При определении климатических условий должно быть учтено влияние на интенсивность гололедообразования и на скорость ветра особенностей микрорельефа местности (небольшие холмы и котловины, высокие насыпи, овраги, балки и т.п.), а в горных районах - особенностей микро- и мезорельефа местности (гребни, склоны, платообразные участки, днища долин, межгорные долины и т.п.).

---

**2.5.40.** Значения максимальных ветровых давлений и толщин стенок гололеда для ВЛ определяются на высоте 10 м над поверхностью земли с повторяемостью 1 раз в 25 лет (нормативные значения).

---

**2.5.41.** Нормативное ветровое давление  $W_0$ , соответствующее 10-минутному интервалу осреднения скорости ветра ( $v_0$ ), на высоте 10 м над поверхностью земли принимается по табл.2.5.1 в соответствии с картой районирования территории России по ветровому давлению (рис.2.5.1) или по региональным картам районирования.

**Таблица 2.5.1**

Нормативное ветровое давление  $W_0$  на высоте 10 м над поверхностью земли

Район по ветру	Нормативное ветровое давление $W_0$ , Па (скорость ветра $v_0$ , м/с)
I	400 (25)
II	500 (29)
III	650 (32)
IV	800 (36)
V	1000 (40)
VI	1250 (45)
VII	1500 (49)
Особый	Выше 1500 (выше 49)

Полученное при обработке метеоданных нормативное ветровое давление следует округлять до ближайшего большего значения, приведенного в табл. 2.5.1.

Ветровое давление  $W$  определяется по формуле, Па

$$W = \frac{v^2}{1,6}$$

Ветровое давление более 1500 Па должно округляться до ближайшего большего значения, кратного 250 Па.

Для ВЛ 110-750 кВ нормативное ветровое давление должно приниматься не менее 500 Па.

Для ВЛ, сооружаемых в труднодоступных местностях, ветровое давление рекомендуется принимать соответствующим району на один выше, чем принято для данного региона по региональным картам районирования или на основании обработки материалов многолетних наблюдений.

**2.5.42.** Для участков ВЛ, сооружаемых в условиях, способствующих резкому увеличению скоростей ветра (высокий берег большой реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, гребневые зоны хребтов, межгорные долины, открытые для сильных ветров, прибрежная полоса морей и океанов, больших озер и водохранилищ в пределах 3-5 км), при отсутствии данных наблюдений нормативное ветровое давление следует



увеличивать на 40% по сравнению с принятым для данного района. Полученные значения следует округлять до ближайшего значения, указанного в табл.2.5.1.

**2.5.43.** Нормативное ветровое давление при гололеде  $W_{\Gamma}$  с повторяемостью 1 раз в 25 лет определяется по формуле 2.5.41, по скорости ветра при гололеде  $v_{\Gamma}$ .

Скорость ветра  $v_{\Gamma}$  принимается по региональному районированию ветровых нагрузок при гололеде или определяется по данным наблюдений согласно методическим указаниям по расчету климатических нагрузок. При отсутствии региональных карт и данных наблюдений  $W_{\Gamma} = 0,25W_0$ . Для ВЛ до 20 кВ нормативное ветровое давление при гололеде должно приниматься не менее 200 Па, для ВЛ 330-750 кВ - не менее 160 Па.

Нормативные ветровые давления (скорости ветра) при гололеде округляются до ближайших следующих значений, Па (м/с): 80 (11), 120 (14), 160 (16), 200 (18), 240 (20), 280 (21), 320 (23), 360 (24).

Значения более 360 Па должны округляться до ближайшего значения, кратного 40 Па.

**2.5.44.** Ветровое давление на провода ВЛ определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, на тросы - по высоте расположения центра тяжести тросов, на конструкции опор ВЛ - по высоте расположения средних точек зон, отсчитываемых от отметки поверхности земли в месте установки опоры. Высота каждой зоны должна быть не более 10 м.

Для различных высот расположения центра тяжести проводов, тросов, а также средних точек зон конструкции опор ВЛ ветровое давление определяется умножением его значения на коэффициент  $K_w$ , принимаемый по табл.2.5.2.

**Таблица 2.5.2**

Изменение коэффициента  $K_w$  по высоте в зависимости от типа местности

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор ВЛ над поверхностью земли, м	Коэффициент $K_w$ для типов местности		
	A	B	C
До 15	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80

250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350 и выше	2,75	2,75	2,35

Примечание. Типы местности соответствуют определениям, приведенным в 2.5.6.

Полученные значения ветрового давления должны быть округлены до целого числа.

Для промежуточных высот значения коэффициентов  $K_w$  определяются линейной интерполяцией.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов  $h_{пр}$  для габаритного пролета определяется по формуле, м

$$h_{пр} = h_{ср} - \frac{2}{3}f,$$

где  $h_{ср}$  - среднеарифметическое значение высоты крепления проводов к изоляторам или среднеарифметическое значение высоты крепления тросов к опоре, отсчитываемое от отметок земли в местах установки опор, м;

$f$  - стрела провеса провода или троса в середине пролета при высшей температуре, м.

**2.5.45.** При расчете проводов и тросов ветер следует принимать направленным под углом  $90^\circ$  к оси ВЛ.

При расчете опор ветер следует принимать направленным под углом  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $90^\circ$  к оси ВЛ, при этом для угловых опор за ось ВЛ принимается направление биссектрисы внешнего угла поворота, образованного смежными участками линии.

**2.5.46.** Нормативную толщину стенки гололеда  $b_э$  плотностью  $0,9 \text{ г/см}^3$  следует принимать по табл.2.5.3 в соответствии с картой районирования территории России по толщине стенки гололеда (см. рис.2.5.2) или по региональным картам районирования.

**Таблица 2.5.3**

Нормативная толщина стенки гололеда  $b_э$  для высоты 10 м над поверхностью земли

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда $b_э$ , мм
I	10
II	15
III	20

IV	25
V	30
VI	35
VII	40
Особый	Выше 40

Полученные при обработке метеоданных нормативные толщины стенок гололеда рекомендуется округлять до ближайшего большего значения, приведенного в табл.2.5.3.

В особых районах по гололеду следует принимать толщину стенки гололеда, полученную при обработке метеоданных, округленную до 1 мм.

Для ВЛ 330-750 кВ нормативная толщина стенки гололеда должна приниматься не менее 15 мм.

Для ВЛ, сооружаемых в труднодоступных местностях, толщину стенки гололеда рекомендуется принимать соответствующей району на один выше, чем принято для данного региона по региональным картам районирования или на основании обработки метеоданных.

---

**2.5.47.** При отсутствии данных наблюдений для участков ВЛ, проходящих по плотинам и дамбам гидротехнических сооружений, вблизи прудов-охладителей, башенных градирен, брызгальных бассейнов в районах с низшей температурой выше минус 45 °С, I нормативную толщину стенки гололеда  $b_{\Sigma}$  следует принимать на 5 мм больше, чем для прилегающих участков ВЛ, а для районов с низшей температурой минус 45° и ниже - на 10 мм.

---

**2.5.49.** Толщина стенки гололеда ( $b_{\Sigma}$ ,  $b_y$ ) на проводах ВЛ определяется на высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, на тросах - на высоте расположения центра тяжести тросов. Высота приведенного центра тяжести проводов и тросов определяется в соответствии с 2.5.44.

Толщина стенки гололеда на проводах (тросах) при высоте расположения приведенного их центра тяжести более 25 м определяется умножением ее значения на коэффициенты  $K_i$  и  $K_d$ , принимаемые по табл.2.5.4. При этом исходную толщину стенки гололеда (для высоты 10 м и диаметра 10 мм) следует принимать без увеличения, предусмотренного 2.5.47. Полученные значения толщины стенки гололеда округляются до 1 мм.

**Таблица 2.5.4**

Коэффициенты  $K_i$  и  $K_d$ , учитывающие изменение толщины стенки гололеда

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор над поверхностью земли, м	Коэффициент $K_i$ , учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте над поверхностью земли	Диаметр провода (троса), мм	Коэффициент $K_d$ , учитывающий изменение толщины стенки гололеда в зависимости от диаметра провода (троса)
25	1,0	10	1,0
30	1,4	20	0,9
50	1,6	30	0,8
70	1,8	50	0,7
100	2,0	70	0,6

Примечание. Для промежуточных высот и диаметров значения коэффициентов  $K_i$  и  $K_d$  определяются линейной интерполяцией.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов до 25 м поправки на толщину стенки гололеда на проводах и тросах в зависимости от высоты и диаметра проводов и тросов не вводятся.

**2.5.83.** Провода и тросы должны рассчитываться на расчетные нагрузки нормального, аварийного и монтажного режимов ВЛ для сочетаний условий, указанных в 2.5.71-2.5.74.

При этом напряжения в проводах (тросах) не должны превышать допустимых значений, приведенных в табл. 2.5.7.

**Таблица 2.5.7**

Допустимое механическое напряжение в проводах и тросах ВЛ напряжением выше 1 кВ

Провода и тросы	Допустимое напряжение, % предела прочности при растяжении		Допустимое напряжение, Н/мм <sup>2</sup>	
	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре
Алюминиевые с площадью поперечного сечения, мм <sup>2</sup> :				
70-95	35	30	56	48
120-240	40	30	64	51
300-750	45	30	72	51

Из нетермообработанного алюминиевого сплава площадью поперечного сечения, мм <sup>2</sup> :				
50-95	40	30	83	62
120-185	45	30	94	62
Из термообработанного алюминиевого сплава площадью поперечного сечения, мм <sup>2</sup> :				
50-95	40	30	114	85
120-185	45	30	128	85
Сталеалюминевые площадью поперечного сечения алюминиевой части провода, мм <sup>2</sup> :				
400 и 500 при А/С 20,27 и 18,87	45	30	104	69
400, 500 и 1000 при А/С 17,91, 18,08 и 17,85	45	30	96	64
330 при А/С 11,51	45	30	117	78
150-800 при А/С от 7,8 до 8,04	45	30	126	84
35-95 при А/С от 5,99 до 6,02	40	30	120	90
185 и более при А/С от 6,14 до 6,28	45	30	135	90
120 и более при А/С от 4,29 до 4,38	45	30	153	102
500 при А/С 2,43	45	30	205	137
185, 300 и 500 при А/С 1,46	45	30	254	169
70 при А/С 0,95	45	30	272	204
95 при А/С 0,65	40	30	308	231
Из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником площадью поперечного сечения алюминиевого сплава, мм <sup>2</sup> :				
500 при А/С 1,46	45	30	292	195
70 при А/С 1,71	45	30	279	186
Стальные провода	50	35	310	216

Стальные канаты	50	35	По стандартам и техническим условиям	
Защищенные провода	40	30	114	85

Указанные в табл.2.5.7 напряжения следует относить к той точке провода на длине пролета, в которой напряжение наибольшее. Допускается указанные напряжения принимать для низшей точки провода при условии превышения напряжения в точках подвеса не более 5%.

**Таблица 2.5.16**

Наименьшие расстояния между тросом и проводом в середине пролета

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м
100	2,0
150	3,2
200	4,0
300	5,5
400	7,0
500	8,5
600	10,0
700	11,5
800	13,0
900	14,5
1000	16,0
1200	18,0
1500	21,0

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МНОГОЧАСТОТНЫХ ГАСИТЕЛЕЙ ВИБРАЦИИ ГВП И УНИФИЦИРОВАННЫХ ГАСИТЕЛЕЙ ВИБРАЦИИ ГВУ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-750 кВ**

*РАЗРАБОТАНО Филиалом ОАО "Инженерный центр ЕЭС" - "Фирма ОРГРЭС"*

*ИСПОЛНИТЕЛИ Р.С.Каверина, Л.В.Яковлев*

*УТВЕРЖДЕНО Филиалом ОАО "Инженерный центр ЕЭС" - "Фирма ОРГРЭС" 04.04.2005*

*Заместитель главного инженера Ф.Л.Коган*

#### **1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

1.1 Настоящие Рекомендации распространяются на проектируемые и находящиеся в эксплуатации воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением 35-750 кВ.

1.2 Рекомендации предназначены для персонала предприятий, осуществляющих эксплуатацию электрических сетей, а также для работников научно-исследовательских и проектных институтов, работающих по совершенствованию действующих, строящихся и модернизируемых ВЛ.

1.3 Рекомендации содержат указания по защите проводов и тросов от вибрации, а также номенклатуру и технические параметры гасителей вибрации ГВП и ГВУ.

#### **2. ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

2.1 Приспособления и устройства, поглощающие или рассеивающие энергию, возникающую в проводе от вибрации, появились практически сразу, как только было установлено само наличие вибрации в этом элементе.

Одним из наиболее распространенных приспособлений для гашения вибрации, выпускаемых серийно с 1924 года, является гаситель Стокбриджа, представляющий собой отрезок многопроволочного оцинкованного стального каната с укрепленным посередине зажимом для установки его на проводе (тросе) и двумя чугунными грузами стаканообразной формы, закрепленными на концах. Этот гаситель широко применялся во многих странах мира и неоднократно усовершенствовался.

2.2 За рубежом в усовершенствованном варианте в настоящее время гаситель вибрации Стокбриджа встречается в виде конструкции типа "Дог Боун". В СССР применялись гасители Стокбриджа ГВН и ГПГ.

2.3 Типовые гасители вибрации Стокбриджа ГВН и ГПГ имеют две основные частоты колебаний. Компоновка этих гасителей одинакова, их динамические характеристики рассматриваются как однотипные. Эффективность таких гасителей зависит от остроты пиков резонансных частот и близости расположения одного к другому. Полная защита проводов от вибрации обеспечивается при большом количестве типоразмеров.

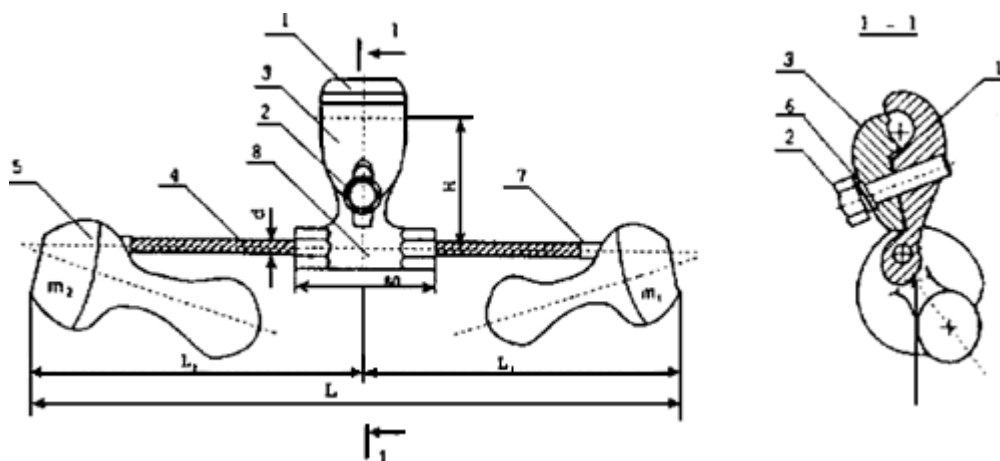
Для эффективности гашения вибрации на применяемых в настоящее время проводах и тросах требуются 72 типоразмера гасителей вибрации (см. Каталог "Арматура и изоляторы для воздушных линий электропередачи".- М., 2001).

2.4 В мировой практике для создания высоких эксплуатационных показателей гасителей вибрации в основном используются два подхода:

- применение эксцентрично закрепленного груза специальной формы ("собачья кость", "пешка", подковообразный и т.д.), работающего при вибрации на закручивание;
- использование тросика, который выполняется с предварительным обжатию повивов.

За счет применения эксцентрично закрепленного груза гаситель получает третью рабочую частоту, которая располагается между первой и второй частотами, свойственными двухчастотным гасителям, а за счет обжатия - расширение резонансных частот пиков. Указанный способ позволил благодаря конструктивному решению ликвидировать "провалы" в кривой зависимости поглощения энергии от частоты и этим поднять эффективность гасителя.

2.5 С 1998 года в энергосистемах России успешно применяются гасители вибрации ГВП и ГВУ с грузами вида "пешка", разработанные Фирмой ОРГРЭС. Общий вид гасителя приведен на рисунке 1.



- 1 - захват зажима; 2 - крепежный болт; 3 - плашка; 4 - упругий элемент;  
5 - груз; 6 - пружинные шайбы; 7 - втулка гасителя; 8 - зажим гасителя

Рисунок 1 - Многочастотный гаситель вибрации ГВП

Гасители вибрации ГВП с количеством основных частот три и более получили название многочастотных. Гасители ГВП имеют одинаковую массу грузов и длину плеч гибкого элемента ( $L_1 = L_2$ ;  $m_1 = m_2$ ). Марки и технические параметры гасителей ГВП приведены в таблице 1. За счет улучшенных динамических показателей количество типоразмеров таких гасителей доведено до 18.

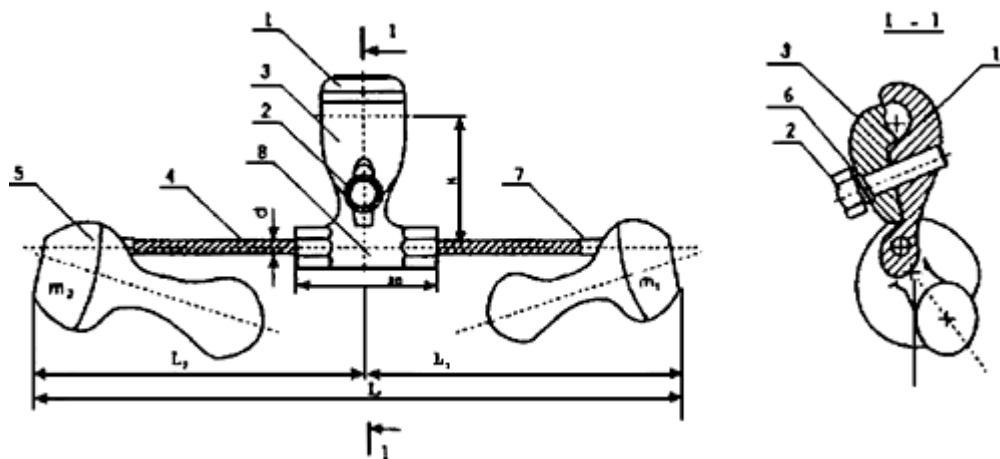


**Таблица 1 - Марки и технические параметры гасителей вибрации ГВП**

Марка гасителя	Диаметр тросика, мм	Длина гасителя, мм	Масса груза, кг	Расчетная частота, Гц		
				1-я	2-я	3-я
ГВП-0,8-9,1-350	9,1	350	0,8	12,4	45,2	91,2
ГВП-0,8-9,1-400	9,1	400	0,8	9,2	40,1	81,6
ГВП-1,6-11-400	11	400	1,6	11,2	30,6	65,0
ГВП-1,6-11-450	11	450	1,6	8,1	29,3	60,1
ГВП-1,6-11-500	11	500	1,6	6,3	31,0	56,2
ГВП-2,4-11-400	11	400	2,4	9,8	30,1	57,1
ГВП-2,4-11-450	11	450	2,4	6,9	28,0	48,3
ГВП-2,4-11-500	11	500	2,4	6,0	25,6	43,4
ГВП-2,4-11-550	11	550	2,4	5,4	26,0	40,1
ГВП-2,4-13-500	13	500	2,4	8,9	31,0	60,8
ГВП-2,4-13-550	13	550	2,4	6,2	29,5	50,5
ГВП-2,4-13-600	13	600	2,4	5,4	26,3	49,8
ГВП-3,2-13-500	13	500	3,2	6,8	33,2	58,5
ГВП-3,2-13-550	13	550	3,2	6,1	31,4	55,2
ГВП-3,2-13-600	13	600	3,2	5,9	31,0	53,4
ГВП-4,0-13-500	13	500	4,0	6,3	20,8	44,5
ГВП-4,0-13-550	13	550	4,0	5,2	19,3	41,4
ГВП-4,0-13-600	13	600	4,0	4,7	19,0	40,1

2.6 Неоправданное многообразие устройств по защите проводов и тросов ВЛ от вибрации, которое усложнило вопросы эксплуатации и увеличило стоимость их применения, потребовало приведения конструкций к единообразию за счет создания унифицированного ряда. Это было достигнуто при использовании грузов вида "пешка" (разных по массе при разных плечах гибкого элемента).

2.7 Унифицированные гасители вибрации ГВУ (рисунок 2) обеспечивают равномерное распределение энергии рассеивания во всех диапазонах рабочих частот проводов и тросов, что позволило уменьшить количество типоразмеров гасителей до 5. Марки и основные параметры унифицированных гасителей (ГВУ) приведены в таблице 2.



1 - захват зажима; 2 - крепежный болт; 3 - плашка; 4 - упругий элемент; 5 - груз; 6 - пружинные шайбы; 7 - втулка гасителя; 8 - зажим гасителя

Рисунок 2 - Унифицированный гаситель вибрации ГВУ

Таблица 2 - Марки и технические характеристики гасителей вибрации ГВУ

N п.п	Марка гасителя	Диаметр провода/каната, на которые устанавливается гаситель, мм	Марка зажима для провода/кана та	Диапазон частот для данного типа провода и каната, Гц	Основные параметры гасителя						
					D, мм	H, мм	L <sub>1</sub> , мм	L <sub>2</sub> , мм	L, мм	Масса груза, кг	
										m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>
1	ГВУ-0,6-0,8	17-22/13-15	1/1	12-70	9,1	65	180	220	400	0,6	0,8
	ГВУ-0,8-1,2*	17-22/13-15	-	-	-	-	-	-	-	0,8	1,2
2	ГВУ-1,2-1,6	17-22/13-15	1/1	10-55	11	65	200	250	450	1,2	1,6
3	ГВУ-1,6-2,4	22,1-28/16-18,5	2/1	8-50	11	76	220	280	500	1,6	2,4
						65					
4	ГВУ-2,4-3,2	28,1-38/21-22,5	3/2	5-35	13	76	250	300	550	2,4	3,2
5	ГВУ-3,2-4,0	38,1-47/25,5	4/3	4-30	13	76	250	300	550	3,2	4,0

\* Применяется для кабелей ВОК и проводов АЖС, стальных тросов и в районах Крайнего Севера; используется по дополнительному требованию заказчика для любых марок кабелей, проводов и тросов.

### 3. УКАЗАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПРОВОДОВ И ТРОСОВ ОТ ВИБРАЦИИ

3.1 Марка гасителей вибрации, места их установки и количество выбираются в зависимости от преобладающего направления ветров, условий прохождения линии, тяжения или длины пролета, а также диаметра провода или грозозащитного троса.

В таблице 3 представлено пять основных разновидностей топографических особенностей и категорий местности.

**Таблица 3 - Топографические особенности и категории местности**

Категория местности	Характерные особенности топографии
1	Ровная открытая местность без преград со снежным покровом более 5 мес. в году, водная поверхность значительных размеров
2	Ровная открытая местность без снежного покрова или со снежным покровом менее 5 мес. в году
3	Слабохолмистая местность, отдельные деревья и строения
4	Пересеченная местность, редкий или низкорослый лес, невысокая застройка
5	Горные районы, территория города с высокой застройкой, лесной массив

В зависимости от условий прохождения трассы линии и ее конструктивных параметров защита от вибрации одиночных проводов и тросов не требуется:

- при длинах пролетов, равных или меньших указанных в таблице 4;

- при расчетных механических напряжениях в проводах и тросах при среднегодовой температуре (для районов Крайнего Севера - при среднемесячной температуре самого холодного месяца года), не превышающих значений, указанных в таблице 5.

**Таблица 4 - Марки проводов и длины пролетов в зависимости от категорий местности**

Провода (тросы)	Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>	Категория местности		
		2 и 3	4	5
		Длина пролета (м) более		
Сталеалюминевые марки АС и из алюминиевого сплава со стальным сердечником марки АЖС	25-95	80	90	100
	120-240	100	120	130
	300 и более	120	130	150
Алюминиевые марки А и из алюминиевых сплавов АН и АЖ и др.	35-95	80	90	100
	120-240	100	120	130
	300 и более	120	130	140
Медные марки М	25-50	80	90	100
	70-150	100	120	130
	185-400	120	140	150
Стальные	25 и более	120	140	150

**Таблица 5 - Марки проводов и механические напряжения, обусловленные их тяжением**

Провода, тросы	Отношение сечений А/С	Категория местности		
		2 и 3	4	5
		Механическое напряжение, обусловленное тяжением провода, Н/мм <sup>2</sup>		
Сталеалюминевые марки АС и из алюминиевого сплава со стальным сердечником марки АЖС	Менее 0,65	80	90	100
	0,65-1,0	70	84	90
	1,1-1,5	60	72	80
	1,6-4,4	45	50	54
	4,5-8,0	35	40	48
	8,1-11,4	33	35	40
	11,5 и более	30	35	40
Алюминиевые марки А и из алюминиевых сплавов АН и АЖ и др.	-	30	-	-
Медные марки М	-	100	120	140
Стальные	-	180	200	220

3.2 В зависимости от длины пролетов и тяжения проводов (тросов) гасители вибрации устанавливаются на проводах с обеих сторон пролета либо только с одной стороны.

Односторонняя установка гасителя допускается в следующих случаях:

- в пролетах длиной менее 150 м независимо от значения механических напряжений в проводах (тросах); при этом не допускается односторонняя установка гасителей, если трасса ВЛ проходит по местности категории 1;
- в пролетах длиной 150-200 м, если расчетное механическое напряжение в проводах (тросах) при среднегодовой температуре не превышает значений, указанных в таблице 5.

3.3 При заказе гасителей следует указывать исполнение гасителя ГВП или ГВУ, а также марку плашечного зажима.

3.4 Выбор марок многочастотных гасителей вибрации ГВП в обычных пролетах производится согласно таблице 6.

**Таблица 6 - Выбор марок гасителей вибрации ГВП в зависимости от диаметра провода и эксплуатационного тяжения**

Диаметр провода или троса, мм	Марка зажима	Диапазон частот вибрации провода, Гц	Марка гасителя при эксплуатационных тяжениях, кН				
			5-12	10-25	20-35	30-55	50-100
9,0-11,0	1	18-110	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	-	-
11,1-14,0	1	14-90	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	-
14,1-17,0	1	12-70	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-450	ГВП-1,6-11-400	ГВП-2,4-13-450
17,1-20,0	1	10-60	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-500	ГВП-2,4-13-450	ГВП-2,4-13-450
20,1-26,0	1 2	8-50	ГВП-1,6-11-450	ГВП-1,6-11-450	ГВП-1,6-11-500	ГВП-2,4-13-500	ГВП-3,2-13-500
26,1-32,0	2 3	7-40	ГВП-1,6-11-500	ГВП-1,6-11-500	ГВП-2,4-11-450	ГВП-3,2-13-500	ГВП-3,2-13-550
32,1-35,0	3	6-30	-	ГВП-1,6-11-500	ГВП-2,4-11-500	ГВП-3,2-13-500	ГВП-3,2-13-550
35,1-38,0	3	5-29	-	-	ГВП-2,4-11-550	ГВП-3,2-13-550	ГВП-3,2-13-600
38,1-47,0	4	4-27	-	-		ГВП-3,2-13-600	ГВП-4,0-13-600
Примечание - Если тяжение проводов может быть отнесено к двум графам таблицы, то рекомендуется применять гасители, соответствующие графе с более высоким тяжением.							

3.5 Выбор марок многочастотных гасителей вибрации ГВУ в обычных пролетах производится согласно таблице 7.

**Таблица 7 - Выбор марок гасителей вибрации ГВУ в зависимости от диаметра провода и эксплуатационного тяжения**

Диаметр провода, троса, мм	Марка гасителя при диапазоне эксплуатационных тяжений, кН					
	5-12	10-25	20-35	30-55	50-100	90-180
9,0-11,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	-	-	-
11,1-14,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	-	-
14,1-17,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	-	-
17,1-20,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4
20,1-26,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2
26,1-32,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-3,2-4,0
32,1-35,0	-	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-3,2-4,0
35,1-38,0	-	-	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-3,2-4,0
38,1-47,0	-	-	-	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0
Примечание - Если тяжение проводов может быть отнесено к двум графам таблицы, то рекомендуется применять гасители, соответствующие графе с более высоким тяжением.						

3.6 При установке одного гасителя на пролет он должен отстоять от места крепления провода на расстоянии

$$S = 0,9(\lambda/2)_{\text{мин}} = 3,2 \cdot 10^{-4} D \sqrt{T_3/m},$$

где  $S$  - расстояние от середины гасителя до места выхода провода из поддерживающего или натяжного зажима, м;

$\lambda$  - длина волны вибрации, м;

$D$  - диаметр провода, мм;

$T_3$  - тяжение проводов при среднегодовой температуре, Н;

$m$  - масса провода, кг/м.

3.7 При установке по одному гасителю с каждой стороны пролета месторасположение гасителей определяется по формулам:

$$S_1 = 0,9(\lambda/2)_{\min} = 3,2 \cdot 10^{-4} D \sqrt{T_3/m};$$

$$S_2 = 1,1(\lambda/2)_{\min} = 3,9 \cdot 10^{-4} D \sqrt{T_3/m}.$$

Вычисленные расстояния округляются до ближайшего значения, кратного 0,05 м.

3.8 При установке у опор с обводными петлями на проводах за ответвительным зажимом гасители устанавливаются на одном из указанных выше расстояний, считая от места выхода провода из ответвительного зажима.

3.9 На ВЛ с расщепленной фазой из двух проводов и со сдвоенными тросами защита от вибрации пучка из двух проводов или тросов, соединенных распорками, необходима при длинах пролетов более 150 м, если расчетное механическое напряжение в проводах (тросах) при среднегодовой температуре превышает значения, указанные в таблице 5. При прохождении трассы ВЛ по местности категории 1 защита от вибрации требуется при длинах пролетов более 120 м.

Гасители устанавливаются по одному с каждой стороны пролета на обоих проводах пучка. Выбор марок гасителей производится согласно таблице 6 или 7. Определение места установки гасителей производится в соответствии с указаниями пункта 3.6 настоящих Рекомендаций.

На ВЛ с расщепленной фазой из трех проводов в пролетах длиной менее 500 м и при групповой установке парных дистанционных распорок с интервалами до 40 м на местности категорий 1, 2 и 3 и с интервалами до 60 м на местности категорий 4 и 5 установка гасителей вибрации не требуется.

На ВЛ с расщепленной фазой из трех проводов в пролетах длиной более 500 м рекомендуется применять гасители по одному с каждой стороны пролета на всех проводах фазы. Марки гасителей выбираются согласно таблице 6 или 7. Определение места установки гасителей производится в соответствии с указаниями пункта 3.6 настоящих Рекомендаций.

На ВЛ с расщепленной фазой из 4-5 проводов применение гасителей вибрации не требуется.

3.10 При установке гасителей вибрации в переходных пролетах через реки и водоемы, а также через горные долины длиной 600-1500 м, где вибрация проявляется более интенсивно, рекомендуется установка с каждой стороны пролета по два гасителя, обладающих разными характеристиками. Кроме этого в переходных пролетах рекомендуется применять гасители с глухим креплением к проводу вместо гасителей сбрасывающего типа, так как их зажим не обеспечивает надежное крепление к проводу.

Выбор марок гасителей вибрации ГВП и ГВУ производится в соответствии с таблицами 8 и 9.



**Таблица 8 - Выбор марок гасителей вибрации ГВП при установке их в переходных пролетах в зависимости от диаметра провода и эксплуатационного тяжения**

Диаметр провода, троса, мм	Марка гасителя при диапазоне эксплуатационных тяжений, кН					
	8-12	10-25	20-35	30-55	50-100	90-180
9,0-11,0	ГВП-0,8-9,1-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	-	-	-
	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350			
11,1-14,0	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-2,4-13-500	-	-
	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-1,6-11-400		
14,1-17,0	ГВП-1,6-11-500	ГВП-1,6-11-500	ГВП-2,4-13-550	ГВП-2,4-13-500	ГВП-2,4-13-450	-
	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-0,8-9,1-350	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	
17,1-20,0	ГВП-1,6-11-500	ГВП-2,4-11-450	ГВП-2,4-13-550	ГВП-2,4-13-550	ГВП-2,4-13-500	ГВП-3,2-13-600
	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-2,4-13-450
20,1-26,0	-	ГВП-2,4-11-500	ГВП-2,4-13-600	ГВП-2,4-13-600	ГВП-2,4-13-550	ГВП-3,2-13-600
		ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-1,6-11-400	ГВП-2,4-13-500
26,1-32,0	-	ГВП-3,2-13-600	ГВП-3,2-13-600	ГВП-3,2-13-550	ГВП-3,2-13-550	ГВП-4,0-13-600
		ГВП-1,6-11-400	ГВП-2,4-13-400	ГВП-2,4-13-400	ГВП-2,4-13-400	ГВП-3,2-13-450
32,1-35,1	-	ГВП-3,2-13-600	ГВП-3,2-13-600	ГВП-3,2-13-600	ГВП-3,2-13-550	ГВП-4,0-13-600
		ГВП-1,6-11-450	ГВП-2,4-13-450	ГВП-2,4-13-450	ГВП-2,4-13-400	ГВП-3,2-13-450
35,1-38,0	-	ГВП-3,2-13-600	ГВП-4,0-13-600	ГВП-4,0-13-600	ГВП-4,0-13-550	ГВП-4,0-13-600
		ГВП-3,2-13-400	ГВП-3,2-13-450	ГВП-3,2-13-450	ГВП-3,2-13-450	ГВП-3,2-13-450
38,1-47,0	-	-	ГВП-4,0-13-600	ГВП-4,0-13-600	ГВП-4,0-13-600	ГВП-4,0-13-600
			ГВП-3,2-13-500	ГВП-3,2-13-500	ГВП-3,2-13-500	ГВП-3,2-13-500
Примечание - Если тяжение проводов может относиться к двум графам настоящей таблицы, то рекомендуется применять гасители, соответствующие графе с более высоким тяжением. Гаситель, указанный в первой строке, устанавливается первым, во второй - вторым.						

**Таблица 9 - Выбор марок гасителей вибрации ГВУ при установке их в переходных пролетах в зависимости от диаметра провода и эксплуатационного тяжения**

Диаметр провода, троса, мм	Марка гасителя при диапазоне эксплуатационных тяжений, кН					
	8-12	10-25	20-35	30-55	50-100	90-180
9,0-11,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6	-	-	-
	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8			
11,1-14,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	-	-
	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6		
14,1-17,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	-
	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	
17,1-20,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2
	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-3,2
20,1-26,0	-	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2
		ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4
26,1-32,0	-	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-3,2-4,0
		ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4
32,1-35,1	-	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-3,2-4,0
		ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-3,2-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-2,4-3,2
35,1-38,0	-	-	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0
			ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2
38,1-47,0	-	-	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0	ГВУ-3,2-4,0
			ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2	ГВУ-2,4-3,2
Примечание - Если тяжение проводов может относиться к двум графам настоящей таблицы, то рекомендуется применять гасители, соответствующие графе с более высоким тяжением. Гаситель, указанный в первой строке, устанавливается первым, во второй - вторым.						

3.11 На ВЛ, как оборудованных, так и не оборудованных гасителями вибрации, в процессе эксплуатации должен проводиться выборочный периодический контроль (не реже 1 раза в 6 лет) состояния проводов и тросов в поддерживающих зажимах. На переходах контроль состояния проводов осуществляется ежегодно. При обнаружении начальных повреждений провода усталостного характера либо повреждений гасителей типовой конструкции или возникновения опасной вибрации (более 10 мин) на ВЛ должны быть установлены гасители, если они отсутствовали, или существующие при выходе их из строя заменены на новые в соответствии с настоящими Рекомендациями. Критерием выхода из строя гасителя являются недопустимые прогибы рабочих тросиков (более  $\frac{1}{10}$  длины тросика), коррозия тросика (более 10%) и повреждения его отдельных деталей.

#### 4. ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ ПРОВОДОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СО СТАЛЬНЫМ СЕРДЕЧНИКОМ АЖС. ЗАЩИТА ПРОВОДОВ И ТРОСОВ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ И РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

4.1 Условия работы проводов при вибрации в основном определяются тяжением. Об опасности совместного действия вибрации и растягивающих статических напряжений, обусловленных тяжением провода, обычно судят по значению среднеэксплуатационных тяжений, которые в соответствии с ПУЭ должны быть не более 30% разрывного усилия. Тогда для провода, например АЖС 70/39 с разрывным усилием 71600 Н, оно составит 21480 Н, в то время как для обычного провода (АС 70/11) оно не превышало бы 7239 Н, т.е. в 3 раза меньше. Имея такие начальные напряжения, провод АЖС при вибрации работает за пределами пропорциональности, в упруго пластической стадии, при которой его вибростойкость резко понижается. Защита таких проводов (тросов) производится по специальной методике.

Примерно в таких же условиях (при повышенных тяжениях) работают провода и тросы, эксплуатируемые в северных районах и особенно в районах Крайнего Севера, где длительное действие низких температур сопровождается частыми и продолжительными ветрами. Применительно к этим районам опасность повреждения проводов вибрацией должна оцениваться при тяжениях, соответствующих среднемесячным температурам самого холодного месяца года.

4.2 При выборе гасителя и места его установки исходят из следующих положений:

- чтобы избежать разрушения провода при больших статических напряжениях в нем, гаситель должен иметь наименьший импеданс, т.е. более легкий;
- снижение поглощаемости энергии ветра легкими гасителями компенсируется их количеством при установке на проводе последовательно;
- расположение гасителя должно находиться в пучности волны при всех значениях скоростей ветра.

Обычный диапазон скоростей ветра, вызывающий вибрацию, составляет 0,6-7 м/с, а при некоторых условиях до 9 м/с. Верхний предел скорости ветра принимается несколько пониженным, так как при более высоких скоростях ветра поток становится турбулентным и поступающая к проводу энергия ветра значительно снижается. Самодемпфирование провода возрастает за счет повышения частоты колебаний провода.

Поэтому исходя из этих условий в международной практике для проводов и тросов длина полуволны  $(\lambda/2)_{\min}$  определяется при скорости ветра 6,5 м/с по формуле

$$(\lambda/2)_{\min(6,5)} = 0,000415D \sqrt{T_3/m} .$$

В России и США эти расстояния составляют 85% указанного, что обеспечивает лучшую защиту при более высоких скоростях ветра:

$$(\lambda/2)_{\min} = 0,000353D \sqrt{T_3/m} .$$

При применении новых и более совершенных гасителей вибрации рекомендуется использовать более короткие расстояния:

$$S_1 = 0,70(\lambda/2)_{\min};$$

$$S_2 = 1,25(\lambda/2)_{\min};$$

$$S_3 = 2,15(\lambda/2)_{\min};$$

$$S_4 = 3,70(\lambda/2)_{\min}.$$

Масса грузов таких гасителей должна быть меньше типовых, а количество гасителей на пролет должно быть от 1 до 6 и более в зависимости от длины пролета и характера местности. Количество гасителей для разных категорий местности (см. таблицу 3) и длин пролетов и марки гасителей вибрации ГВУ определяются по таблицам 10 и 11.

**Таблица 10 - Количество гасителей в зависимости от длины пролета и категории местности**

Количество гасителей на пролет	Категория местности				
	1	2	3	4	5
	Максимальная длина пролета, м				
1	130	150	170	190	205
2	280	300	340	370	410
3	420	470	520	570	615
4	500	580	660	740	820
5	700	800	900	1000	1100
6	1200	1270	1340	1420	1500
7	1300	1380	1460	1540	1650
8	1500	1570	1640	1720	1800

**Таблица 11 - Выбор марок гасителей вибрации ГВУ при установке их в северных районах и районах Крайнего Севера в зависимости от диаметра провода и эксплуатационного тяжения**

Диаметр провода, троса, мм	Марка гасителя при диапазоне эксплуатационных тяжений, кН					
	5-12	10-25	20-35	30-55	50-100	90-180
9,0-11,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	-	-	-	-
11,1-14,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,8-1,2	-	-	-
14,1-17,0	ГВУ-0,6-0,8	ГВУ-0,8-1,2	ГВУ-0,8-1,2	ГВУ-1,2-1,6	-	-
17,1-20,0	ГВУ-0,8-1,2	ГВУ-0,8-1,2	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	-	-
20,1-26,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4
26,1-32,0	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4
32,1-35,0	-	ГВУ-1,2-1,6	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4
35,1-38,0	-	-	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4	ГВУ-1,6-2,4

Текст документа сверен по:  
 / Филиал ОАО "Инженерный  
 центр ЕЭС - "Фирма ОРГРЭС". -  
 М.: ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2005

#### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МНОГОЧАСТОТНЫХ ГАСИТЕЛЕЙ ВИБРАЦИИ ДЛЯ САМОНЕСУЩИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ (ОКСН)**

*РАЗРАБОТАНО* Филиалом ОАО "Инженерный центр ЕЭС" - "Фирма ОРГРЭС"

*ИСПОЛНИТЕЛИ* Р.С.Каверина, Л.В.Яковлев

*УТВЕРЖДЕНО* Филиалом ОАО "Инженерный центр ЕЭС" - "Фирма ОРГРЭС" 04.04.2005

*Заместитель главного инженера Ф.Л.Коган*

#### **1. ВВЕДЕНИЕ**

При составлении настоящих Рекомендаций учитывались требования международных стандартов СЕИ ИЕС 61897 1998 "Требования и испытания гасителей вибрации типа Стокбриджа" и седьмого издания ПУЭ.

При выборе типов гасителя использовались результаты экспериментально-аналитических расчетов с помощью ЭВМ, выполненных лабораторией Центра инжиниринга воздушных линий электропередачи (ЦИВЛ) Фирмы ОРГРЭС.

#### **2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

2.1 Настоящие Рекомендации распространяются на проектируемые и находящиеся в эксплуатации волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), на которых применяются самонесущие неметаллические оптические кабели (ОКСН).

2.2 Рекомендации предназначены для персонала предприятий, осуществляющих эксплуатацию ВОЛС, а также для проектных организаций, проектирующих ВОЛС на действующих, строящихся и модернизируемых линиях электропередачи.

2.3 Рекомендации содержат типовые решения по защите ОКСН от вибрации, а также основные виды гасителей вибрации и их технические параметры.

#### **3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПО ЗАЩИТЕ ОКСН ОТ ВИБРАЦИИ**

Условия работы оптико-волоконных кабелей при вибрации в основном определяются среднеэксплуатационным тяжением, диаметром кабеля и его массой. Отличительной особенностью самонесущего волоконно-оптического кабеля от обычных проводов и тросов при вибрации является небольшая масса и незначительное самодемпфирование из-за отсутствия межвиткового трения.

При выборе гасителя и места его установки исходят из следующих положений:

- во избежание разрушения кабеля (особенно стекловолоконной части) в месте установки гаситель должен иметь небольшой импеданс (сопротивление) и, соответственно, иметь небольшую массу. Необходимая эффективность легких гасителей при отсутствии

самодемпфирования в кабеле достигается увеличенным количеством устанавливаемых гасителей в пролете;

- месторасположение гасителя должно находиться в пучности волны при всех значениях скоростей ветра.

Обычный диапазон скоростей ветра, вызывающий вибрацию, составляет 0,6-7 м/с. Определение места установки гасителя производится при верхнем пределе скорости ветра, который принимается несколько пониженным, так как при более высоких скоростях ветра поток становится турбулентным и поступающая энергия ветра к проводу значительно снижается.

Исходя из этих условий в международной практике для проводов и тросов длина полуволны  $(\lambda/2)_{\min}$  определяется при скорости ветра 6,5 м/с по формуле

$$(\lambda/2)_{\min(6,5)} = 0,000415 d \sqrt{T_3/m}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  - длина волны вибрации, м;

$d$  - диаметр кабеля, мм;

$T_3$  - тяжение в кабеле при среднегодовой температуре, Н;

$m$  - масса кабеля, кг/м.

Для обеспечения надежной защиты при более высоких скоростях ветра полученные расстояния уменьшаются и составляют для обычных типовых гасителей 85% указанных выше, что обеспечивает лучшую защиту кабеля от вибрации:

$$(\lambda/2)_{\min} = 0,000353 d \sqrt{T_3/m}. \quad (2)$$

При применении новых и более совершенных типов гасителей совместно с протекторами, например многочастотных с разными массами грузов и разными плечами гибкого элемента, рекомендуется использовать более короткие расстояния:

$$S_1 = 0,70(\lambda/2)_{\min}, \quad (3)$$

$$S_2 = 1,25(\lambda/2)_{\min},$$

$$S_3 = 2,15(\lambda/2)_{\min},$$

$$S_4 = 3,70(\lambda/2)_{\min},$$

где  $S$  - расстояние от выхода кабеля из поддерживающего зажима до центра гасителя.

Марки гасителей вибрации, места установки и их количество выбираются в зависимости от условий прохождения линии, тяжения в кабеле, длины пролета и диаметра кабеля. При этом масса кабеля определяется совместно с массой протектора.

В таблице 1 представлено пять основных разновидностей топографических особенностей и категорий местности.



**Таблица 1 - Категории и особенности топографии местности**

Категория местности	Характерные особенности топографии
1	Ровная открытая местность без преград со снежным покровом более 5 мес. в году, водная поверхность значительных размеров
2	Ровная открытая местность без снежного покрова или со снежным покровом менее 5 мес. в году
3	Слабохолмистая местность, отдельные деревья и строения
4	Пересеченная местность, редкий или низкорослый лес, невысокая застройка
5	Горные районы, территория города с высокой застройкой, лесной массив

В зависимости от условий прохождения трассы линии и ее конструктивных параметров защита от вибрации кабелей не требуется при длинах пролетов, равных или меньших указанных в таблице 2.

**Таблица 2 - Длины пролетов, при которых не требуется защита кабелей от вибрации**

Провода (тросы)	Номинальный диаметр, мм	Категория местности		
		2 и 3	4	5
		Пролеты длиной (м) более		
Кабели сечением 110-140 мм <sup>2</sup>	11-15	80	90	100
Кабели сечением более 140 мм <sup>2</sup>	16-19	100	120	130

В зависимости от длины пролета и категории местности в соответствии с таблицей 3 гасители устанавливаются на кабеле с обеих сторон пролета или с одной стороны.

**Таблица 3 - Количество гасителей в зависимости от длины пролета и категории местности**

Количество гасителей	Категория местности		
	2 и 3	4	5
	Пролеты длиной (м) более		
1	150	180	205
2	300	360	410
3	450	540	615
4	600	720	820

**Примечания**

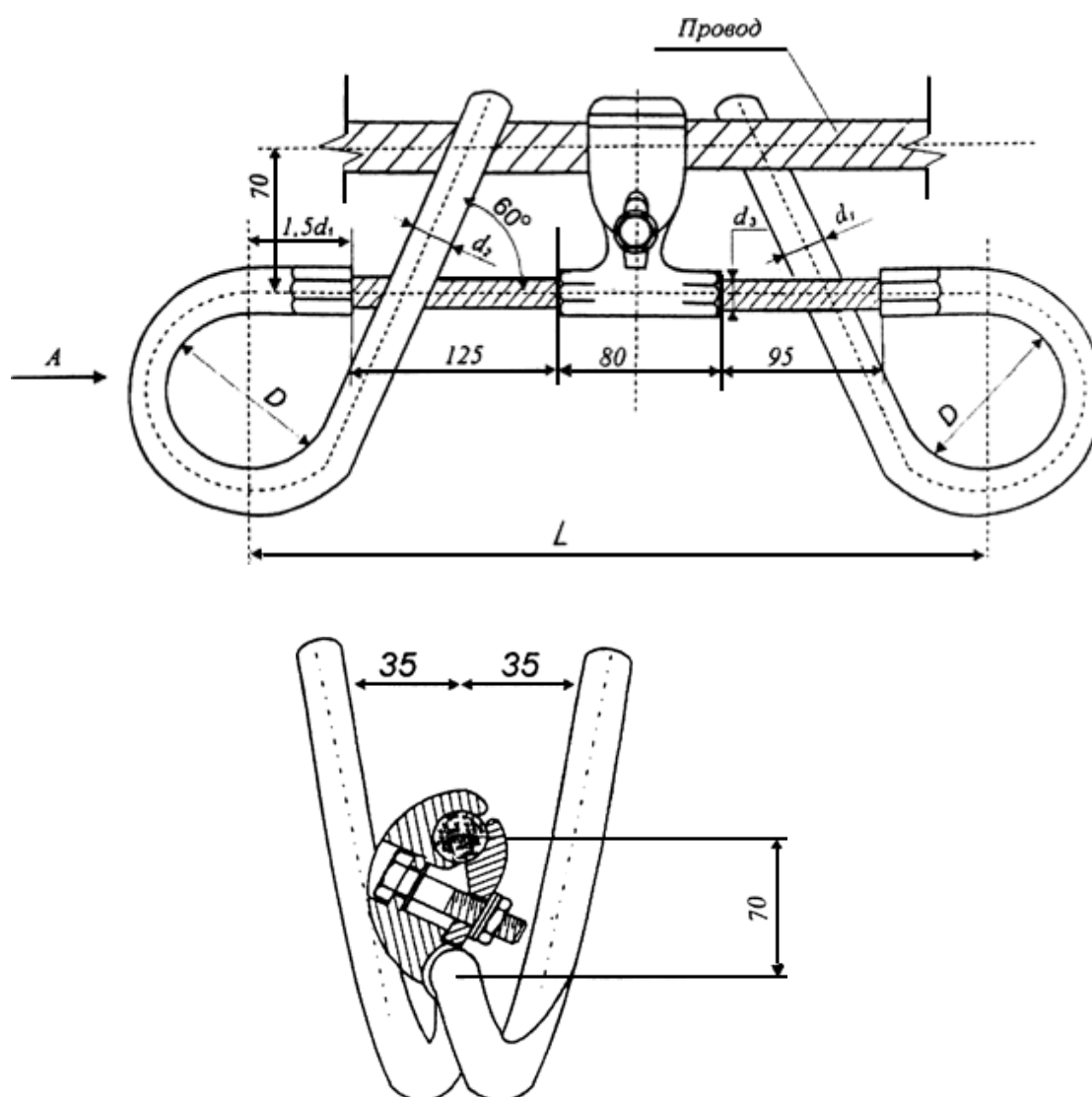
1 При 2 гасителях на пролет устанавливается по одному гасителю на каждом конце пролета; при 3 гасителях - два на одном конце пролета и один - на другом; при 4 гасителях - по два гасителя на каждом конце пролета.

2 Количество гасителей в районах Крайнего Севера необходимо увеличивать на один.

3 Защита от вибрации кабелей ОКСН в пролетах более 800 м должна производиться по специальному проекту с использованием многочастотных гасителей с увеличенной массой.

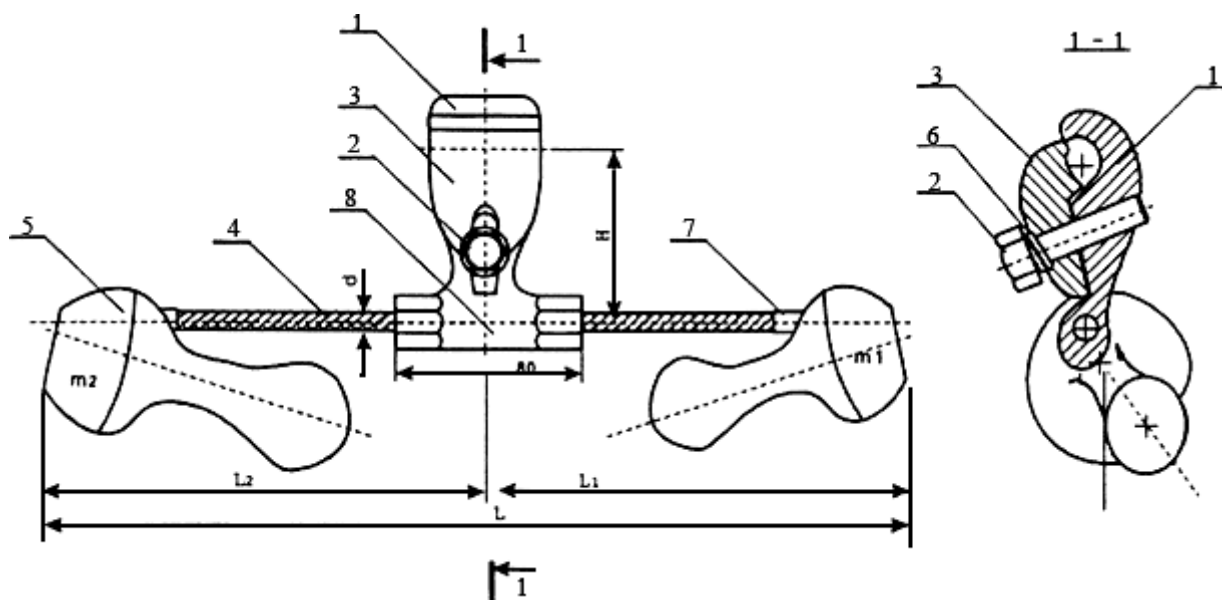
#### 4. ТИПОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКСН ОТ ВИБРАЦИИ

4.1 Для защиты ОКСН от вибрации могут использоваться специальные стержневые гасители ГВС (рисунок 1), разработанные для ОКСН, и гасители ГВУ (рисунок 2), равноценные по своим техническим параметрам. Предпочтение необходимо отдавать гасителям ГВС, которые по своим техническим характеристикам обеспечивают защиту от вибрации ОКСН всех типов.



Марка гасителя	Размеры, мм					Полная длина груза, мм	Масса гасителя, кг
	L	$d_1$	D	$d_2$	$d_3$		
ГВС-0,4-0,6-8,0	400	14	54	18	8,0	330	1,62
ГВС-0,6-0,8-8,0	400	18	51	20	8,0	330	2,03
ГВС-0,8-1,2-9,1	400	20	48	24	9,1	330	2,54
ГВС-1,2-1,6-9,1	400	24	44	28	11,0	330	3,32

Рисунок 1 - Гаситель вибрации ГВС



1 - захват зажима; 2 - крепежный болт; 3 - плашка; 4 - упругий элемент; 5 - груз; 6 - пружинные шайбы;  
7 - втулка гасителя; 8 - зажим гасителя

Рисунок 2 - Гаситель вибрации ГВУ

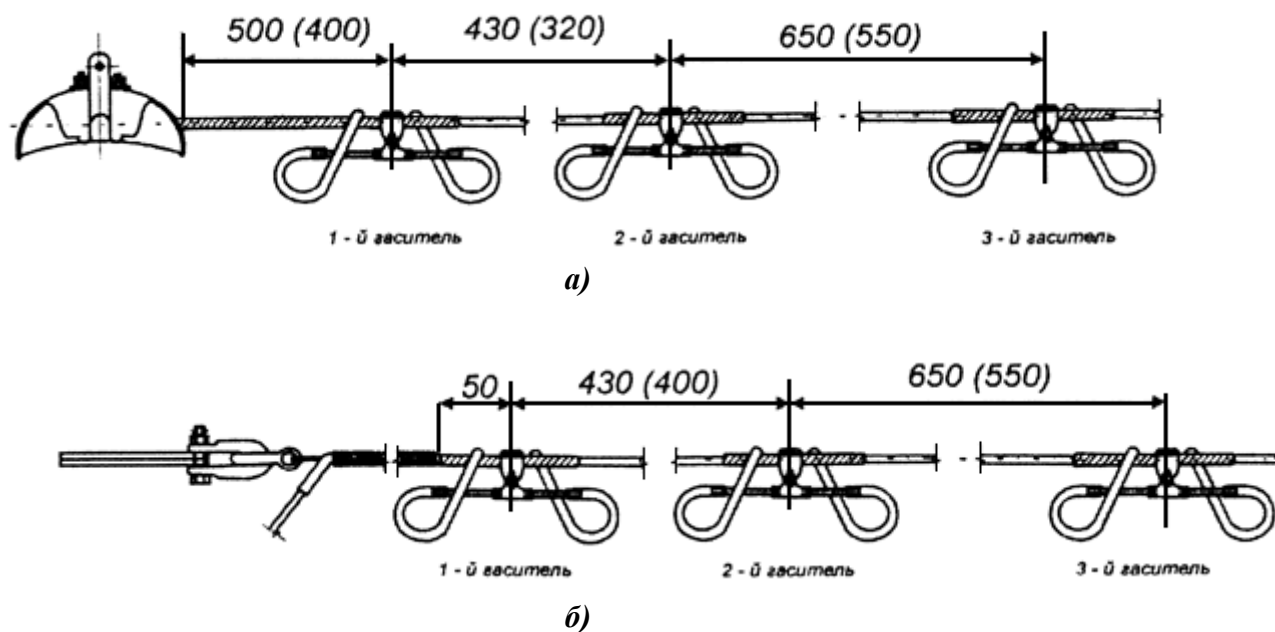
Выбор типа гасителей вибрации производится по таблице 4.

**Таблица 4 - Типы гасителей вибрации в зависимости от эксплуатационных тяжений**

Диаметр кабеля, мм	Марка зажима	Диапазон частот вибрации провода, Гц	Тип гасителя при эксплуатационных тяжениях, кН		
			5-10	10-25	25-35
9,0-11,0	1	18-110	ГВС-0,4-0,6	ГВС-0,4-0,6	-
11,1-14,0	1	14-90	ГВС-0,4-0,6	ГВС-0,4-0,6	-
14,1-17,0	1	12-70	ГВС-0,4-0,6	ГВС-0,6-0,8 или ГВУ-0,6-0,8	-
17,1-20,0	2	10-60	ГВС-0,6-0,8 или ГВУ-0,6-0,8	ГВС-0,6-0,8 или ГВУ-0,6-0,8	ГВС-0,8-1,2 или ГВУ-0,8-1,2
20,1-26,0	2	8-50	ГВС-0,6-0,8 или ГВУ-0,6-0,8	ГВС-0,8-1,2 или ГВУ-0,8-1,2	ГВС-1,2-1,6 или ГВУ-1,2-1,6

4.2 Места установки гасителей выбираются расчетом по формулам 3 так, чтобы во всем диапазоне опасных частот гасители не были расположены в узлах колебаний.

Типовое решение расположения гасителей у подвесного и натяжного зажимов должно быть следующим (рисунок 3):



а - у поддерживающего зажима; б - у натяжного зажима

Рисунок 3 - Расположение гасителей вибрации у поддерживающего и натяжного зажимов

Примечание - Длинная сторона гибкого элемента располагается в сторону опоры, короткая - в сторону пролета. Размеры в скобках соответствуют тяжению в проводе 5-10 кН, вне скобок - тяжению 10-25 кН.

#### 4.2.1 При эксплуатационном тяжении 5-10 кН:

а) расстояние от выхода кабеля из поддерживающего зажима:

- до центра 1-го гасителя - 0,4 м;
- до центра 2-го гасителя - 0,7 м;
- до центра 3-го гасителя - 1,23 м;

б) расстояние от выхода кабеля из верхнего слоя спирального натяжного зажима:

- до центра 1-го гасителя - 0,05 м;
- до центра 2-го гасителя - 0,45 м;
- до центра 3-го гасителя - 1,00 м.

#### 4.2.2 При эксплуатационном тяжении 10-25 кН:

а) расстояние от выхода кабеля из поддерживающего зажима:

- до центра 1-го гасителя - 0,5 м;
- до центра 2-го гасителя - 0,93 м;
- до центра 3-го гасителя - 1,58 м;

б) расстояние от выхода кабеля из верхнего слоя спирального натяжного зажима:

- до центра 1-го гасителя - 0,05 м;
- до центра 2-го гасителя - 0,45 м;
- до центра 3-го гасителя - 1,13 м.

При установке гасителей вибрации необходимо следить за тем, чтобы гаситель был расположен строго под проводом и надежно закреплен.

*Текст документа сверен по:*

*/ Филиал ОАО "Инженерный центр ЕЭС" - "Фирма ОРГРЭС". -*

*М.: ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2005*