

Проект Сухичева М. И. «Образование»

СУХИЧЕВ МИХАИЛ ИВАНОВИЧ

**МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

Санкт-Петербург
Самостоятельное издание (Самиздат)
2021

УДК 621.315.1:004.9(075.8)=161.1
ББК 38.73-02:31.279.1я73
С91

Сухичев М. И. Механический расчёт линий электропередач: методические указания к расстановки опор / Сухичев М. И. — СПб. : Сам-издат, 2021. — 19 с. : ил.

Данное методическое пособию содержит практические рекомендации по выполнению отдельных пунктов курсового проекта по дисциплине «Механический расчёт линий электропередач», требующих использования специальных компьютерных средств на период дистанционного обучения, а так же описание форматов используемых в данном курсовом проекте файлов.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся у Сухичева М. И. по дисциплине «Механический расчёт линий электропередач», на дистанционной и очной формах обучения. Оно может быть также быть полезным и для других преподавателей и студентов.

Материалы, составляющие данную книгу, распространяются на условиях любой лицензии GNU FDL, GNU GPL 3+ или CC-BY-SA на ваш выбор. Книга содержит следующий текст, помещаемый на первую страницу обложки: Название: «Механический расчёт линий электропередач: методические указания к расстановки опор». Книга не содержит неизменяемых разделов. Встречающиеся названия могут являться торговыми марками соответствующих владельцев.

Оглавление

Оглавление	3
Предисловие	4
Введение	5
Глава 1. Формат файла остальных режимов	6
Глава 2. Рисование профиля	7
2.1. Подготовка файла профиля	7
2.2. Рисование профиля	9
Глава 3. Представление расстановки	15
3.1. Строка для проверки расстановки	15
3.2. Пример чертежа расстановки опор	16

Предисловие

Дисциплина «Механический расчёт линий электропередач» имеет длинную и, к сожалению, сложную историю, которая заслуживает отдельного обсуждения. Сейчас же достаточно сказать, что когда-то по ней лекционные и практические занятия, но сейчас остался только курсовой проект. Традиционно центральный этап курсового проекта — установка опор по профилю трассы — выполнялся полностью вручную, на бумаге.

К сожалению, 2020 год преподнёс нам крайне неприятный сюрприз — пандемию короновиральной инфекции COVID-19. В результате многие предприятия закрылись или перешли на дистанционный формат работы. Перешло на дистанционный формат и обучение.

Однако переход на дистанционную форму обучения был внезапным, и потому форма выполнения курсового проекта также изменилась: стало шире использоваться программное обеспечение (ПО), что сразу же вызвало проблемы.

Это связано не только с традиционно низким уровнем компьютерной грамотности студентов, но и необходимостью согласования формата обмена данными между преподавателем и студентами. Именно для решения последней проблемы и было написано это учебное пособие.

Введение

Конечно курсовой проект «Механический расчёт линий электропередач» можно выполнить полностью вручную, на листке бумаги, но большинство студентов предпочитают использовать программное обеспечение (ПО). Учитывая вышеизложенное и многообразие ПО, имеет смысл порекомендовать хорошо зарекомендовавшее и легко доступное ПО. Под легкодоступностью в данном случае понимается, что ПО должно быть свободным, бесплатным и в главном репозитории ОС Astra Linux SE (<https://astralinux.ru/>), на который ориентируется данное пособие.

Как это не прискорбно, большинство студентов используют ОС MS Windows, совершенно не заботясь не только о своей или государства информационной безопасности, но и, по не подающейся логическому объяснению причине, выбрасывают свои же деньги на ветер, упорно ставя на компьютеры именно эту низкокачественную ОС. Поэтому появляется дополнительное требование: пользователи же других ОС должны иметь возможность свободно скачать с официального сайта такую программу.

В качестве офисного пакета следует порекомендовать LibreOffice (<https://libreoffice.org>), для работы с текстовыми файлами текстовый редактор Geany (<https://geany.org>), а в качестве электронного кульмана LibreCAD (<https://librecad.org>),

Конечно, это не означает, что студентам запрещено использовать другое ПО, или выполнять курсовой проект на бумаге, но именно вышеуказанное ПО и приёмы работы с ним будут описаны в данной книге.

Глава 1

Формат файла остальных режимов

После выполнения пункта «Систематический расчёт провода» студенту выдаётся файл с расчётом остальных режимов, имеющий суффикс «.режимы» и представляющий собой текстовый файл в кодировке UTF-8 из нескольких разделов. Каждый раздел начинается с заголовка, за которым следует несколько строк данных.

Заголовок описывает идущие следом строки данных и имеет следующий формат:

[Mode номер_режима (угол_уклона_трассы)]

где номер_режима — номер строки из табл. 7.1, описывающей расчётные режимы ВЛ, а угол_уклона_трассы указан в градусах (не радианах!).

Например, следующий заголовок

[Mode 2 (-10)]

говорит, что следующие строки данных соответствуют режиму нижней температуры (2 режим в табл. 7.1) и углу уклона трассы $\beta = -10^\circ$.

Строка данных имеет следующий формат:

длина_пролёта : (механическое_напряжение , стрела_провиса)

где механическое_напряжение дано в паскалях, а длина_пролёта и стрела_провиса — в метрах.

Например, следующая строка данных

10: (5.507948e6, 0.093281)

сообщает, что для длины пролёта $l = 10$ м механическое напряжение $\sigma_0 = 5,507 \times 10^6$ Па, а стрела провиса $f = 0,093$ м.

Открывать файл остальных режимов следует в текстовом редакторе Geany. Если открыть такой файл в программе Блокнот из стандартной поставки M\$ Windows, то переносы строк будут утеряны. В этом случае можно попытаться открыть файл в программе M\$ WordPad.

При выполнении пункта «Определение габаритного пролёта» следует обратить внимание не только на габаритный пролёт, но и на определение режимов максимальной и минимальной стрелы провиса, которые понадобятся в будущем.

Глава 2

Рисование профиля

2.1. Подготовка файла профиля

Для выполнения пункта «Расстановка опор по профилю трассы» каждому студенту выдаётся индивидуальный файл профиля трассы ВЛ, имеющий суффикс «.csv» и представляющий собой электронную таблицу в формате CSV (Comma-Separated Values — (англ.) значения, разделённые запятыми). Этот формат представляет таблицу в виде текстового файла, где каждая строка таблицы записана как строка текста, а ячейки строки таблицы разделены запятыми. Кроме формата CSV существуют подобные форматы, различающиеся в основном способом разделения ячеек в строке.

При открытии такого файла в LibreOffice запросит как именно воспринимать файл (рис. 2.1). Для корректного открытия файла в поле «Кодировка» следует выбрать значение «Юникод (UTF-8)», а в разделе «Параметры разделителя» переключатель установить в положение «Разделитель», проверив, что рядом со значением «Запятая» стоит галочка, после чего нажать кнопку «ОК» (см. рис. 2.1). В результате откроется таблица, в которой первые два столбца будут иметь названия «Расстояние (m)» и «Высота (m)» (рис. 2.2). Если в таблице есть дополнительные столбцы, их следует игнорировать.

Показанный файл имитирует результаты, получаемые в ходе геодезических изысканий, либо вывод геоинформационной системы. Однако этот файл не готов для дальнейшей обработки в LibreCAD. Дело в том, что LibreCAD ожидает, что данные находятся во втором и третьем столбцах, а первый столбец воспринимается как номер измерения. Поэтому данные следует выделить, нажав клавиши **Ctrl** + **A**, и перенести мышкой на один столбец вправо (рис. 2.3). Получившийся результат следует сохранить в файл формата CSV.

Следует заметить, что в M\$ Excel открытие файлов формата CSV реализовано некорректно, а потому данные следует добавлять в пустой лист через «Данные» => «Получение внешних данных» => «Из текста».

Глава 2. Рисование профиля

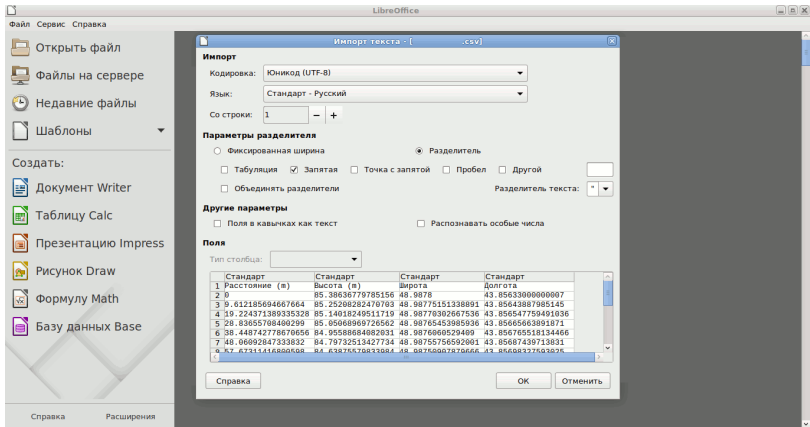


Рис. 2.1. LibreOffice запрашивает параметры открытия таблицы в формате CSV

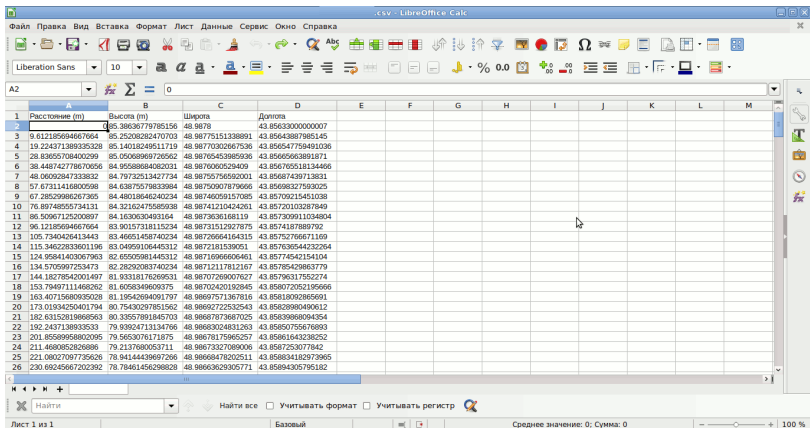


Рис. 2.2. Файл формата CSV, открытый в LibreOffice

Дальнейшие действия, в то числе выставление параметров импорта, аналогично приведённому выше. Обратите внимание, что при сохранении требуемый формат в MS Excel называется «CSV (разделители — запятые)».

2.2. Рисование профиля

В состав LibreCAD входит стандартное дополнение, позволяющее легко строить кривые по табличным данным. Его можно найти в меню «Дополнения» => «Точки в формате ASCII» (рис. 2.4).

После его запуска откроется окно, изображённое на рис. 2.5. Нажав на кнопку «Файл...» следует выбрать подготовленный в разделе 2.1 файл. Для корректного создания профиля в поле «Формат:» следует выбрать значение «Разделение запятой», оставить галочку только у пунктов «Соединить точки» и «Построить 2D точку», а в разделе «2D точка» записать желаемое имя слоя профиля. После этого можно нажать кнопку «Применить» (см. рис. 2.5) и далее кнопку «ОК». Результат представлен на рис. 2.6.

Обратите внимание, что дополнительно была нарисована линия от начала координат до первой точки. Её следует выделить мышью и удалить, нажав на клавишу **Del**.

В результате получается кривая профиля в масштабе 1:1. Если быть точнее, то 1 ед. на чертеже¹ соответствует 1 м на местности, так как табличные данные даны в метрах.

Чтобы иметь требуемый масштаб на чертеже, а так же учитывая, что кроме профиля других элементов на чертеже нет, можно выбрать все элементы на чертеже, нажав клавиши **Ctrl** + **A**, и выполнить операцию масштабирования, используя левую панель как показано на рис. 2.7. Потом следует указать в качестве базовой точки начало координат, совершив клик ЛКМ на последнем. После этого появится окно, показанное на рис. 2.8, в котором надо переключатель установить в положение

¹Как и любой электронный кульман, LibreCAD работает с условными размерными единицами. Впрочем, при желании можно задать соответствие условных единиц единицам измерения в меню «Параметры» => «Текущие настройки чертежа» => «Единицы измерения» => «Основная единица измерения чертежа»

Глава 2. Рисование профиля

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Расстояние (m)	Высота (m)	Ширина	Агрегат								
2		0,8538632792785156	48,9878	43,85633000000000									
3		9,61218594867604	85,2520828470703	48,987751338891	43,85643897895145								
4		19,2247139933028	85,1401249811719	48,9877030367028	43,856547704041036								
5		28,8305708400299	85,0506899726562	48,98765453895936	43,85665663891871								
6		38,44874273867006	84,9598898420323	48,9876000292409	43,856760518134466								
7		48,0602847338392	84,87322513477734	48,98750756950003	43,85687439713831								
8		57,67311418800598	84,63875079833984	48,98750007879666	43,85698327593025								
9		67,2823998207395	84,48018645402234	48,98740059157095	43,85709215451508								
10		76,8974855734131	84,32162475586938	48,98741210424261	43,85720103287849								
11		86,50967125200997	84,16300630403164	48,9873636168119	43,857309911034894								
12		96,1218594867604	83,90157131818234	48,98731512920787	43,8574187899792								
13		105,734028413443	83,64651458740234	48,98729664164315	43,85752766671169								
14		115,3462823801196	83,44959106440312	48,9872181530551	43,85763654232084								
15		124,95841403067963	82,65505981445312	48,98716966606461	43,85774542154104								
16		134,5705997253473	82,2829208740234	48,98712117812167	43,85785429863779								
17		144,18278542001497	81,8333187859531	48,98707269076267	43,85796317552274								
18		153,7949711468262	81,6056349609375	48,98702420102845	43,85807262165666								
19		163,40715860925028	81,19542694911787	48,98697571367816	43,85818022865691								
20		173,0204250401734	80,74540297851562	48,98692723525451	43,85828964969612								
21		182,63152819869563	80,33557891845703	48,98687073697025	43,858398849084354								
22		192,2437139933028	79,89042713134766	48,98680248312823	43,85850756756993								
23		201,8559958802095	79,5653076171875	48,98678175965257	43,85861643238252								
24		211,4690852826986	79,2137600593711	48,98673327080006	43,8587253077942								
25		221,08027097739626	78,8444439870876	48,9866847620511	43,858834182079965								
26		230,69245687202392	78,4861456298828	48,98663629305771	43,85894305795182								

Рис. 2.3. Результат обработки файла формата CSV

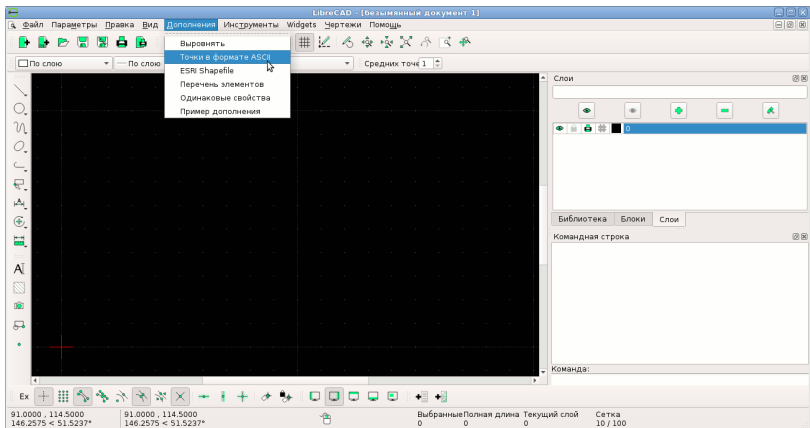


Рис. 2.4. Дополнение LibreCAD для построения профиля

«Удалить оригинал», проверить, что рядом со значением «Изотропное масштабирование» отсутствует галочка, и ввести требуемые масштабы по осям.

Например, если нужен горизонтальный масштаб 1:10000, а вертикальный — 1:500 при том, что на чертеже за 1 ед. принят 1 м, то для «X» вводится «1/10000», а для «Y» — «1/500» (рис. 2.9). Если же на чертеже за 1 ед. принят 1 мм, то для «X» вводится «1/10», а для «Y» — «1/0.5».

После ввода параметров масштабирования можно нажать кнопку «ОК» и получить результат, показанный на рис. 2.9.

Таким же образом можно добавлять на чертёж и шаблоны для расстановки опор.

2.2. Рисование профиля

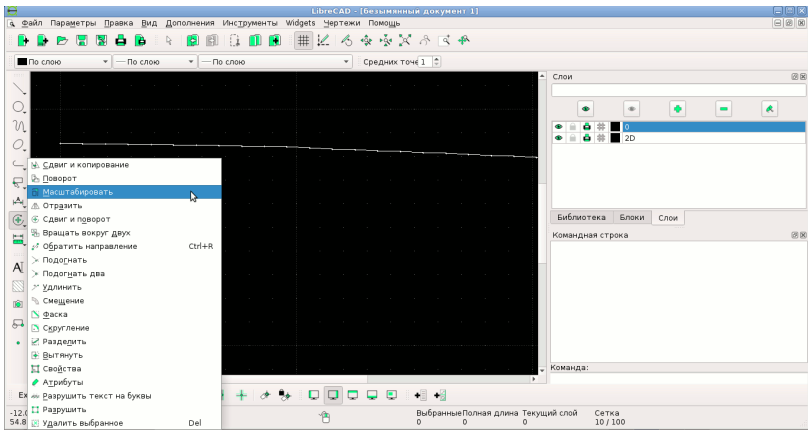


Рис. 2.7. Масштабирование на левой панели LibreCAD

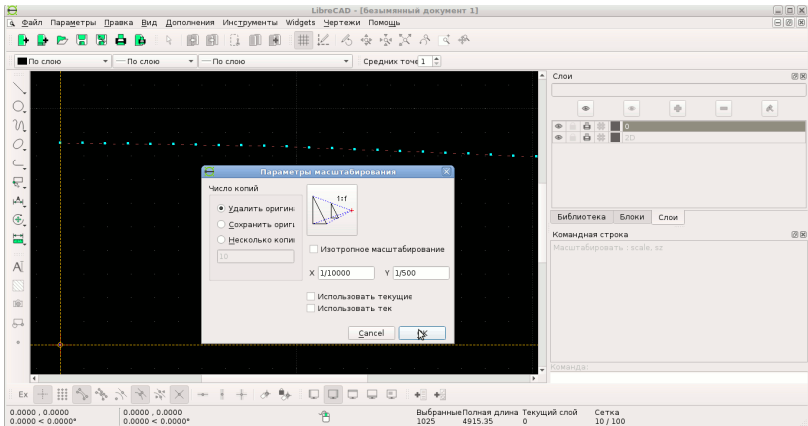


Рис. 2.8. Окно параметров масштабирования

Глава 2. Рисование профиля

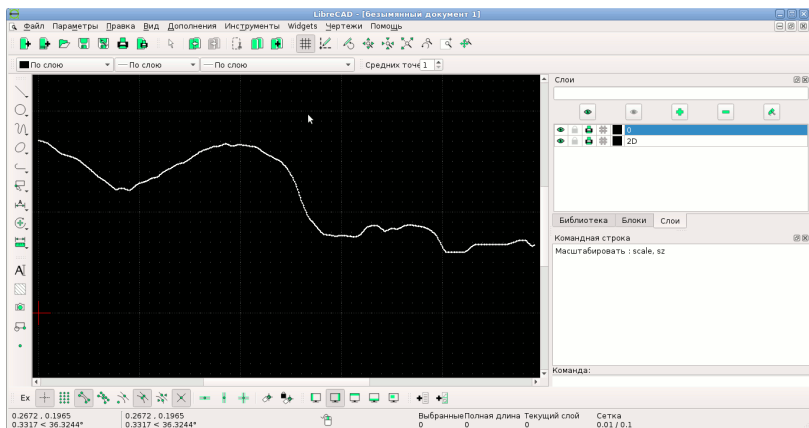


Рис. 2.9. Конечный результат рисования профиля

Глава 3

Представление расстановки

3.1. Строка для проверки расстановки

Пункт курсового проекта «Расстановка опор по профилю трассы» — это оптимизационная задача, а потому единственно верной расстановки опор в рамках курсового проекта не существует. Вместо этого проверяется выдерживание необходимых изоляционных промежутков (габаритов) и равномерность запаса высоты в пролётах, так как неравномерность пролётов даёт разные нагрузки на разные опоры, что ведёт к недоиспользованию несущей способности менее нагруженных опор.

Для уменьшения времени на проверки этой части, проверки ведутся при помощи специальной программы, для которой следует предоставить длины пролётов, получившиеся после расстановки опор. Эти длины пролётов также используются в пункте «Проверка опор на прочность и вырывание».

Для проверки длины пролётов должны быть записаны в виде строки, где значения длин пролётов разделены запятой, а дробная и вещественная часть — точкой. Длины пролётов должны быть даны в метрах с точностью до дециметров, при этом даже нулевая дробная часть должна указываться. Длины пролётов следует указывать по ходу трассы ВЛ, что на чертеже соответствует направлению горизонтальной оси.

Правильная строка для проверки должна выглядеть так:

210.1, 230.2, 230.5, 230.6, 220.0, 200.8, 230.1, 230.0

Здесь пролёт длиной 210,1 м находится в начале трассы, а 230,0 м — в конце. Обратите внимание, что в последнем случае нулевая дробная часть не опущена, а указана.

Строка для проверки расстановки может быть записана в текстовый файл или файл формата PDF, но с возможностью копирования (не рисунком!).

3.2. Пример чертежа расстановки опор

Рекомендуемый масштаб расстановки опор рассчитан так, чтобы получившийся чертёж помещался на лист А2 или 2 × 2 листа А4.

На этом чертеже следует указать

1. начальную расстановку опор (с одним шаблоном);
2. конечную расстановку опор (с разными шаблонами);
3. конечную расстановку опор (без шаблонов);
4. использованные шаблоны;
5. проверку на вырывание.

Пример оформления чертежа дан на рис. 3.1.

Штамп чертежа следует заполнять как обычно, не забывая указывать разный масштаб по осям и исполнителя.

Все элементы чертежа должны быть описаны, желательно отдельной таблицей (см. рис. 3.1), но можно и примечаниями.

Для облегчения ориентации на чертеже слева от профиля должны быть указаны опорные высоты, а снизу или сверху хотя бы одного профиля опорные длины по трассе.

Высота вертикального отрезка, изображающего опору, должна отражать высоту всей опоры. Можно, но не рекомендуется горизонтальным штрихом указывать высоту подвеса нижнего провода.

Так как опор на чертеже обычно много, то для упрощения поиска нужной опоры или пролёта на расстановках опор над опорами должны быть указаны все номера опор кратные 5, а также номера всех анкерных опор. При этом анкерные опоры помечаются треугольником сверху отрезка, изображающего опору.

Нумерацию опор следует начинать с анкерной опоры, которой присваивают номер 1. Номер пролёта совпадает с меньшим номером опоры, ограничивающих пролёт. Например, пролёт номер 5 будет между опорами 5 и 6.

Обратите внимание, что шаблон для расстановки опор строится по параметрам режима наибольшей стрелы провиса, а шаблон для проверки на вырывание — по параметрам режима наименьшей стрелы провиса, а потому шаблон для проверки на вырывание должен быть менее крутым, чем шаблон для расстановки опор.

3.2. Пример чертежа расстановки опор

Так же следует обратить внимание, что проверка вырывания проводится только для опор, находящихся ниже двух соседних.

Использование разных цветов для разных элементов, как на рис. 3.1, не является обязательным, но в пояснительной записке следует указать места применения использованных шаблонов.

Глава 3. Представление расстановки

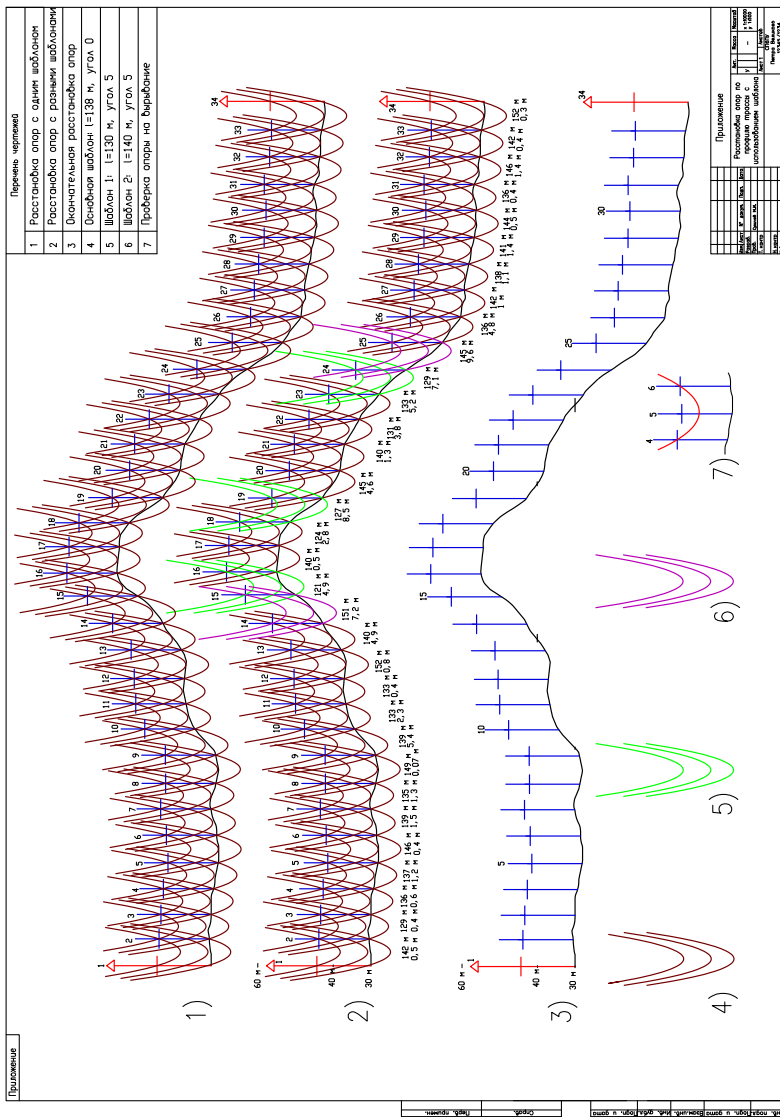


Рис. 3.1. Пример оформления чертежа расстановки опор

Сухичев Михаил Иванович

**МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ: МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ К РАССТАНОВКИ ОПОР**

Вёрстка: Сухичев М. И.

Адрес для переписки: 195251, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29, Институт энергетики,
Высшая школа высоковольтной энергетики.

Подписано в печать 00.00.XX. Формат 60x84/16.

Гарнитура Free Times. Электронное издание.

Усл. печ. л. 1,2. Тираж 0000 экз

Авторский оригинал-макет