

10

ISSN 0312-5299

1997

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА

Москва

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ОТКРЫТОГО ТИПА ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
СЕТЕВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

АО РОСЭП

**РУКОВОДЯЩИЕ
МАТЕРИАЛЫ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

Октябрь

Москва 1997

СОДЕРЖАНИЕ
информационные и методические материалы
по проектированию, строительству и эксплуатации
сельских электрических сетей

Стр.

02. Линии электропередачи

ИММ N 02.06-97 от 12.03.97

Рекомендации по проектированию пересечений ВЛ 6-10 и 35 кВ с инженерными сооружениями, естественными и водными преградами.

Номограммы и графики для механического расчета проводов.

Примеры расчета.....3

АО РОСЭП

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

по проектированию, строительству и эксплуатации сельских электрических сетей

12.03.97

02.06-97

N

Москва

Рекомендации по проектированию пересечений ВЛ 6-10 и 35 кВ с инженерными сооружениями, естественными и водными преградами

Публикуем "Рекомендации по проектированию пересечений ВЛ 6-10 кВ и 35 кВ с инженерными сооружениями, естественными и водными преградами. Номограммы и графики для механического расчета проводов. Примеры расчета".

При проектировании пересечений ВЛ 6-35 кВ с проводами и другими параметрами пересечений, не приведенными в данной работе, рекомендуем в соответствующие номограммы внести дополнительные графики зависимостей требуемых данных.

Для сведения сообщаем, что "Рекомендации по проектированию пересечений ВЛ 6-35 кВ с линиями связи" опубликованы в РУМ-97 N 10 стр. 26.

Приложение : упомянутое на л. 4- 134

Зам. Генерального директора АО РОСЭП

Ю.М. Кадыков

**Акционерное общество открытого типа
по проектированию сетевых и энергетических объектов**

АО РОСЭП

**РЕКОМЕНДАЦИИ
по проектированию пересечений ВЛ 6-10 и 35 кВ
с инженерными сооружениями, естественными и
водными преградами**

**Номограммы и графики для механического
расчета проводов. Примеры расчета.**

Москва 1997

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Требования ПУЭ-1985 г. к устройству пересечений.....	6
2. Задачи механического расчета проводов, возникающие при проектировании пересечений ВЛ с инженерными сооружениями и водными преградами.....	8
3. Примеры расчета габаритов пересечений графическим способом.....	15

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Часть I. Номограммы и графики для механического расчета проводов.....	31
Часть II. Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов от длины пролета.....	54

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

I. Требования ПУЭ, выпуск 1985 год) к устройству пересечений.

Расстояния между проводами пересекающихся ВЛ или между ВЛ и пересекаемым сооружением нормируются ПУЭ в зависимости от напряжения ВЛ и категории (класса) пересекаемого сооружения. Эти расстояния нормируются как в нормальном режиме работы пересекаемой ВЛ, так и в аварийном режиме - при обрыве провода в соседнем пролете.

В приложениях к настоящим рекомендациям на листах NN 9 - 20 приведены требования ПУЭ и устройству пересечений ВЛ 6-10 и 35 кВ с основными, наиболее часто встречающимися инженерными сооружениями. Из рассмотрения этого перечня, составленного отдельно для ВЛ 6-10 и 35 кВ в целях удобства пользования, следует, что габариты пересечений необходимо проверять при следующих расчетных климатических условиях :

N п.п	Климатические условия	Вид пересечения
1.	Температура воздуха $t=$ плюс 15°С, ветер отсутствует	Пересечение ВЛ между собой
2.	Наивысшая температура воздуха или гололед (наибольшая стрела провеса)	Пересечение ВЛ с линиями связи и радиотрансляции
3.	Наивысшая температура воздуха без учета нагрева провода электрическим током нагрузки	Пересечение ВЛ с автомобильными дорогами, судоходными реками и каналами, надземными трубопроводами и канатными дорогами.
4.	Наивысшая температура воздуха с учетом нагрева провода электрическим током	Пересечение ВЛ с железными дорогами.
5.	Температура воздуха $t=$ минус 5° С, гололед, ветер отсутствует	Пересечение ВЛ с водными пространствами (проверка расстояния от нижнего провода до поверхности льда)
6.	Среднеэксплуатационная температура воздуха, ветер и гололед отсутствуют (проверка габарита пересечения в аварийном режиме при обрыве провода в соседнем пролете)	Пересечение ВЛ с линиями связи и радиотрансляции, железными и автомобильными дорогами, надземными трубопроводами и канатными дорогами

При проектировании ВЛ 6-10 и 35 кВ наиболее часто приходится выполнять расчеты по пунктам 1,2,3 и 6. Расчеты по пунктам 4 и 5 встречаются сравнительно редко. Таким образом, для осуществления графических методов расчета необходимо иметь графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов от длины пролета, построенные для следующих расчетных климатических условий :

1. Температура воздуха $t = \text{плюс } 15^{\circ} \text{C}$, ветер отсутствует ;
2. Наивысшая температура воздуха $t_{\text{макс.}}$ ветер отсутствует ;
3. Температура воздуха $t = \text{минус } 5^{\circ} \text{C}$, гололед, ветер отсутствует ;
4. Среднеэксплуатационная температура воздуха. Ветер отсутствует.

Поскольку среднеэксплуатационная температура воздуха для различных широт существенно колеблется, строить для этого случая графики зависимости напряжений и стрел провеса от длины пролета нецелесообразно. Для этой цели можно воспользоваться данными таблиц монтажных напряжений и стрел провеса, приведенными в РУМе N 5 за 1995 год .

В указанном РУМе приведены "Методические указания по механическому расчету неизолированных проводов воздушных линий электропередачи напряжением 10 кВ, а также таблицы величин напряжений и стрел провеса проводов ВЛ 10 кВ.

В части II настоящей работы даны графики зависимости напряжений и стрел провеса провода для случаев $t = \text{плюс } 15^{\circ} \text{C}$ и $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{C}$.

Если наивысшая температура воздуха в районе строительства ниже $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{C}$, то можно вести расчет по графикам как для $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{C}$ (с запасом в габарите), уточняя конечный результат расчета по данным таблиц монтажных напряжений и стрел провеса проводов.

2. ЗАДАЧИ МЕХАНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРОВОДОВ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕ- СЕЧЕНИЙ ВЛ С ИНЖЕНЕРНЫМИ СООРУЖЕ- НИЯМИ И ВОДНЫМИ ПРЕГРАДАМИ.

Перечень задач механического расчета проводов, возникающих при проектировании пересечений ВЛ 35 кВ с инженерными сооружениями и водными пространствами, приведен ниже.

Для ВЛ 6-10 кВ с креплением проводов на штыревых изоляторах этот перечень значительно сокращается, так как при креплении проводов на штыревых изоляторах редуция тяжения в проводе отсутствует и определение приведенного пролета в многопролетном анкерном участке для ВЛ 6-10 кВ не производится. Следовательно, пролет пересечения в многопролетном анкерном участке ВЛ 6-10 кВ рассматривается как однопролетный анкерный пролет.

Поверка габарита пересечения в аварийном режиме при обрыве провода в соседнем пролете для ВЛ 6-10 кВ также производится (стрела провеса в пролете пересечения возрастает за счет проскальзывания шлейфа при двойном креплении проводов).

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАЧ.

1. Определение стрелы провеса провода в середине однопролетного анкерного участка.
2. То же, в точке пересечения над инженерным сооружением.
3. Определение эквивалентного пролета при наличии разности высот подвески провода.
4. Определение приведенного пролета для многопролетного анкерного пролета.
5. Определение напряжения в проводе для приведенного пролета.
6. Определение стрелы провеса в пролете пересечения по найденному напряжению в проводе для приведенного пролета.
7. Определение стрелы провеса провода в пролете пересечения при обрыве провода в соседнем пролете.
8. Определение стрелы провеса провода с учетом дополнительного нагрева провода электрическим током.
9. Построение максимального шаблона для расстановки опор по профитю трассы ВЛ 35 кВ.

Как правило, все перечисленные задачи решаются для заданной марки провода, выбранной в результате электрического расчета ВЛ. Исключение составляют специальные пересечения ВЛ с судоходными реками, где повышенные требования к обеспечению судоходного габарита в пролете пересечения вызывают необходимость в применении стальных канатов. Однако, нередко и другие случаи пересечений, когда от марки провода, выбранной по электрической проводимости ВЛ, приходится отступать и для обеспечения требуемого габарита пересечения принимать марку провода повышенной механической прочности.

В этих случаях задача превращается в обратную : по допускаемой стреле провеса в точке пересечения требуется определить марку провода, обеспечивающую заданный габарит над пересекаемым объектом.

Как будет показано ниже, решение обратной задачи весьма затруднительно, а порой и вовсе невозможно аналитическими методами, легко и просто решается графическим способом.

I. Определение стрелы провеса провода в середине однопролетного анкерного пролета.

Стрела провеса провода в середине пролета аналитически определяется через напряжение в проводе по одночленной формуле, связывающей стрелу провеса с напряжением в проводе (формулы механического расчета проводов в настоящей работе не приводятся). Прежде, чем решать уравнение состояния провода и определить в нем напряжение, необходимо выявить, какой режим работы провода следует принять за исходный : режим минимальной температуры, наибольшей нагрузки или среднее эксплуатационной температуры. Выполняется это путем начисления значений трех критических пролетов, сравнения с ними пролета пересечения и последующего решения уравнения состояния провода.

Графически эта задача решается прямым отсчетом по соответствующему графику зависимости стрелы провеса от длины пролета, составленному на основании данных систематических расчетов проводов.

В практике проектирования пересечений нередко приходится решать и задачу выбора высоты металлической опоры, обеспечивающей заданный габарит над пересекаемым сооружением. Подбор высоты металлической унифицированной опоры означает выбор необходимой металлической подставки, обеспечивающей требуемый габарит в точке пересечения.

Выбранная высота опоры (имеется в виду отметка подвеса нижнего провода ВЛ) складывается из высоты пересекаемого сооружения, требуемого габарита пересечения и стрелы провеса провода над пересекаемым объектом, причем переменной частью суммы является значение стрелы провеса.

С помощью графика зависимости, стрелы провеса провода от длины пролета можно выписать несколько значений стрел провеса для разных марок проводов и тем самым решить вопрос о выборе высоты металлической опоры. При этом нередко оказывается более выгодным заменить в пролете пересечения выбранную марку провода на большее сечение, нежели использовать повышенные металлические опоры на подставках. Для этой же цели можно воспользоваться данными соответствующей таблицы монтажных напряжений и стрел провеса проводов, РУМ N 5, 1995 г.

2. Определение стрелы провеса провода в точке пересечения над инженерным сооружением

Стрела провеса в точке пересечения аналитически определяется по одночленной формуле, связывающей стрелу провеса с напряжением в проводе, величиной приведенной нагрузки на провод и координатой точки пересечения.

Графически эта задача решается с помощью графика зависимости относительной стрелы провеса от относительной координаты точки пересечений (стр. N 33).

Предварительно по соответствующему графику отсчитывается стрела провеса в середине пролета пересечения. Стрела провеса в точке пересечения вычисляется умножением стрелы провеса в середине пролета на соответствующий понижающий коэффициент, определяемый по графику (стр. N 33).

Следует отметить, что в основе построения графика на стр. 33 лежит свойство универсальности кривой провисания провода, построенной в относительных величинах : ее вид не зависит ни от материала и сечения провода, ни от климатических условий, ни от длины пролета, что весьма упрощает расчет стрелы провеса над пересекаемым объектом.

3. Определение эквивалентного пролета.

Длина эквивалентного пролета аналитически вычисляется по двухчленной формуле, связывающей эквивалентный пролет с величиной разности отметок подвески провода, напряжением в проводе, приведенной нагрузкой на провод и длиной фактического пролета.

Графически эта задача решается прямым отсчетом по графику на стр. 36.

Этот график, подобно графику на стр. 36 является универсальным. Он одинаково пригоден для всех марок проводов, различных сочетаний климатических условий и длин пролета пересечения.

Для заданного отношения разности высот подвеса к стреле провеса провода зависимость между длиной эквивалентного пролета и длиной пролета пересечения оказывается линейной и описывается графически семейством прямых линий.

4. Определение приведенного пролета для многопролетного анкерного пролета

Аналитически приведенный пролет определяется по формуле, содержащей квадрат-ный корень из дроби, числитель которой состоит из суммы кубов отдельных пролетов, а знаменатель - из суммы тех же пролетов. Формула громоздка и пользование ею связано с действиями над большими цифрами.

По графику на стр. 37 приведенный пролет в трехпролетном анкерном участке вычисляется как функция двух относительных величин : отношения среднего пролета к наименьшему пролету и наибольшего к наименьшему. Полученная по графику величина является повышающим коэффициентом, на который необходимо умножить наименьший пролет, чтобы получить приведенный пролет (Наименьший пролет является при этом базой, к которой относятся все остальные величины).

Таким образом, пользование графиком связано с однозначными арифметическими действиями над простыми числами (деление, умножение), что значительно проще, чем расчет по формуле, и возможность случайных ошибок в вычислениях при этом существенно снижается.

Частные случаи многопролетного анкерного участка также решаются с помощью графика на стр. 37, как частные случаи решения задачи. При этом для двухпролетного анкерного участка отношение среднего пролета следует принять равным нулю, а для трехпролетного анкерного участка с двумя равными пролетами - единице.

Если в составе анкерного участка не три, а четыре и более пролетов, то поступают следующим образом : все пролеты разбивают на три группы по возможности равные по количеству пролетов. В первую группу относят самые малые по длине пролеты, во вторую группу - средние и в третью - наибольшие. После этого из каждой группы визуально выбирают средний по длине пролет и пользуются этими пролетами, рассматривая многопролетный анкерный участок, как трехпролетный, т.е. приняв наименьший пролет за базу находят приведенный пролет по тому же графику на стр. 37.

Точность определения приведенного пролета вполне удовлетворительная и тем выше, чем больше количество пролетов входит в состав многопролетного анкерного участка.

5. Определение напряжения в проводе для приведенного пролета

Эта задача решается непосредственным использованием соответствующего графика зависимости напряжений в проводе от длины пролета.

6. Определение стрелы провеса провода в пролете пересечения по найденному напряжению в проводе для приведенного пролета

Определение стрелы провеса по известному напряжению в проводе аналитическим путем производится по одночленной формуле, связывающей стрелу провеса с напряжением в проводе, приведенной нагрузкой на провод и длиной пролета.

Графическое определение стрелы провеса провода в пролете пересечения по найденному напряжению в проводе для приведенного пролета производится по логарифмической номограмме стр. 34 и 35.

Номограмма построена для случая действия приведенной нагрузки от собственной массы провода (см. горизонтальные линии с указанием материала провода). Для случая действия нагрузки от гололеда непосредственное пользование номограммой невозможно.

Однако, если для приведенного пролета известны не только напряжения в проводе при $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{С}$, но и стрелы провеса при $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{С}$ и при гололеде, то можно пользоваться скорректированным напряжением для приведенного пролета (умноженным на отношение стрел провеса при $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{С}$ и при гололеде). По скорректированному напряжению можно определить стрелу провеса провода в пролете пересечения при гололеде, пользуясь той же логарифмической номограммой на стр. 34 и 35.

Эта стрела провеса будет соответствовать стреле провеса при гололеде, хотя получена она с использованием номограммы, где участвует приведенная нагрузка от собственной массы провода.

Операция корректировки напряжения для приведенного пролета не отнимает много времени, так как напряжения и стрелы провеса как при наивысшей температуре $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{С}$, так и при гололеде расположены на одном и том же листе графика.

7. Определение стрелы провеса провода в пролете пересечения при обрыве провода в соседнем пролете

Проверка стрелы провеса провода в пролете пересечения на обрыв провода в соседнем пролете производится при установке в пролете пересечения промежуточных опор. При креплении проводов на подвесных или штыревых изоляторах решение этой задачи имеет свои особенности.

При креплении проводов на подвесных изоляторах редукция тяжения и соответствующее увеличение стрелы провеса провода в аварийном режиме происходит за счет отклонения поддерживающих изолирующих подвесок (гирлянд изоляторов). Численное значение коэффициента редукции зависит от длины и массы подвески, длины пролета, а также от числа пролетов до ближайшей анкерной опоры, оставшихся целыми при аварии.

Крепление проводов на штыревых изоляторах в пролете пересечения выполняется двойным, т.е. с устройством шлейфа на дополнительном изоляторе. Увеличение стрелы провеса в пролете пересечения при обрыве провода в соседнем пролете может произойти за счет проскальзывания провода в вязке, изгиба штыря или крюка и т.д. В расчетах принимается, что провод проскальзывает в вязке на полную длину шлейфа и тем самым длина провода в пролете пересечения увеличивается на длину шлейфа. Все остальные пролеты, оставшиеся целыми после аварии, не оказывают влияния на величину коэффициента редукции в пролете пересечения.

Случай 1. Крепление проводов на переходных промежуточных опорах выполнено на подвесных изоляторах.

Задача решается по методике упрощенного расчета, разработанной институтом "Энергосетьпроект". Упрощенный способ расчета состоит в определении коэффициентов редукции тяжения по формулам, связывающим коэффициенты редукции K_1 и K_6 со стрелой провеса, длиной изолирующей подвески и длиной пролета.

(K_1 - коэффициент редукции тяжения при одном оставшемся целом пролете и K_6 - коэффициент редукции тяжения при шести оставшихся целыми пролетах).

Промежуточные значения коэффициентов редукции определяются по несложным формулам через K_1 и K_6 .

Входящие в формулы для определения K_1 и K_6 значения пролетов - разные. В первом случае это среднее арифметическое значение между величинами действительного и приведенного пролетов, во втором случае - значение приведенного пролета.

При аналитическом способе решения после определения по формулам соответствующего коэффициента редукции напряжение в проводе для приведенного пролета, (предварительно также найденное аналитическим путем), умножается на коэффициент редукции и по редуцированному напряжению по упомянутой выше одночленной формуле определяется стрела провеса в пролете пересечения.

При графическом способе решения задачи коэффициенты редукции K_1 и K_6 определяются по графикам на стр. 39.

Если число пролетов, оставшихся целыми, равно 2+5, то соответствующие коэффициенты редукции вычисляются по тем же простым формулам, предложенным в методике института "Энергосетьпроект" и приведенным на стр. 39.

По найденному из графиков стр. 39 коэффициенту редукции K и напряжению в проводе для приведенного пролета определяется редуцированное напряжение в проводе и далее по номограмме на стр. 34 или 35 по найденному редуцированному напряжению определяется стрела провеса провода в пролете пересечения и сравнивается с допускаемой стрелой провеса. Если полученная стрела провеса больше допускаемой, необходимо передвинуть опору или заменить провод на большее сечение.

Последние операции можно производить и в другом порядке : вначале по найденному из таблиц напряжению для приведенного пролета найти стрелу провеса провода в пролете пересечения в нормальном режиме, после чего делением последней на коэффициенты редукции определяется стрела провеса провода в пролете пересечения в аварийном режиме. Время, затраченное на расчет, в обоих случаях одинаково.

Значение стрелы провеса в пролете пересечения в аварийном режиме можно также получить и непосредственно из таблиц проекта N 336бтм, разработанного институтом "Энергосетьпроект".

Случай 2. Крепление проводов на переходных промежуточных опорах выполнено на штыревых изоляторах.

Для ВЛ с креплением проводов на штыревых изоляторах понятия приведенного пролета не существует. Стрела провеса провода в пролете пересечения при среднеэксплуатационной температуре в нормальном режиме работы ВЛ определяется по таблицам стрел провеса проводов (РУМ N 5 1995 г.). В аварийном режиме работы ВЛ (обрыв провода в соседнем пролете) стрела провеса определяется прямым отсчетом на стр. 40, построенным отдельно для разных длин шлейфов, встречающихся в проектах опор с креплением проводов на штыревых изоляторах.

8. Определение стрелы провеса провода с учетом дополнительного нагрева провода электрическим током

Для решения этой задачи нужно знать мощность, передаваемую по линии, материал и сечение провода, выбранного в результате электрического расчета ВЛ.

Дополнительную температуру нагрева провода током нагрузки определяют по графику на стр. 38.

Стрела провеса для этого случая должна быть вычислена при температуре провода, равной максимальной температуре воздуха в районе трассы ВЛ плюс дополнительная температура от нагрева провода электрическим током нагрузки, найденная по графику на листе N 38 .

В однопролетном анкерном пролете стрела провеса провода с учетом его нагрева электрическим током может быть найдена из таблиц стрел провеса провода (РУМ N 5 1995 г.) методом графической экстраполяции. В линиях электропередачи дополнительная температура нагрева провода, как правило, не превышает плюс 5-10° С и метод графической экстраполяции позволяет достаточно точно определить шестую точку по известным из таблицы пяти точкам.

Если пересечение ВЛ с железной дорогой выполнено по схеме К-П-П-К, то дополнительную температуру от нагрева провода электрическим током находят по тому же графику на листе N 38 , а напряжение в проводе для приведенного пролета определяют методом графической экстраполяции по таблицам напряжений проводов (РУМ N 5, 1995 г.).

По найденному напряжению в проводе для приведенного пролета стрела провеса провода в пролете пересечения определяется по номограмме на стр. 34 или 35.

9. Построение максимального шаблона для расстановки опор по профилю трассы ВЛ 35 кВ

Задача построение максимального шаблона для расстановки опор по профилю трассы ВЛ не имеет прямого отношения к проектированию пересечений ВЛ с инженерными сооружениями однако, эта задача является обязательным элементом в проектировании линий электропередачи напряжением 35 кВ.

Максимальный шаблон строится в искаженном масштабе, как и профиль трассы ВЛ. Предварительно для выбранного габаритного пролета находят наибольшую стрелу провеса провода в середине пролета (см. соответствующий график зависимости стрелы провеса провода от длины пролета). При построении длину габаритного пролета разбивают на 10 равных частей. Ординаты максимального шаблона получают умножением наибольшей стрелы провеса на соответствующий коэффициент по таблице стр. 33 .

В основе использования таблицы лежит отмеченная выше особенность кривой провисания провода, построенной в относительных величинах - ее вид не зависит ни от марки и сечения провода, ни от климатических условий, ни от длины габаритного пролета.

3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ГАБАРИТОВ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

ПРИМЕР 1. Определить наибольшую стрелу провеса провода А 95 в середине однопролетного анкерного пролета длиной $\ell=120$ м.

Провод монтируется с ослабленным тяжением $\sigma_{\text{доп.}}=5,3$ кг/мм² по условию прочности опор. Климатические условия : $P_n=40$ кг/м², $C=5$ мм, t =плюс 40° С.

РЕШЕНИЕ.

Наибольшая стрела провеса провода определяется прямым отсчетом по графику на стр. 63.

$$f = 2,85 \text{ м}$$

ПРИМЕР 2.

Пересечение ВЛ 10 кВ с шоссейной дорогой I категории выполнено по схеме К-К (см.рис. N 1).

Определить каким проводом должно быть выполнено пересечение, чтобы при заданной высоте опор анкерного типа обеспечить требуемый ПУЭ габарит пересечения $H=7,0$ м. Тяжение в проводе должно быть ослабленным по условию прочности опор.

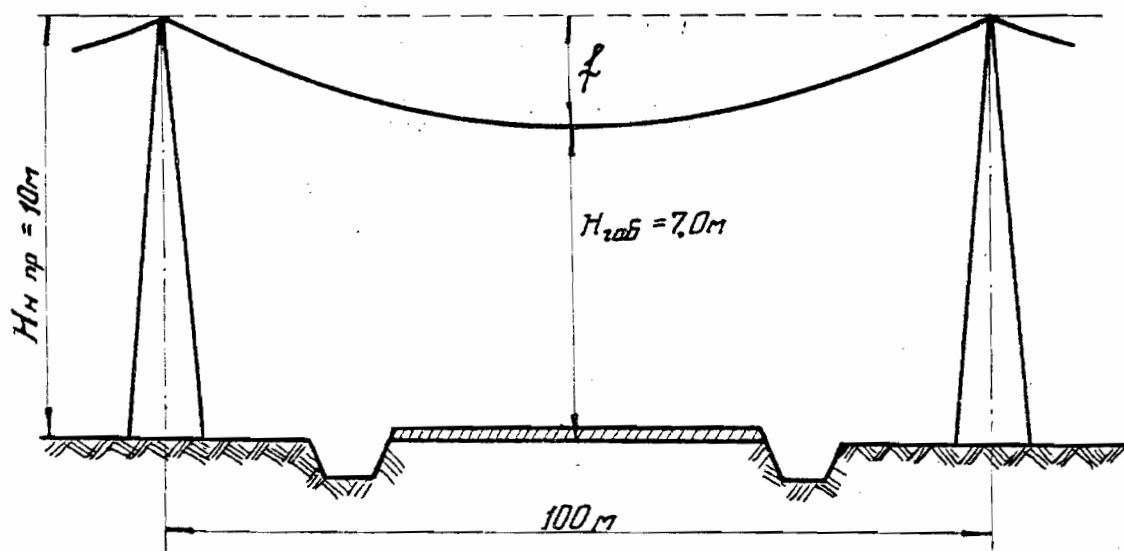


Рис. I

Климатические условия $P=40$ кг/м², $C=10$ мм, t макс.= плюс 35° С.

РЕШЕНИЕ

Допускаемая наибольшая стрела провеса

$$f = H_{\text{н пр}} - H_{\text{габ}} = 10 - 7 = 3 \text{ м.}$$

Откладывая найденное значение допускаемой стрелы провеса провода на графике зависимости стрелы провеса стр. 64, определяем, какие провода находятся ниже и какие выше полученной точки. Ближайшим снизу проводом, обеспечивающим габариты пересечения, является провод марки А 50 при $\rho_{\text{доп}} = 7,1 \text{ кг/мм}^2$.

Стрела провеса при этом равна :

$$f = 2,8 < 3,0 \text{ м.}$$

Все марки проводов, расположенные выше полученной точки, не обеспечивают габарит пересечения.

Другим решением является подвеска провода марки АС 35 при $\rho = 10,5 \text{ кг/мм}^2$ (см. график на стр. 70). Стрела провеса при этом составляет

$$f = 2,7 < 3,0 \text{ м.}$$

ПРИМЕР 3.

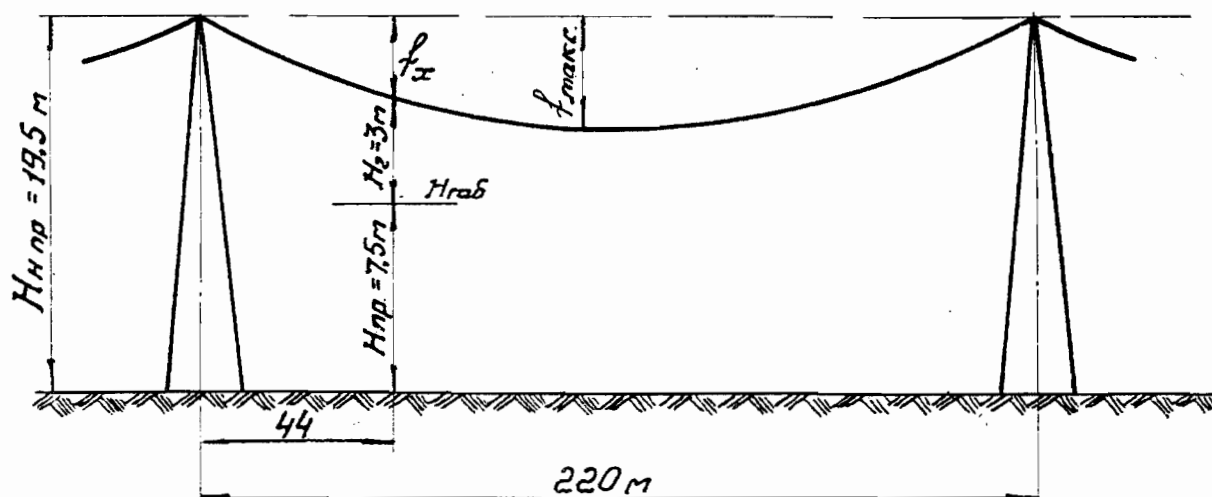


Рис. 2

Проверить обеспеченность требуемого габарита при пересечении ВЛ 35 кВ линией связи I класса. Марка провода, выбранного в результате электрического расчета ВЛ АС 70.

Климатические условия : $P = 50 \text{ кг/мм}^2$, $C = 10 \text{ м.}$

$t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 38^\circ \text{ С.}$

Опоры металлические У-110-1+9.

Высота подвески нижнего провода = $H_{\text{н пр.}} = 19,5 \text{ м.}$ Высота подвески верхнего провода линии связи $H_{\text{пр.}} = 7,5 \text{ м.}$ Требуемый по ПУЭ габарит пересечения $H_{\text{габ.}} = 3,0 \text{ м.}$

РЕШЕНИЕ. Допускаемая стрела провеса провода над пересекаемым сооружением :

$$f_x = H_{\text{н пр.}} - H_{\text{пр.}} - H_{\text{габ.}} = 19,5 - 7,5 - 3 = 9,0 \text{ м}$$

Допускаемая стрела провеса провода в середине пролета определится делением полученной величины f_x

на коэффициенты K по графику на стр. 33.

$$f_x \text{ доп.} = 9,0$$

$$f_{\text{макс.}} = \frac{f_x \text{ доп.}}{K} = \frac{9,0}{0,64} = 14 \text{ м}$$

где $K=0,64$ отсчитывается по графику N 2 на относительной координате точки пересечения.

$$\frac{X}{l} = \frac{44}{220} = 0,2$$

По графику на стр. 47 находим стрелу провеса в середине пролета $f_{\text{макс.}} = 7,0 \text{ м}$.

$$f_{\text{макс.}} = 7,0 \text{ м} < f_{\text{макс.}} = 14 \text{ м доп.}$$

т.е габарит пересечения обеспечен с запасом $7 \times 0,64 = 4,48 \text{ м}$.

ПРИМЕР 4. $H_{\text{габ.}} = 3 + 4,48 = 7,48 \text{ м}$.

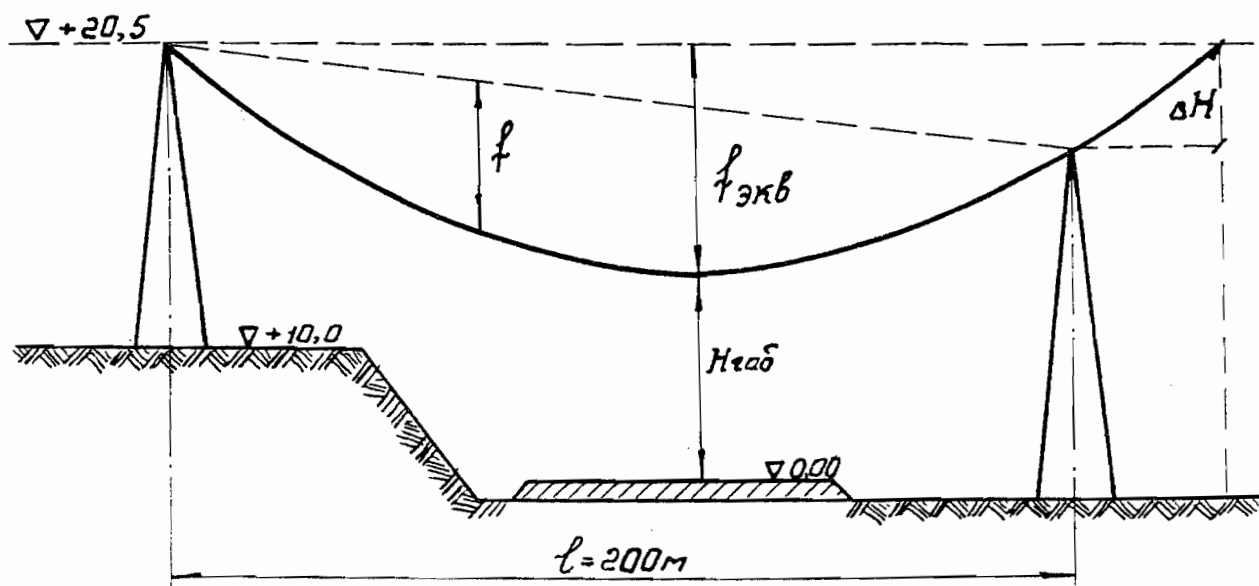


Рис.3

Проверить габарит над полотном автомобильной дороги III категории при пересечении с ВЛ 35 кВ на металлических опорах с проводом АС 95

Климатические условия : $P=50 \text{ кг/м}^2$, $C=15 \text{ мм}$

По требованиям ПУЭ габарит при $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 36^\circ \text{ С}$ должен составлять $H = 7,0 \text{ м}$

РЕШЕНИЕ

По графику на стр. 74 определяем стрелу провеса в пролете пересечения $f = 7,50$ м при $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^{\circ} \text{ С}$. Поскольку стрела провеса при гололеде без ветра больше найденной стрелы провеса всего на $I - 3$ см, окончательно принимаем стрелу провеса $f = 7,5$ м.

Вычисляем отношение разности высот подвеса провода к стреле провеса :

$$\frac{H}{f} = \frac{10}{7,5} = 1,33$$

По графику на стр. 36 определяем, насколько эквивалентный пролет больше пролета пересечения.

$$l = 63 \text{ м}$$

$$\text{Откуда } l_{\text{экв.}} = 200 + 63 = 263 \text{ м.}$$

По графику стр. 74 Часть II, определяем стрелу провеса провода в эквивалентном пролете.

$$f_{\text{экв}} = 13,0 \text{ м}$$

Габарит над полотном автомобильной дороги выдержан

$$H_2 = 20,5 - 13,0 = 7,5 \text{ м} > 7,0 \text{ м}$$

ПРИМЕР 5. Проверить обеспеченность заданного габарита пересечения $H_{\text{габ.}} = 22,5$ м при пересечении ВЛ 35 кВ с судоходной рекой, выполненного по схеме К-П-П-К на металлических опорах П-110-1+4 при подвеске стального каната марки ТК-10.

Климатические условия : $R_n = 40 \text{ кг/м}^2$, $C = 10 \text{ мм}$, $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 37^{\circ} \text{ С}$.

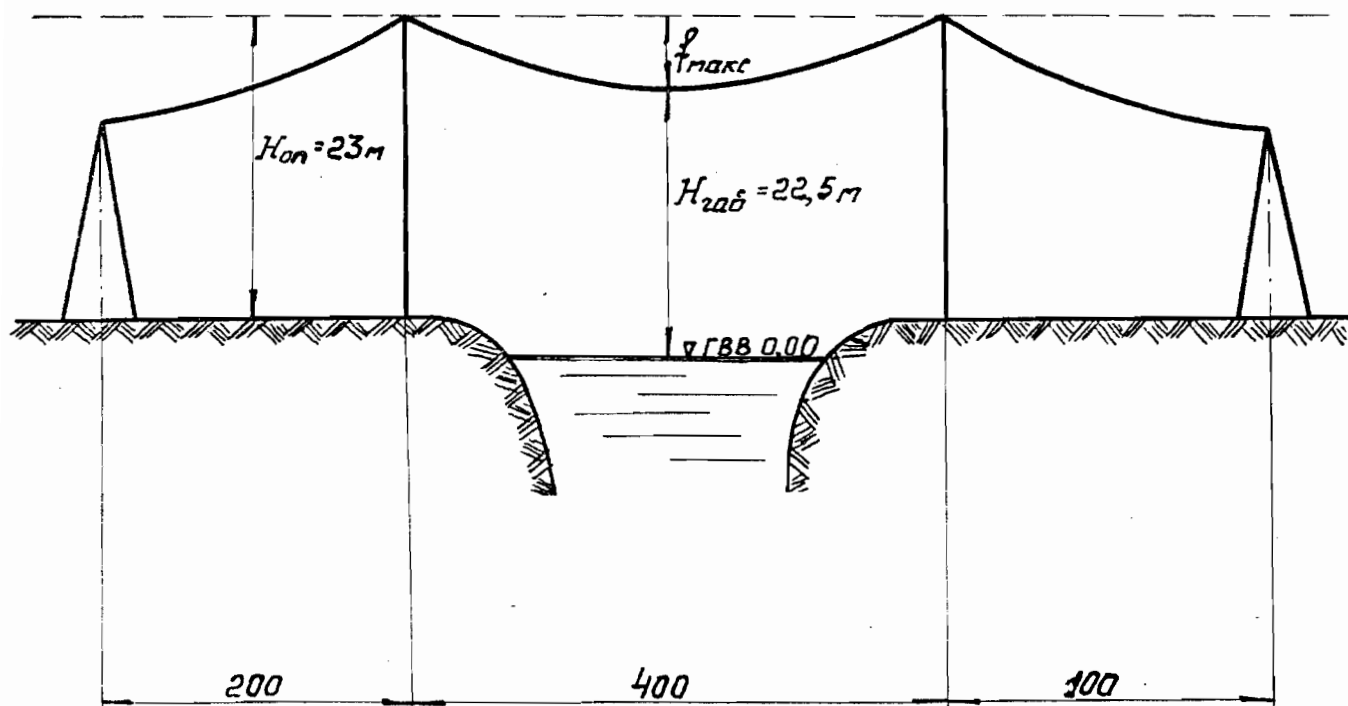


Рис. 4

РЕШЕНИЕ. Габарит пересечения с судоходными реками нормируется при наивысшей температуре $t_{\text{макс.}}$

Определим допускаемую стрелу провеса провода в пролете пересечения

$$f_{\text{доп.}} = 23,0 + 4,5 - 22,5 = 5,0 \text{ м}$$

По графику - на стр. 38 определим длину приведенного пролета, для чего предварительно определим относительные пролеты

$$Y = \frac{200}{100} = 2; \quad X = \frac{400}{100} = 4$$

По найденным относительным пролетам находим относительный приведенный пролет

$$L = 3,42$$

откуда $l_{\text{прив.}} = 10 \times 3,42 = 342 \text{ м.}$

Приводим $l_{\text{прив.}} = 100 \times 3,42 = 342 \text{ м.}$

Приводим изысканные климатические условия к требованиям ПУЭ для спецпереходов через судоходные реки. Принимаем высоту подвеса центра тяжести провода равной 24 м.

Коэффициент увеличения скоростного напора ветра по высоте равен 1,35.

Толщину стенки гололеда увеличиваем на одну ступень. Приведенные климатические условия : $R_H = 40 \times 1,35 = 54 \text{ кг/м}^2$, $C = 10 \text{ мм.}$

Напряжения в проводе для приведенного пролета определим по графику на стр. 104.

$$G_{\text{прив.}} = 34,5 \text{ кг/мм}^2$$

По найденному напряжению в проводе стрелу провеса провода в пролете пересечения определим по логарифмической номограмме на стр. 34 .

$$f = 4,2 \text{ м} < 5,0 \text{ м,}$$

т.е. судоходный габарит выдержан.

ПРИМЕР 6.

При тех же климатических условиях, как и в примере 5, определить марку стального каната, обеспечивающего заданный судоходный габарит в пролете пересечения : $H_{\text{габ.}} = 20 \text{ м.}$ Выбор типа концевых опор по расчетному усилию от тяжения провода, а также проверку габарита до поверхности льда не производить. Размеры и отметки см. на рис. N 4.

РЕШЕНИЕ.

Приведенный пролет и приведенные климатические условия были определены в примере N 5.

$$l_{\text{прив.}} = 342 \text{ м} \quad R_H = 54 \text{ кг/м}^2 \quad C = 10 \text{ мм.}$$

Допускаемая стрела провеса в пролете пересечения

$$f_{\text{доп.}} = 23,0 + 4,5 - 20 = 7,5 \text{ м}$$

По логарифмической номограмме на стр. 34 определим напряжение в проводе марки ТК в пролете пересечения $l = 400$ м, обеспечивающее допускаемую стрелу провеса $f = 7,5$ м.

$$\sigma = 22,0 \text{ кг/мм}^2.$$

На графике зависимости напряжений в проводе от длины пролета на стр. 104, откладываем найденную величину $\sigma = 22,0 \text{ кг/мм}^2$ по вертикали приведенного пролета $l_{\text{прив.}} = 342$ м.

Так как полученная точка 0 лежит ниже всех марок стальных канатов ТК, делаем вывод: марка ТК-9 обеспечивает судоходный габарит пересечения.

Проверим, какой запас в габарите пересечения будет иметь место при подвеске стального каната ТК-9.

Проверку производим по номограмме на стр. 34 для пролета пересечения $l = 400$ м, используя значение $\sigma = 32,1 \text{ кг/мм}^2$ для стального каната ТК-9 (т.е. производим обратное действие) и находим стрелу провеса провода ТК-9 при наибольшей температуре $t = \text{плюс } 40^\circ \text{ С}$.

$$f = 5,2 \text{ м.}$$

Габарит пересечения обеспечен, запас в габарите равен

$$f_{\text{доп.}} - f_{\text{макс.}} = 7,5 - 5,2 = 2,3 \text{ м}$$

ПРИМЕР 7.

ВЛ 35 кВ пересекает линию связи II класса (см. рис. N 5).

Провод АС 95. Климатические условия:

$$P_n = 50 \text{ кг/м}^2, \quad C = 10 \text{ мм}, \quad t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^\circ \text{ С},$$

$$t_{\text{ср.з}} = 0^\circ \text{ С}.$$

Определить габарит пересечения в нормальном режиме работы линии ($H_2 > 3$ м).

Проверить габарит пересечения в аварийном режиме работы ВЛ при обрыве провода в соседнем пролете.

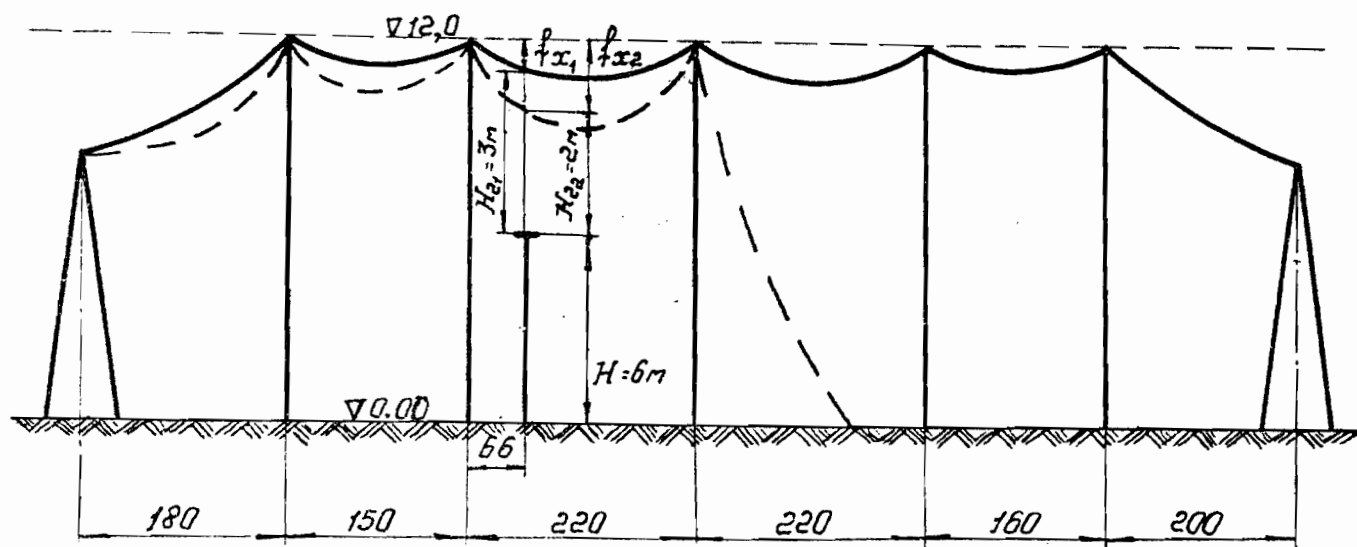


Рис. 5

РЕШЕНИЕ

Допускаемая стрела провеса над пересекаемым сооружением в нормальном режиме работы ВЛ

$$f_{x1} = 12 - 6 - 3 = 3 \text{ м}$$

То же, при обрыве провода в соседнем пролете

$$f_{x2} = 12 - 6 - 1 = 5 \text{ м}$$

По графику на листе №33 определим допускаемую стрелу провеса провода в середине пролета.

$$X = \frac{66}{1} = 66$$

$$\text{По относительной координате } \frac{66}{220} = 0,3$$

находим относительную стрелу провеса $K = 0,84$.

Допускаемая стрела провеса в нормальном режиме

$$f_{\text{макс.1}} = \frac{3}{0,84} = 3,57 \text{ м}$$

в аварийном режиме

$$f_{\text{макс.1}} = \frac{5}{0,84} = 6,0 \text{ м}$$

Для определения длины приведенного пролета разобьем все пролеты на три группы:

Группа 1

150,160

Группа 2

180,200

Группа 3

220,220.

Назначаем три условные пролета

$l_1 = 155 \text{ м}$

$l_2 = 190 \text{ м}$

$l_3 = 220 \text{ м}$

Вычисляем относительные пролеты

$$X = \frac{190}{155} = 1,23$$

$$Y = \frac{220}{155} = 1,42$$

По графику на стр. №34 определяем относительный приведенный пролет

$$l = 1,3$$

Приведенный пролет

$$l_{\text{прив.}} = 155 \times 1,3 = 202 \text{ м}$$

Напряжение в проводе АС 95 для приведенного пролета $l = 202 \text{ м}$ определяем по графику на стр. 77 .

$$\sigma = 3,5 \text{ кг/мм}^2$$

По номограмме на стр. №34 находим стрелу провеса провода в пролете пересечения $l = 220 \text{ м}$ при нормальном режиме работы ВЛ и наивысшей температуре

$t_{\text{макс.}} \text{ плюс } 40^\circ \text{ С.}$

$$f_{\text{макс.}} = 6,3 \text{ м} > 3,57 \text{ м}$$

т.е. габарит пересечения в нормальном режиме не выдержан и провод АС 95 не удовлетворяет требованиям ПУЭ к габариту пересечения. Заменяем провод АС 95 на стальной канат марки ТК-9.

По графику на стр 104, находим напряжение в стальном канате ТК-9 для приведенного пролета —

$$l_{\text{прив.}} = 202 \text{ м}$$

$$\sigma = 30,1 \text{ кг/мм}^2.$$

По номограмме на стр. 35 находим стрелу провеса в пролете пересечения при $t = \text{плюс } 40^\circ \text{ С.}$

$$f = 1,75 \text{ м} < 3,57 \text{ м}$$

По таблице монтажных напряжений и стрел провеса проводов (РУМ N 5 1995 г.) проверяем стрелу провеса в пролете пересечения в режиме гололедной нагрузки

$$f_{\text{гол.}} = 2,59 < 3,57 \text{ м}$$

Следовательно, габарит пересечения в нормальном режиме обеспечен и при гололедной нагрузке.

По этой же таблице записываем напряжение в проводе в режиме среднеексплуатационной температуры для приведенного пролета

$$\sigma_{\text{ср.э}} = 38,9 \text{ кг/мм}^2.$$

По номограмме на стр. 34 определяем стрелу провеса провода в пролете пересечения в режиме среднегодовой температуры

$$f_{\text{ср.э}} = 1,32 \text{ м}$$

Для проверки габарита пересечения при обрыве провода в соседнем пролете определим коэффициенты редукции K_1 и K_6 по графику на стр. 37.

Для этого вычисляем значения величин

$$X = \frac{l}{f_{\text{ср.э.}} \cdot 1,32} = \frac{220}{1,32} = 220 = 126$$

$$f_{\text{ср.э.}} \cdot 1,32 \cdot 1,75$$

$$L = \frac{l}{f_{\text{ср.э.}} \cdot 1,32} = \frac{220}{1,32} = 220 = 72$$

$$f_{\text{ср.э.}} \cdot 1,32 \cdot 3,06$$

По графику на стр. 37 определяем значение коэффициентов редукции $K_1 = 0,18$ $K_6 = 0,38$

Расчетным является случай обрыва провода в соседнем пролете справа, когда остаются целыми три пролета

$$K_3 = K_1 + 3K_6 = 0,18 + 3,0 + 0,38 = 0,36$$

4

4

Стрела провеса при редуцированном тяжении

$$f_{\text{ав}} = f_{\text{ср.э}} \cdot K = 1,32 \cdot 0,36 = 3,7 < 6,0$$

$$K \cdot 0,36$$

т.е. габарит пересечения в аварийном в аварийном режиме выдержан.

ПРИМЕР 8. Проверить габарит при пересечении ВЛ 35 кВ с железной дорогой по схеме К-П-П-К проводом АС 70.

Размеры и отметки см на рис. 6.

Климатические условия : $P_H = 40 \text{ кг/м}^2$, $C = 10 \text{ мм}$

$t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 30^\circ \text{ C}$

Линия электропередачи обеспечивает электроснабжение потребителей от районной подстанции 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью 2500 кВА каждый

$S = 5000 \text{ кВА}$

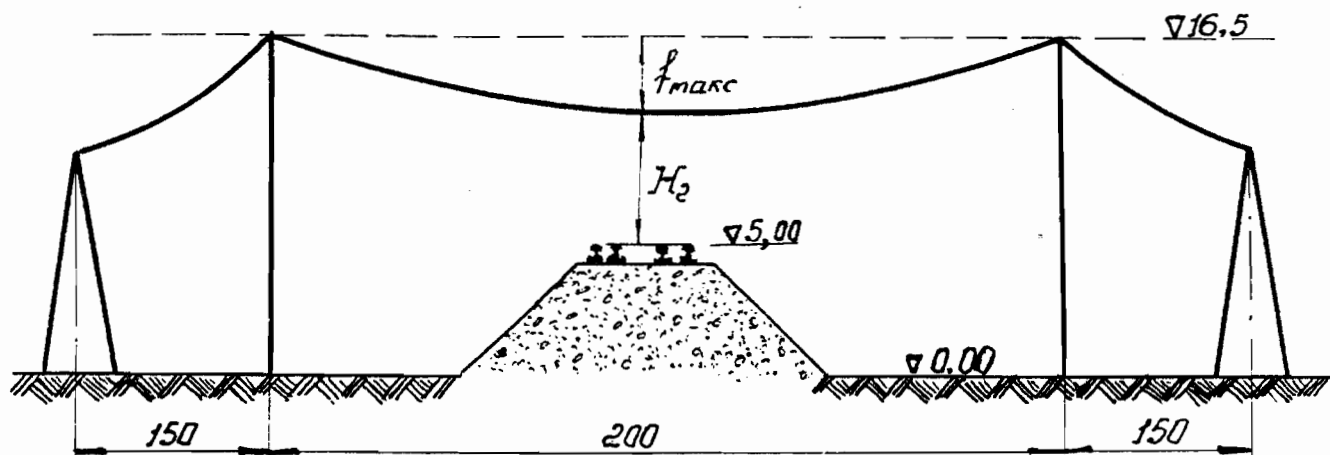


Рис. 6.

РЕШЕНИЕ :

Стрелу провеса при пересечении ВЛ 35 кВ с железной дорогой согласно требованиям ПУЭ определяем с учетом нагрева провода электрическим током нагрузки.

Ток нагрузки :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} U} = \frac{5000}{1,73 \cdot 35} = 83 \text{ A}$$

По графику на стр. 38 определяем дополнительную температуру нагрева провода АС 70 током нагрузки

$$\Delta t = 8,7^\circ \text{ C}$$

Наивысшая температура воздуха с учетом дополнительного нагрева составляет :

$$t_{\text{макс.}} + \Delta t = 30^\circ + 8,7^\circ = \text{плюс } 38,7^\circ \text{ C.}$$

Следовательно, в данном случае для определения стрел провеса и напряжений в проводе допустимо воспользоваться графиками, построенными для $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^\circ \text{ C.}$

Дальнейший ход решения задачи аналогичен решению задачи в примере N 5.

Приведенный пролет определяем по графику . . . стр. 37 .

$$x = \frac{150}{150} = 1 \quad y = \frac{200}{150} = 1,33 \quad z = 1,15$$

$$l \text{ прив.} = 150 \times 1,15 = 173 \text{ м.}$$

Напряжение в проводе АС 70 для приведенного пролета $l = 173$ м определяем по графику на стр. 73 .

$$G' = 2,6 \text{ кг/мм}^2 .$$

Стрелу провеса в пролете пересечения $l = 200$ м определяем по номограмме . . . на стр. 34 .

$$f_{\text{макс.}} = 3,8 \text{ м}$$

Габарит от нижнего провода до головки рельса составляет

$$H_2 = 16,5 - 5,0 - 3,8 = 7,7 \text{ м} > 7,5 \text{ м,}$$

т.е. габарит пересечения обеспечен.

ПРИМЕР 9.

Для пересечения залива несудоходного озера, представленного на рис. N 7, проверить габарит пересечения в период ледостава. Переход выполнен проводом ТК-20.

Климатические условия : $R_n = 40 \text{ кг/м}^2$, $C = 15 \text{ мм}$

$$t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 38^\circ \text{ C}$$

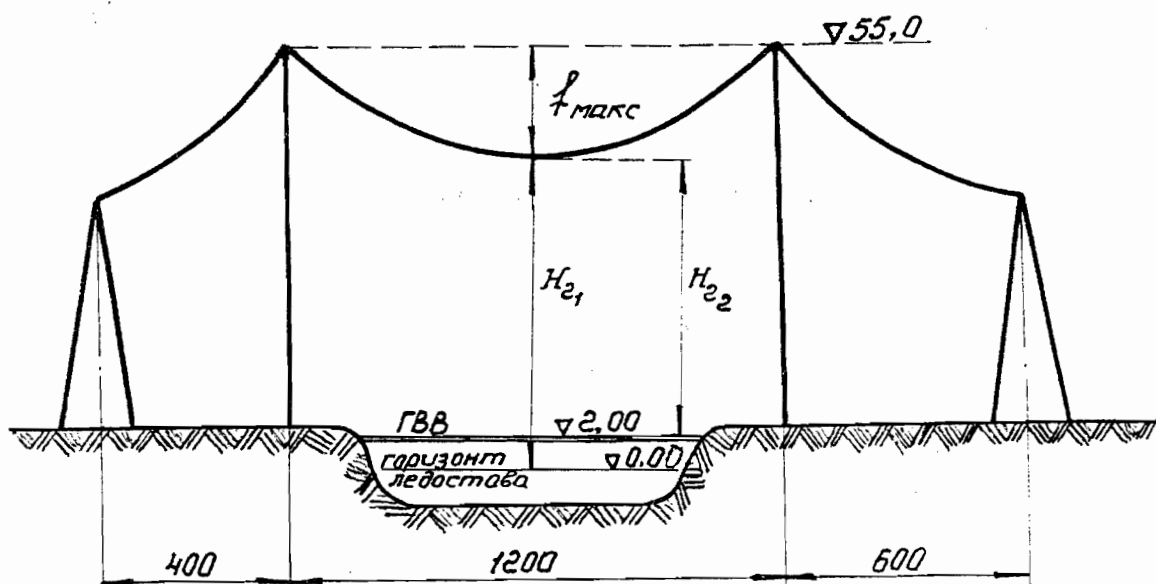


Рис. №7

РЕШЕНИЕ. ПУЭ нормирует габарит до уровня высоких вод $H_{у.в.с.} = 3$ м и до уровня ледостава $H_{у.л.} = 6$ м.

Проверяем тот и другой габарит.

Допускаемая стрела провеса при $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{ C}$

$$f_1 = 55 - 3 = 52 \text{ м}$$

То же, при гололеде $t = \text{минус } 5^{\circ} \text{ C}$

$$f_2 = 55 - 6 = 49 \text{ м.}$$

Определим длину приведенного пролета по графику на стр. 38.

$$x = \frac{1200}{400} = 3; \quad y = \frac{1200}{600} = 2; \quad z = 2,4$$

$$l_{\text{прив.}} = 400 \times 2,4 = 960 \text{ м.}$$

Приводим изысканные климатические условия к створу перехода

$$C = 15 + 5 = 20 \text{ мм}$$

Принимая центр тяжести провода на высоте 28 м и коэффициент увеличения скоростного напора ветра на высоте $K = 1,57$ определяем расчетное значение нормативного давления ветра на провод

$$P_H = 40 \times 1,57 = 62,8 \text{ кг/м}^2$$

Принимаем ближайший нормативный напор ветра $P_H = 65 \text{ кг/м}^2$.

По графику на стр. 109 находим напряжение в канате ТК-20 для приведенного пролета $l_{\text{прив.}} = 960$ м при $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^{\circ} \text{ C}$.

$$\sigma = 31 \text{ кг/мм}^2.$$

По номограмме на стр. 35 определяем стрелу провеса в пролете пересечения $l = 1200$ м

$$f_1 = 42 \text{ м} < 52 \text{ м.}$$

Габарит над наивысшим горизонтом воды в озере выдержан с запасом 14 м.

Стрелу провеса при гололеде каната ТК-20 для приведенного пролета $l_{\text{прив.}} = 960$ м находим по таблице стрел провеса (ПУМ N 5 1995 г.). Для $P = 65 \text{ кг/м}^2$ и $C = 20 \text{ мм}$

$$f = 36 \text{ м.}$$

Находим стрелу провеса при максимальной температуре для приведенного пролета по графику на стр. (ПУМ N 5, 1995 г.)

$$f = 32 \text{ м.}$$

Корректируем ранее найденное напряжение в приведенном пролете $\sigma_{\text{пр.е.}} = 31 \text{ кг/мм}^2$ для $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{ C}$

$$\sigma_{\text{кор}} = \sigma \frac{32}{36} = \frac{8}{9} \cdot 31 = 27,6 \text{ кг/мм}^2$$

По номограмме на стр. 35 определим стрелу провеса стального каната ТК-20 в пролете пересечения $l = 1200$ м при гололеде

$$f_2 = 46 \text{ м} < 49 \text{ м}$$

Габарит над отметкой ледостава в озере выдержан с запасом 3 м.

ПРИМЕР 10.

Построить максимальный шаблон для расстановки по профилю железобетонных опор ВЛ 35 кВ. Габаритный пролет для данных опор, климатических условий и марки провода выбран по проекту опор, равным 200 м. Провод АС 95. Климатические условия: $P_H = 65 \text{ кг/м}^2$, $C = 10 \text{ мм}$, $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^\circ \text{ С}$.

РЕШЕНИЕ

По графику на стр. 79 определяем стрелу провеса провода для выбранного габаритного пролета

$$f = 5,5 \text{ м.}$$

По графику N 1 или таблице на стр. 33 составим таблицу координат максимального шаблона умножением найденной стрелы провеса в середине пролета на соответствующий понижающий коэффициент.

Х	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
е											
Хм	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Ум	0	2,65	3,52	4,62	5,28	5,50	5,28	4,62	3,52	2,65	0

Шаблон построен для наивысшей температуры, так как стрела провеса провода АС 95 при гололеде, согласно примечанию на графике, на стр. 79, на 15-17 см меньше, чем при наивысшей температуре $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^\circ \text{ С}$.

ПРИМЕР 11.

Шоссейная дорога II категории пересекается ВЛ 10 кВ согласно рис.8. Переход выполнен на угловых промежуточных опорах. Нормируемый ПУЭ габарит пересечения в нормальном режиме работы ВЛ 7 м, в аварийном 4,5 м. Провод АС 50.

Климатические условия : ветер 40 кг/м^2 , гололед 5 мм. Наивысшая температура $t = \text{плюс } 40^\circ \text{ С}$, среднеэксплуатационная температура $t_3 = 0^\circ \text{ С}$. Требуется проверить габарит пересечения в нормальном и в аварийном режиме работы ВЛ.

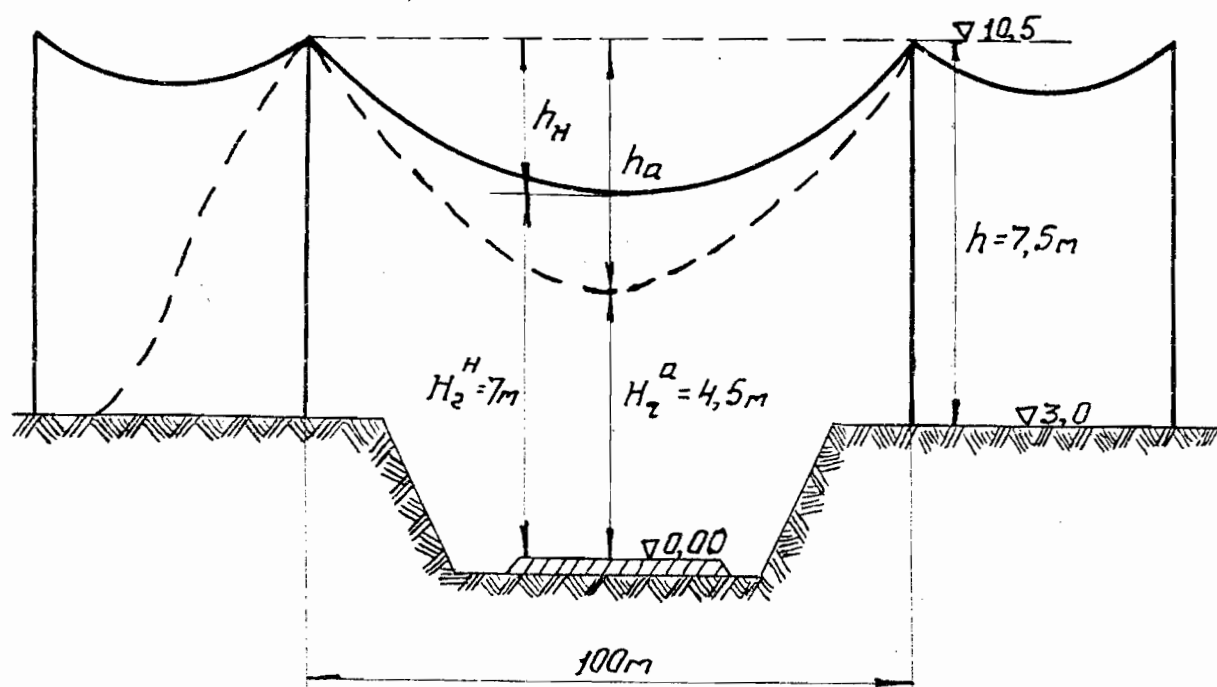


Рис. 8

РЕШЕНИЕ.

Допускаемая стрела провеса провода в нормальном режиме работы ВЛ
 $7,5 + 3 - 7 = 3,5 \text{ м.}$

Допускаемая стрела провеса провода в аварийном режиме работы ВЛ
 $7,5 + 3 - 4,5 = 6 \text{ м.}$

Габарит пересечения в нормальном режиме работы ВЛ должен быть выдержан при наибольшей стреле провеса провода.

По графику на стр. 69 для провода АС при $\sigma_{\text{доп.}} = 10,5 \text{ кг/мм}^2$ записываем стрелу провеса провода в пролете пересечения при $t = \text{плюс } 40^\circ \text{ С.}$

Согласно указаний в пояснительной записке эта стрела провеса является наибольшей, т. е. превышает стрелу провеса при гололеде без ветра.

$f_{\text{макс.}} = 1,65 \text{ м.}$

Поскольку полученная стрела провеса меньше допускаемой

$$1,65 < 3,5 \text{ м}$$

габарит пересечения в нормальном режиме работы ВЛ выдержан с запасом

$$3,5 - 1,65 = 1,85 \text{ м.}$$

Габарит пересечения при обрыве провода в соседнем пролете проверяется при среднеэксплуатационной температуре.

Стрелу провеса в пролете пересечения при среднеэксплуатационной температуре в нормальном режиме работы ВЛ определяем по таблице напряжения в РУМе N 5 за 1995 год.

$$f_0 = 0,97 \text{ м.}$$

Длина шлейфа для угловой промежуточной опоры составляет 0,4 м.

По графику на стр. 40 отсчитываем стрелу провеса f в пролете пересечения $l=100 \text{ м}$ по известной стреле провеса провода в нормальном режиме работы ВЛ

$$f = 4,0 \text{ м.}$$

Полученная стрела провеса меньше допускаемой

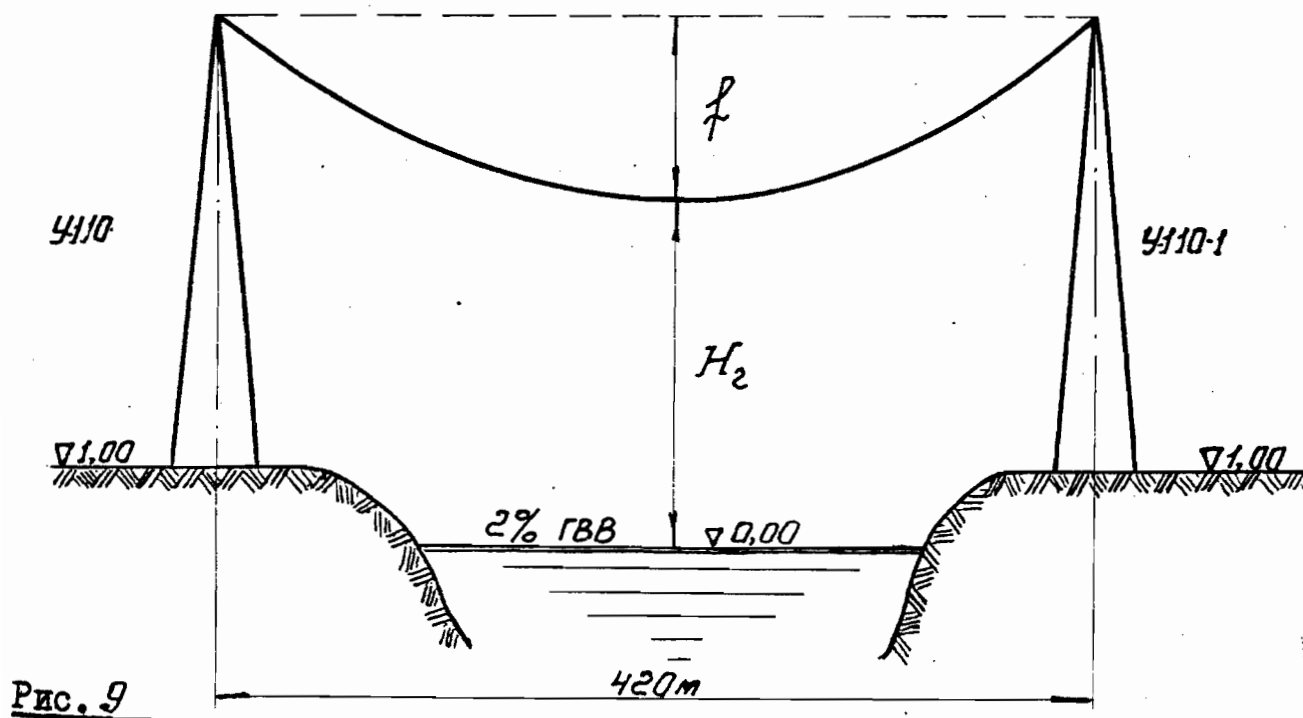
$$4,0 < 6 \text{ м}$$

Следовательно габарит пересечения в аварийном режиме работы ВЛ выдержан с запасом

$$6 - 4,0 = 2,0 \text{ м}$$

ПРИМЕР 12

Пересечение ВЛ 10 кВ с судоходной рекой намечено выполнить на металлических опорах У-110-I (см.рис. 9). Определить высоту опоры и марку провода, исходя из минимума затрачиваемого металла.



Требуемый судоходный габарит $H = 14$ м.

Изысканные климатические условия по трассе ВЛ :

Расчетная скорость ветра 25 м/с ($P = 40 \text{ кг/м}^2$).

Гололед $C = 5$ мм.

Максимальная температура $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 32^\circ \text{ C}$.

Минимальная температура $t_{\text{мин.}} = \text{минус } 40^\circ \text{ C}$.

Среднеэксплуатационная температура воздуха

$$t_{\text{э}} = \text{плюс } 3,4^\circ \text{ C}.$$

Приводим изысканные климатические условия трассы к створу пересечения :

1) Толщину стенки гололеда увеличиваем на одну ступень

$$C = 5 + 5 = 10 \text{ мм}$$

2) Поскольку требуемый габарит перехода составляет $H_2 = 14$ м, принимаем коэффициент увеличения скоростного напора по ветру равным $K = 1,35$ (высота подвески центра тяжения провода в пределах 15-25 м)

$$P_H = 40 \times 1,35 = 54 \text{ кг/м}^2$$

Для выполнения предварительных расчетов по графикам принимаем следующие климатические условия :

$$P_H = 50 \text{ кг/м}^2, \quad C = 10 \text{ мм}, \quad t_{\text{мин}} = \text{минус } 40^\circ \text{ C}$$

$$t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 40^\circ \text{ C}, \quad t_{\text{э}} = 0^\circ \text{ C}$$

Эти условия несколько отличаются от фактических (однако, полученные результаты мало отличаются от действительных, а для окончательно выбранной марки провода полученную стрелу провеса можно уточнить с учетом фактических условий на пересечении.

Определим допускаемую стрелу провеса провода для случая применения опор У-110-I без подставок и с подставками высотой 5 м.

$$f \text{ доп.1} = 10,5 + 1 - 14,0 = -2,5 \text{ м.}$$

$$f \text{ доп.2} = 19,5 + 1 - 14,0 = 6,5 \text{ м.}$$

$$f \text{ доп.3} = 24,5 + 1 + 14,0 = 11,5 \text{ м.}$$

При выбранном профиле пересечения применение опор У-110-I без подставок исключается.

Результаты вычислений сведены в таблицу I.

Таблица I.

Допускаемая стрела провеса провода м

Шифр опоры	Наличие подставок	Габарит подвески нижнего провода	Допускаемая стрела провеса провода м.
У-110-I	-	10,5	нет
У-110-I+9	9	19,5	6,5
У-110-I+14	9+5	24,5	11,5

Выбираем по графикам (см. Часть II) стрелы провеса проводов разных марок и сечений и результаты сопоставления с величиной допускаемой стрелы провеса сводим в таблицу 2.

Таблица 2.

Марка провода	Стрела провеса провода, м	Запас в габарите при установке опор		
		У-110-I	У-110-I+9	У-110-I+14
ПС 35	16,6	Нет	Нет	Нет
ПС 50	14,8	Нет	Нет	Нет
ТК-9	5,5	Нет	1,35	6,35

Поскольку все отклонения от климатических условий приняты в сторону запаса в габарите и при уточнении стрелы провеса последняя уменьшится, принимаем окончательно канат марки ТК-9, монтируемый на опорах У-110-I+9 (с одной

подставкой). Вариант установки опоры У-110+14 (с двумя подставками) отклоняется, как неэкономичный по расходу металла.

Последующее уточнение стрелы провеса провода производим по таблице N 4 (РУМ N 5 1995 г.).

(РУМ N 5 1995 г.)
По таблице N 4 при $t = \text{плюс } 40^{\circ} \text{ C}$ $G = 35,6 \text{ кг/мм}^2$ и $f = 5,15 \text{ м}$.

Фактические климатические условия на переходе отличаются от принятых на величину

$$t_{\text{макс.}} = +40 - 32 = 8^{\circ} \text{ C}$$

$$t_{\text{ср}} = 3,2 - 0 = 3,2^{\circ} \text{ C}$$

$$\Delta t = 11,2^{\circ} \text{ C}$$

Следовательно напряжения в проводе и соответствующие им стрелу провеса следует принимать при $t_{\text{макс.}} = \text{плюс } 28,8^{\circ} \text{ C}$, чему соответствует

$$G_t = 35,6 + 1,6 = 37,2 \text{ кг/мм}^2$$

Уточненная стрела провеса при $G_{\text{ут}} = 37,2 \text{ кг/мм}^2$ может быть найдена по номограмме на стр. 35 или по соотношению

$$f_{\text{уточн.}} = f \times \frac{G}{G_{\text{уточн.}}} = 5,15 \times \frac{35,6}{37,2} = 4,9 \text{ м.}$$

Как и было сказано выше уточненная стрела провеса мало отличается от найденной по графику. Окончательный запас в габарите составляет 1,95 м.

ЧАСТЬ I

**ГРАФИКИ НАПРЯЖЕНИЙ И СТРЕЛ ПРОВЕСА ПРОВОДОВ
МАРОК А, АС, ПС и ТК МОНТИРУЕМЫХ С ОСЛАБЛЕННЫМ
ТЯЖЕНИЕМ ПО УСЛОВИЯМ ПРОЧНОСТИ ОПОР, РАЗРАБОТАННЫХ
ИНСТИТУТОМ "СЕЛЬЭНЕРГОПРОЕКТ"**

ПЕРЕЧЕНЬ
прилагаемых графиков и номограмм

N пп	Наименование	Лист
1	2	3
1.	Универсальный максимальный шаблон.	33
	Таблица относительных стрел провеса.	
2	График для определения относительной	
	стрелы провеса над пересекаемым соо-	
	ружением	33
3.	Номограмма для определения стрел провеса	
	проводов для случая действия приведенной	
	нагрузки от собственного веса провода	34
4.	То же, для стальных канатов	35
5.	График для определения длины эквива-	36
	лентного пролета	
6.	График для определения длины приведенного	37
	пролета	
7.	График для определения температуры	
	дополнительного нагрева проводов элект-	
	рическим током нагрузки	38
8.	График для определения коэффициентов	
	редукции тяжения при обрыве провода в	
	соседнем пролете для ВЛ с креплением	
	проводов на подвесных изоляторах	39
9.	То же, для ВЛ с креплением проводов на	
	штыревых изоляторах	40
10.	Требования ПУЭ к устройству пересечений	
	ВЛ 6-10 кВ	41
11.	Требования ПУЭ к устройству пересечений	
	ВЛ 35 кВ	47
12.	Перечень документации на опоры ВЛ для	
	пересечений ВЛ 10 кВ с инженерными	
	сооружениями	53

Универсальный максимальный

шаблон

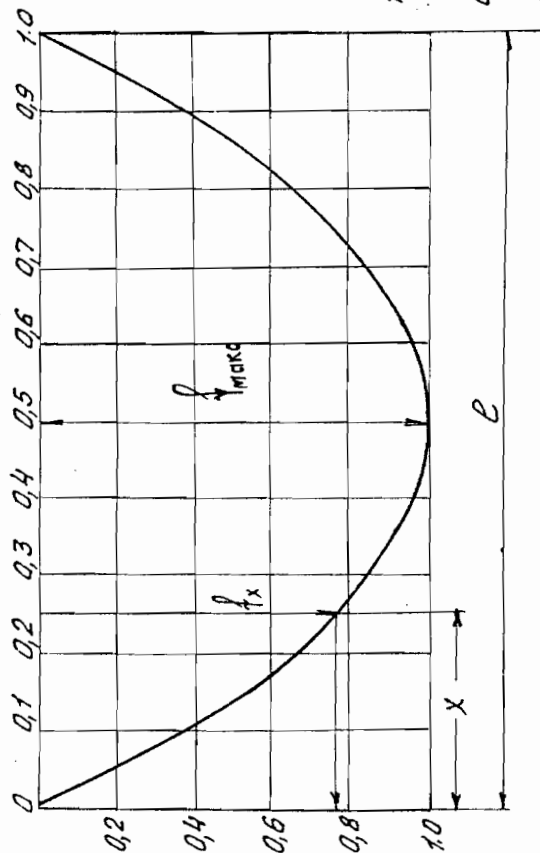


График для определения относительной стрелы провеса провода над пересекаемым объектом

где $\kappa = 4 \left[\frac{x}{c} - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right]$ находится по графику κ

$$f_x = \kappa \cdot f_{\text{макс.}}$$

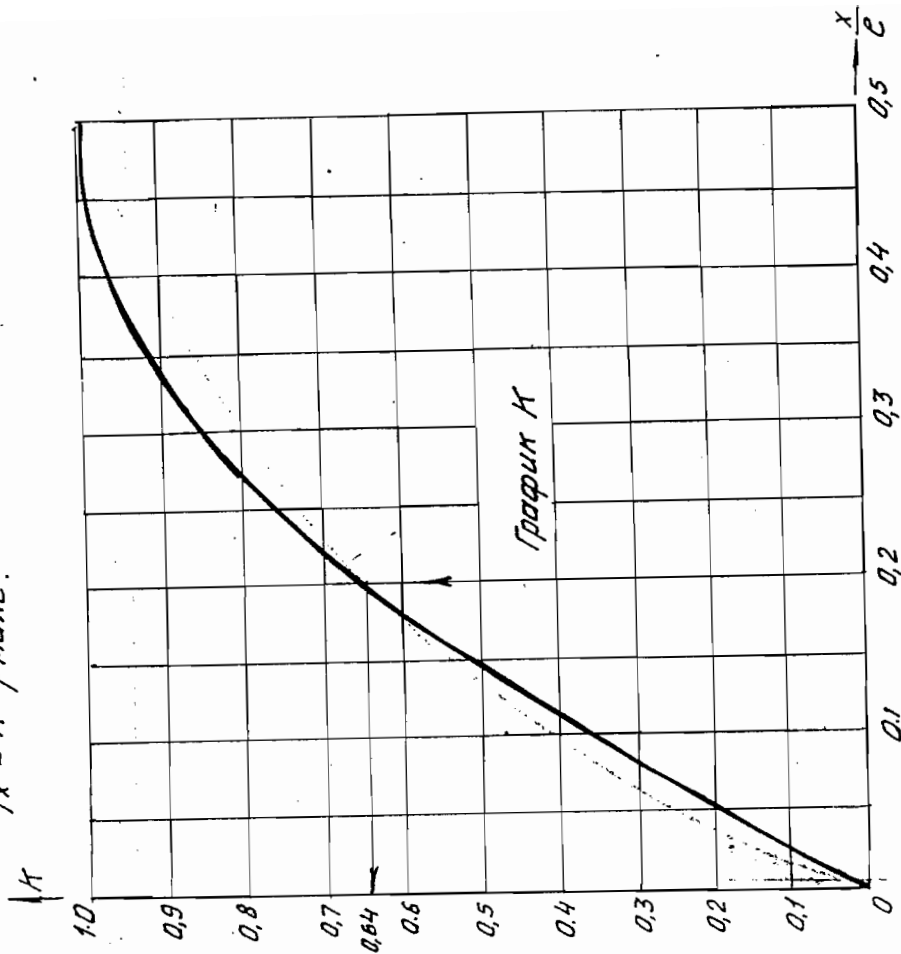
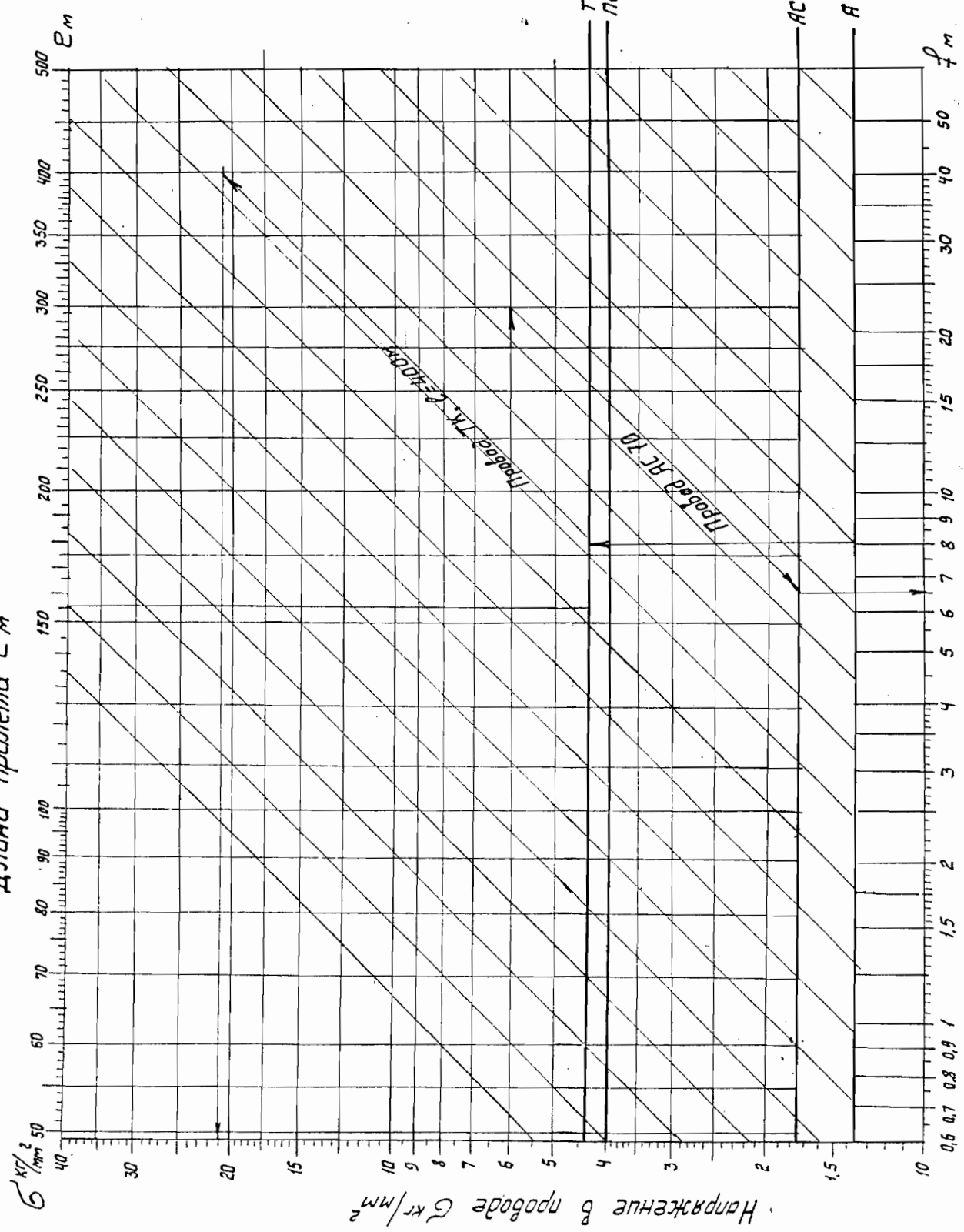


Таблица относительных стрел провеса

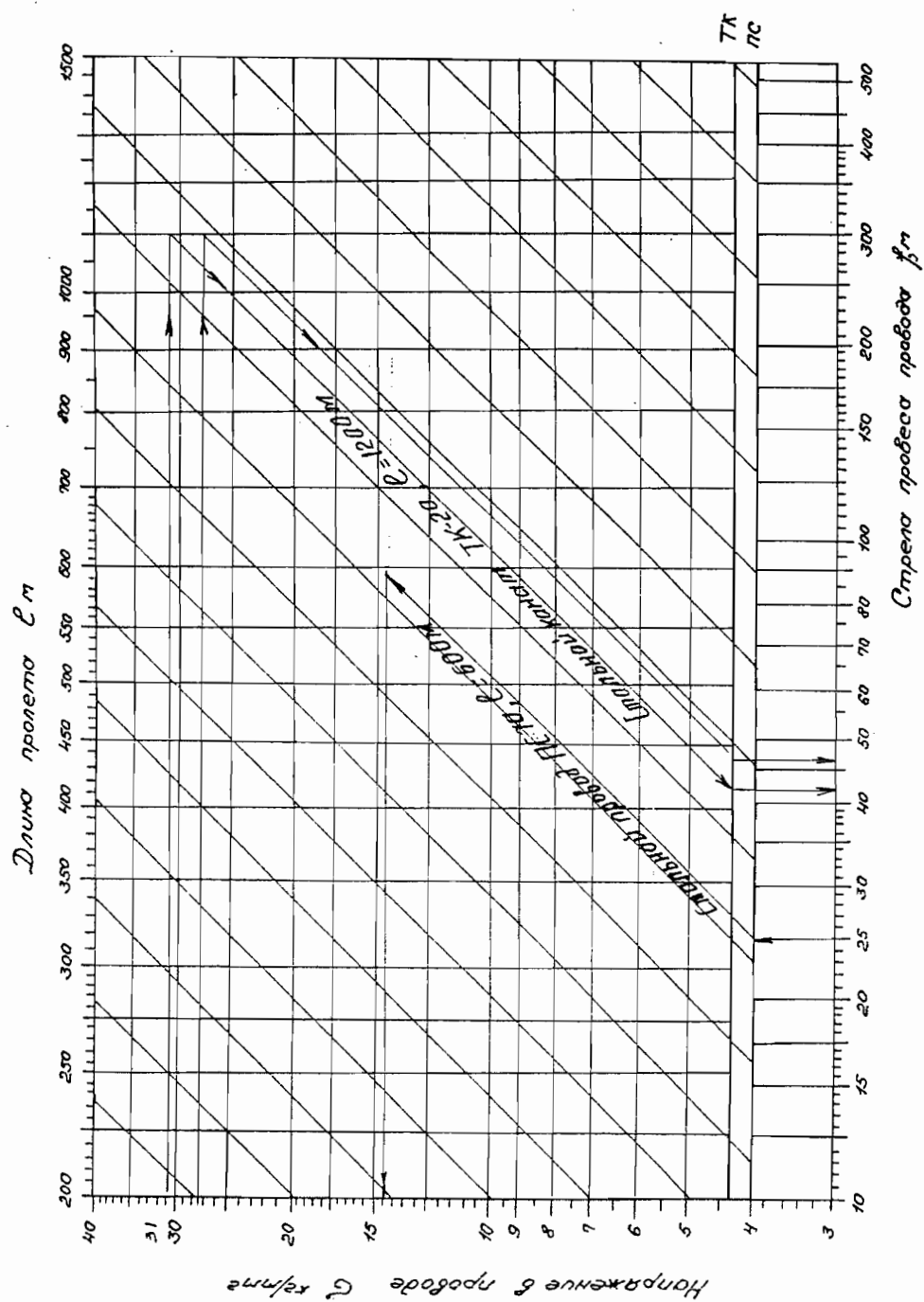
$\frac{x}{c}$	$f_x / f_{\text{макс.}}$
0	0
0,1	0,36
0,2	0,64
0,3	0,84
0,4	0,96
0,5	1,0
0,6	0,96
0,7	0,84
0,8	0,64
0,9	0,36
1,0	0

Длина пролета l м



Стрела провеса провода, f м

Номаграмма для определения стрелы провеса проводов по формуле $f_m = \frac{\gamma l^2}{8G}$



Номограмма для определения стрел провеса стальных канатов

$$f = \frac{8l^2}{86}$$

График для определения длины эквивалентного пролёта

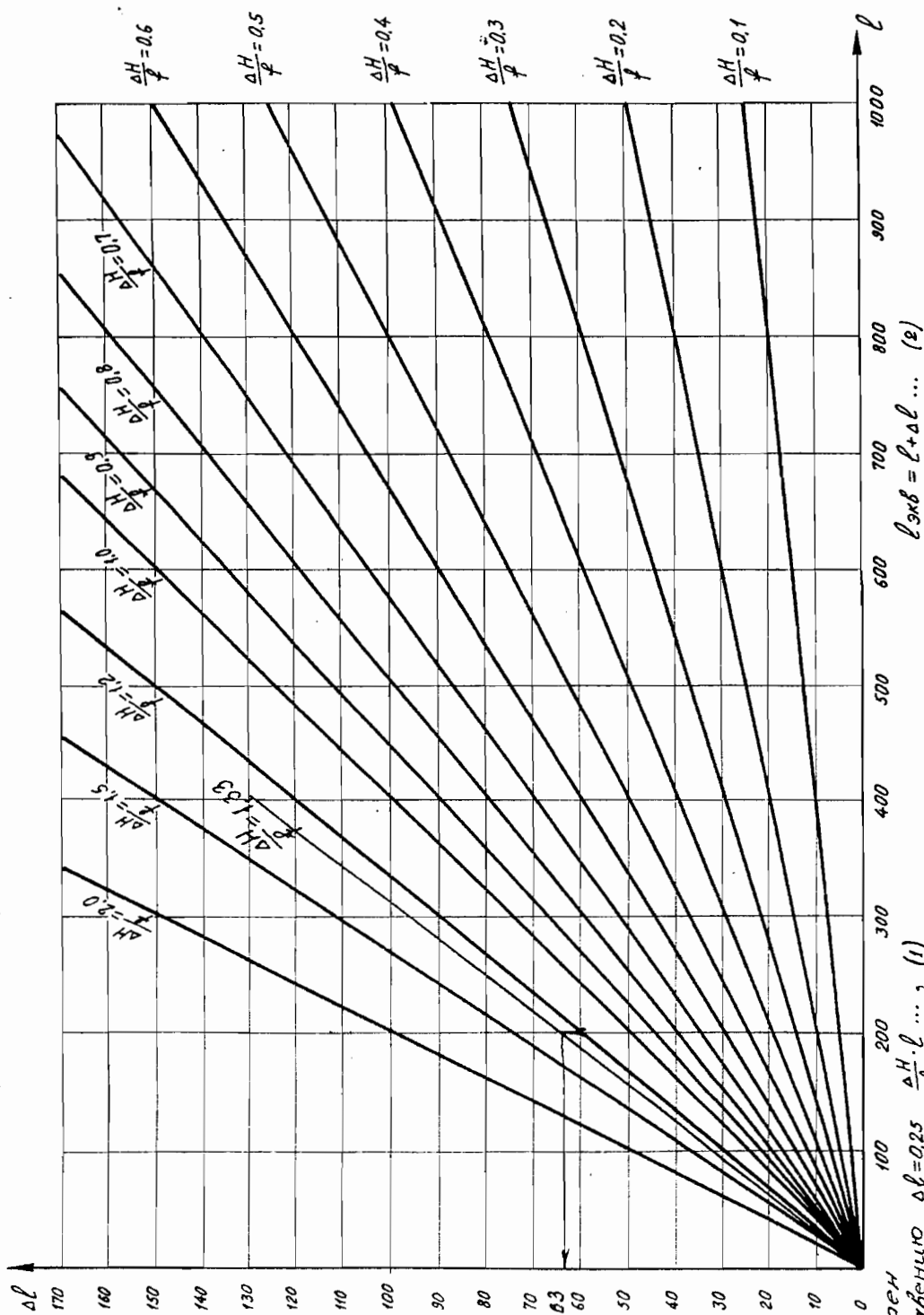
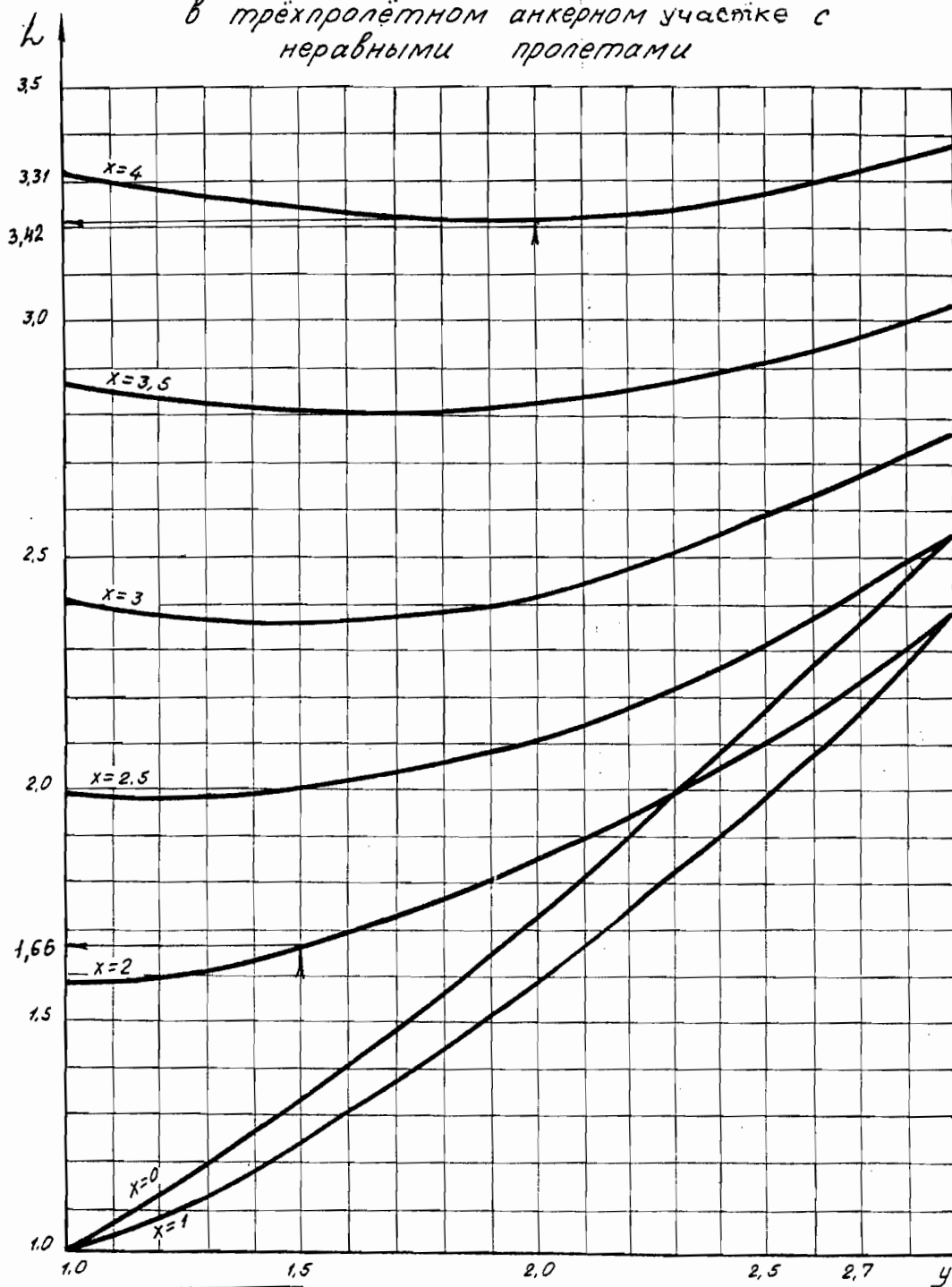


График построен по уравнению $\Delta l = 0.25 \frac{\Delta H}{f} \cdot l \dots (1)$
 где ΔH — разность отметок точек подвеса провода
 f — стрела провеса для пролёта пересечения.

График для определения длины приведённого пролёта
в трёхпролётном анкерном участке с
неравными пролётами



$$Z = \sqrt{\frac{1+y^3+x^3}{1+y+x}}, \text{ где } Z = \frac{l_{\text{прив}}}{l_1}; y = \frac{l_2}{l_1}; x = \frac{l_3}{l_1}$$

(график построен в относительных величинах) 37

График для определения температуры дополнительного нагрева проводов
электрическим током нагрузки

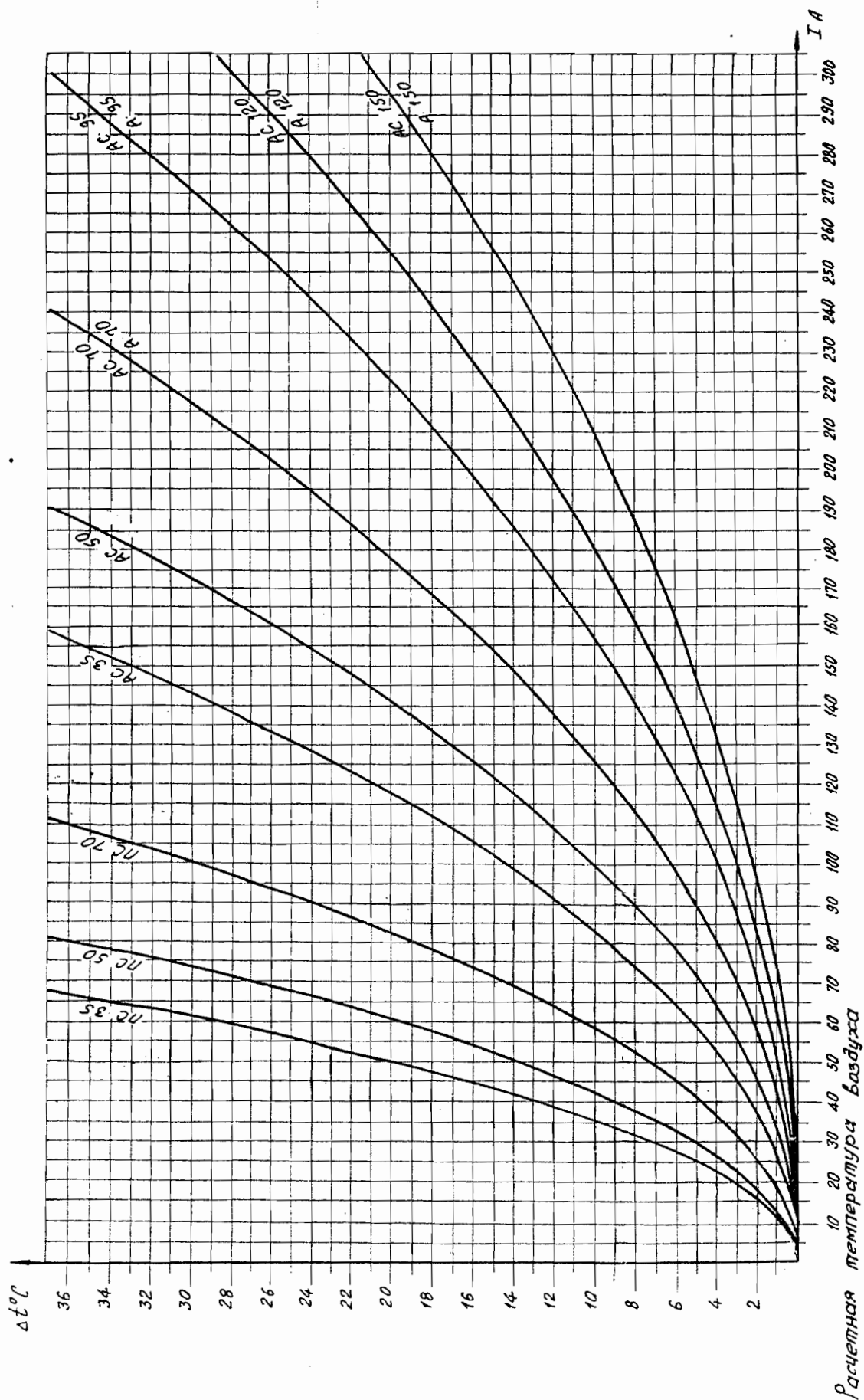


График для определения

K_1 коэффициента редукции тяжения K_1

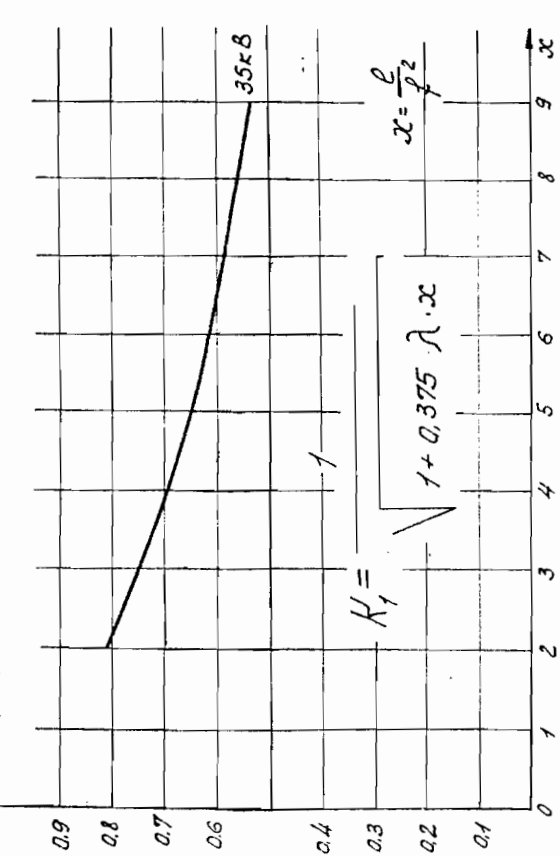
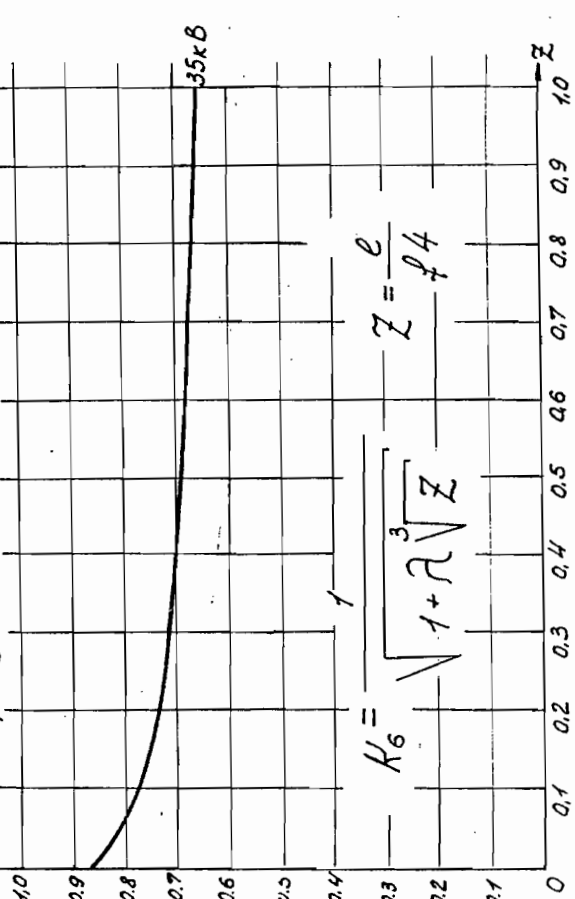


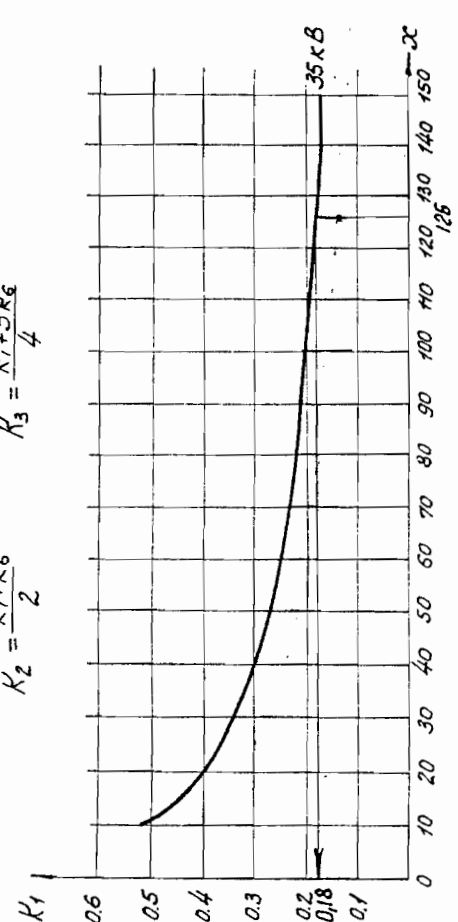
График для определения

K_6 коэффициента редукции тяжения K_6



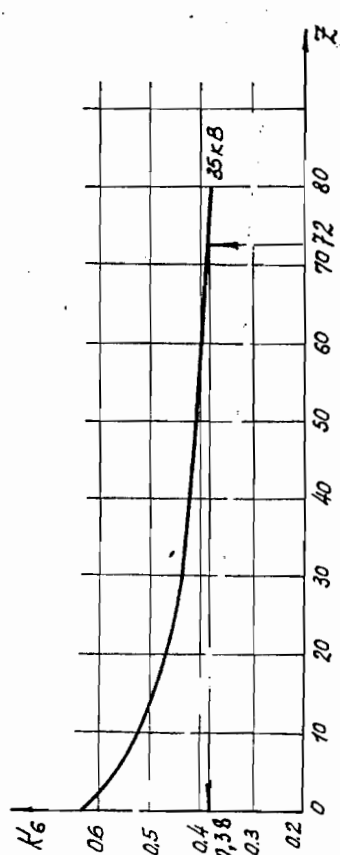
$$K_2 = \frac{K_1 + K_6}{2}$$

$$K_3 = \frac{K_1 + 3K_6}{4}$$



$$K_4 = \frac{K_1 + 7K_6}{8}$$

$$K_5 = \frac{K_1 + 15K_6}{16}$$



λ - длина гирлянды изоляторов ВЛ 35кВ - 0,8м;

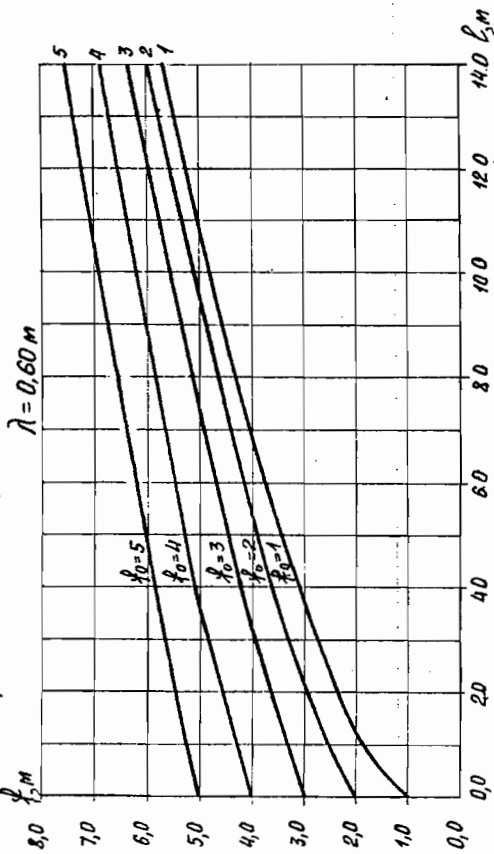
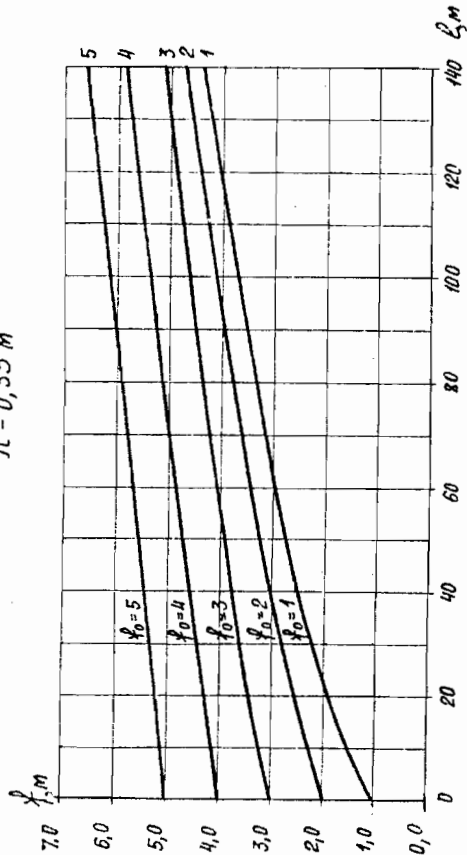
f - стрела провеса провода.

l - длина пролета (см. поясн. записку)

Графики

для определения стрел провеса в пролете пересечения при обрыве провода в соседнем пролете для ВЛ6-10 с креплением проводов на штыревых изоляторах

$\lambda = 0,35 \text{ м}$



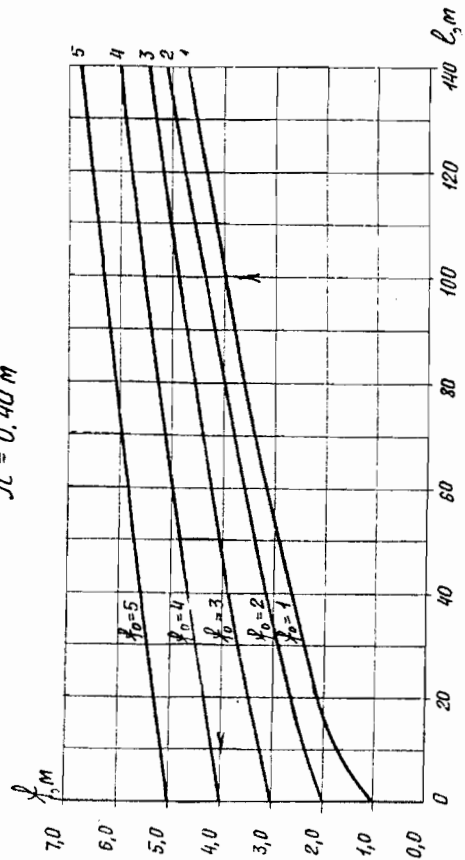
Длина шлейфа в м = при двойном креплении проводов к штыревым изоляторам

N	Наименование опор		λ м
1	Промежуточная		0,35
2	Узловая промежуточная в населенной местности		0,4
3	Ответвительная по магистрали		0,60

Графики построены по формуле

$$f = \sqrt{f_0^2 + \frac{3}{8} \lambda l}, \text{ где } f_0 - \text{стрела провеса провода в нормальном режиме при } t_3, \lambda - \text{длина шлейфа}$$

$\lambda = 0.40 \text{ м}$



ТРЕБОВАНИЯ ПУЭ К УСТРОЙСТВУ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ВЛ 6-10 кВ							Приложение к части I	
Таблица №1								
№ пп	Наименование пересекемого сооружения	Тип опор	Минимальное сечение провода пересекемой ВЛ	Требования к креплению проводов	Допустимый габарит пересечения	Угол пере-сече-ния	Дополнительные требования	Основания
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Пересечение ВЛ между собой								
I	ВЛ 6-10 кВ	Анкерные или промежуточные Ж.б. опоры Одноствойные деревянные опоры пересекшей ВЛ должны иметь железобетонные пазники	Алюминиевые - 70 мм ² Стальные - 35 мм ²	Натяжные гирлянды изоляторов; клиновое или болтовое зажимы. Изоляторы подвесные - одностоечные напряжение крепление и глухие зажимы. Изоляторы штырьные - двойное крепление и глухие зажимы. Провода пересекшей ВЛ в пролете пересечения не должны иметь соединений	Расстояние между проводами при пересечении ВЛ 6-10 кВ и с ВЛ более низкого напряжения при пролете до 100 м - 2 м, при пролете до 150 м - 3 м. при расстоянии до опоры 30 м - 2 м, при расстоянии до опоры более 30 м - 2,5 м. Температура окружающего воздуха принимается равной +15°C	Не нормируется	Провода ВЛ более высокого напряжения должны располагаться выше проводов ВЛ низкого напряжения. На деревянных опорах, ограничивающих пролеты пересечения, на обеих пересекшихся ВЛ устанавливаются трубчатые разрядники. На ВЛ 6-10 кВ допускается применять вместо трубчатых разрядников защитные промежутки. При этом ВЛ должны быть оборудованы АПВ. При расстоянии от пересечения до ближайшей опоры пересекемой ВЛ не более 40 м разрядники или защитные промежутки устанавливаются только на ближайшей опоре. При расстоянии между проводами 4,0 м для ВЛ 6-10 кВ защита не требуется. Сопротивления заземляющих устройств для трубчатых разрядников и защитных промежутков принимаются в соответствии с 2.5.76 ПУЭ-85	ПУЭ-1985 с 2.5.119 по 2.5.123 Таблицы 2.5.25и 2.5.26

продолжение таблицы I

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Линии связи I класса и II класса, несущие пешеходные и многоканальные аппараты.	П. Пересечение опоры - на железобетонных приставках либо с приваренными из дерева породами сосны, пропитанной антисептиками автоклавным или равноценным ему способом.	Алюминиевые - 70 мм. Сталеалюминиевые - 2 - 35 мм.	Натяжные гирлянд, изоляторов, клиновое или болтовое зажимы. Провода в пролете пересячения не должны иметь соединений	Наименьшие расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов линий связи и сигнализации при наличии грозозащитных устройств на ВЛ для ВЛ-6-10 кВ - 2 м, ВЛ-25 м. В противном случае - 4 м. При обрыве проводов ВЛ в смежных пролетах вертикальное расстояние до пересекаемых проводов линий связи и сигнализации должно быть не менее 1 м. Расстояние по вертикали в нормальном режиме определяется при высшей температуре без учета нагрева электропроводов или при токах или при токах в аварийном режиме - при среднемодовой температуре	Не нормируется	Расстояние по горизонталу от проводов линии связи и сигнализации до опор ВЛ - не менее 7 м. Расстояние по горизонталу от опор линии связи и сигнализации до проводов ВЛ - не менее 10 м. На опорах линии связи и сигнализации, ограничивающих пролет пересячения, устанавливаются шунтирующие спуски с воздушными промежутками с сопротивлением заземления не более 25 Ом. Провода линии связи и сигнализации должны иметь двойное крепление. На ВЛ устанавливаются грубые разрядники или защитные промежутки. В местах пересячения с ВЛ 6-10 кВ на штыревых изоляторах линии радификации должны быть двойные подвесные кабели с защитой их от грозых перенапряжений. Расстояние по горизонталу от основания кабельной опоры линии связи до проекции ближайшего провода пересячения ВЛ должно быть не менее 10 м, а ВЛ с каналами высокочастотной связи 30-150 кГц с аппаратами мощностью более 10 Вт до расчетного не менее 100 м. Наименьшее расстояние по горизонталу от кабеля связи до заземлителя опоры или ближайшей части опоры должно быть не менее: 10 м при удельном сопротивлении до 1.10 ⁴ Ом.см, 25 м - от 1.10 ⁴ Ом.см, 35 м - от 5.10 ⁴ Ом.см, 50 м - более 10.10 ⁴ Ом.см	ПУЭ-1985 с 2.5.125 по 2.5.139 Таблица 2.5.28
3	Остальные линии связи.	Промежуточная за исключением одностоечных деревянных		Изоляторы подвесные - одностоечные крепление, глухие зажимы. Изоляторы штыревые - двойное крепление. Провода в пролете пересячения не должны иметь соединений.				

продолжение таблицы I								
I	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Железные дороги электрифицированные или подлежащие электрификации	Анкерные нормальные. В пролете пересечения допускается между путями или по краям полотна путей установка промежуточных металлических чешек или железобетонных опор.	Сталеалюминиевые - 70 мм ²	Натяжные тросы, изоляторы, клиновое или болтовое зажимы. Подвесные изоляторы, двойное крепление подвески, глухие зажимы.	Расстояние от провода ВЛ до троса контактной сети не менее 3 м; на высоте опор плюс 3 м; на стесненных участках трасса не менее 3 м. Расстояние от проводов до головок рельса определяется в нормальном режиме при высшей температуре воздуха с учетом нагрева электрическим током, в аварийном режиме - при среднегодовой температуре без ветра и гололеда.	Не менее 40.	Расстояние от основания опор ВЛ до газарта при-сложения стоек на не-электрифицированных железных дорогах или до оси контактной сети - не менее высоты опор плюс 3 м; на стесненных участках трасса не менее 3 м. Расстояние от проводов до головок рельса определяется в нормальном режиме при высшей температуре воздуха с учетом нагрева электрическим током, в аварийном режиме - при среднегодовой температуре без ветра и гололеда.	ПУЭ-1985 с. 2.5.140 по 2.5.144 Таблица 2.5.31
5	Железные дороги неэлектрифицированные общего пользования.	То же	То же	То же	Расстояние от проводов ВЛ до головок рельса 7,5 м; при обрыве проводов в смежном пролете широкая колея - 5 м. узкая колея - 4,5 м	Не нормируется	При пересечении ВЛ контактной сети защита от грозовых перенапряжений осуществляется так же, как и при пересечении ВЛ между собой (2.5.123)	Установка опор с оттяжками и соединения проводов в пролете не допускается
6	Железные дороги неэлектрифицированные общего пользования	Анкерные облегченные или промежуточные	То же	То же	Расстояние от проводов ВЛ до головок рельса 6 м, при обрыве проводов в смежном пролете широкая колея - 5 м. узкая колея - 4,5 м	Не нормируется	Установка опор с оттяжками и соединения проводов в пролете не допускается	

продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Автодороги I категории	IV. Пересечение ВЛ с автомобильными дорогами	Анкерные	Алюминиевые - 70 мм². Сталеалюминиевые - 35 мм².	Напряжение: 10 кВ - 110 кВ Ланды изоляторов, клиновы или болтовне зажимы. Изоляторы Литые - двойное крепление. Соединение проводов в пролете пересечений не допускается	Вертикальные расстояния от провода ВЛ до полотна - 7 м, при обране провода в со- седнем про- лете - 4,5 м	Горизонтальные расстояния от основания опор до бровки земляного полотна должны быть не менее высо- ты опоры; на стесненных участках трассы от любой части опоры до подован на- сыпи или до наружной бров- ки кювета для дорог I и II категории - 5 м и для дорог остальных категорий - 1,5 м. Расстояния от проводов до полотна дороги опре- деляется в нормальном ре- жиме при высшей температу- ре без учета нагрева электри- ческим током или при гололе- де без ветра, в аварийном режиме - при среднегодовой температуре без ветра и гололеда.	ПУЭ-1985 с 2.5.145 по 2.5.149 Таблица 2.5.32
8	Автодороги II-IV категории	Анкерные или промежуточные	То же	То же		Не нормиру- ет- ся		
9	Автодороги V категории	Требования аналогичны требованиям прохода ВЛ по неа- селенной мест- ности	То же					

I	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Сухоходные реки, каналы, шлюзы с регулярным судоходным движением	Анкерного типа концевые	Алюминиевые - 70 мм ² , Сталеалюминиевые - 35 мм ²	Натяжные тросы, клиновое или одностороннее захватывающие. Изоляторы - подвесные - одинарные и крепление и глухие захваты. Соединение проводов в пролете пересечений не допускается	Расстояние от проводов до уровня самых высоких вод при наибольшей температуре -6м, до судов и слада при наибольшем горизонте воды и наименьшей температуре -2 м	Не нормируется	При проходе ВМ вблизи неразводных мостов, где мачты и трубы судов должны быть опущены, разрешается по согласованию уменьшать габариты. Расстояние по вертикали от проводов до судов и слада определяется при наибольшей температуре без учета нагрева электрическим током при наибольшем горизонте воды в реке, до поверхности льда - при $t = -5^{\circ}\text{C}$ и гололеда без ветра	ПУЭ-1985 с 2.5.154 по 2.5.156 Таблица 2.5.34
11	Несудоходные реки и каналы	Не оговаривается	То же	-	Расстояние от проводов до уровня самых высоких вод при $t = -5^{\circ}\text{C}$ -3 м. До уровня льда при $t = -5^{\circ}\text{C}$ при наличии гололеда -6 м			
12	Надземные трубопроводы без горючих жидкостей и газов	Анкерные	Алюминиевые - 70 мм ² , Сталеалюминиевые - 35 мм ²	Провода ВМ не должны иметь соединений в пролете пересечения. На опорах с подвесными изоляторами допускается одинарное крепление проводов. Подвесные зажимы должны быть глухими. При штыревых изоляторах крепление проводов ВМ должно быть двойным	Расстояние от проводов ВМ по вертикали при наибольшей стреле провеса до любой части трубопровода должно быть не менее 3 м. При обрыве провода в соседнем пролете указывается расстояние до следующего указателя. При обрыве провода в соседнем пролете указывается расстояние до следующего указателя. При обрыве провода в соседнем пролете указывается расстояние до следующего указателя. При обрыве провода в соседнем пролете указывается расстояние до следующего указателя.	Не нормируется	Подвеска сеток на опорах ВМ запрещается. Провода ВМ должны быть расположены над трубопроводами. В стесненных условиях разрешается располагать провода ВМ под трубопроводами, но в этом случае они должны быть защищены специальными сетками. В пролетах пересечения с ВМ металлические трубопроводы должны быть заземлены в соответствии с гл. I.7. Расстояние по вертикали проводов ВМ до трубопроводов определяется при наибольшей стреле провеса (высшая температура или гололед)	ПУЭ-1985 с 2.5.164 по 2.5.168 Таблица 2.5.36

окончание таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9
I3	Надземные трубопроводы с горючими жидкостями и газами канатные дороги	Анкерные	Алюминиевые - 70 мм. Сталеалюминиевые - 35 мм.	Провода ВД не должны иметь соединений в пролете пересечения. На опорах с подвесными изоляторами допускается одностороннее крепление проводов: подвесные должны быть глухими. При штыревых изоляторах крепление проводов ВД должно быть двойным	Расстояние от проводов ВД по вертикали при наибольшей нагрузке до любой части трубопроводов или канатных дорог должно быть не менее 3 м. При обрыве провода в соседнем пролете установка проводов должна уменьшаться на 2 м		Подвеска сеток на опорах ВД запрещается. Провода ВД должны быть расположены над трубопроводами и канатными дорогами. В стесненных условиях разрешается расплачивать провода ВД под трубопроводами и канатными дорогами, но в этом случае они должны быть защищены специальными сетками. В пролетах пересечения с ВД металлические трубопроводы и канатные дороги должны быть заземлены в соответствии с гл. I.7.	ПУЭ-1985 с 2.5.164 по 2.5.168 Таблица 2.5.36
УП. Пересечение ВД с подземными трубопроводами								
I4	Магистральные газопроводы с давлением более 12 ат. и магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы	Не оговаривается	Не оговаривается	Не оговаривается	При пересечении расстояния по горизонтали от трубопроводов до фундаментов опор ВД должна быть не менее 5 м.	Не нормируется	Магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы на участках пересечения с ВД в пределах охранной зоны должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к трубопроводам III категории (контроль всех сварных стыков физическими методами).	ПУЭ-1985 с 2.5.164 по 2.5.168 Таблица 2.5.36
I5	Магистральные газопроводы с давлением 12 ат. и менее и трубопроводы различного назначения.				То же		На участках пересечения ВД (в пределах охранной зоны) контроль всех сварных стыков магистральных газопроводов должен быть произведен физическими методами	

ТРЕБОВАНИЯ ПУЭ К УСТРОЙСТВУ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ							Приложение к части I	
ВЛ 35 кВ							Таблица № 2	
№ пп	Наименование пересекемого сооружения	Тип опор	Минимальное сечение провода пересекемой ВЛ	Требования к креплению проводов	Допустимый габарит пересечения	Угол пересечения	Дополнительные требования	Основание
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I	ВЛ 35 кВ	Анкерные или промежуточные опоры	Сталеалюминевые - 70 мм ²	Натяжные тросы, изоляторы, клиновое или болтовое зажимы. Изоляторы полновесные - одинарное крепление проводов и глухие зажимы. Провода и тросы пересекшей ВЛ в пролете пересечения не должны иметь соединений	Расстояния между проводами или между проводами и тросами при пересечении ВЛ 35 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения - 3 м. Температура окружающего воздуха принимается равной +15°C	Не нормируется	Провода ВЛ более высокого напряжения должны располагаться выше проводов ВЛ низкого напряжения. На деревянных опорах, ограничивающих пролеты пересечения, на обеих пересекавшихся ВЛ устанавливаются тросчатые разрядники. На ВЛ 35 кВ и ниже допускается применять вместо тросчатых разрядников защитные промежутки. При этом ВЛ должны быть оборудованы АПВ. При расстоянии от пересечения до ближайшей опоры пересекемой ВЛ не более 40 м разрядники или защитные промежутки устанавливаются только на ближайшей опоре. При расстоянии между проводами 5,0 м для ВЛ 35 кВ защита не требуется. Сопротивления заземляющих устройств для тросчатых разрядников и защитных промежутков принимаются в соответствии с 2.5.76 ПУЭ-85	ПУЭ-1985 с 2.5.119 по 2.5.123 Таблицы 2.5.25 и 2.5.26

продолжение таблицы 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Линии связи I класса и II класса, несущие цепи, уплотненные многоканальными аппаратами. Линии МПС, несущие провода, железнодорожной автоматической и полуволновой или проводки или проволочной диспетчерской централизации	Анкерные на железобетонных приставках, как либо с приставками из древесины твердых пород или сосны, пропитанной антисептиками автоглавным или равноценным ему способом	Сталеалюминиевые - 70 мм.	Натяжные гирлянды изоляторов, клиновое или болтовое зажимы. Провода и тросы в пролете пересекающие должны иметь соединения.	Наименьшие расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов и линий связи и сигнализации при наличии грозозащитных устройств на ВЛ для ВЛ 35 кВ - 3 м. В противном случае - 5 м. При обрыве проводов ВЛ в смежных пролетах вертикальное расстояние до пересекаемых проводов линий связи и сигнализации должно быть не менее 1 м. В нормальном режиме расстойки определяются при температуре воздуха без учета нагрева электрическим током или при гололеде без ветра в аварийном режиме - при среднегодовой температуре без ветра.	Не нормируется	Расстояние по горизонтали от проводов линии связи и сигнализации до опор ВЛ - не менее 7 м. Расстояние по горизонтали от опор линии связи и сигнализации до проводов ВЛ - не менее 10 м. На опорах линии связи и сигнализации, ограничивающих пролет пересечения, устанавливаются муфты, спуска с воздушными промежутками с сопротивлением заземления не более 25 Ом. Провода линии связи и сигнализации должны иметь двойное крепление. На ВЛ устанавливаются трубчатые разрядники или заштыные промежутки. Наименьшее расстояние по горизонтали от кабелей связи до заземлителей опор или ближайшей части опор должно быть не менее: 10 м при удельном сопротивлении 1.10 ⁴ Ом.см. 25 м при удельном сопротивлении от 1.10 ⁴ до 5.10 ⁴ Ом.см. 35 м при удельном сопротивлении от 5.10 ⁴ до 10.10 ⁴ Ом.см. 50 м при удельном сопротивлении более 10.10 ⁴ Ом.см.	ПУЭ-1985 с 2.5.125 по 2.5.139 Таблица 2.5.28
3	Остальные линии связи	Промежуточные за исключением одноствольных деревянных	То же	Изоляторы подвесные, опорные крепление и глухие зажимы. Провода и тросы в пролете пересечения должны иметь соединения				

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Железные дороги электрифицированные или подлежащие электрификации	Анкерные нормальные. В пролете пересечения допускается между путями или по краям полотна на путях установка промежуточных металлических железобетонных опор	Сталеалюминиевые - 70 мм ²	Натяжные гирлянды изоляторов, клиновидные или болтовые зажимы. Подвесные изоляторы - двойное крепление цепей подвески, глухие зажимы	Расстояние от провода ВЛ до троса контактной сети то же, что и при пересечении ВЛ между собой (2.5.122)	Не менее 40	Расстояние от основания опоры ВЛ до газарита приобложения строения на электрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети - не менее высоты опоры плюс 3 м; на стесненных участках трассы для ВЛ 35 кВ - не менее 6 м. При пересечении ВЛ контактной сети защита от грозовых перенапряжений осуществляется так же, как и при пересечении ВЛ между собой (2.5.123). Установка опор с оттяжками и соединение проводов в пролете пересечений не допускается. Расстояние от проводов до головки рельса определяется в нормальном режиме при высшей температуре воздуха с учетом нагрева электрическим током, в аварийном режиме - при среднегодовой температуре без ветра и гололеда	ПУЭ-1985 с. 2.5.140 по 2.5.144
5	Железные дороги не электрифицированные общего пользования	То же	То же	То же	Расстояние от проводов ВЛ до головки рельса 7,5 м, при обрыве проводов в смежном пролете широкая колея - 6 м, узкая колея - 4,5 м	Не нормируется	Рекомендуется по углу 30°	Таблица 2.5.31
6	Железные дороги не электрифицированные общего пользования	Анкерные облегченные или промежуточные	То же	То же	Расстояние от провода ВЛ до головки рельса 7,5 м. При обрыве провода в смежном пролете 4,5 м	Не нормируется		

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Автомобили I категории	Анкерные	Сталеалюминиевые - 70 мм ²	Натяжные тросы, клиновые или болтовые зажимы. Изоляторы подвесные - одинарные крепление и глухие за- жимы.	Вертикальные расстояния от провода ВЛ до полотна дороги - 7 м, при обрыве в соседнем пролете - 4,5 м	Не нор- ми- ру- ется	Горизонтальные расстояния от основания опоры до обровки земляного полотна должно быть не менее вы- соты опоры; на стесненных участках трассы от любой части опоры до подшвы насыпи или до наружной обровки кювета для дорог I и II категории - 5 м и для дорог остальных категорий - 2,5 м.	ПУЭ-1985 с.2.5.145 по 2.5.149
8	Автомобили II-IV категории	Анкерные или промежуточные	То же	Соединение проводов и тросов в пролете пересечений не допускает- ся				Таблица 2.5.32
9	Автомобили V категории	То же	То же				Расстояние от проводов до полотна дороги опре- деляется в нормальном режиме при высшей тем- пературе без учета на- грева электрическим то- ком или при гололеде без ветра, в аварийном режиме - при среднего- довой температуре без ветра и гололеда	

I	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Судоходные реки, каналы, шлюзы с регулярным судоходным движением	Акерное типа - концевые. В случае применения стальных канатов марки ТК допускается выполнение перехода по схеме К-П-П-К	Сталеалюминиевые - 70 мм	Натяжные гирлянды изоляторов, клиновые или болтовые зажимы. Изоляторы подвесные - одновариные крепление и глухие зажимы. Соединение проводов и тросов в пролетах, пересечения не допускается.	Расстояние от проводов до уровня самых высоких вод при наивысшей температуре - 6 м, до судов и сплава при наивысшей температуре воды и наивысшей высоте - 2 м	Не нарушается	При проходе ВЛ вблизи неравнинных мест, где мачты и трубы судов должны быть опущены, разрешается по согласованию уменьшать габариты. Расстояние по вертикали от проводов до судов и сплава определяется при наивысшей температуре без учета нагрева электрическим током при наивысшем горизонте воды в реке, до поверхности льда при $t = -5^{\circ}\text{C}$ и гололеде без ветра	ПУЭ-1985 с 2.5.154 по 2.5.156 Таблица 2.5.34
II	Несудоходные реки и каналы	Не оговаривается	Сталеалюминиевые - 70 мм		Расстояние от проводов до уровня самых высоких вод при $t = +15^{\circ}\text{C}$ - 3 м. До уровня льда при $t = -5^{\circ}\text{C}$ при наличии гололеда - 6 м			
12	Надземные трубопроводы без горючих жидкостей и газов	Акерные	Сталеалюминиевые - 70 мм	Провода и тросы ВЛ не должны иметь соединений в пролетах пересечения. На опорах с подвесными изоляторами допускается одновариное крепление проводов; подвесные зажимы должны быть глухими	Расстояние от проводов ВЛ по вертикали и при наибольшей стреле провеса до нижней части трубопроводов должно быть не менее 4 м. При обрыве провеса в соседнем пролете, указанное расстояние уменьшается на 2 м	Не нарушается	Подвеска сетей на опорах ВЛ запрещается. Провода ВЛ должны быть расположены над трубопроводами и канатными дорогами. В стесненных условиях разрешается располагать провода ВЛ под трубопроводами, но в этом случае они должны быть защищены специальными сетками. В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы должны быть заземлены в соответствии с гл. 1.7. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до трубопроводов определяется при наибольшей стреле провеса (высшая температура или гололед), в аварийном режиме - при среднегодовой температуре без ветра и гололеда	ПУЭ-1985 с 2.5.164 по 2.5.168 Таблица 2.5.36

окончание табл. № 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Наземные трубопроводы с горючими жидкостями и газами Канатные дороги	Анкерные	Сталеалюминиевые - 70 мм ²	Провода и тросы ВЛ не должны иметь соединений в пролете пересечения. На опорах с подвесными изоляторами допускаются одиночные крепления проводов; подвесные зажимы должны быть глухими.	Расстояние от проводов ВЛ до вертикали при наибольшей стреле провеса до любой части трубопроводов или канатных дорог должно быть не менее 4 м. При обрыве провода в соседнем пролете указанное расстояние уменьшается на 2 м.	Не нарушается	Подвеска стоек на опорах ВЛ запрещается. Провода ВЛ должны быть расположены над трубопроводами и канатными дорогами. В стесненных условиях разрешается располагать провода ВЛ под трубопроводами и канатными дорогами, но в этом случае они должны быть защищены специальными сетками. В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы и канатные дороги должны быть защищены в соответствии с гл. I.7.	ПУЭ-1985 с 2.5.164 по 2.5.168 Таблица 2.5.36
УП. Пересечение ВЛ с подземными трубопроводами								
14	Магистральные газопроводы с давлением более 12 ат. и магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы	Не огораживается	Не огораживается	Не огораживается	При пересечении расстояние по горизонтали от трубопроводов до фундаментов опор ВЛ должно быть не менее 5 м	Не нарушается	Магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы на участках пересечения с ВЛ в пределах охранной зоны должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к трубопроводам III категории (контроль всех сварных стыков физическими методами).	ПУЭ-1985 с 2.5.164 по 2.5.168 Таблица 2.5.36
15	Магистральные газопроводы с давлением 12 ат. и менее и трубопроводы различного назначения	То же	То же	То же	То же		На участках пересечения ВЛ (в пределах охранной зоны) контроль всех сварных стыков магистральных газопроводов должен быть произведен физическими методами	

ПЕРЕЧЕНЬ
документации на опоры ВЛ для пересечений
ВЛ 10 кВ с инженерными сооружениями

N пп	Серия типовой докумен- тации. Выпуск, альбом. Архивный номер проек- та повторного примене- ния	Наименование	Распространяет
1.	3.407-85. Альбом V.	Деревянные опоры ВЛ 6-10кВ для переходов через инженер- ные сооружения.	институт "Уралтиппроект"
2.	3.407.1-143. Выпуск 5.	Железобетонные опоры ВЛ 10 кВ для пересечений с ин- же- нерными сооружениями	То же
3.	3.407.2-132. Выпуск I и II.	Металлические опоры воздуш- ных линий электропередачи напряжением 6-10 и 35 кВ с малыми сечениями проводов для переходов через инженер- ные сооружения	То же
4.	Архив. N 10455	Специальные опоры ВЛ 35 кВ из унифицированных эле- ментов	АО "РОСЭП" (быв. СЭП)

Часть II. Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов от длины пролета

П Е Р Е Ч Е Н Ъ
прилагаемых графиков и номограмм

N пп	Наименование	Лист
1	2	3
1.	Пояснительная записка	56
2.	Ключевая таблица графиков напряжений и стрел провеса проводов	58
	Раздел 1. Для проводов на опорах, разработанных институтом Сельэнергопроект (АО РОСЭП)	59
3.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=+15^{\circ}\text{C}$ А70, А95, А120	60
4.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=+40^{\circ}\text{C}$ А70, А95, А120	63
5.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=+15^{\circ}\text{C}$ АС 35, АС50, АС70, ПС25 канат ТК-8,0	66
6.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=+40^{\circ}\text{C}$ от пролета АС35, АС50, АС70, ПС25, канат ТК-8,0	69
	Раздел 2 Для проводов на опорах, разработанных институтом "Энергосетьпроект"	72
7.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=+40^{\circ}\text{C}$ АС35, АС50, АС70, АС95, АС120 от пролета	73
8.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=+40^{\circ}\text{C}$ и гололеда от пролета С-50, С-70.	87
9.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t=+40^{\circ}\text{C}$	102
10.	Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35, ПС-50, ПС-70 при $t=+40^{\circ}\text{C}$ от длины пролета	117
11.	Определение габаритов проводов при обрыве в соседнем пролете на ВЛ.. в климатическом районе II	133

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Графики зависимости напряжений и стрел провеса проводов от длины пролета построены отдельно для проводов, монтируемых на опорах ВЛ 6-10 кВ, разработанных институтом "Сельэнергопроект", и на опорах ВЛ 35 кВ, разработанных институтом "Энергосетьпроект".

В первом случае для большей части марок проводов допускаемое напряжение в проводе принято ослабленным из условия прочности опор, во втором случае используется полное допускаемое тяжение провода и допускаемые напряжения в проводе в расчетных режимах соответствуют требованиям ПУЭ-85.

Основой для построения графиков послужили систематические расчеты проводов, выполненные институтом "Сельэнергопроект" и опубликованные в РУМ N 5 1995 г. Частично были использованы также систематические расчеты сталеалюминиевых проводов и стальных канатов, выполненные институтом "Энергосетьпроект".

Исходными климатическими условиями при составлении графиков приняты :

минимальная температура $t_{\text{мин.}}$ = минус 40°C

максимальная температура $t_{\text{макс.}}$ = плюс 40°C

среднеэксплуатационная температура $t_{\text{ср.}}$ = 0°C

температура при гололеде $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$

что соответствует средней полосе России с умеренным климатом.

При пользовании настоящими графиками для северных и южных районов страны, где климатические условия отличаются от принятых при составлении графиков, возможно как завышение, так и занижение фактической стрелы провеса провода.

Влияние отдельных факторов на конечный результат расчета иллюстрируется таблицей I.

Таблица I

Температура воздуха	Умеренный климат (условия граф.)			Северные районы			Южные районы		
	$t^{\circ}\text{C}$	σ	f	$t^{\circ}\text{C}$	σ	f	$t^{\circ}\text{C}$	σ	f
$t_{\text{мин.}}$	-40	σ_1	f_1	<-40	$\sigma_1 > \sigma$	$f_1 < f$	>-40	$\sigma_1 < \sigma$	$f_1 > f$
$t_{\text{ср.}}$	0	σ_2	f_2	<0	$\sigma_2 > \sigma$	$f_2 < f$	>0	$\sigma_2 < \sigma$	$f_2 > f$
$t_{\text{макс.}}$	+40	σ_3	f_3	<+40	$\sigma_3 > \sigma$	$f_3 < f$	>+40	$\sigma_3 < \sigma$	$f_3 > f$

Из рассмотрения таблицы следует, что влияние разности температур для различных режимов не одинаково. Так разность температур в режиме минимальной и среднеэксплуатационной температуры приводит к занижению стрелы провеса для северных районов и к завышению стрелы провеса для южных районов. Напротив, различие в максимальных температурах приводит к завышению стрелы провеса в северных районах и к занижению стрелы провеса в южных районах страны.

Следует отметить, что последний фактор действует всегда, независимо от того, какой режим для данной марки провода и данного пролета является расчетным. Влияние двух первых факторов имеет место лишь в том случае, когда для данной марки провода и данного пролета расчетным режимом становятся режим минимальной или среднеэксплуатационной температуры.

Ключевая таблица

графиков напряжений и стрел провеса проводов

Скоростной напор ветра, кг/м ²	40					50					65					80					100				
	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	
Толщина стенки гололеда, мм	Провода монтируются на опорах разработанных институтом Сельэнергопроект с полным тяжением по условиям прочности опор																								
Марка и сечение провода	Провода монтируются на опорах разработанных институтом "Энергосетьпроект" с полным тяжением по условиям прочности опор																								
	°C																								
	+40°	1	2	3																					
AC 35	+15°	4	5	6																					
	+40°	7	8	9																					
AC 50, AC 70, AC 25, ТК-80																									
AC 70, AC 95 AC 120	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23											
C 50, C 70 при G доп. = 40 кг/мм ²		24				25		26				27													
C 50, C 70 при G доп. = 50 кг/мм ²		28	29	30		31	32	33	34	35	36														
ТК-9, ТК-10, ТК-11 ТК-14, ТК-20		37	38	39		40	41	42	43	44	45	46	47	48											
ПЛ 35, ПЛ 50, ПЛ 70	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67									

Раздел 1.
Для проводов на опорах, разработанных
институтом "Сельэнергопроект" (АО РОСЭП)

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +15^\circ\text{C}$ от пролета
 $A\ 70$; $A\ 95$; $A\ 120$; $C = 5\text{ мм}$; $P_H = 40\text{ кг/м}^2$

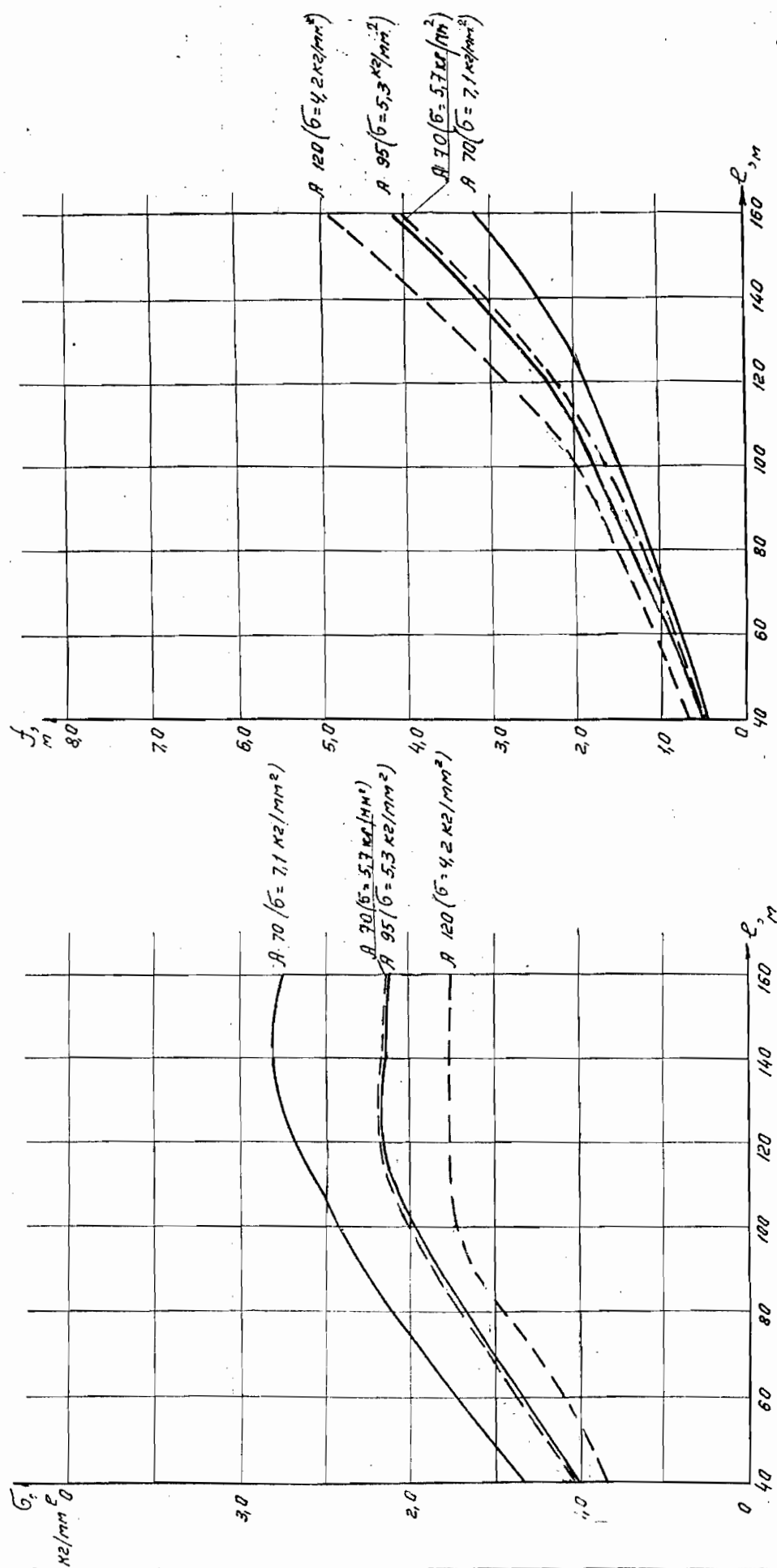


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +15^\circ\text{C}$ от пролёта
 А 70 А 95, А 120, $c = 10 \text{ мм}$, $P_H = 40 \text{ кг/мм}^2$

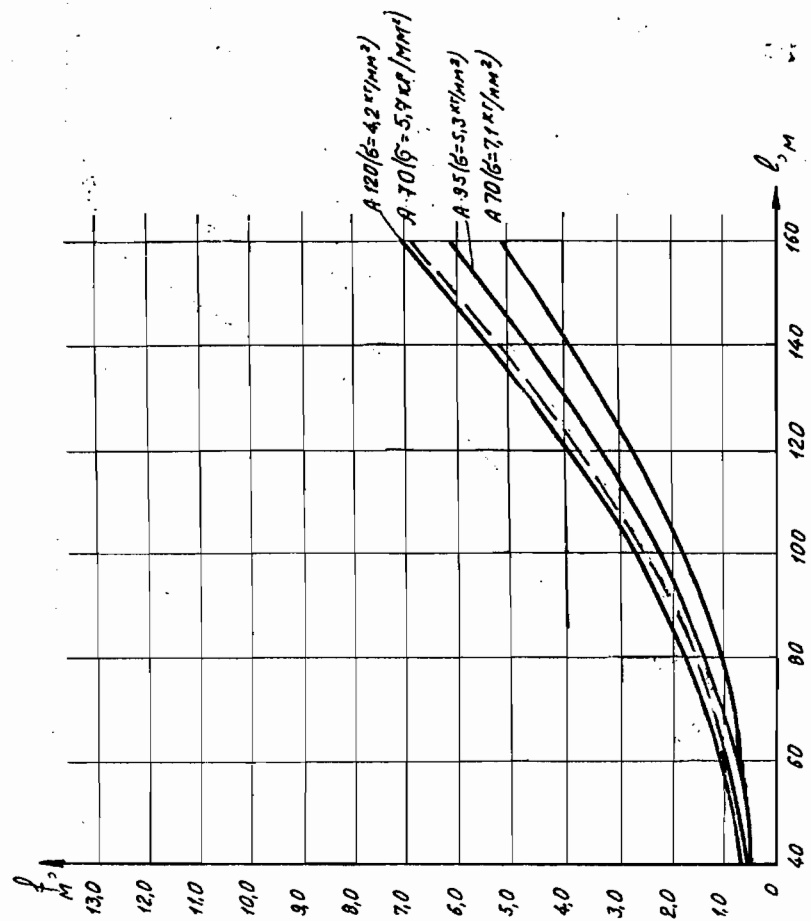
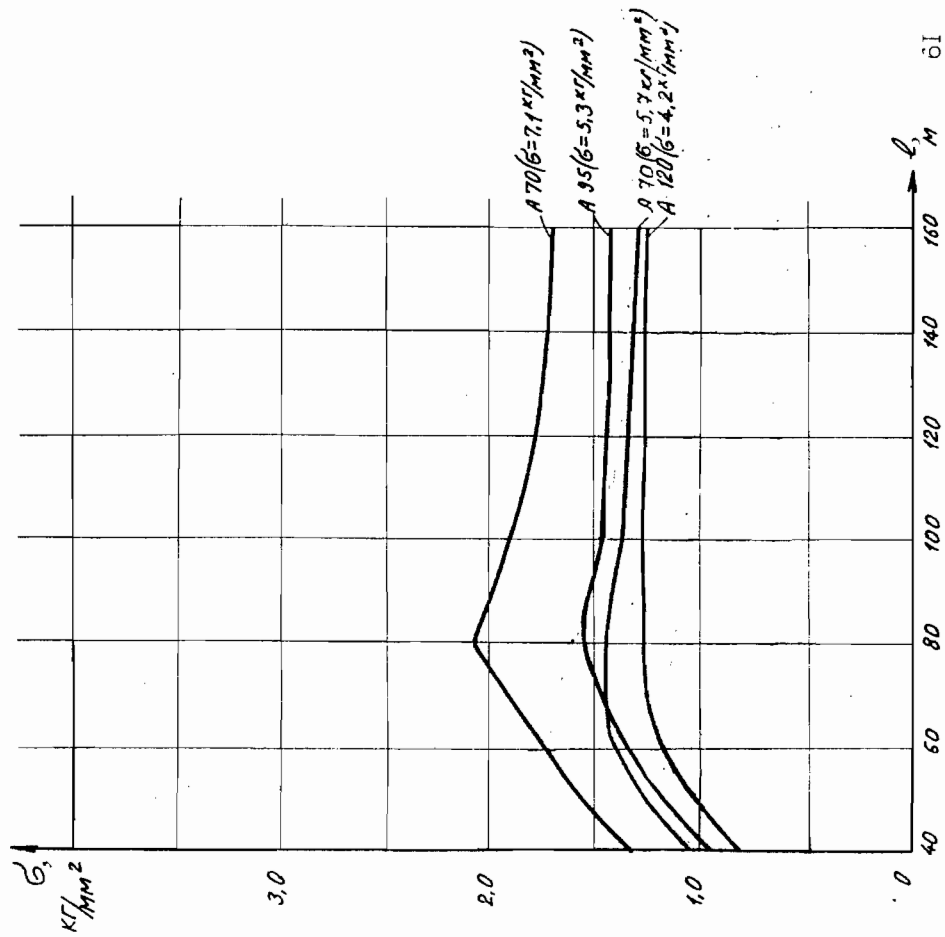


График зависимости напряжений и стрел прогиба проводов при $t = +15^{\circ}\text{C}$ от пролета
 $A\ 70; A\ 95; A\ 120; \quad c = 15\ \text{мм} \quad P_H = 40\ \text{кГ/м}^2 \quad P_H = 50\ \text{кГ/м}^2$

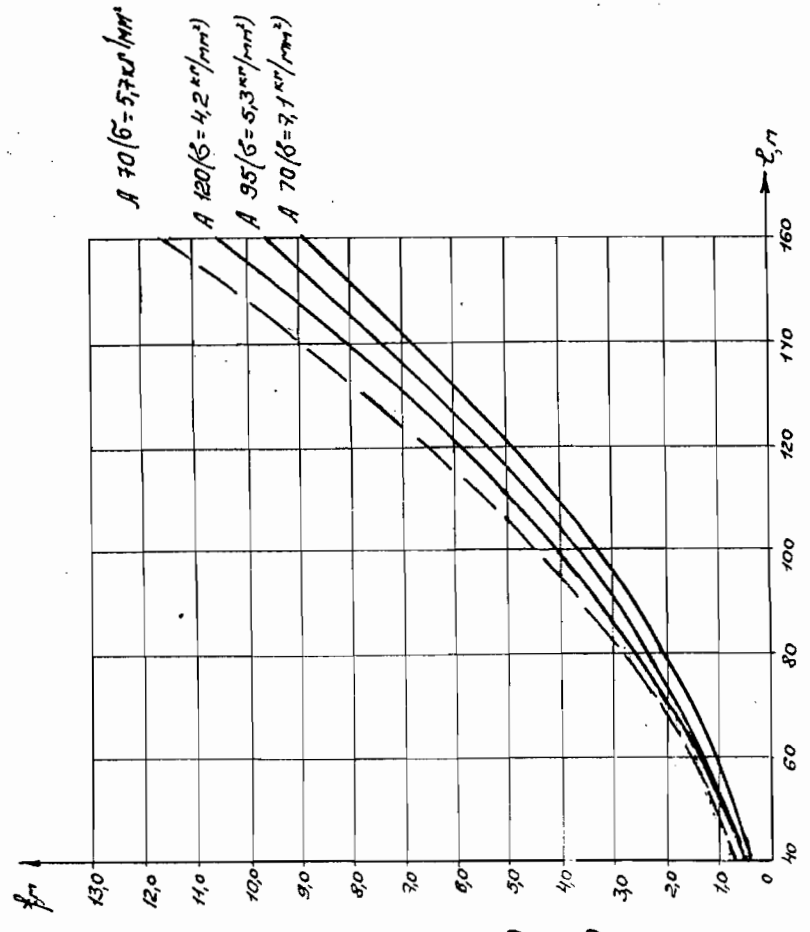
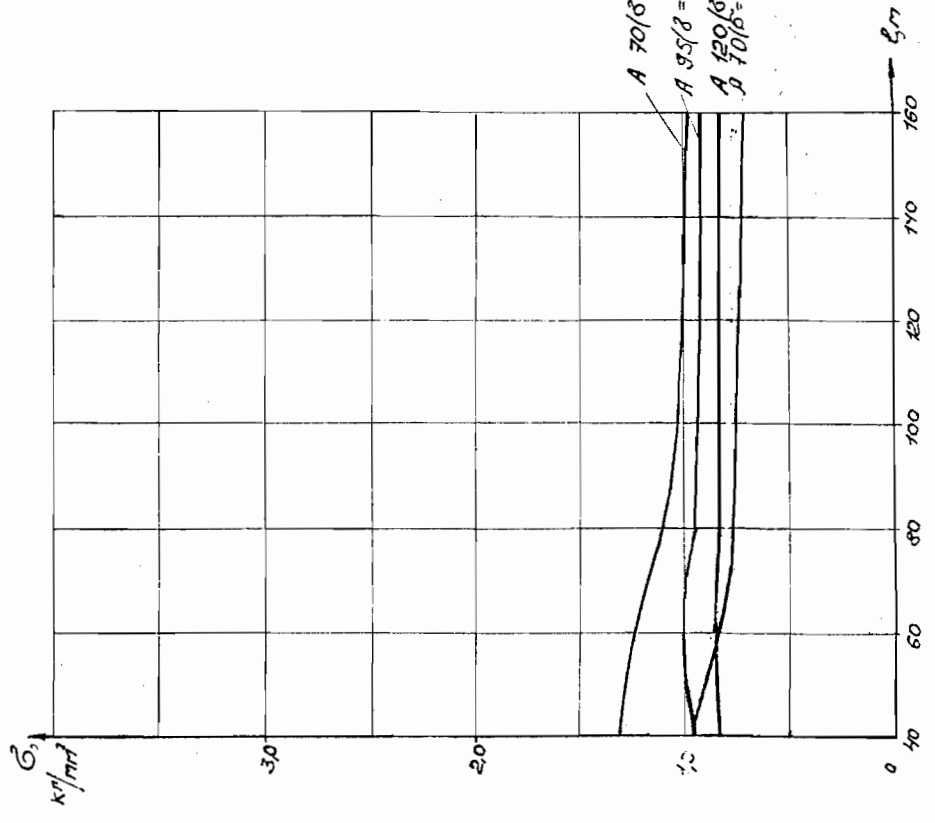


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ от пролета

Л 70; Л 95; Л 120; $C = 5\text{ мм}$; $P_H = 40\text{ кг/м}^2$

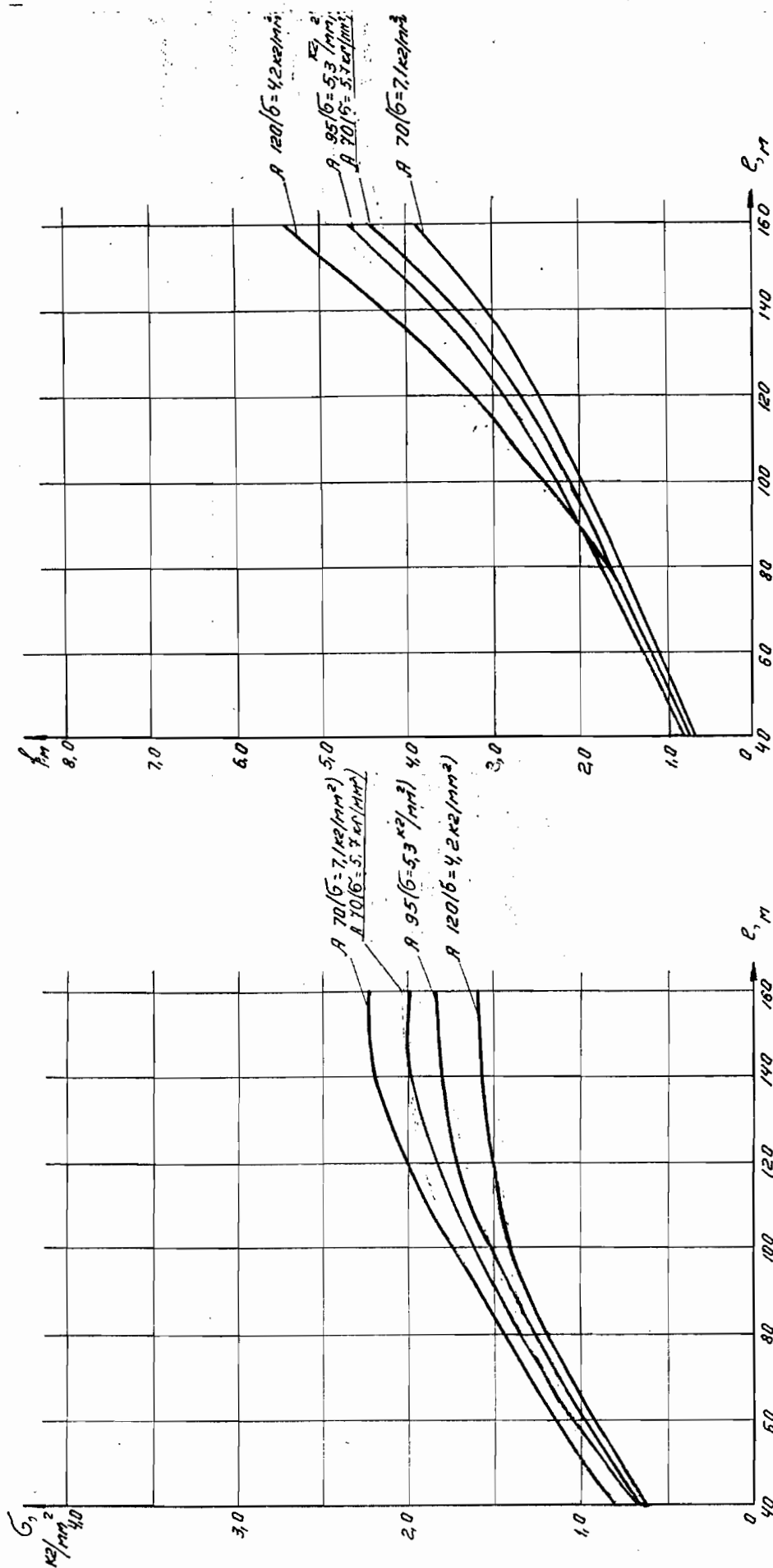


График зависимости напряжений стрел проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ от пролета

А 70; А 95; А 120

$C = 10 \text{ мм}$; $P_H = 40 \text{ кг/м}^2$

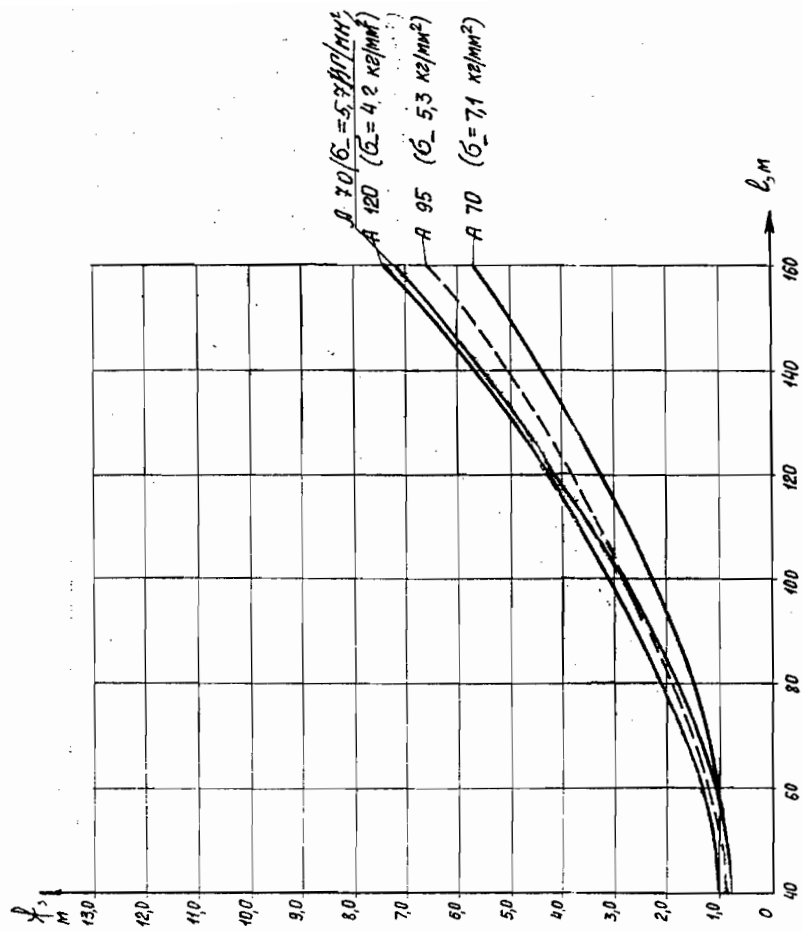
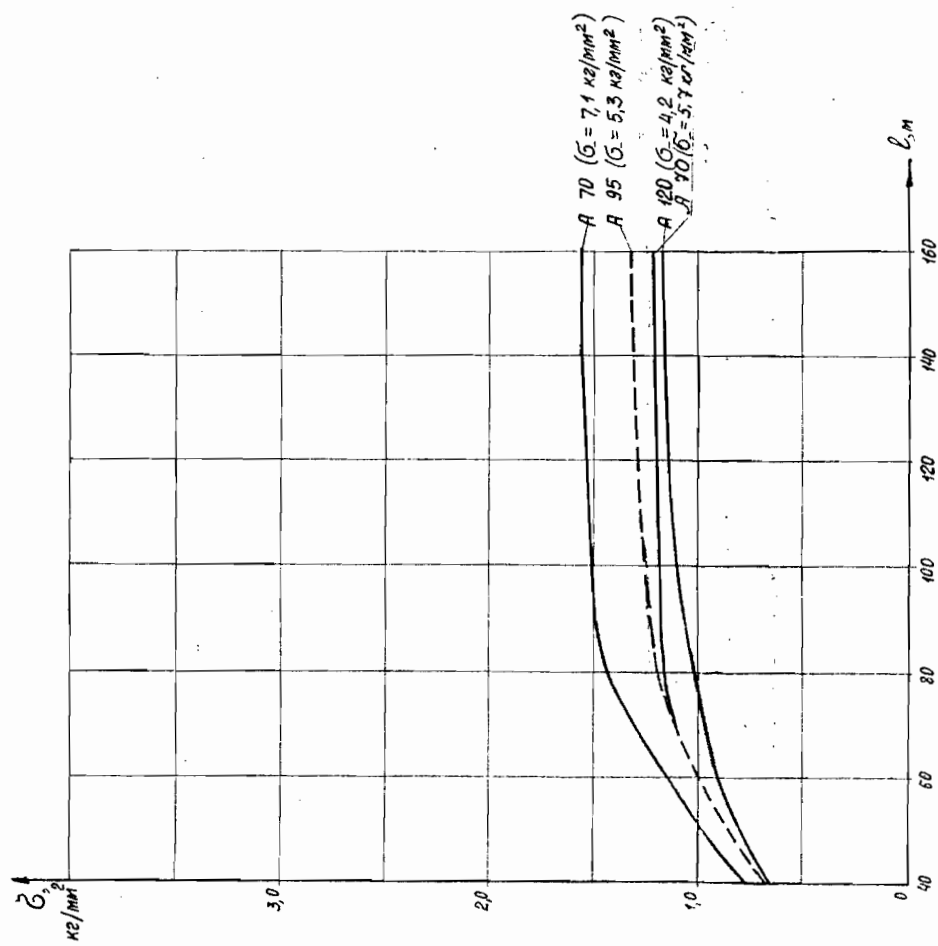


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^{\circ}\text{C}$ от пролета

A 70; A 95; A 120; $C = 15 \text{ мм}$; $P_H = 40 \text{ кг/м}^2$; $P_H = 50 \text{ кг/м}^2$

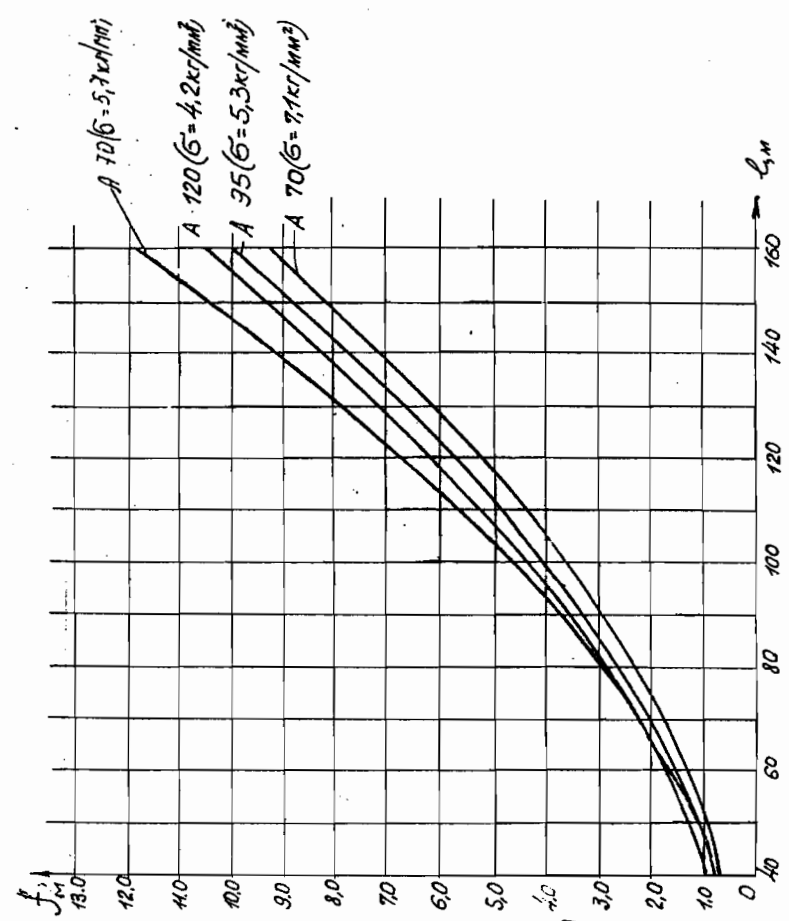
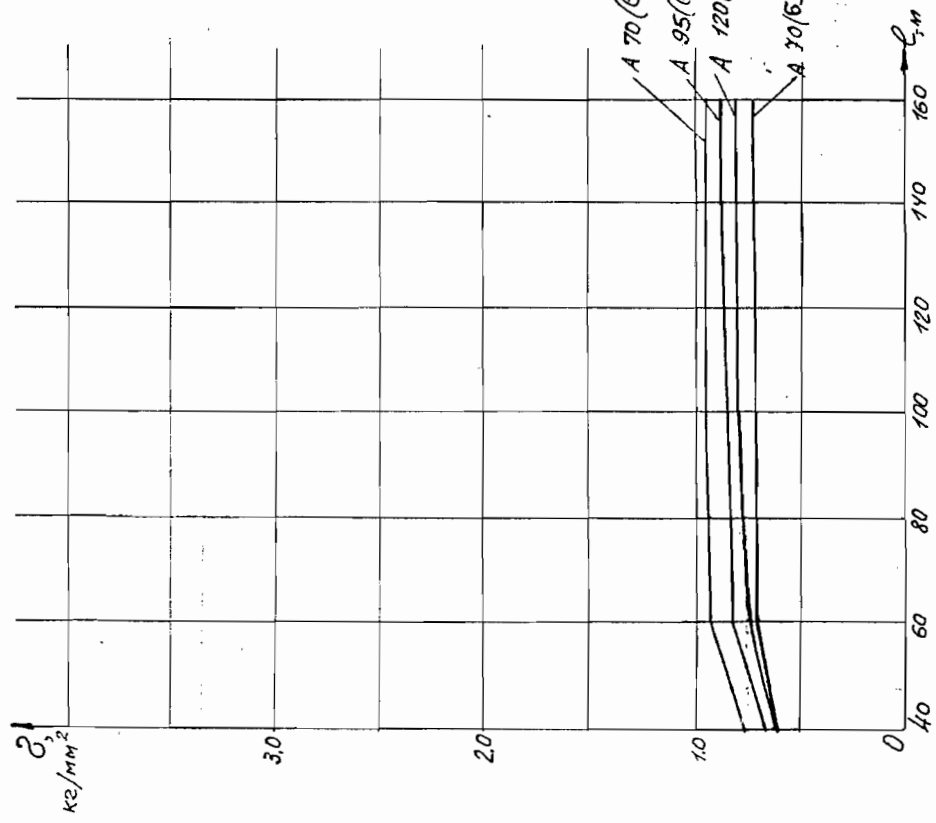


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t=15^{\circ}\text{C}$ от пролета
 ЛС 35, ЛС 50, ЛС 70, ЛС 25, канат ТК-8,0 ГОСТ 3062-69
 $C=5\text{ мм}$, $P_0=40\text{ кг/мм}^2$

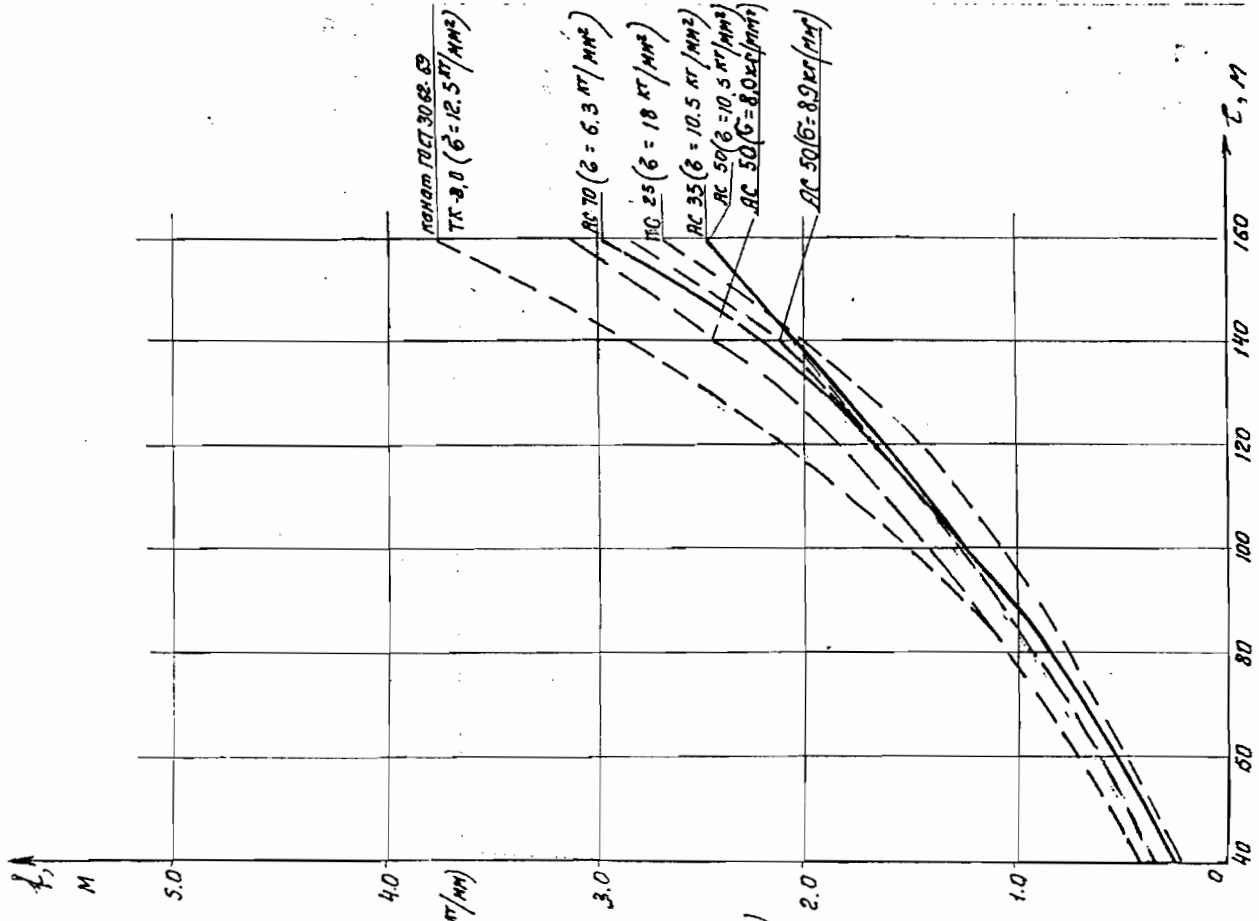
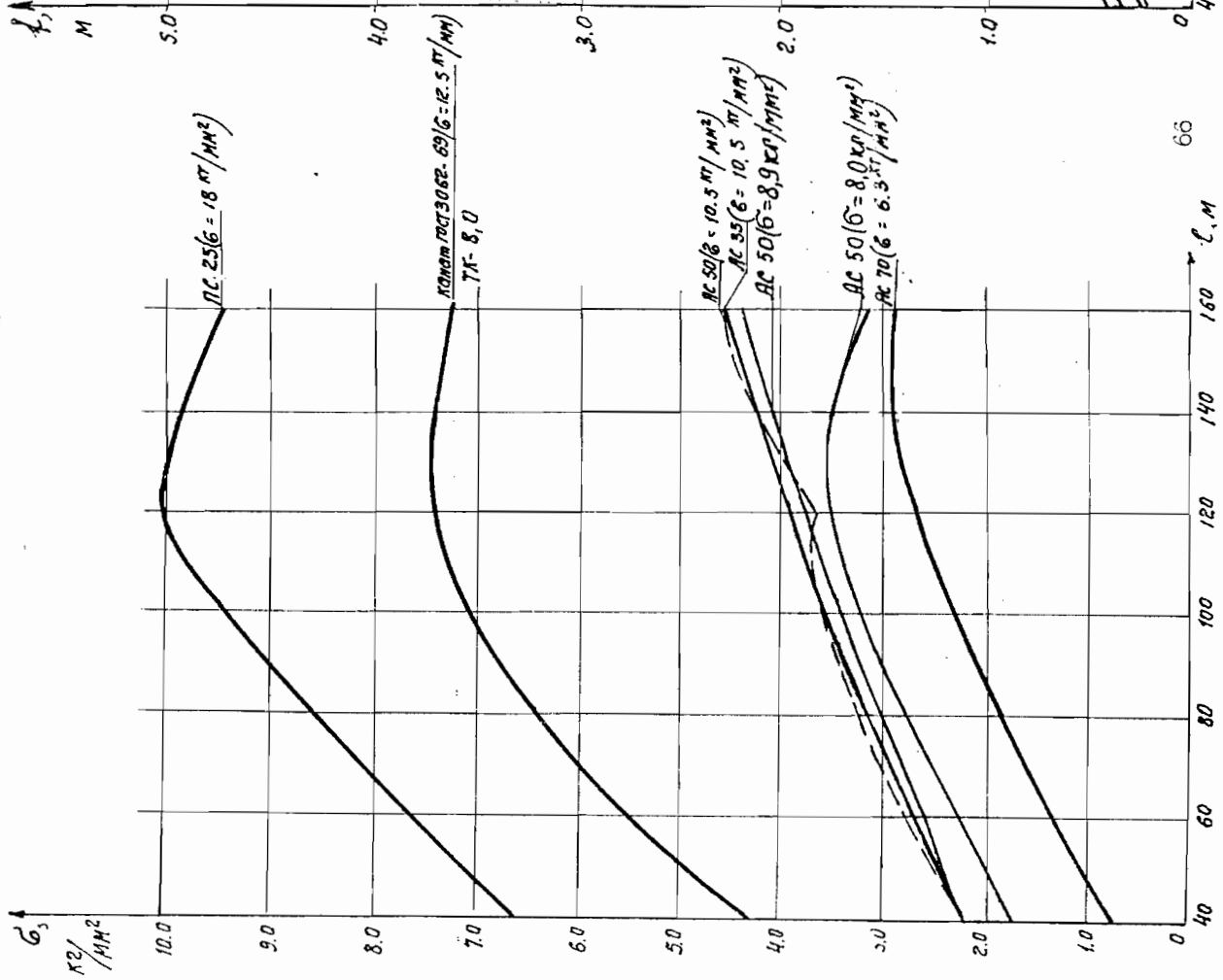


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при температуре $t = +15^\circ$ от пролета

АС 35, АС 50, АС 70, АС 125 канат ТК-8,0 ГОСТ 3062-69
 $c = 10 \text{ мм}$; $\rho = 40-50 \text{ кг/мм}^2$

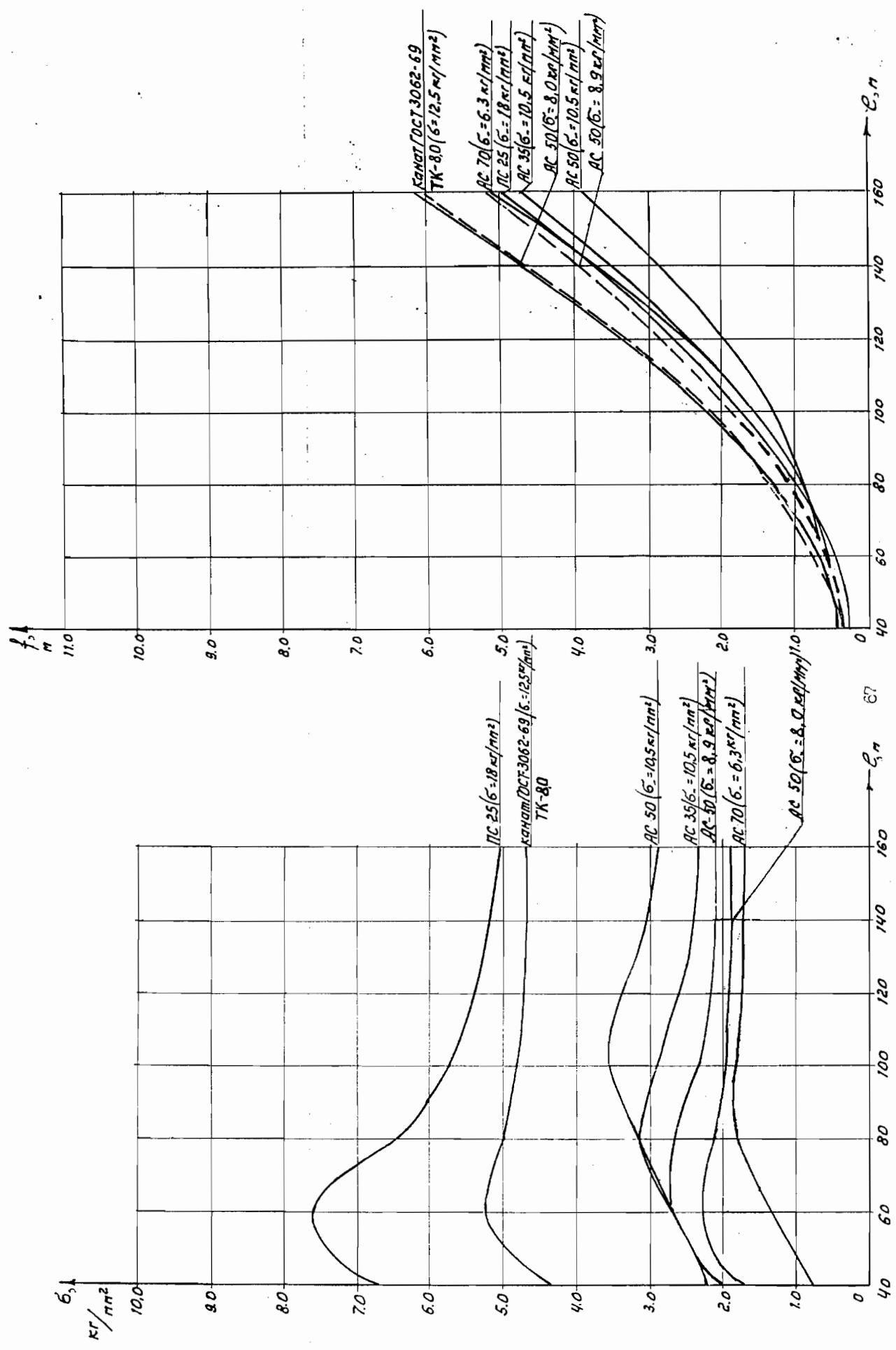


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +15^\circ\text{C}$ от пролета
 AC 35, AC 50, AC 70, AC 25
 $C = 15\text{ мм}$ $P^H = 40-50 \text{ кг/м}^2$

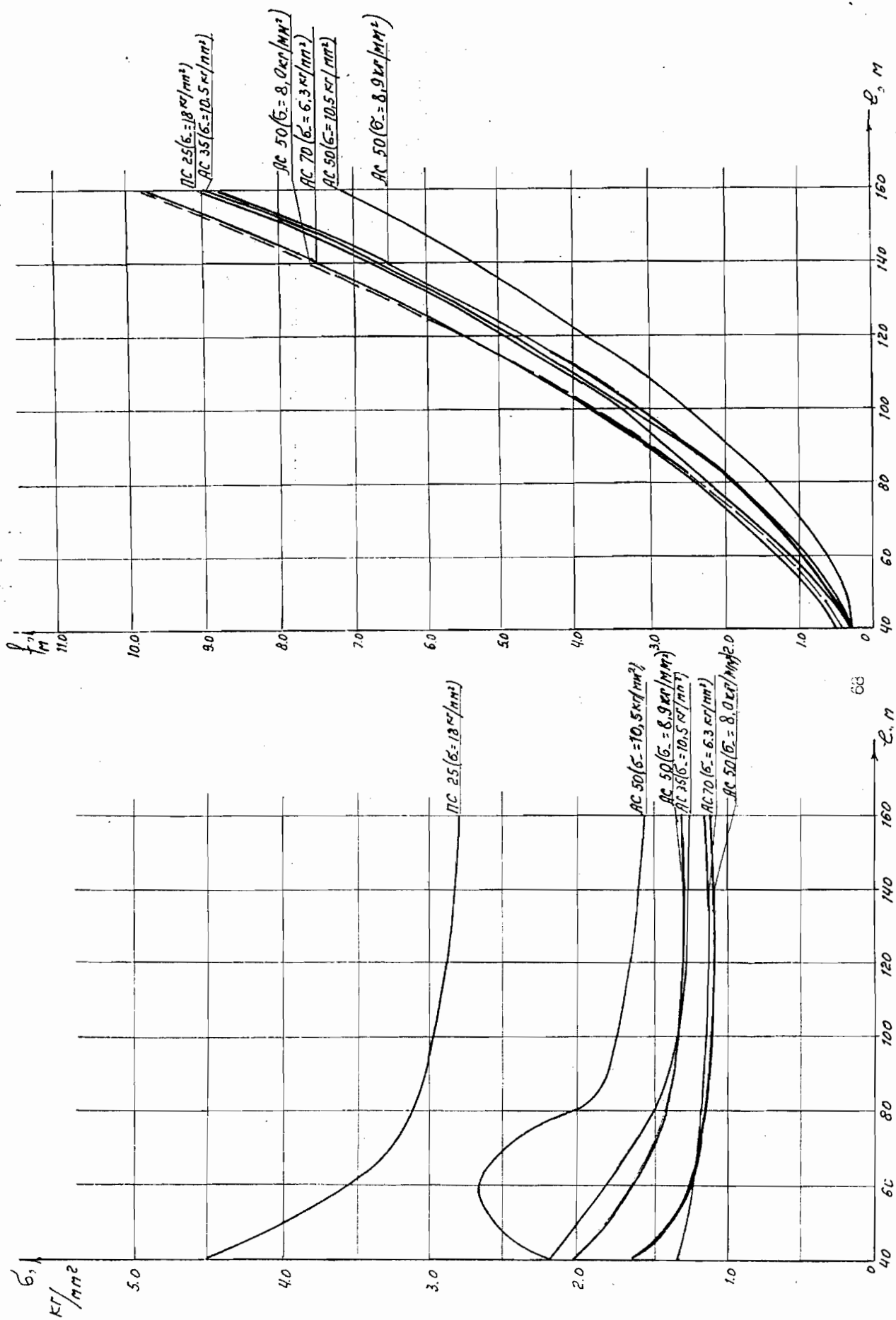


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $\alpha = +40^\circ$ от пролета.
 AC 35, AC 50, AC 70, AC 25, концы ТК-8,0 ГОСТ 3062-69
 $C = 5 \text{ мм}$, $q_H = 40 \text{ кг/м}^2$

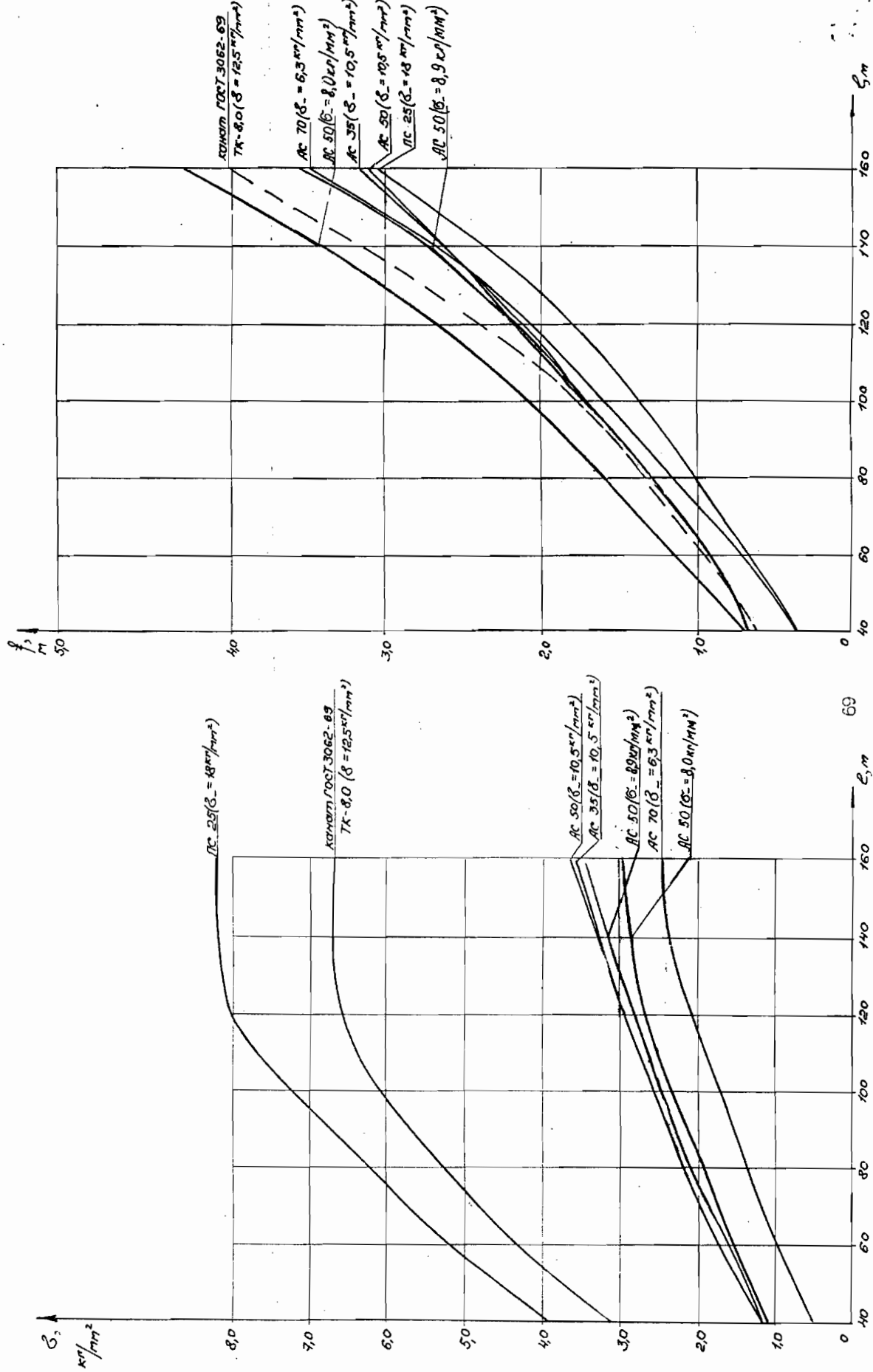
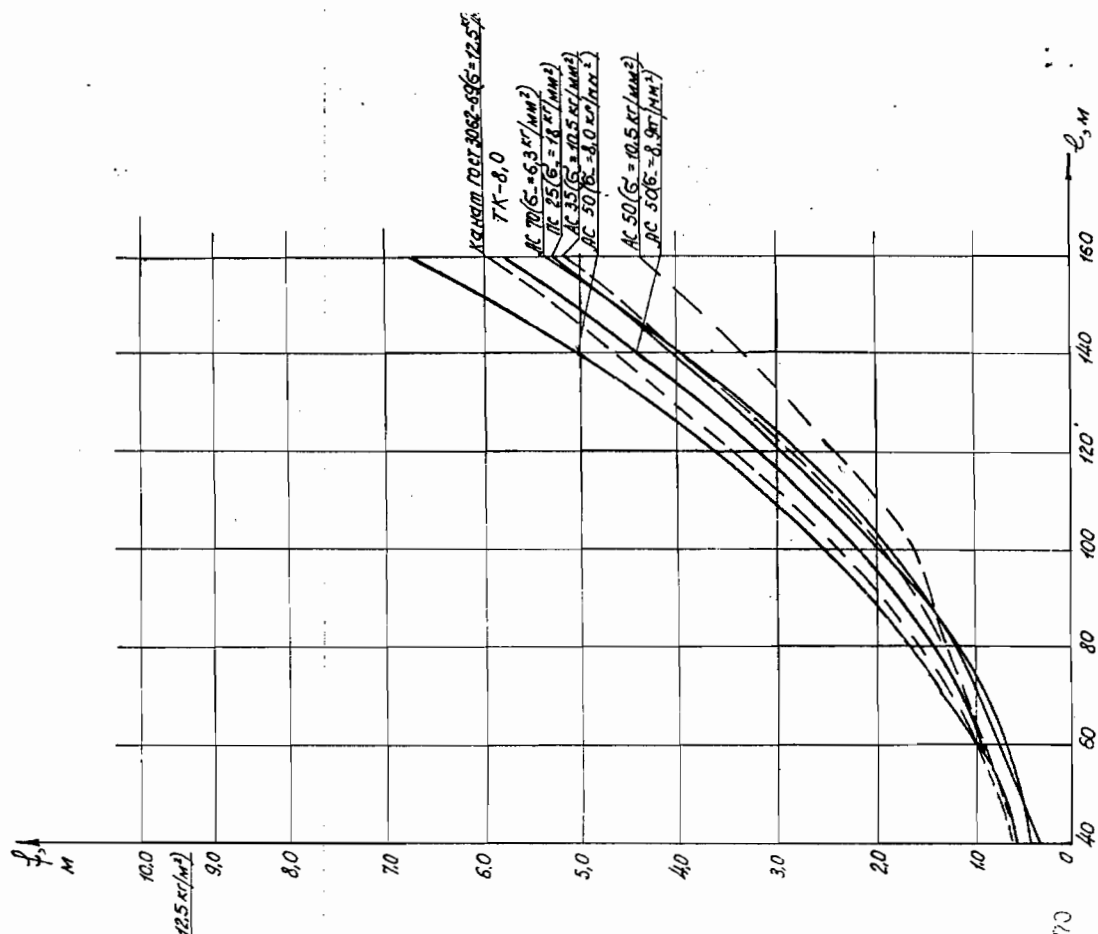
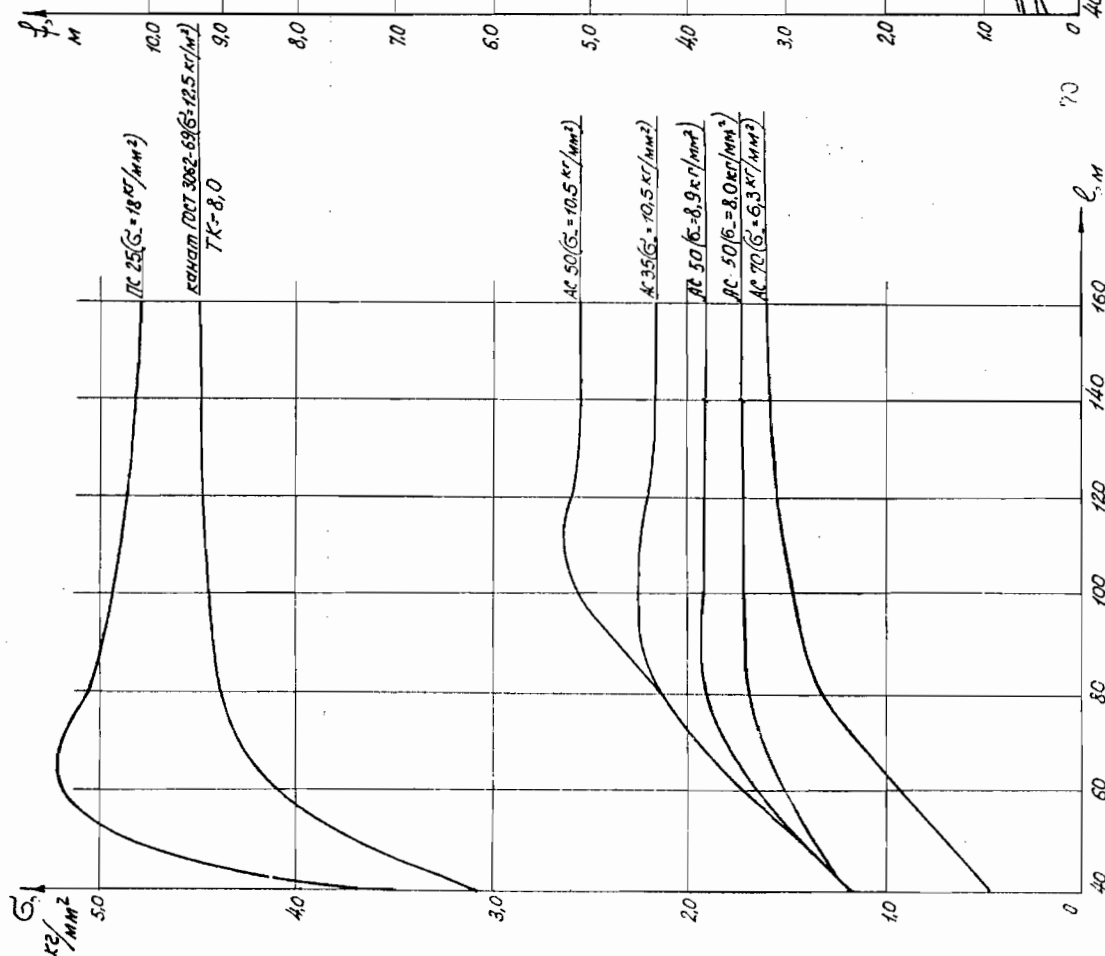


График зависимости напряжений и стрел прогиба кабелей при $t = 40^\circ\text{C}$ от пролета
 К 35, К 50, К 70, К 10, К 25, канат ТК-8,0 ГОСТ 3062-69
 $c = 10 \text{ мм}$ $q^* = 40 \text{ кг/м}^2$

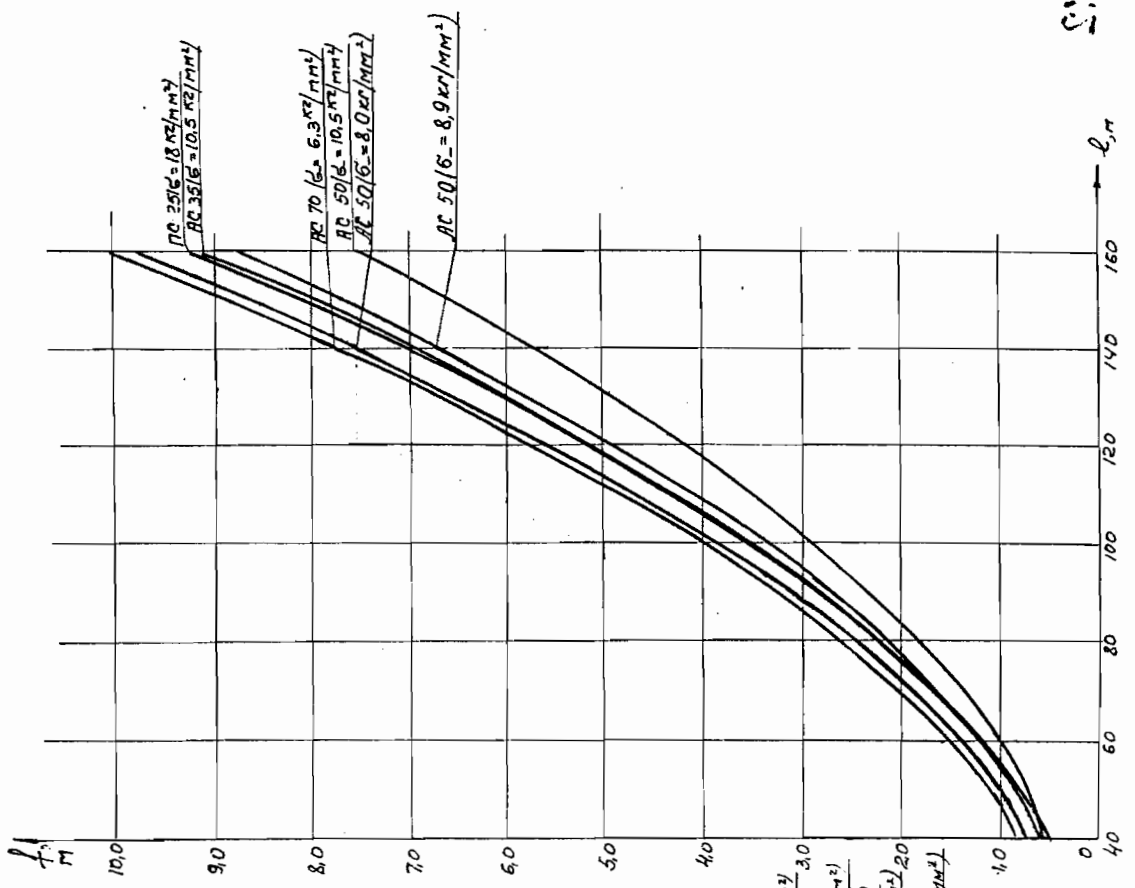
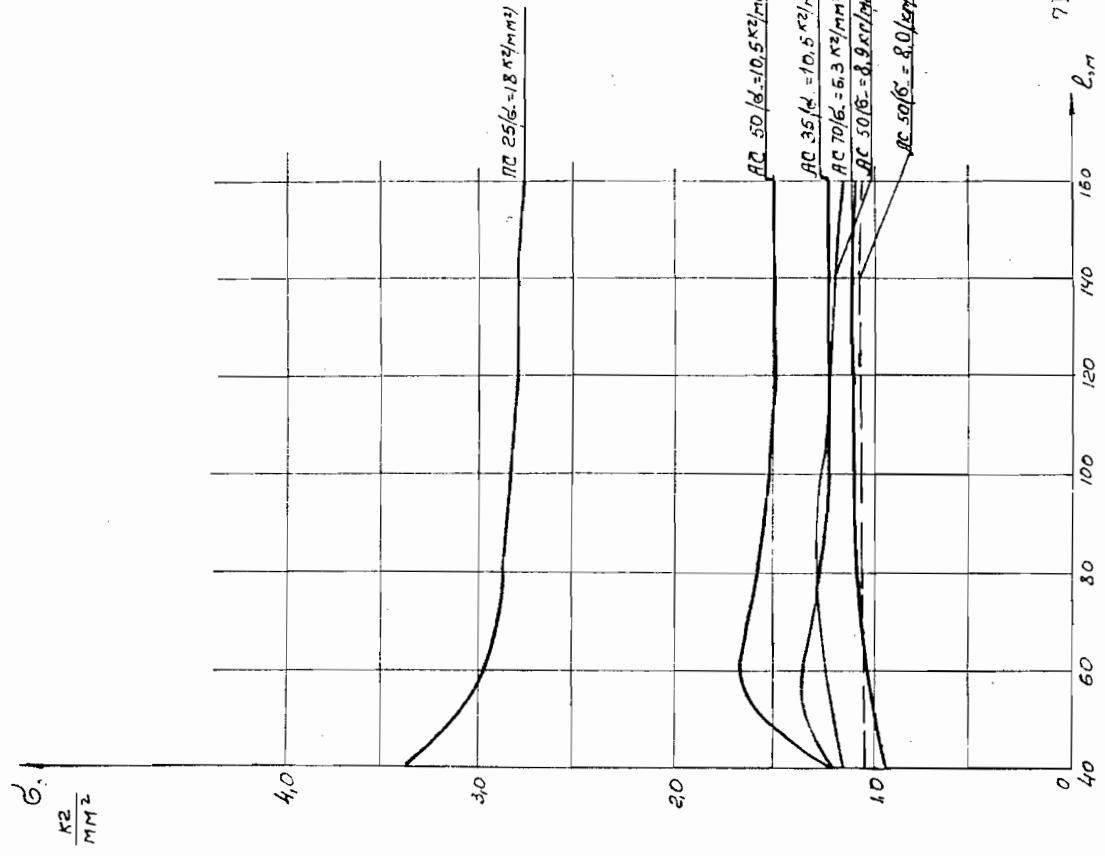


.....График зависимости напряжений и смест провеса проводов при $t^0 = +40^{\circ}\text{C}$ от пролета

AC 35; AC 50; AC 70

$c = 15\text{ мм}$

$P_H = 40-50\text{ кг/м}^2$



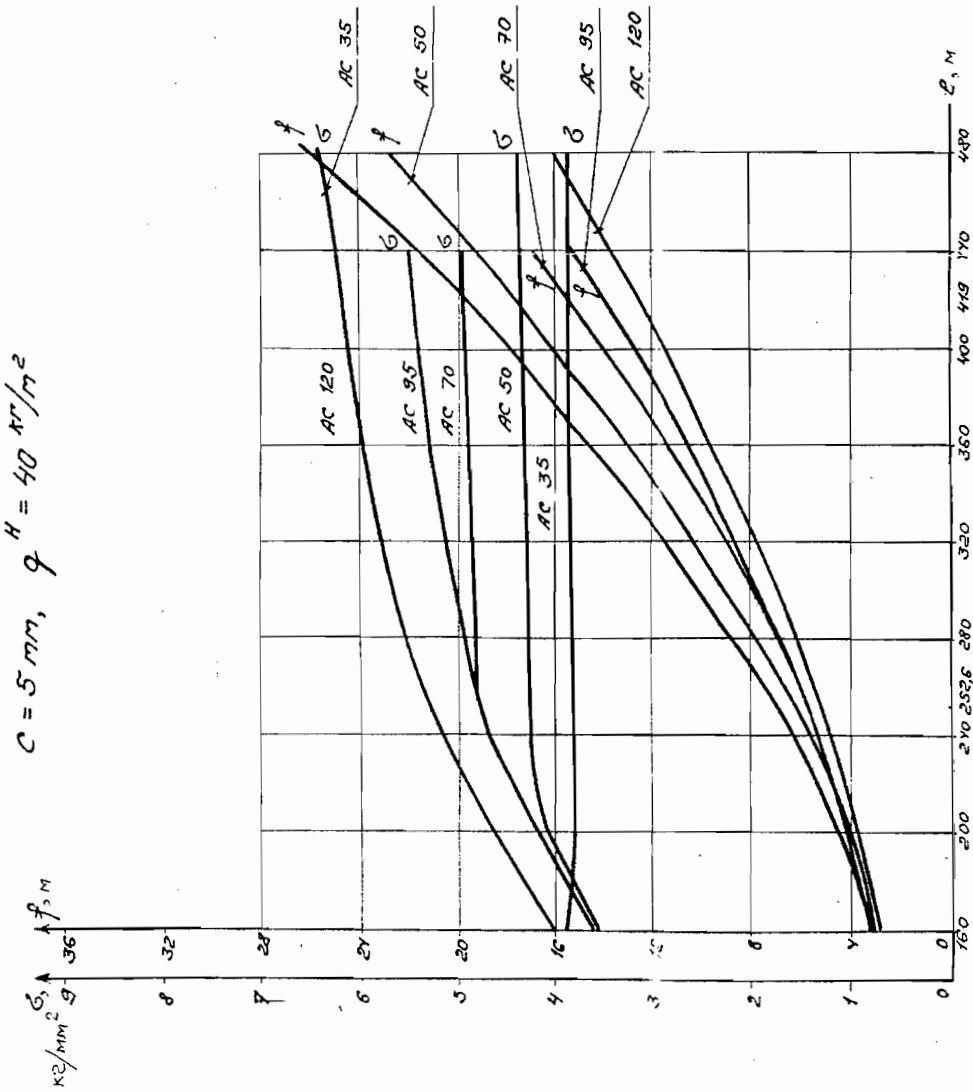
РАЗДЕЛ 2

**Графики напряжений и стрел провеса проводов
АС, С и ТК, монтируемых с полным тяжением
по условиям прочности на опорах, разработанных
институтом "Энергосетьпроект"**

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ от пролета

AC 35, AC 50, AC 70, AC 95, AC 120,

$C = 5 \text{ мм}, q_H = 40 \text{ кг/м}^2$



73

Марка провода	Длина критического пролета, м		
	l_1	l_2	l_3
AC 35	240,8	173,4	143,9
AC 50	240,8	203,2	180,0
AC 70	240,8	246,7	252,6
AC 95	240,8	296,8	419
AC 120	251,2	381,7	1332,7

Стрела провеса при гололеде, т.е. при максимальной температуре для проводов:

AC 35 на $33 \div 43 \text{ см}$

AC 50 " $41 \div 69 \text{ см}$

AC 70 " $55 \div 68 \text{ см}$

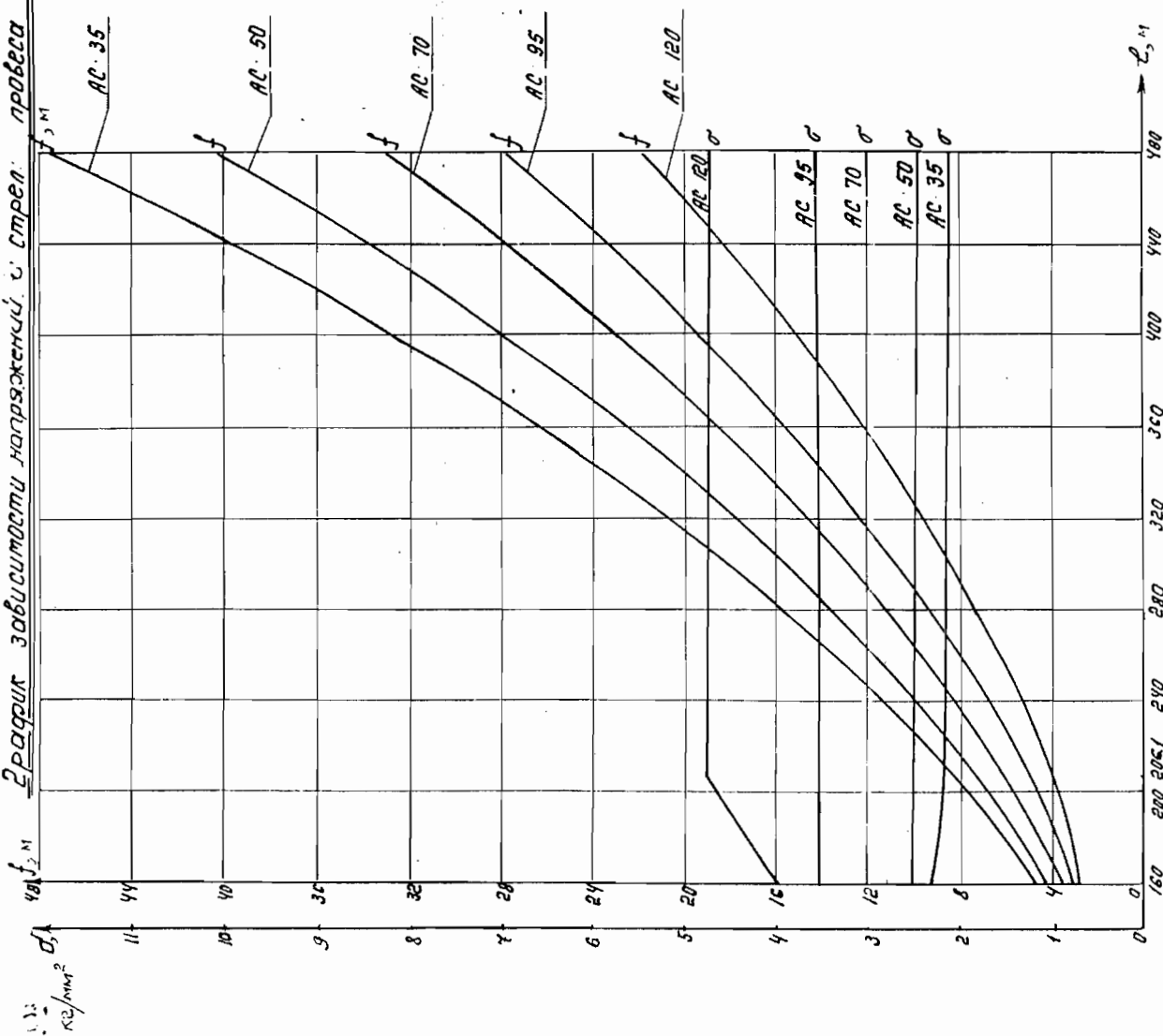
AC 95 " $65 \div 87 \text{ см}$

AC 120 " $68 \div 93 \text{ см}$

График зависимости напряжений σ от стрел провеса проводов при $t = 10^\circ\text{C}$ от пролета

AC 35; AC 50; AC 70; AC 95; AC 120

$C = 10\text{ мм}; q_k = 40\text{ кг/м}^2$



Марка провода	Длина критического пролета, м		
	L_1	L_2	L_3
AC 35	240,8	86,9	64,1
AC 50	240,8	104,0	77,8
AC 70	240,8	129,4	99,6
AC 95	240,8	158,7	127,6
AC 120	251,2	206,1	185,8

1. Стрела провеса при гололеде меньше, чем при максимальной температуре,

для проводов:

AC 50 на 1 см

AC 70 " 5 ÷ 8 см

AC 95 " 11 ÷ 17 см

AC 120 " 4 ÷ 16 см

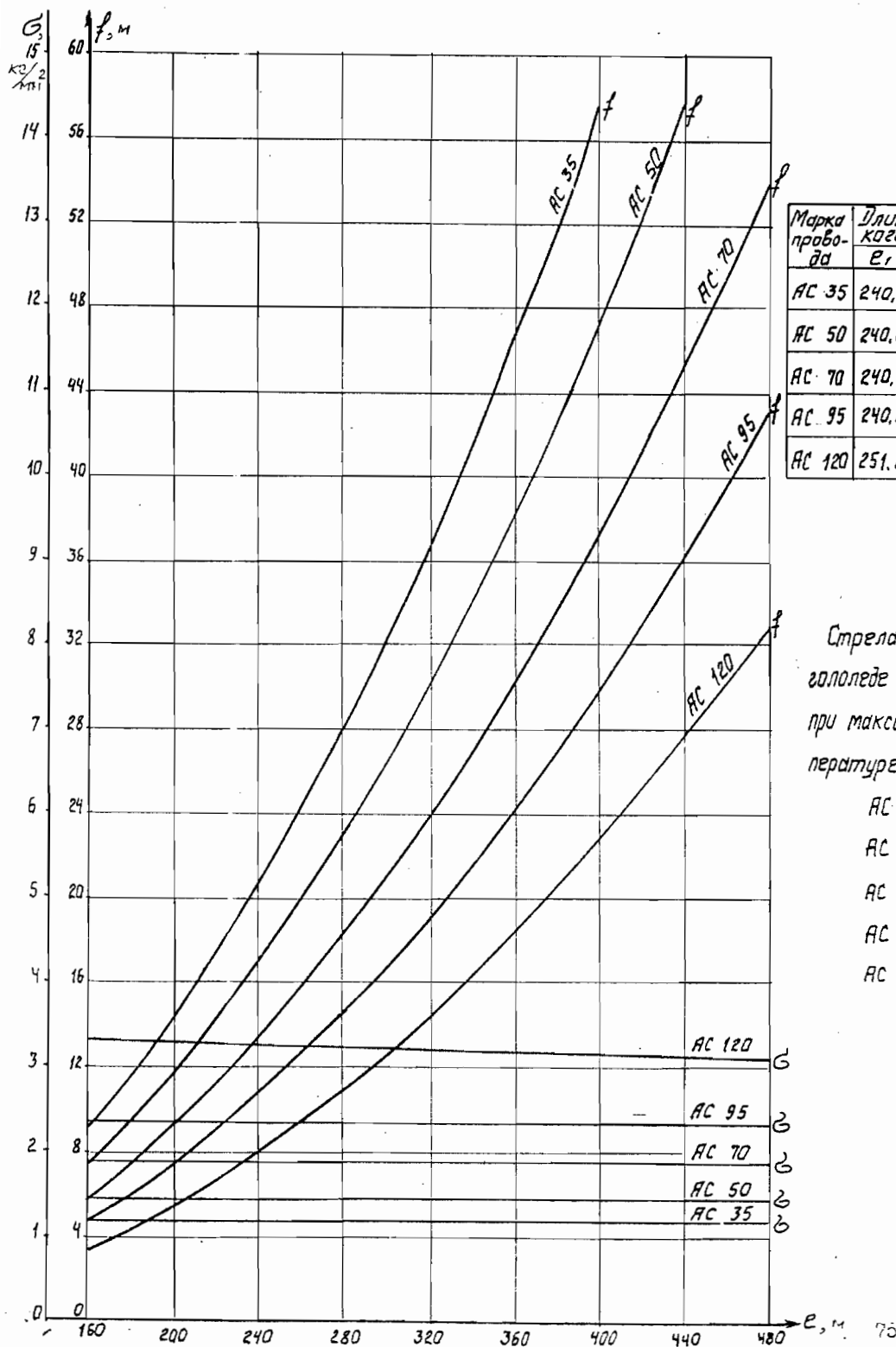
2. Стрела провеса при гололеде больше, чем при максимальной температуре.

для проводов:

AC 35 на 35 ÷ 39 см

График зависимости напряжений и стрелы провеса проводов при $t = 40^\circ\text{C}$ от пролета

АС 35, АС 50, АС 70, АС 95, АС 120, $c = 15\text{ мм}$, $q'' = 40\text{ кг/м}^2$, $q''' = 50\text{ кг/м}^2$.



Стрела провеса при гололеде больше, чем при максимальной температуре, для проводов:

АС 35 на $5 \div 6\text{ см}$

АС 50 " $5 \div 6\text{ см}$

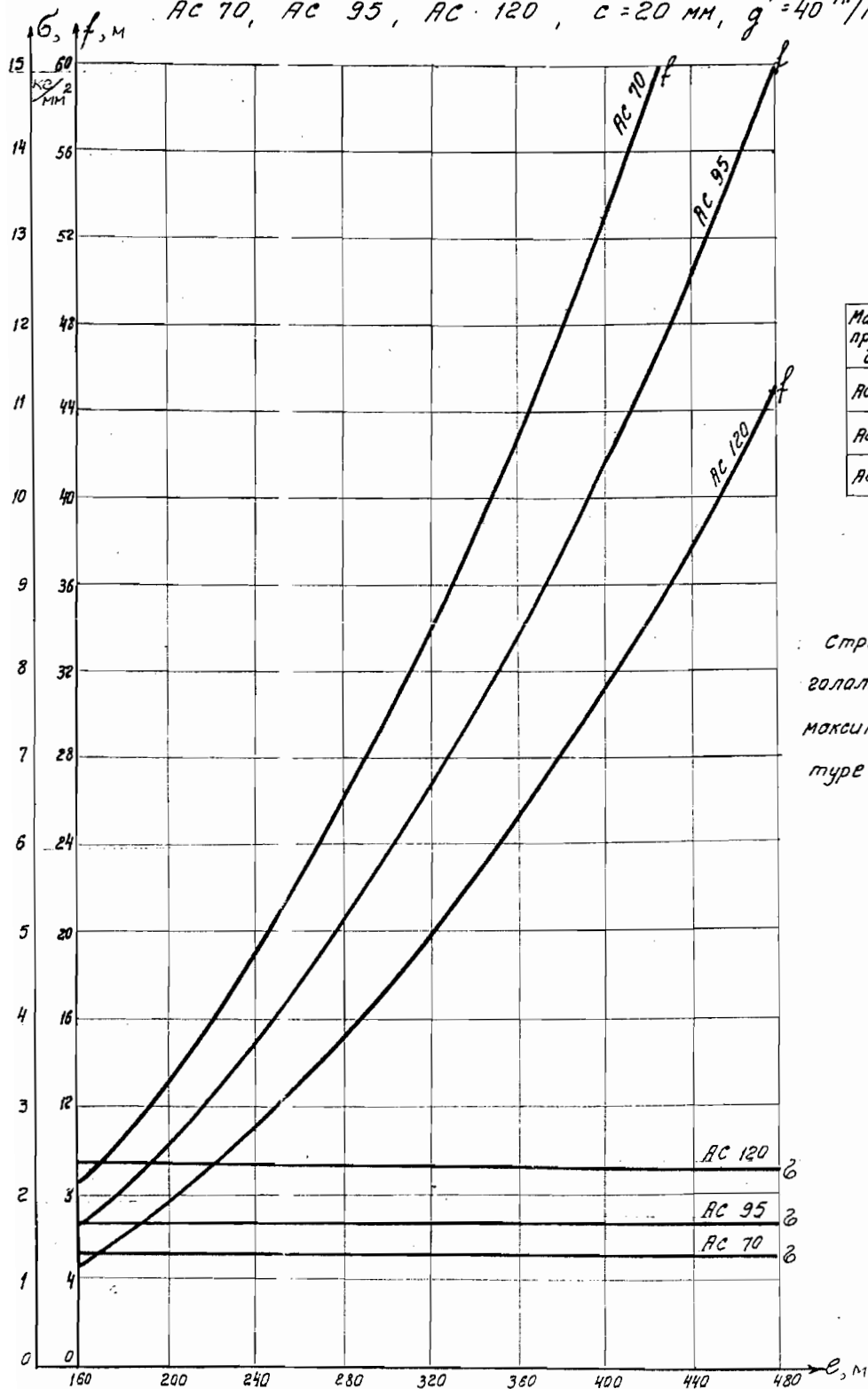
АС 70 " $4 \div 5\text{ см}$

АС 95 " $1 \div 3\text{ см}$

АС 120 " $15 \div 16\text{ см}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ от пролета

АС 70, АС 95, АС 120, $c = 20 \text{ мм}$, $g^H = 40 \text{ кг/м}^2$, $g^H = 50 \text{ кг/м}^2$



Марка провода	Длина критического пролета, м		
	e ₁	e ₂	e ₃
АС 70	240,8	53,2	38,4
АС 95	240,8	68,2	49,7
АС 120	251,2	91,2	71,9

Стрела провеса при гололеде больше, чем при максимальной температуре, для проводов:

АС 70 на 8 ÷ 11 см

АС 95 " 8 ÷ 9 см

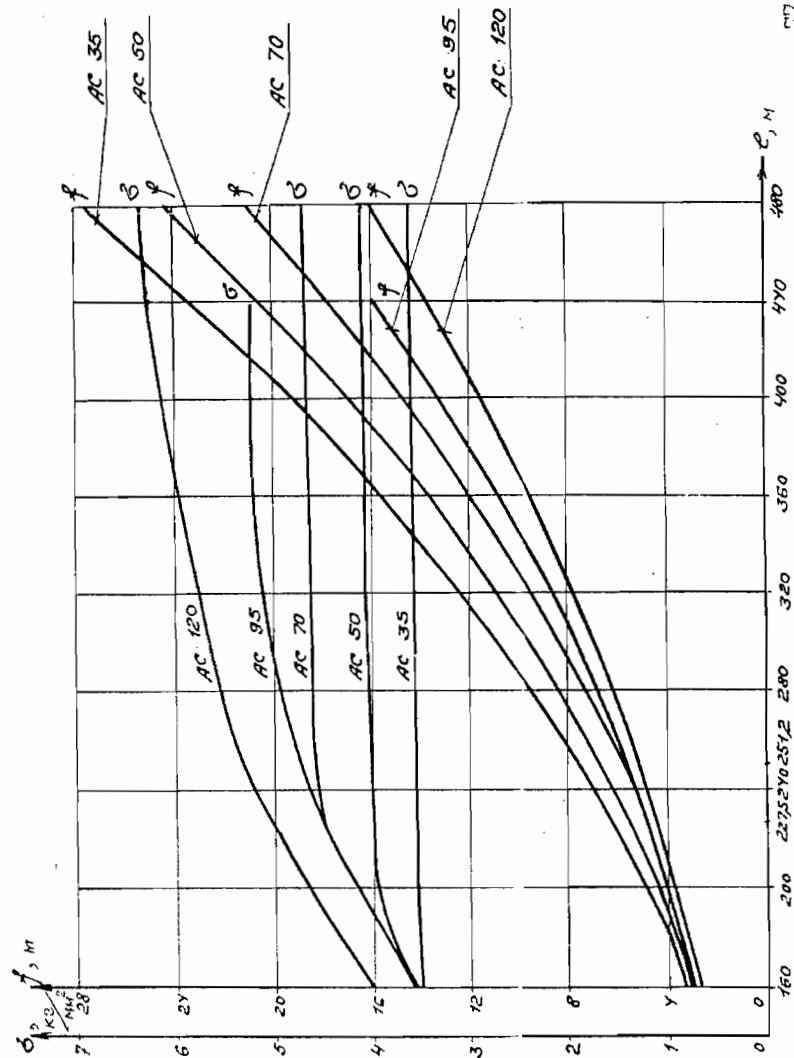
АС 120 " 22 ÷ 23 см

пробега

График зависимости напряжений σ и стрел прогиба f от пролета

АС 35; АС 50; АС 70; АС 95; АС 120

$\sigma = 5 \text{ мм}$, $q = 50 \text{ кг/м}^2$



Марка провода	Длина критического пролета, м		
	l_1	l_2	l_3
АС 35	240,8	158,2	127,3
АС 50	240,8	186,7	158,9
АС 70	240,8	227,5	216,4
АС 95	240,8	274,3	324,2
АС 120	231,2	355,4	651,6

1. Стрела прогиба при гололеде меньше, чем при максимальной температуре, для проводов:

АС 70 на $55 \div 71 \text{ см}$

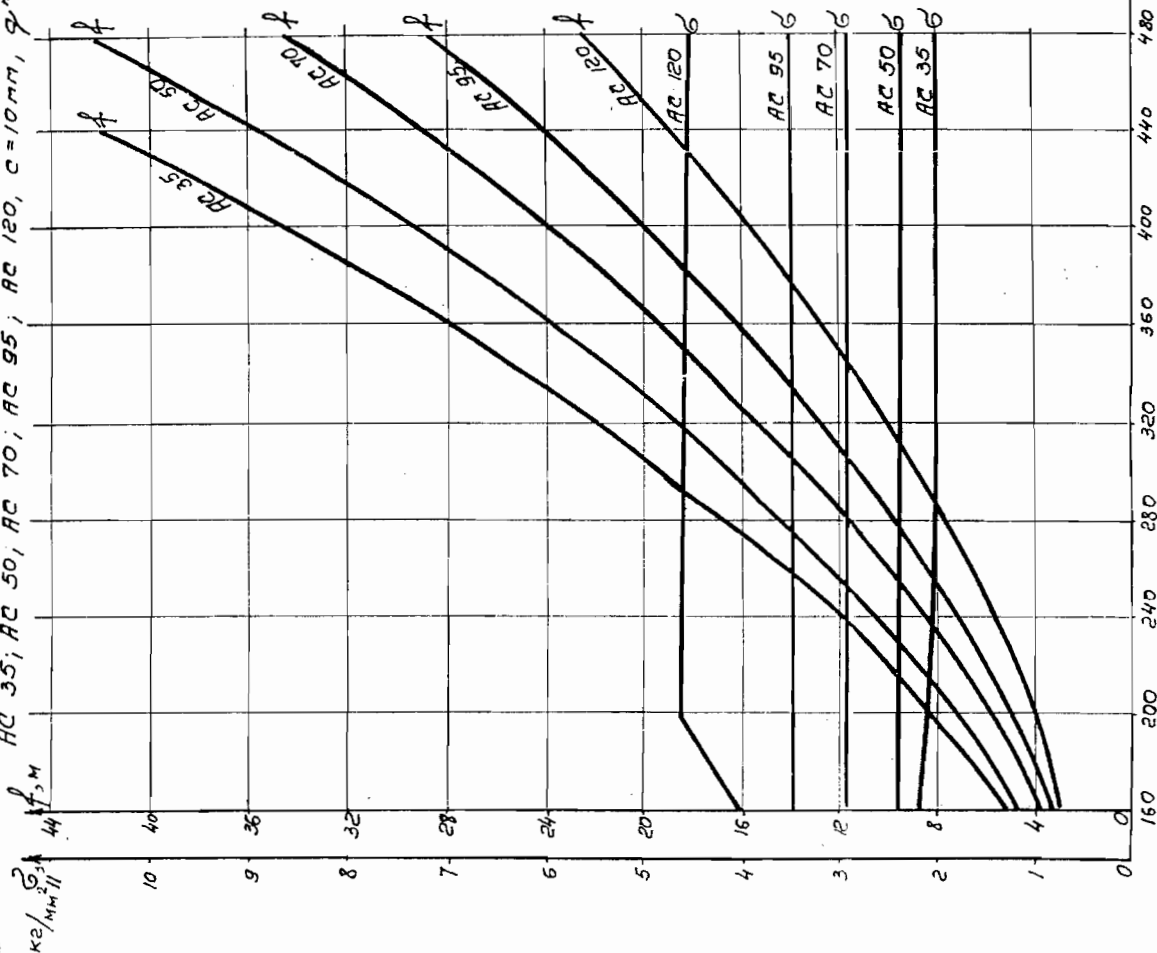
АС 95 " $65 \div 86 \text{ см}$

АС 120 " $66 \div 93 \text{ см}$

2. Стрела прогиба при гололеде больше, чем при максимальной температуре, для проводов АС 35; АС 50. Строму график на листе.

График зависимости напряжений σ и стрел прогиба f проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ от пролёта

AC 35; AC 50; AC 70; AC 95; AC 120, $c = 10 \text{ мм}$, $q^{\text{н}} = 50 \text{ кг/м}^2$



Марка провода	Длина критического пролёта, м		
	l_1	l_2	l_3
AC 35	240,8	82,1	60,3
AC 50	240,8	98,7	73,5
AC 70	240,8	123,5	94,4
AC 95	240,8	152,4	121,2
AC 120	251,2	198,6	176,6

1. Стрела прогиба при гололёде меньше, чем при максимальной

температуре, для проводов:

AC 50 на $3 \pm 5 \text{ см}$

AC 70 " $7 \pm 11 \text{ см}$

AC 95 " $13 \pm 19 \text{ см}$

AC 120 " $5 \pm 16 \text{ см}$

2. Стрела прогиба при гололёде

больше, чем при максимальной

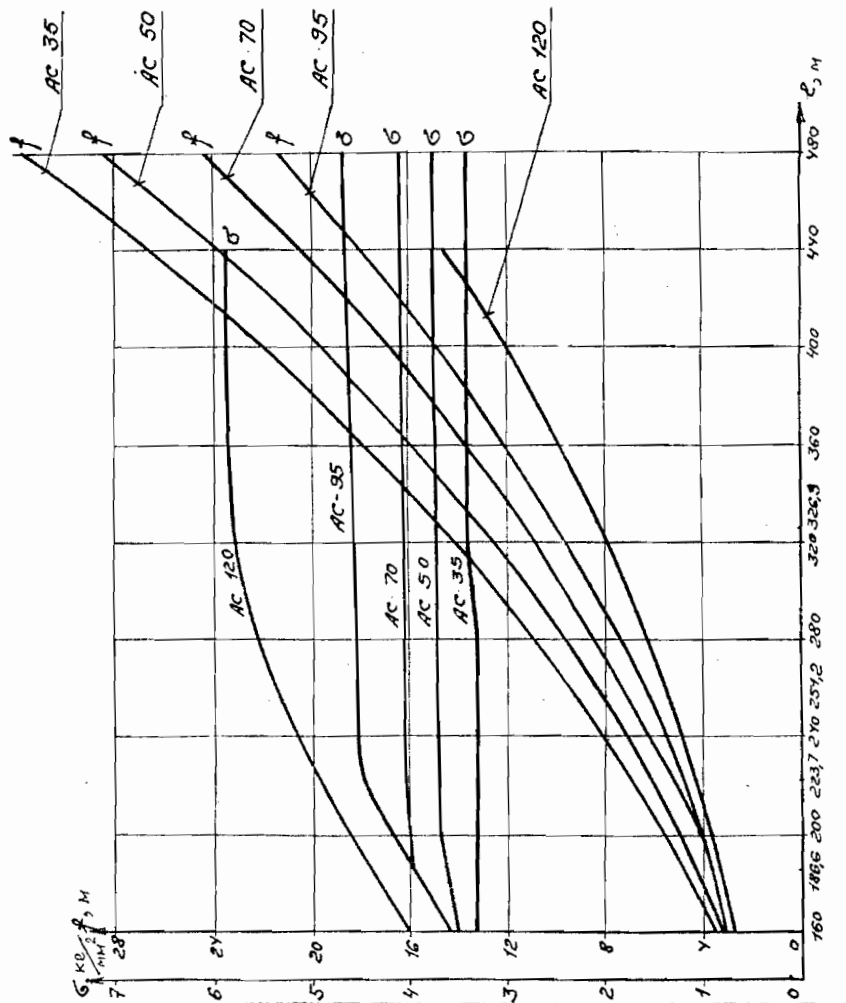
температуре, для проводов:

AC 35 на $3 \pm 35 \text{ см}$

78

Эрофия зависит от напряжения и стрел провеса
 проводов при $t = +40^{\circ}\text{C}$ от пролета

AC 35; AC 50; AC 70; AC 95; AC 120;
 $c = 5\text{ мм}; q_1 = 65\text{ кг/м}^2$



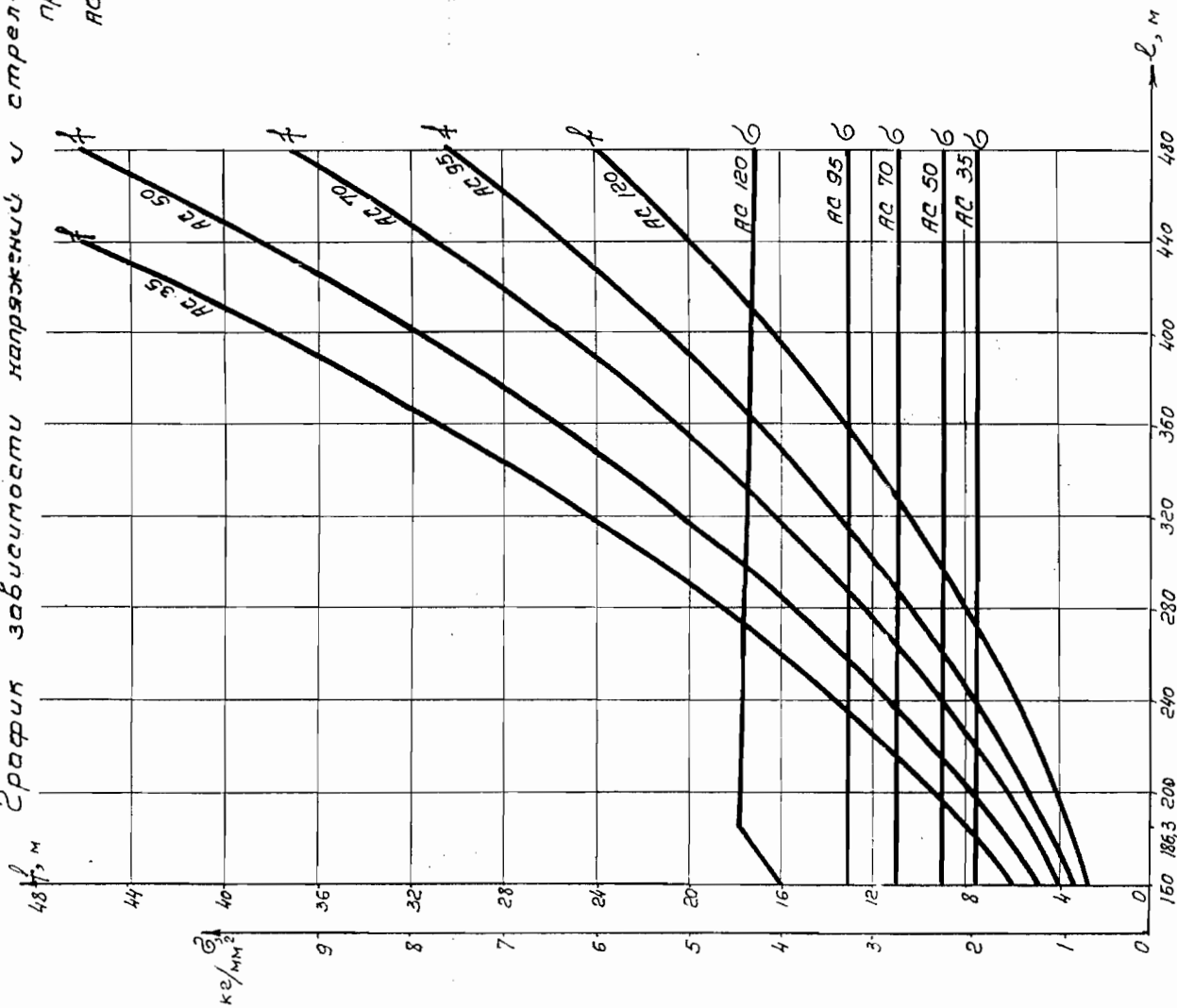
Марка проводов	Длина критического пролета, м		
	l_1	l_2	l_3
AC 35	240,8	143,2	112,6
AC 50	240,8	167,2	137,3
AC 70	240,8	186,6	154,5
AC 95	240,8	223,7	210,1
AC 120	251,2	248,1	326,9

1. Стрела провеса при допоре меньше, чем при максимальной температуре для проводов:

AC 70 на $55 \div 75\text{ см}$
 AC 95 " $65 \div 90\text{ см}$
 AC 120 " $66 \div 94\text{ см}$

2. Стрела провеса для проводов AC 35 и AC 50 при допоре больше, чем при максимальной температуре. Стрелу график на листе

График зависимости напряжений в стрел. провеса проводов
 при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ от пролёта
 AC 35; AC 50; AC 95; AC 120;
 $C = 10 \text{ мм}$; $q^{\text{н}} = 65 \text{ кг/м}^2$.



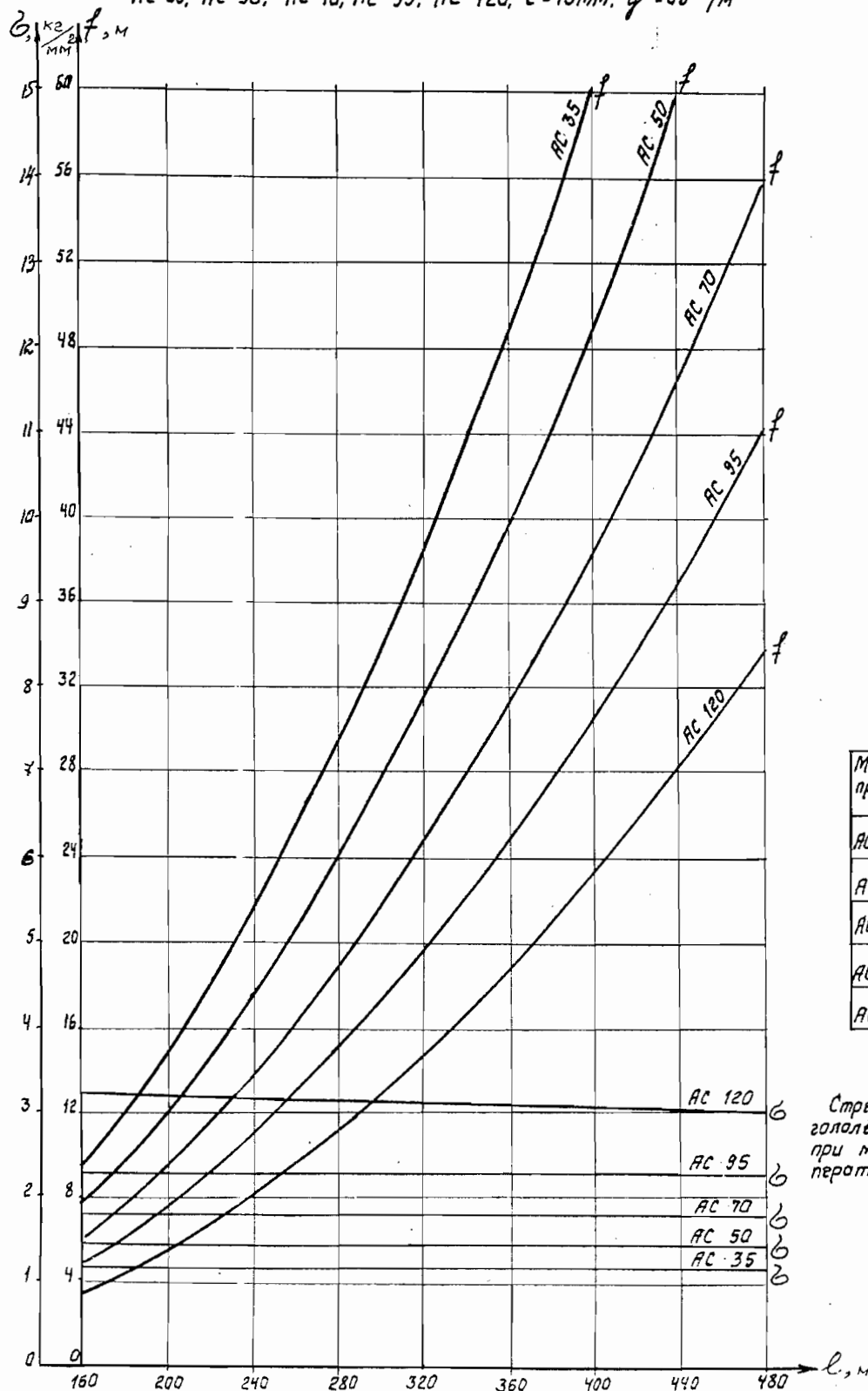
Марка провода	Длина критического пролёта, м		
	l_1	l_2	l_3
AC 35	240,8	77,2	56,5
AC 50	240,8	93,2	69,1
AC 70	240,8	114,2	86,4
AC 95	240,8	142,1	111,3
AC 120	251,2	186,3	162,4

Стрело провеса при гололеде
 меньше, чем при максимальной
 температуре, для проводов:

AC 35	на	5 ÷ 11 см
AC 50	"	4 ÷ 11 см
AC 70	"	12 ÷ 16 см
AC 95	"	17 ÷ 25 см
AC 120	"	9 ÷ 17 см

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t' = +40^\circ\text{C}$ от пролёта

АС-35, АС 50, АС 70, АС 95, АС 120, $\sigma = 15\text{ мм}$, $\gamma = 65\text{ кг/м}^2$



Марка провода	Критический пролет, м		
	l_1	l_2	l_3
АС-35	240,8	47,9	34,5
АС 50	240,8	58,1	42,5
АС 70	240,8	74,8	54,1
АС 95	240,8	93,8	69,6
АС 120	251,2	124,5	100,6

Стрела провеса при гололёде больше, чем при максимальной температуре, для проводов:

АС 35 на $3-7\text{ см}$
 АС 50 " $2-7\text{ см}$
 АС 70 " $1-3\text{ см}$
 АС 95 " 1 см
 АС 120 " $11-13\text{ см}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ от пролета.

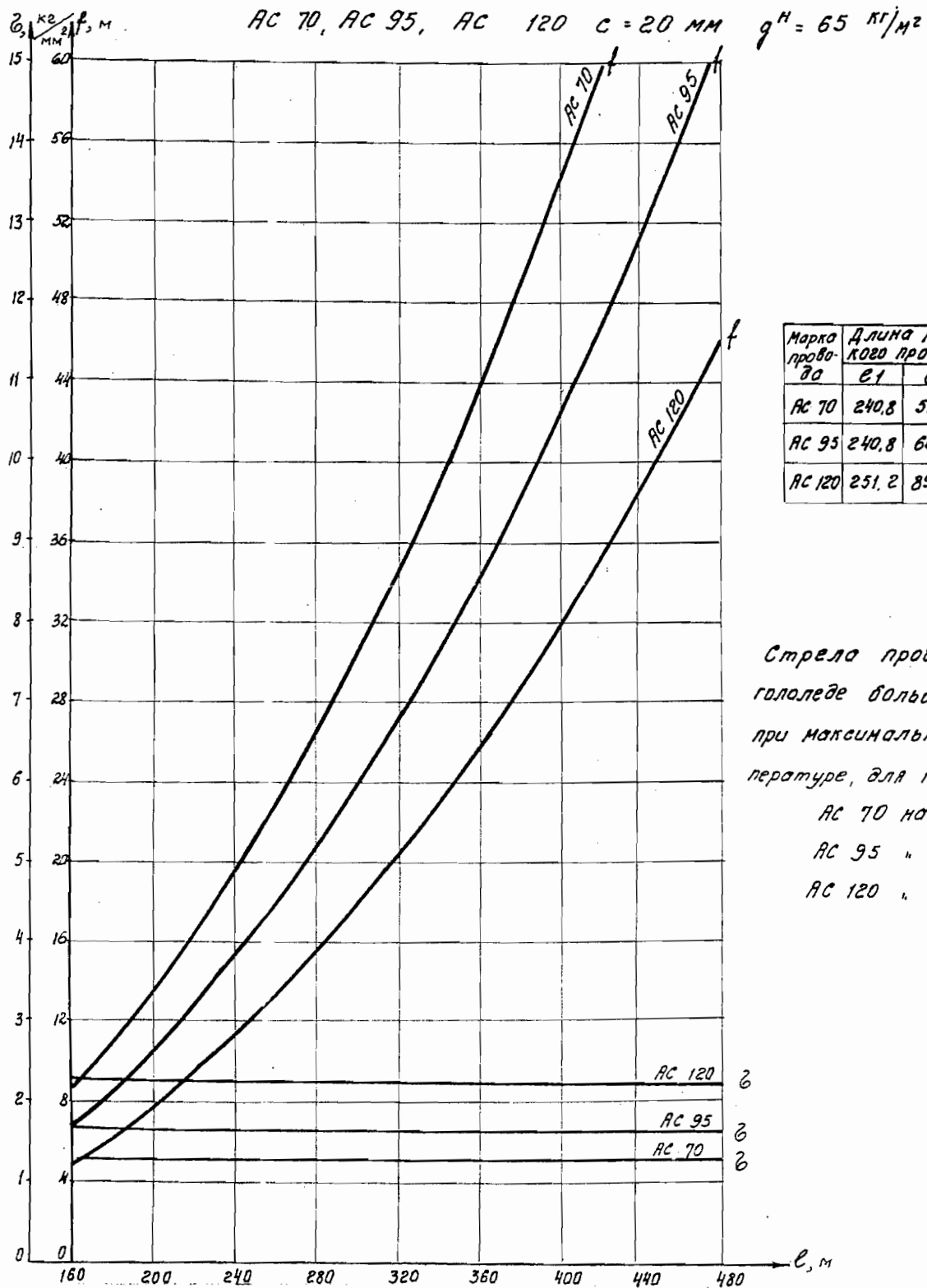
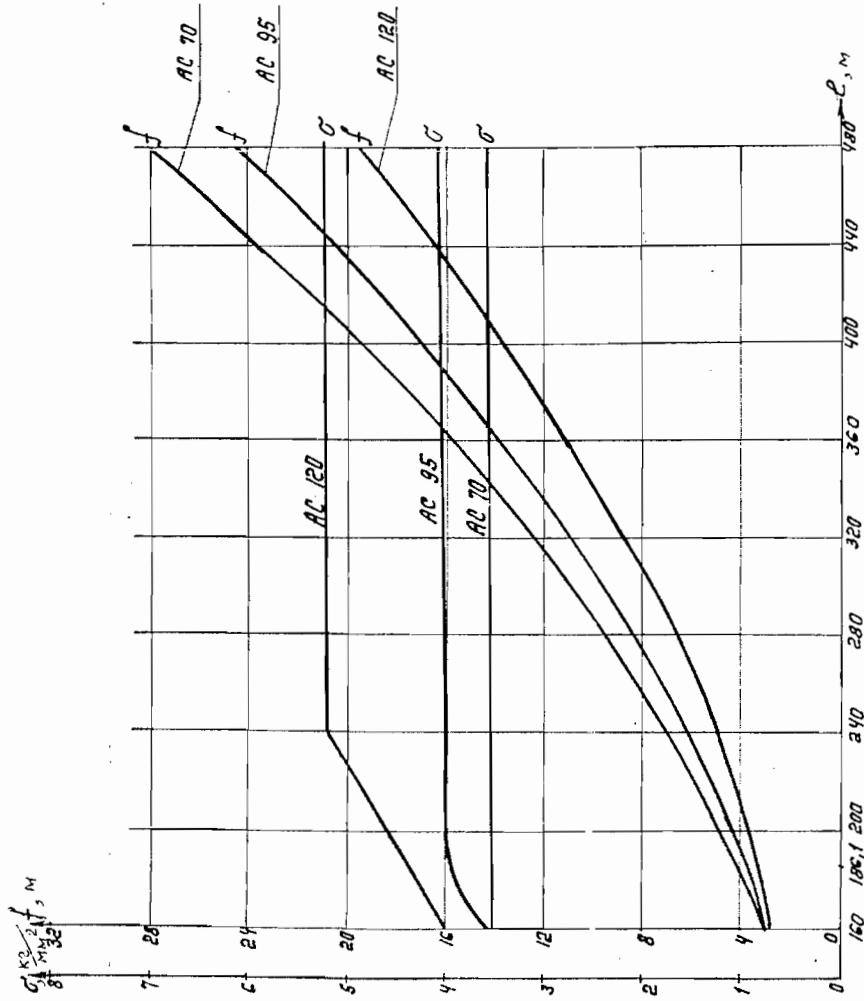


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ от пролёта

АС 70, АС 95, АС 120, $c = 5\text{ мм}$, $g_H = 80\text{ кг/м}^2$

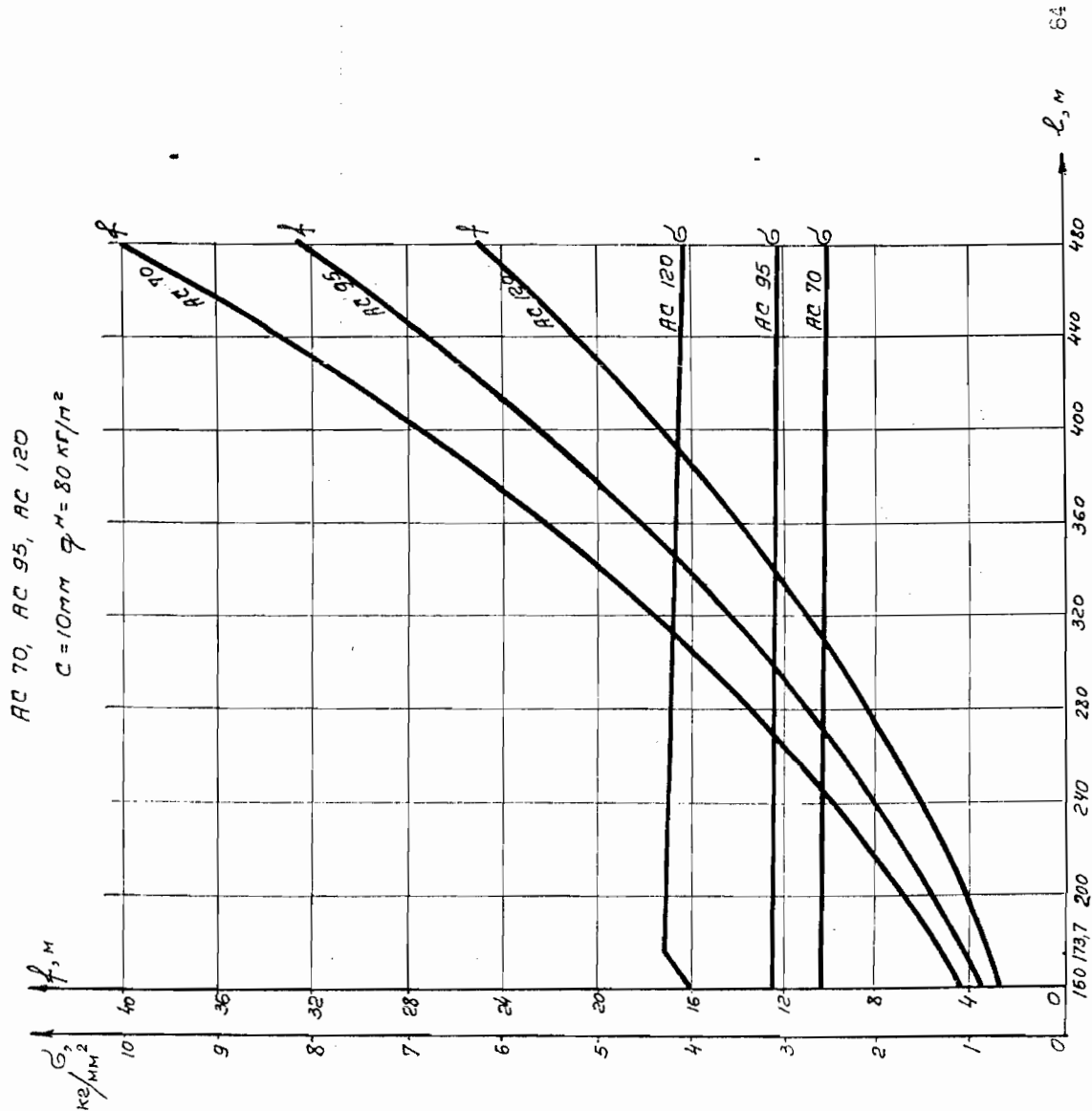


Марка провода	Длина критического пролёта, м		
	L_1	L_2	L_3
АС 70	240,8	155,8	124,6
АС 95	240,8	186,1	157,9
АС 120	251,2	239,1	231,4

Стрела провеса при гололёде меньше чем при максимальной температуре, для проводов:

АС 70 на $56 \div 75\text{ см}$
 АС 95 на $65 \div 89\text{ см}$
 АС 120 " $66 \div 98\text{ см}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ от пролёта.



Марка провода	Критический пролет, м		
	L_1	L_2	L_3
AC 70	240,8	104,9	78,5
AC 95	240,8	131,7	101,7
AC 120	251,2	173,7	142,5

Стрела провеса при гололёде меньше, чем при максимальной температуре, для проводов:

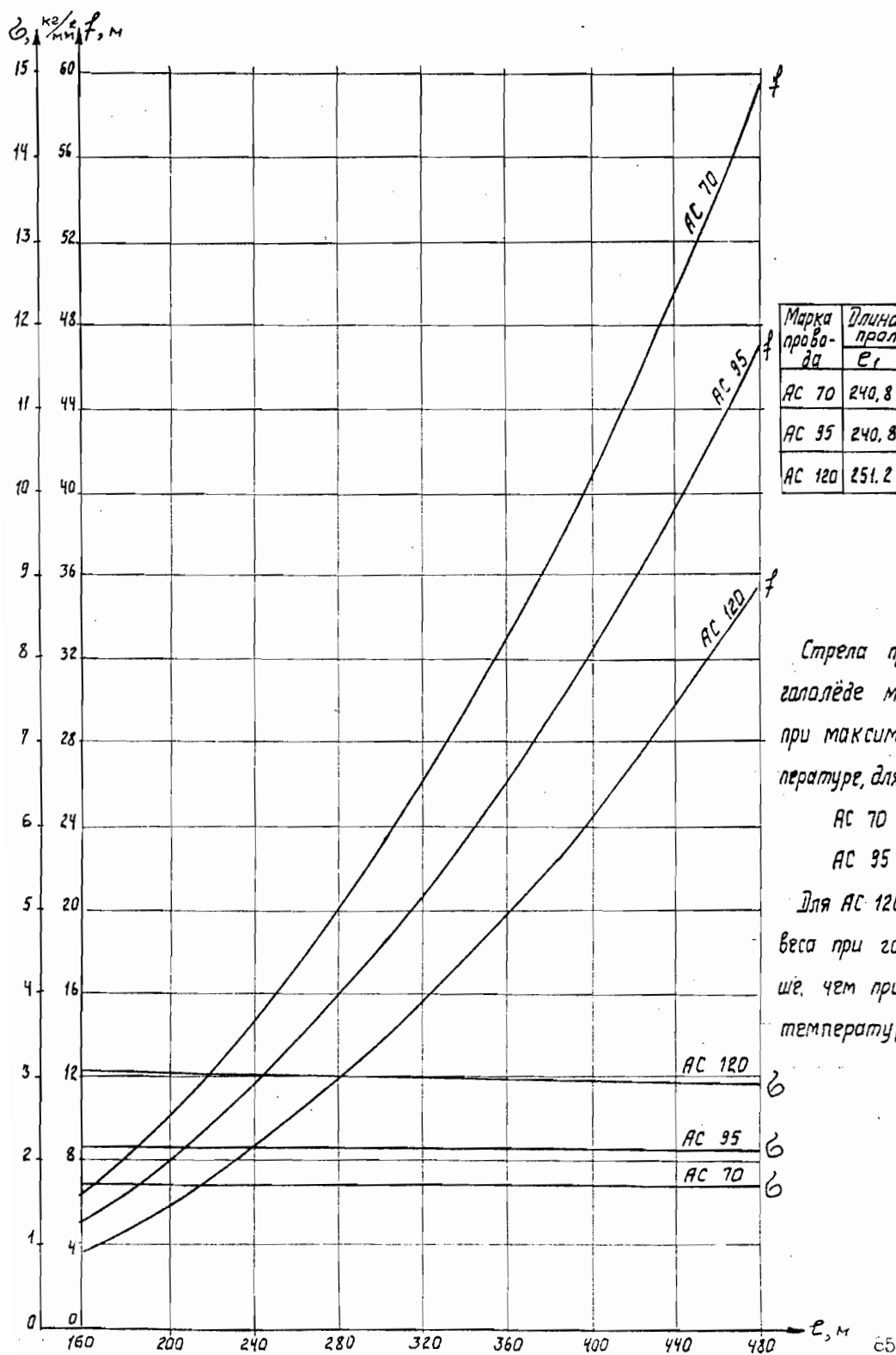
для AC 70 на 16 ÷ 21 см

" AC 95 " 21 ÷ 29 см

" AC 120 " 12 ÷ 23 см

График зависимости напряжений и стрелы провеса проводов
при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ от пролёта.

АС 70, АС 95, АС 120, $C=15\text{ мм}$, $q_H = 80\text{ кг/м}^2$



Марка провода	Длина критического пролёта, м		
	l_1	l_2	l_3
АС 70	240,8	69,6	50,7
АС 95	240,8	88,6	65,4
АС 120	251,2	118,1	94,9

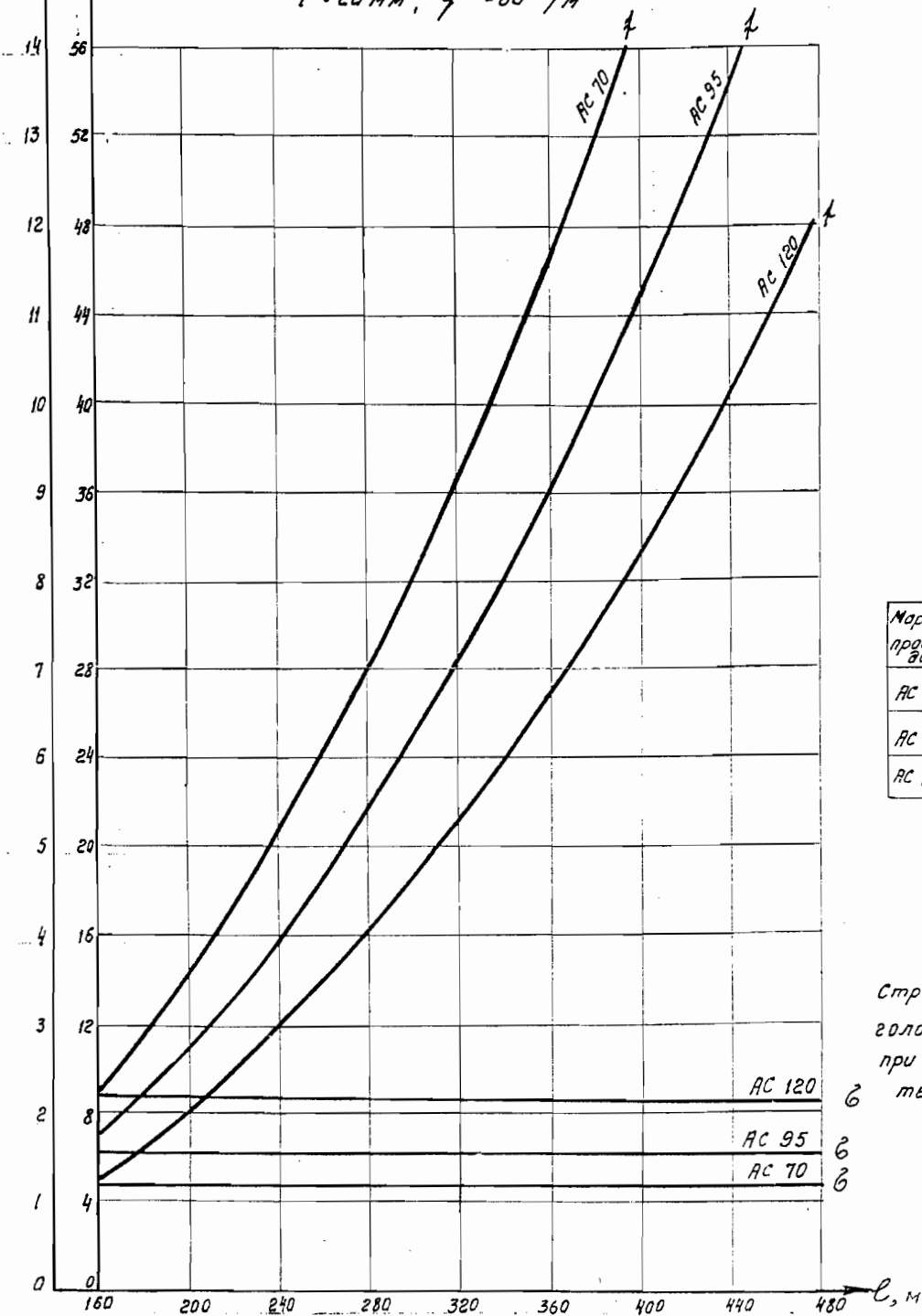
Стрела провеса при
гололёде меньше, чем
при максимальной тем-
пературе, для проводов:

АС 70 на $1 \div 2\text{ см}$

АС 95 " $2 \div 5\text{ см}$.

Для АС 120 стрела про-
веса при гололёде боль-
ше, чем при максимальной
температуре на $5 \div 10\text{ см}$.

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ от пролета
 AC 70; AC 95; AC 120
 $r = 20 \text{ мм}$; $q^H = 80 \text{ Н/м}^2$



Марка провода	Критический пролет м		
	l_1	l_2	l_3
AC 70	240,8	49,4	36,2
AC 95	240,8	63,11	46,25
AC 120	251,2	85,7	67,3

Стрела провеса при
 гололеде больше, чем
 при макс.
 темп-ре, для
 проводов
 AC 70 на 4÷5 см
 AC 95 „ 3÷4 см
 AC 120 „ 15÷17 см.

График зависимости напряжений и стрел
провеса проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ и гололеде от пролета

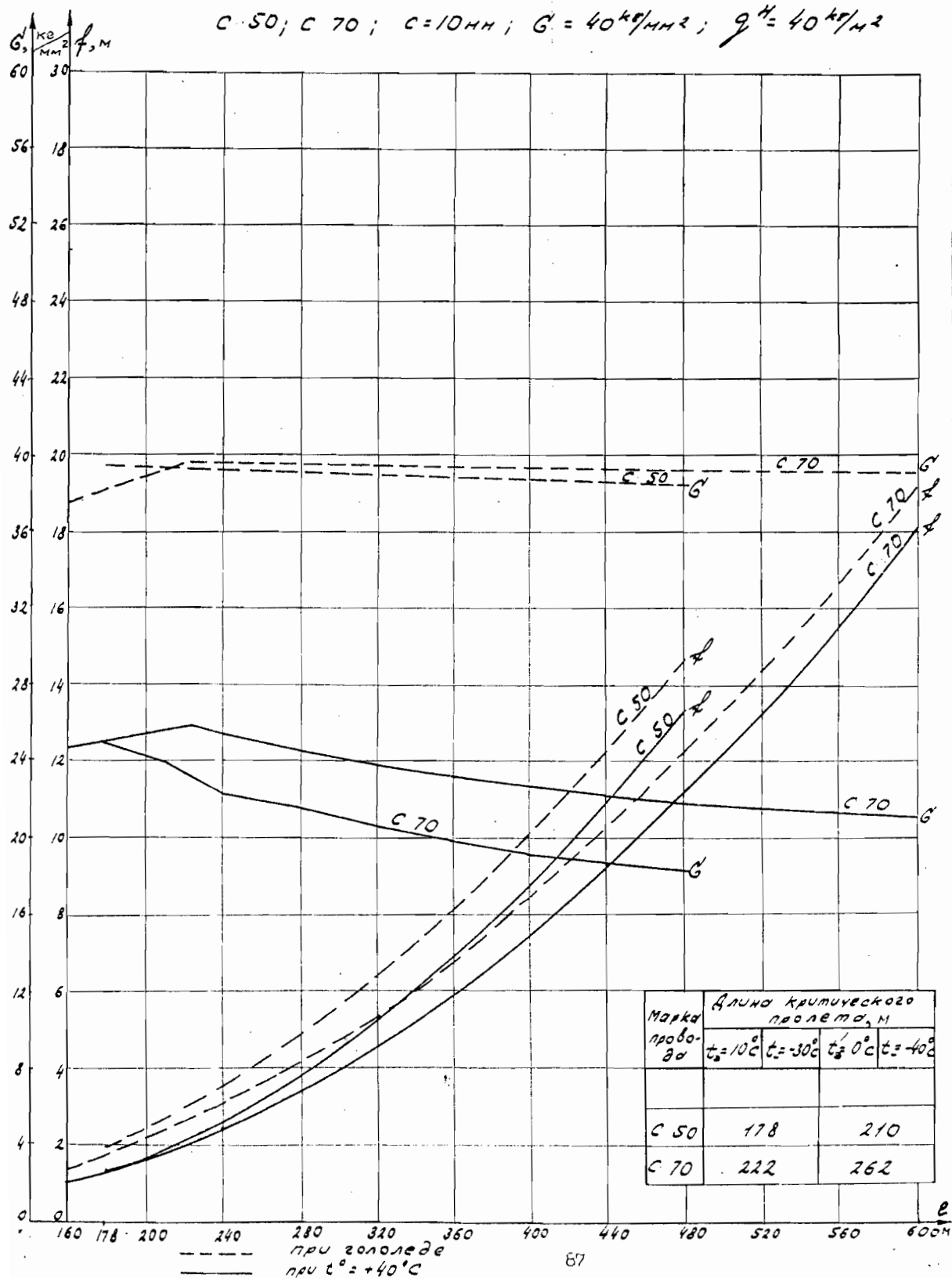
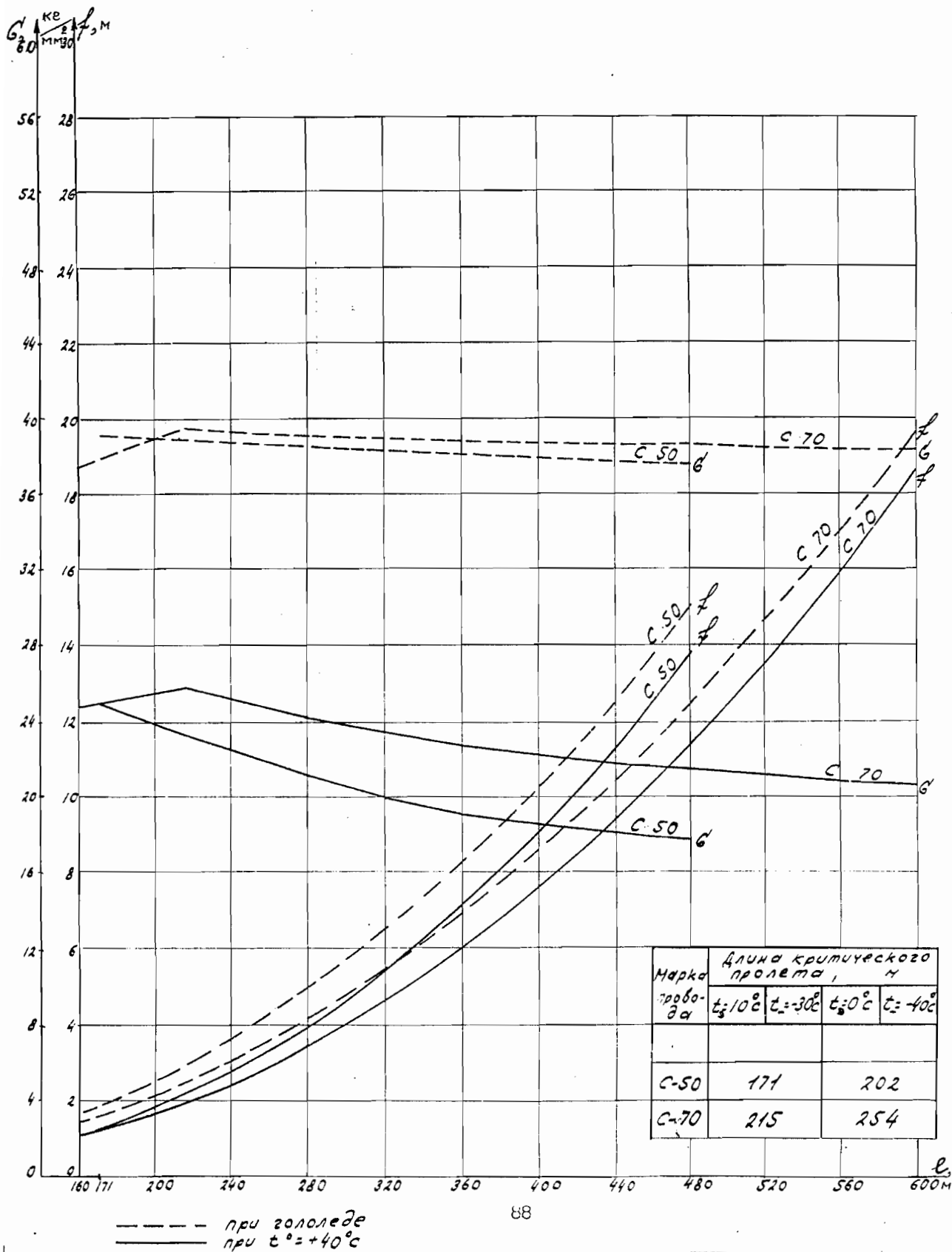


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ и гололеде от пролета

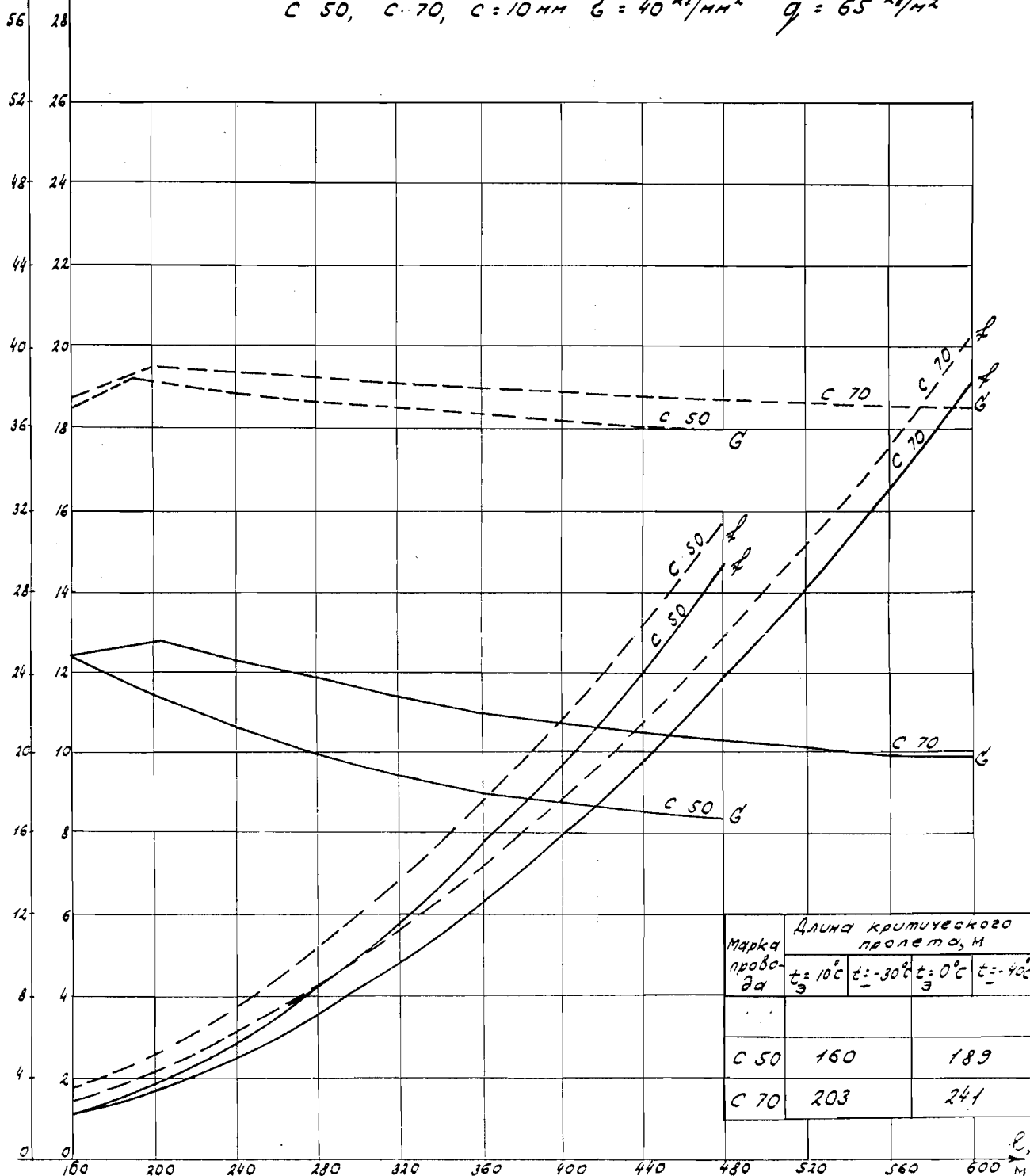
$\sigma = 50, \sigma = 70, \sigma = 10 \text{ мм}$ $G' = 40 \text{ кг/мм}^2$; $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$



$G, \frac{kg}{mm^2}$
 f, m

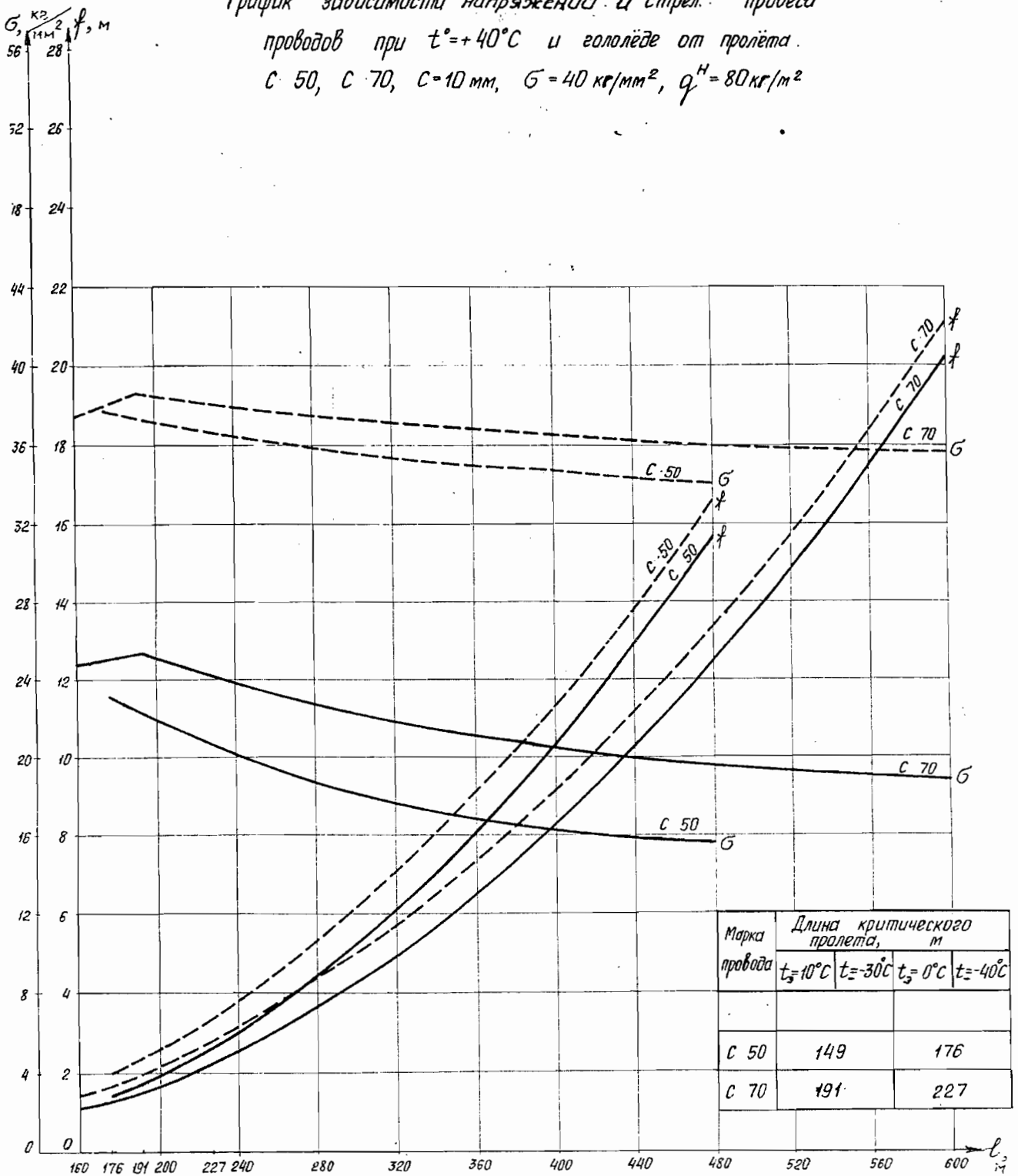
График зависимости напряжения и стрелы
провеса проводов при $t^\circ = +40^\circ C$ и гололеде от пролета

$C 50, C 70, C = 10 mm \quad G = 40 \frac{kg}{mm^2} \quad q^H = 65 \frac{kg}{m^2}$



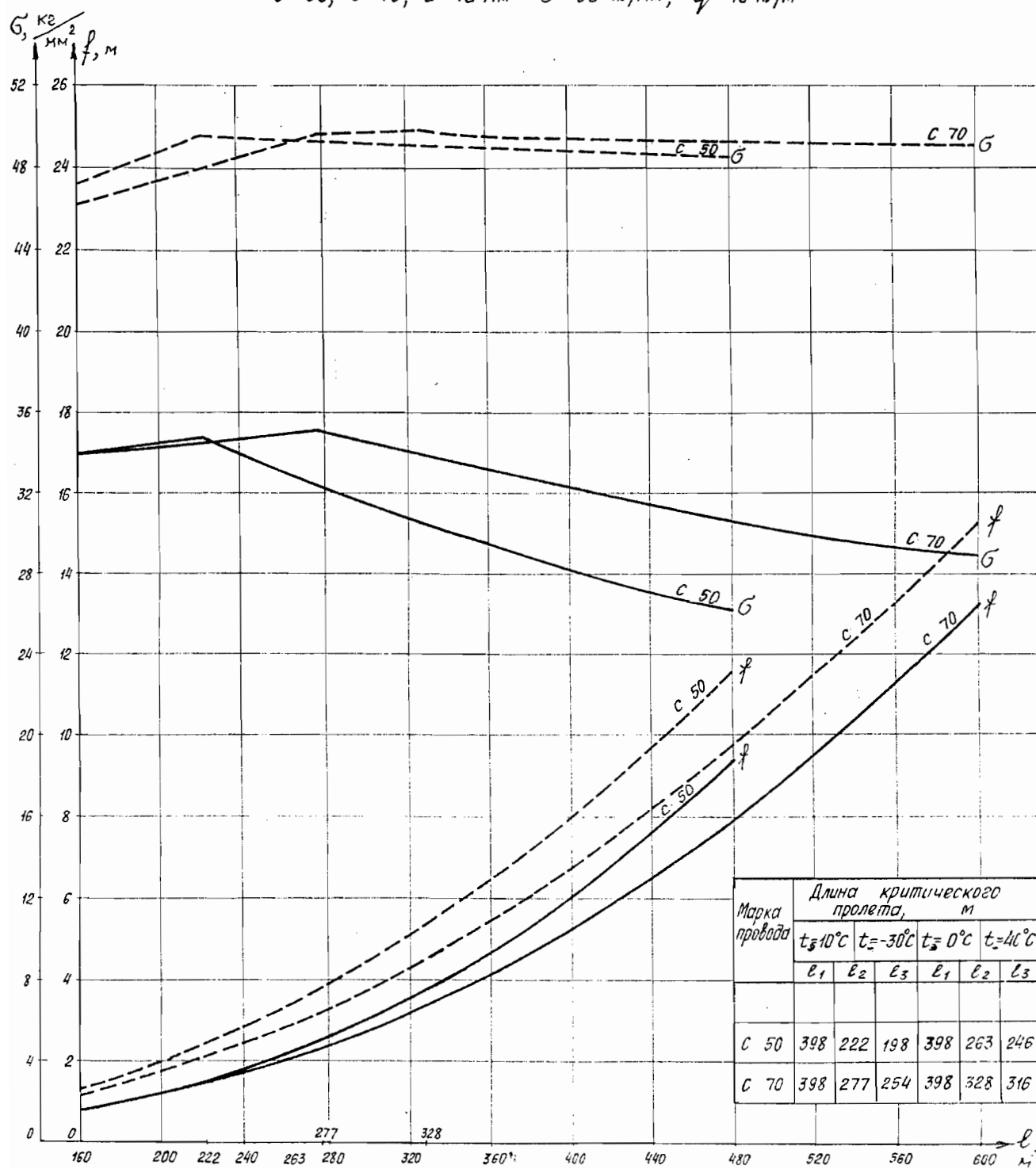
--- при гололеде
— при $t^\circ = +40^\circ C$

График зависимости напряжения и стрел провеса проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ и гололёде от пролёта.
 $c = 50, c = 70, c = 10 \text{ мм}, G = 40 \text{ кг/мм}^2, q^H = 80 \text{ кг/м}^2$



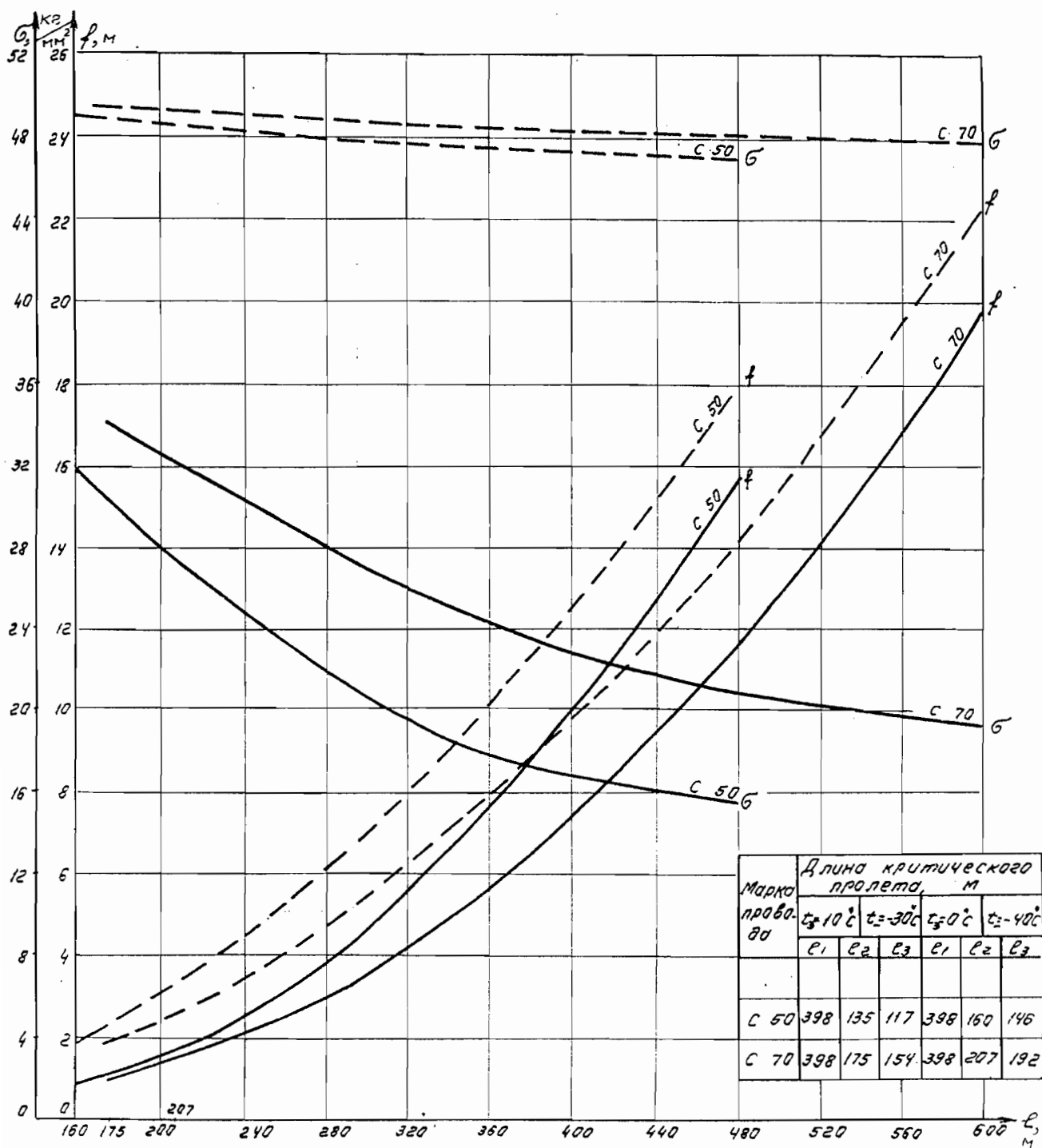
--- При гололёде
 — При $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ и гололеде от пролёта
 $C\ 50, C\ 70, C=10\text{ мм}$ $G=50\text{ кг/мм}^2$, $q_H=40\text{ кг/м}^2$



--- при гололёде
 — при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$

График зависимости напряжения и стрел провеса проводов при $t^* = +40^\circ\text{C}$ и гололеде от провода
 $C\ 50$, $C\ 70$, $C = 15\text{ мм}$, $b = 50\text{ кг/мм}^2$, $q^H = 40\text{ кг/м}^2$



--- при гололеде.
 — при $t^* = +40^\circ\text{C}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ}=+40^{\circ}\text{C}$ и гололёде от пролёта
 $C=50, C=70, C=20 \text{ мм}, G=50 \text{ кг/мм}^2, q^H=40 \text{ кг/м}^2, q^H=50 \text{ кг/м}^2$.

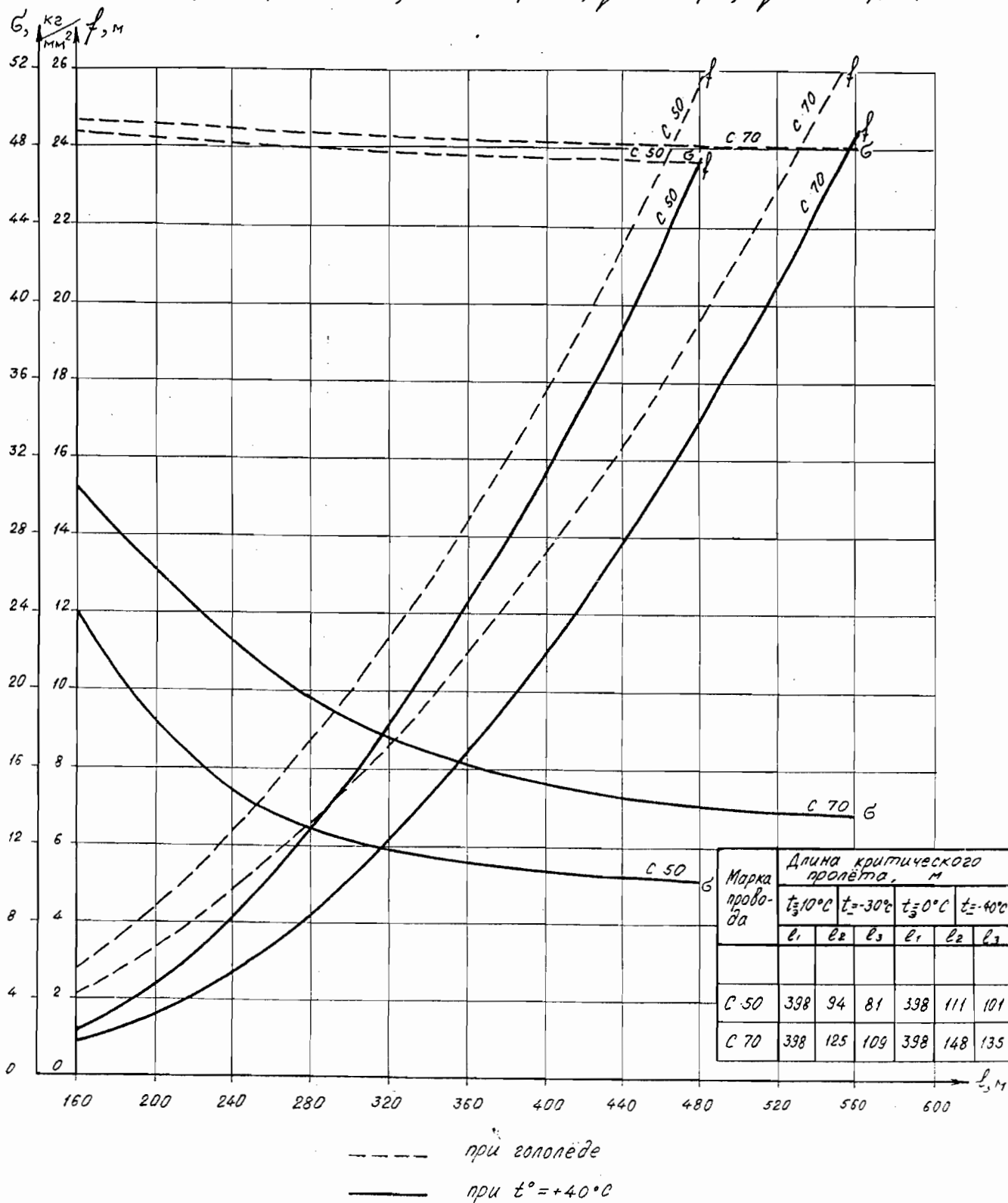
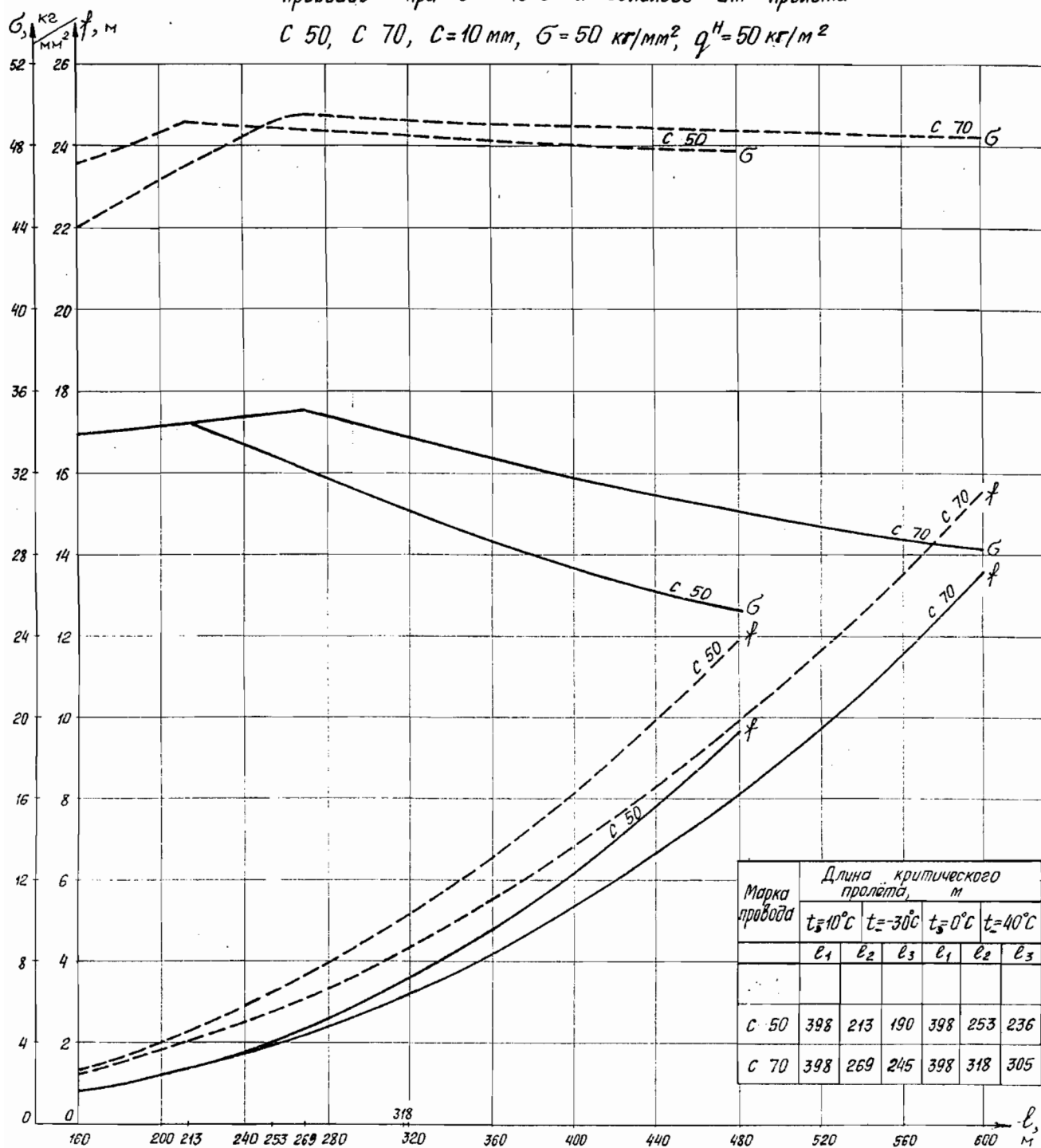
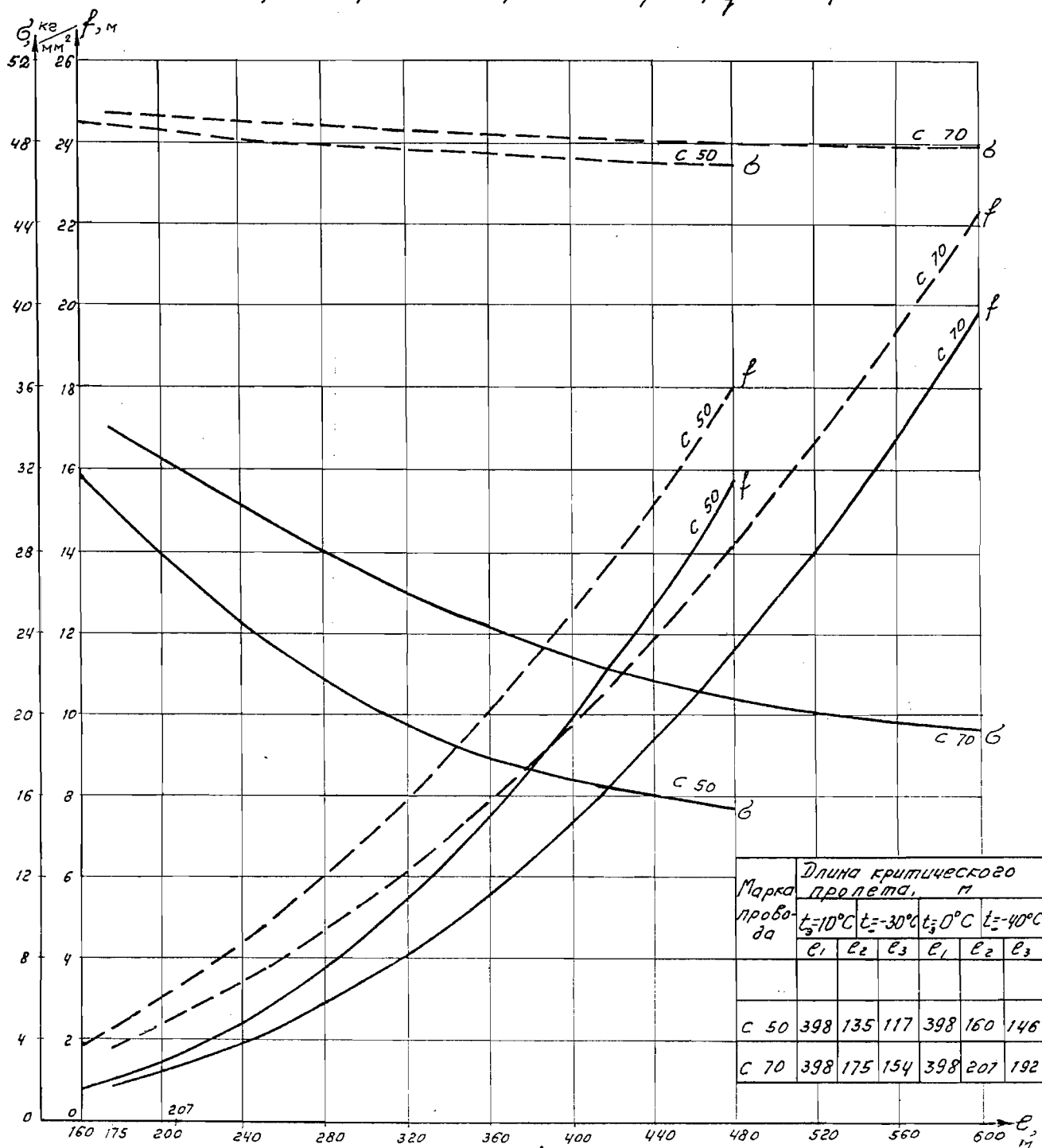


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ}=+40^{\circ}\text{C}$ и гололеде от пролёта с 50, с 70, с=10 мм, $\sigma=50 \text{ кг/мм}^2$, $q^H=50 \text{ кг/м}^2$



----- При гололеде
 ————— При $t^{\circ}=+40^{\circ}\text{C}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ$ и гололеде от провода С 50, С 70, $S = 15 \text{ мм}^2$, $\sigma = 50 \text{ кг/мм}^2$, $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$



----- При гололеде
 ————— При $t = +40^\circ \text{C}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^* = +40^\circ\text{C}$ и гололеде от пролета

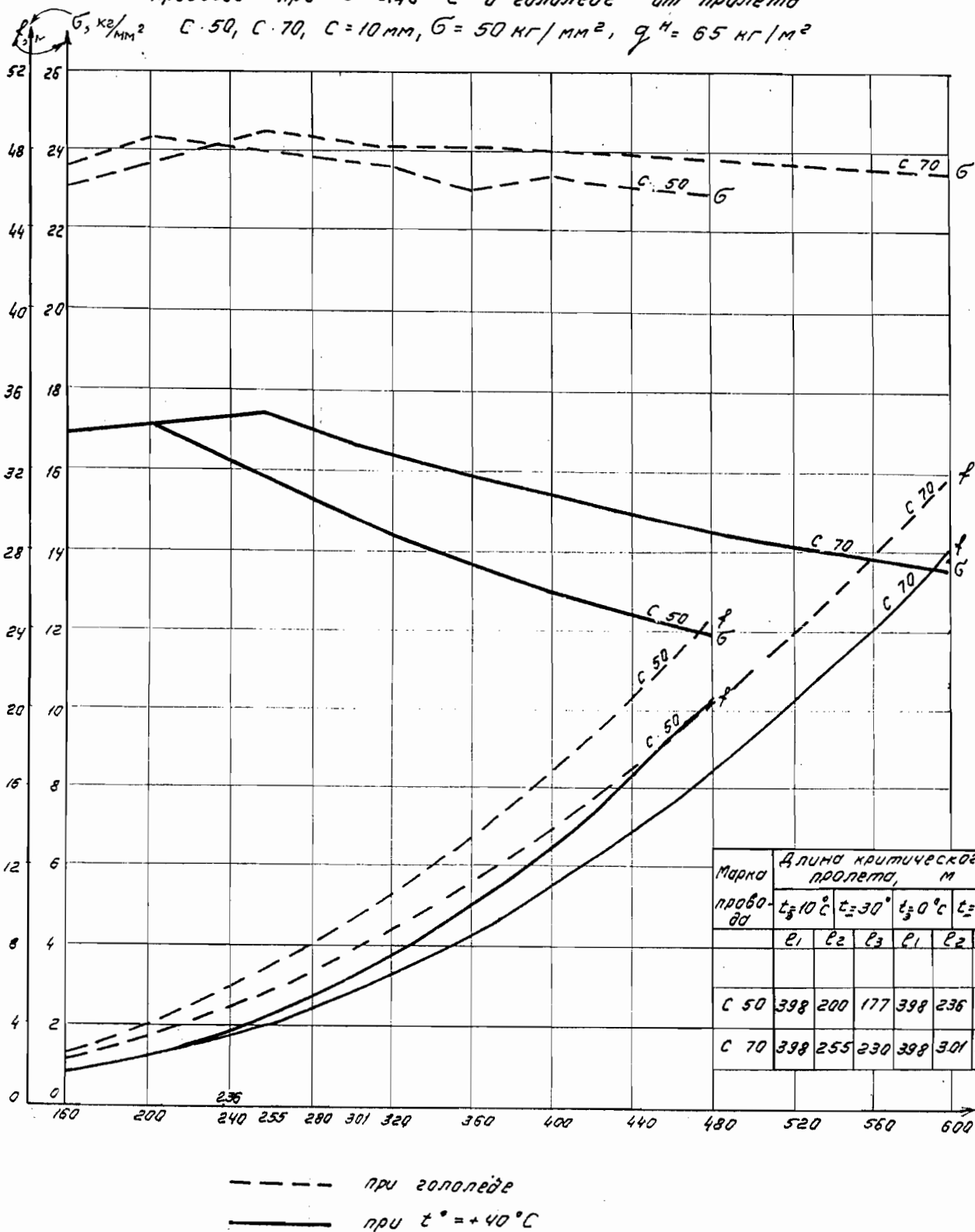


График зависимости напряжений и стрел
 провеса проводов при $t^0 = +40^\circ\text{C}$ и гололеде от пролета
 $C\ 50, C\ 70, C = 15\text{ мм}, \sigma = 50\text{ кг/мм}^2, q^H = 65\text{ кг/м}^2$

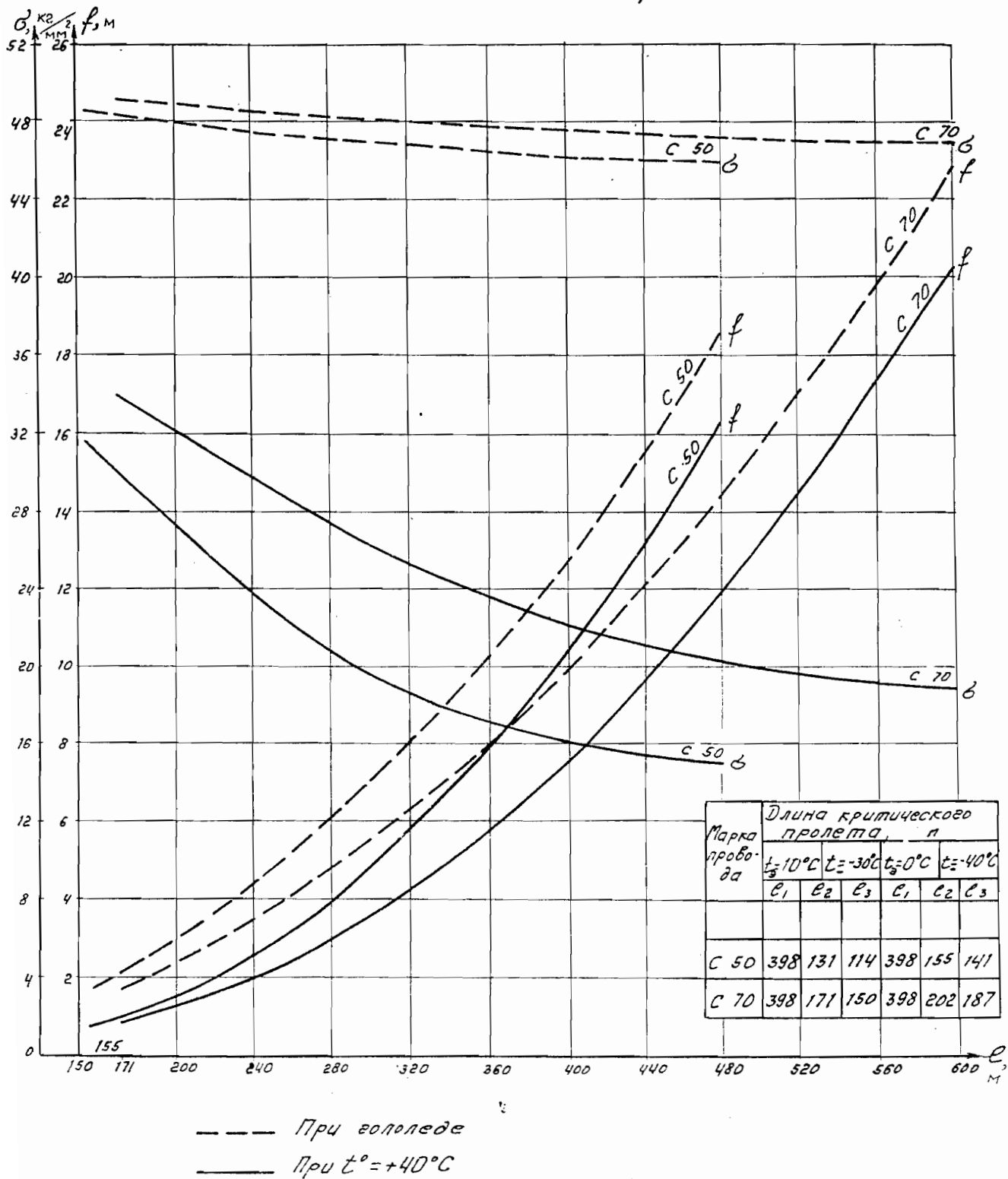


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t = +40^\circ\text{C}$ и гололёде от пролёта
 $\sigma = 50, \sigma = 70, \sigma = 20 \text{ мм}, \sigma = 50 \text{ кг/мм}^2, q = 65 \text{ кг/м}^2$

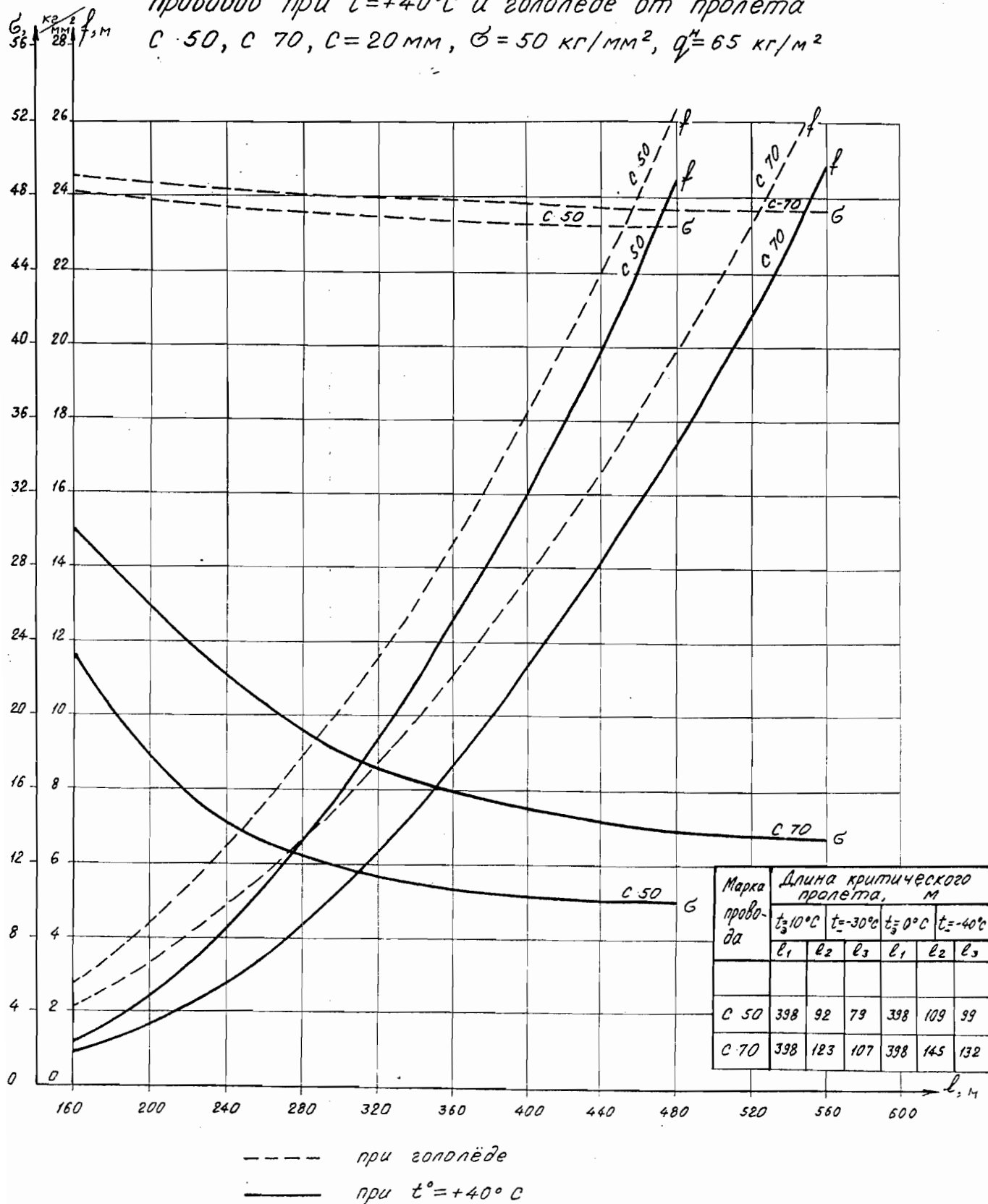
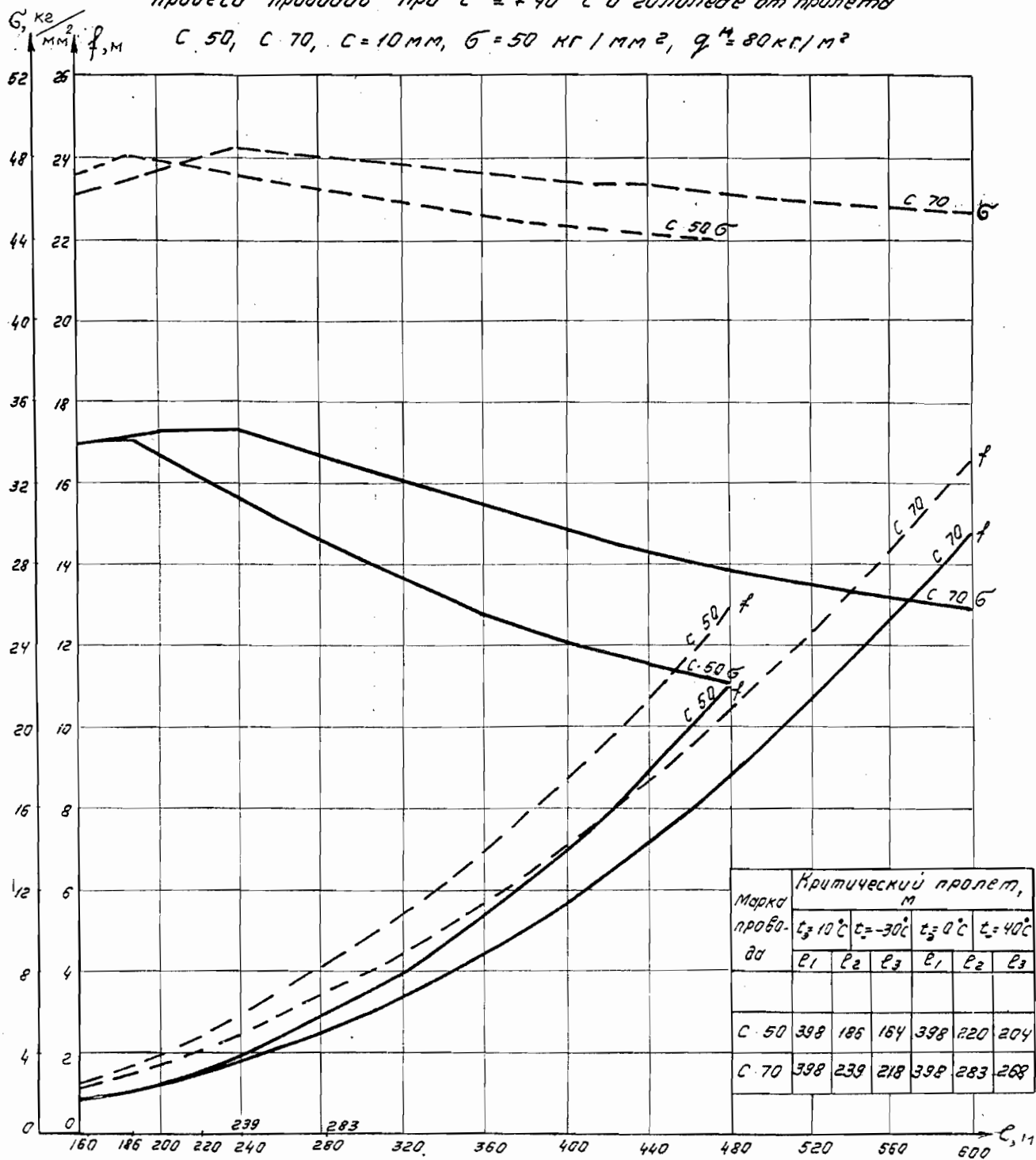


График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^* = +40^\circ\text{C}$ и гололеде от пролета



--- при гололеде
— при $t^* = +40^\circ\text{C}$

График зависимости напряжений и стрел провеса проводов при $t^{\circ}=+40^{\circ}\text{C}$ и гололеде от пролета
 $C\ 50, C\ 70, C=15\text{мм}, \sigma=50\text{кг/мм}^2, q^H=80\text{кг/м}^2$

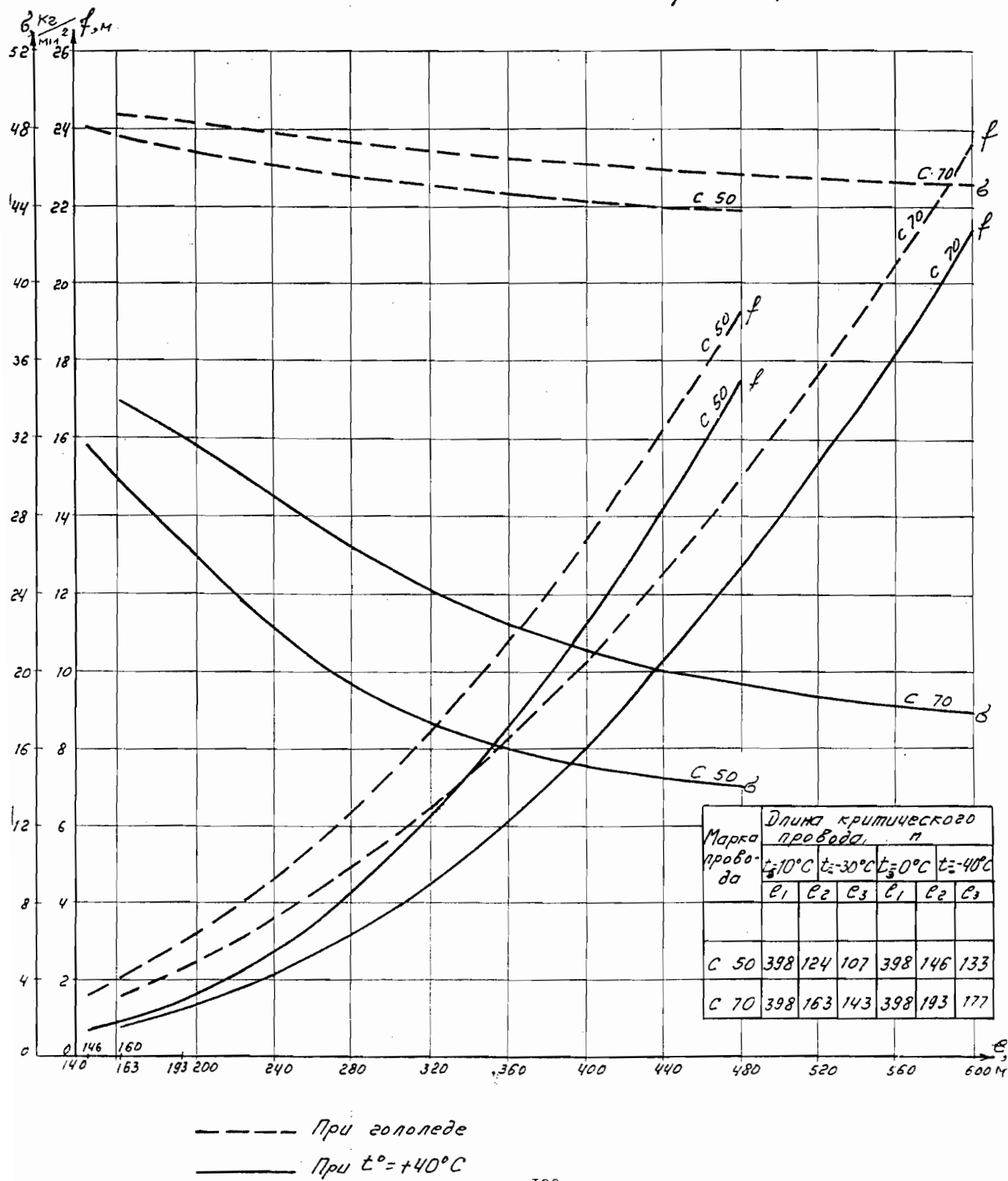
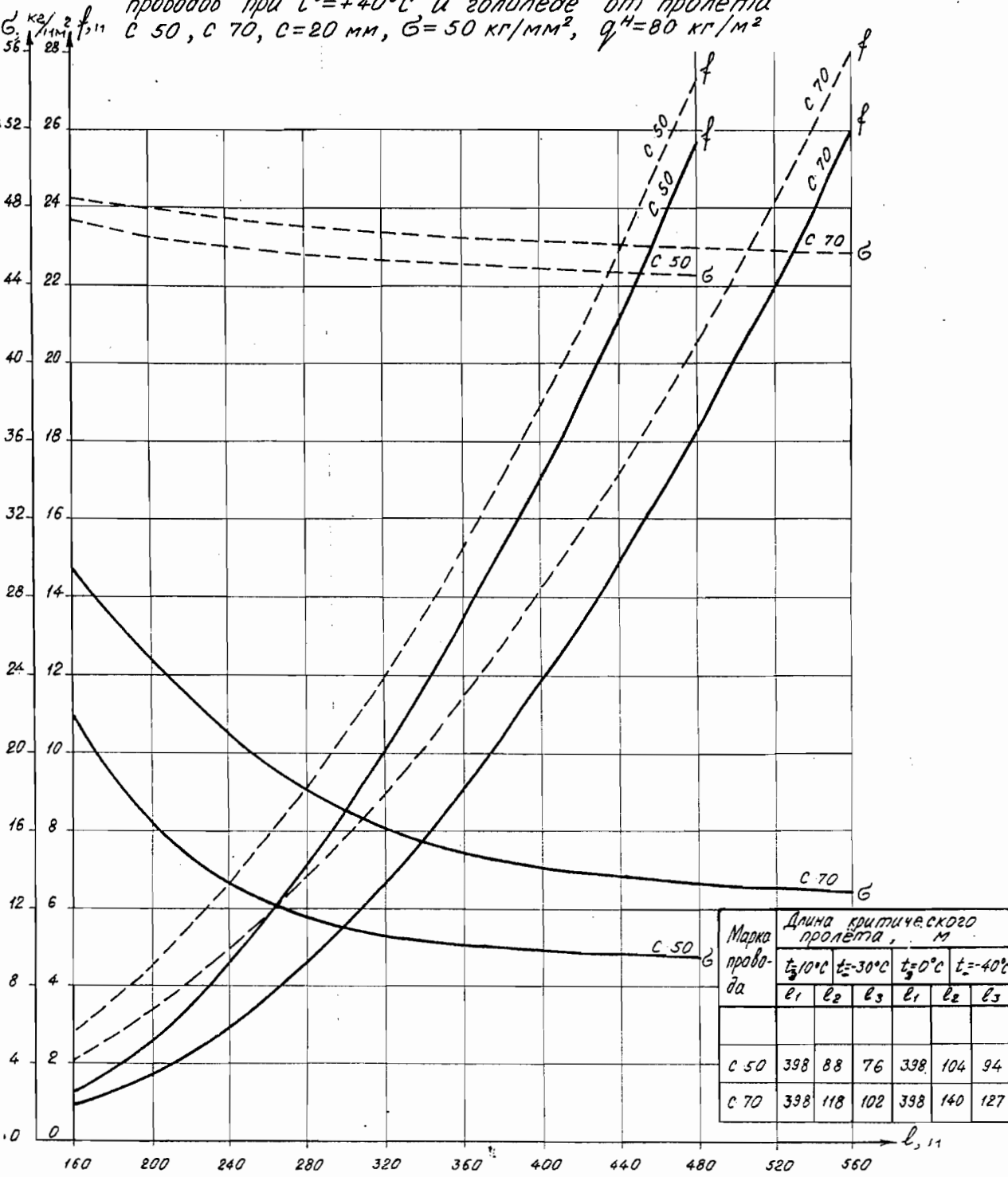


График зависимости напряжений и стрел прогиба проводов при $t^0 = +40^\circ\text{C}$ и гололёде от пролёта
 $c = 50, c = 70, c = 20 \text{ мм}, G = 50 \text{ кг/мм}^2, q^H = 80 \text{ кг/м}^2$



Марка провода	Длина критического пролёта, м					
	$t_3 = 10^\circ\text{C}$		$t_3 = -30^\circ\text{C}$		$t_3 = 0^\circ\text{C}$	
	l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3
c 50	398	88	76	398	104	94
c 70	398	118	102	398	140	127

График зависимости напряжений и стрел прогиба стальных канатов марки ТК от пролета при $t^{\circ} = -40^{\circ}C$.

ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14

$$q^H = 40 \text{ кг/м}^2 \quad c = 10 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} G_1 &= 60 \text{ кг/мм}^2 \\ G_2 &= 60 \text{ кг/мм}^2 \quad t_{\text{мин}} = -40^{\circ}C \\ G_3 &= 42 \text{ кг/мм}^2 \quad t_3 = 0^{\circ}C \end{aligned}$$

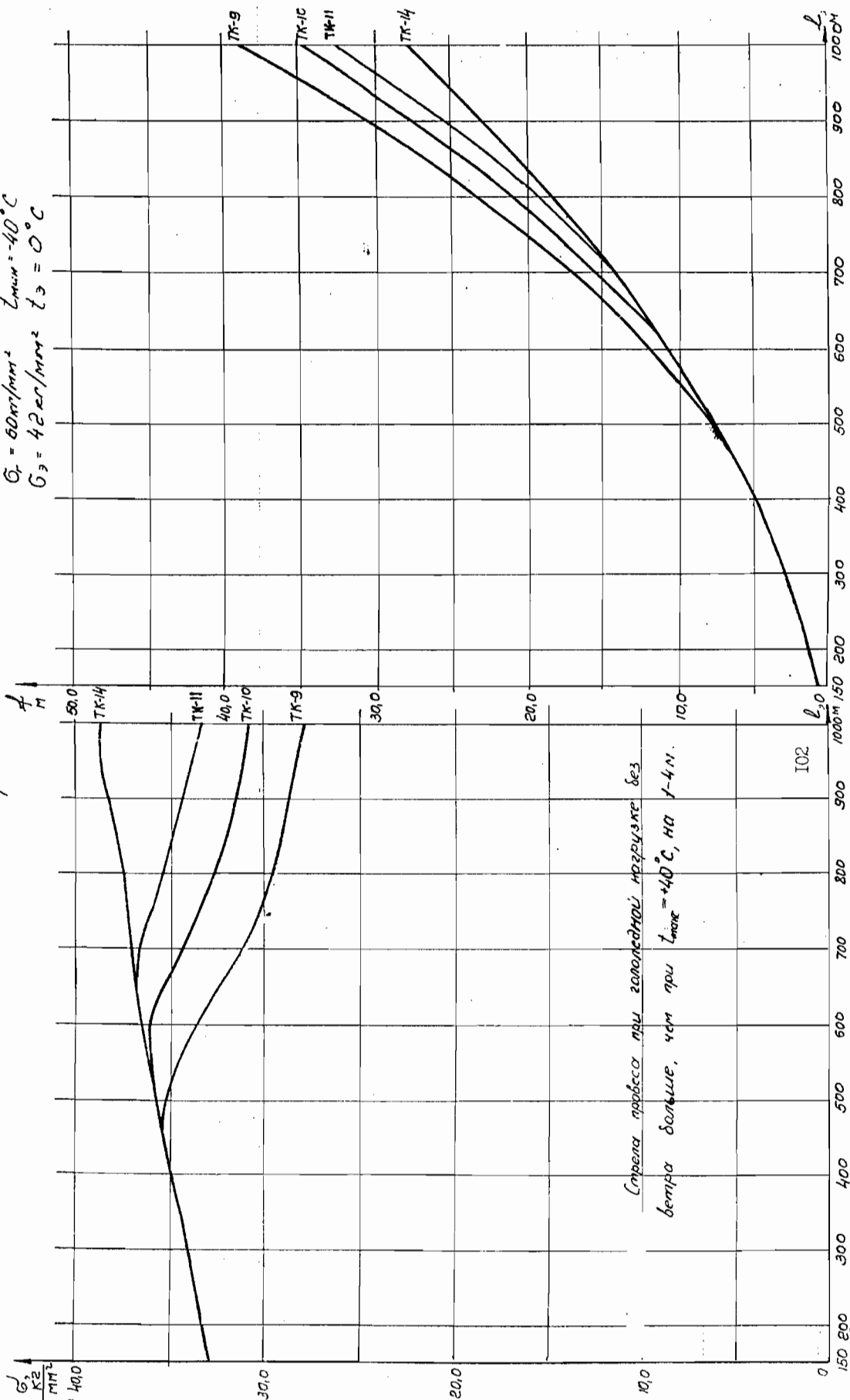


График зависимости напряжений и стрел прогиба стальных канатов марки ТК от пролета при $t^{\circ} = +40^{\circ}C$

$\sigma_{\text{н}} = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $\sigma_{\text{г}} = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $\sigma_{\text{з}} = 42 \text{ кг/мм}^2$
 $t_{\text{мин}} = -40^{\circ}C$
 $t_{\text{з}} = 0^{\circ}C$

$q = 40 \text{ кг/м}^2$, $c = 15 \text{ мм}$
 ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14

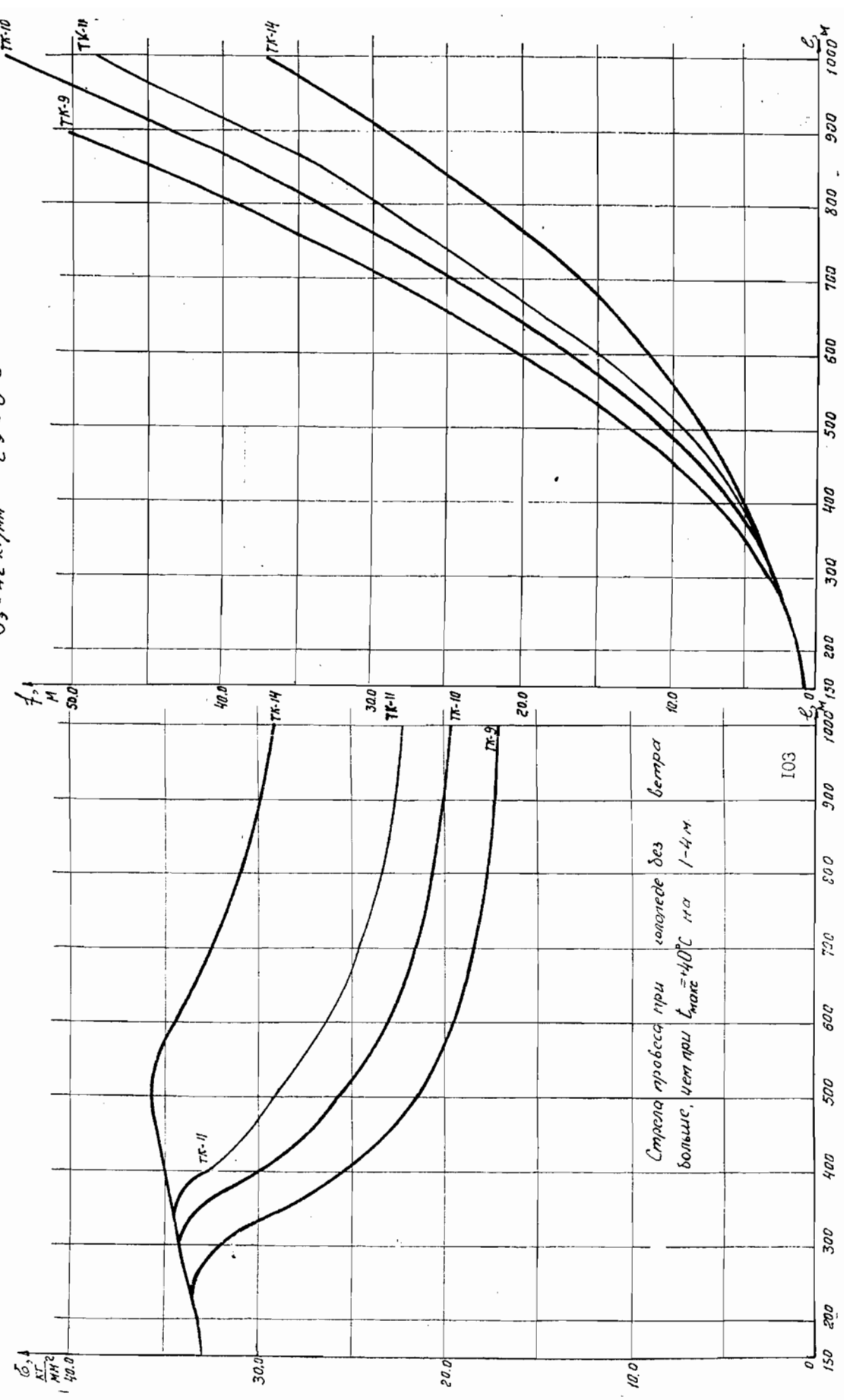


График зависимости напряжений и стрел провеса канатов марки ТК от пролета при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$

ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14
 $q = 40 \text{ кг/м}^2$ $c = 20 \text{ мм}$

$G_1 = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $G_2 = 50 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{мин}} = -40^{\circ}\text{C}$
 $G_3 = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_3 = 0^{\circ}\text{C}$

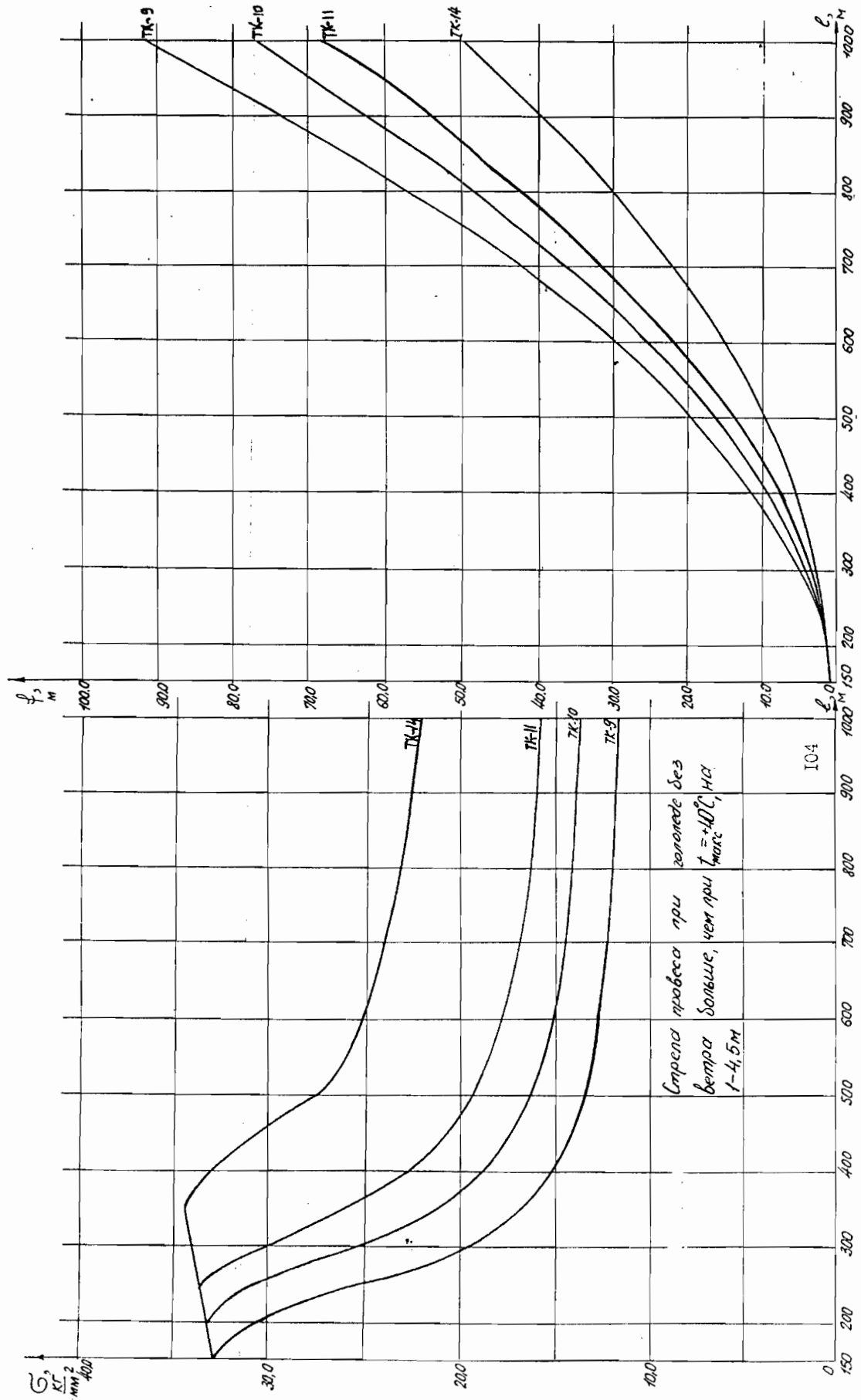


График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t = +40^\circ\text{C}$

ТК-9; ТК-10; ТК-11; ТК-14; ТК-20; $\sigma_{\text{г}} = 50 \text{ кг/мм}^2$, $C = 15 \text{ мм}$,
 $\sigma_{\text{с}} = 60 \text{ кг/мм}^2$, $t_{\text{мин}} = -40^\circ\text{C}$
 $\sigma_{\text{з}} = 42 \text{ кг/мм}^2$, $t_{\text{з}} = 0^\circ\text{C}$

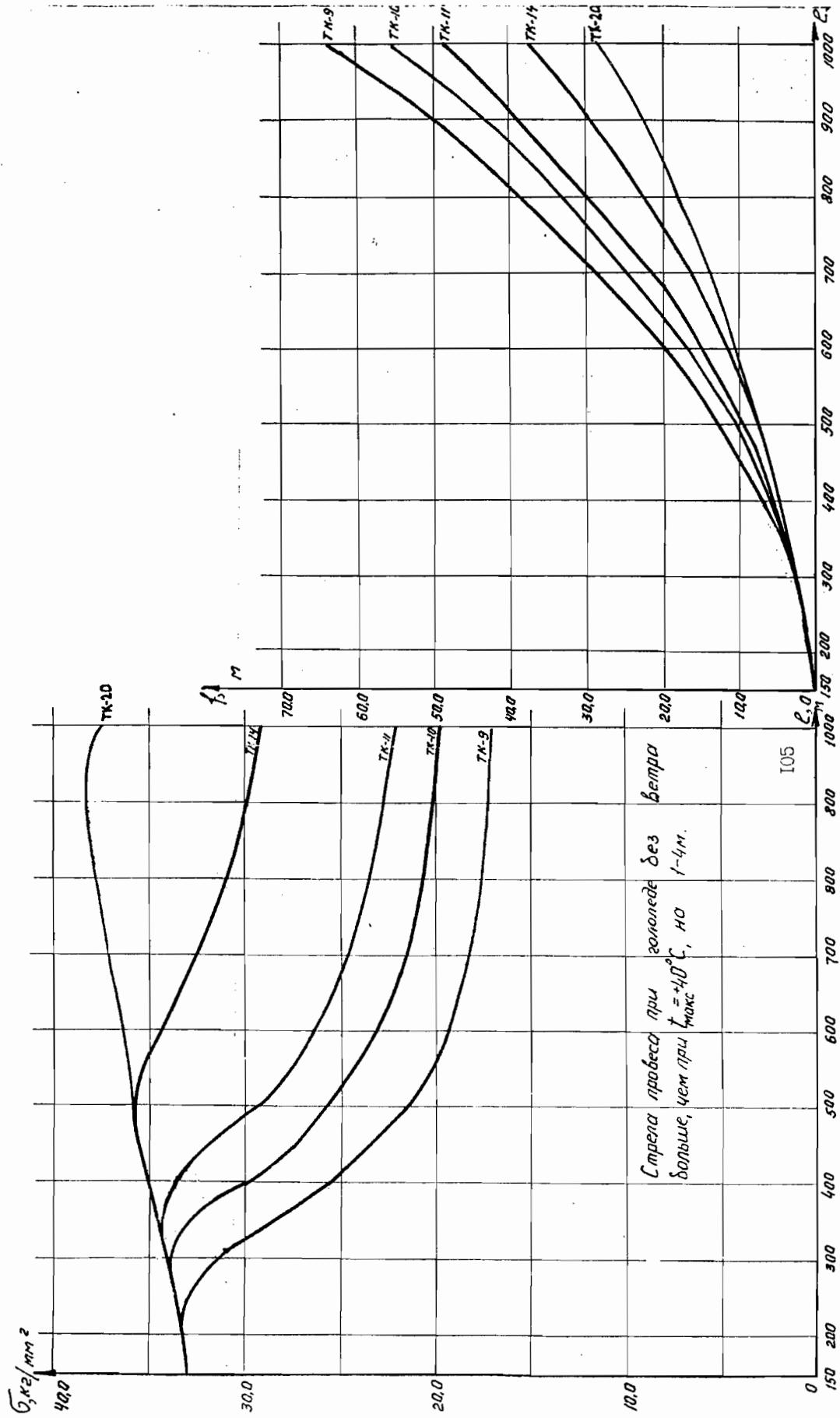


График зависимости напряжений стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$
 ТК-20, ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14, $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$, $C = 10 \text{ мм}$
 $G_1 = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $G_2 = 60 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{мин}} = -40^{\circ}\text{C}$
 $G_3 = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_3 = 0^{\circ}\text{C}$

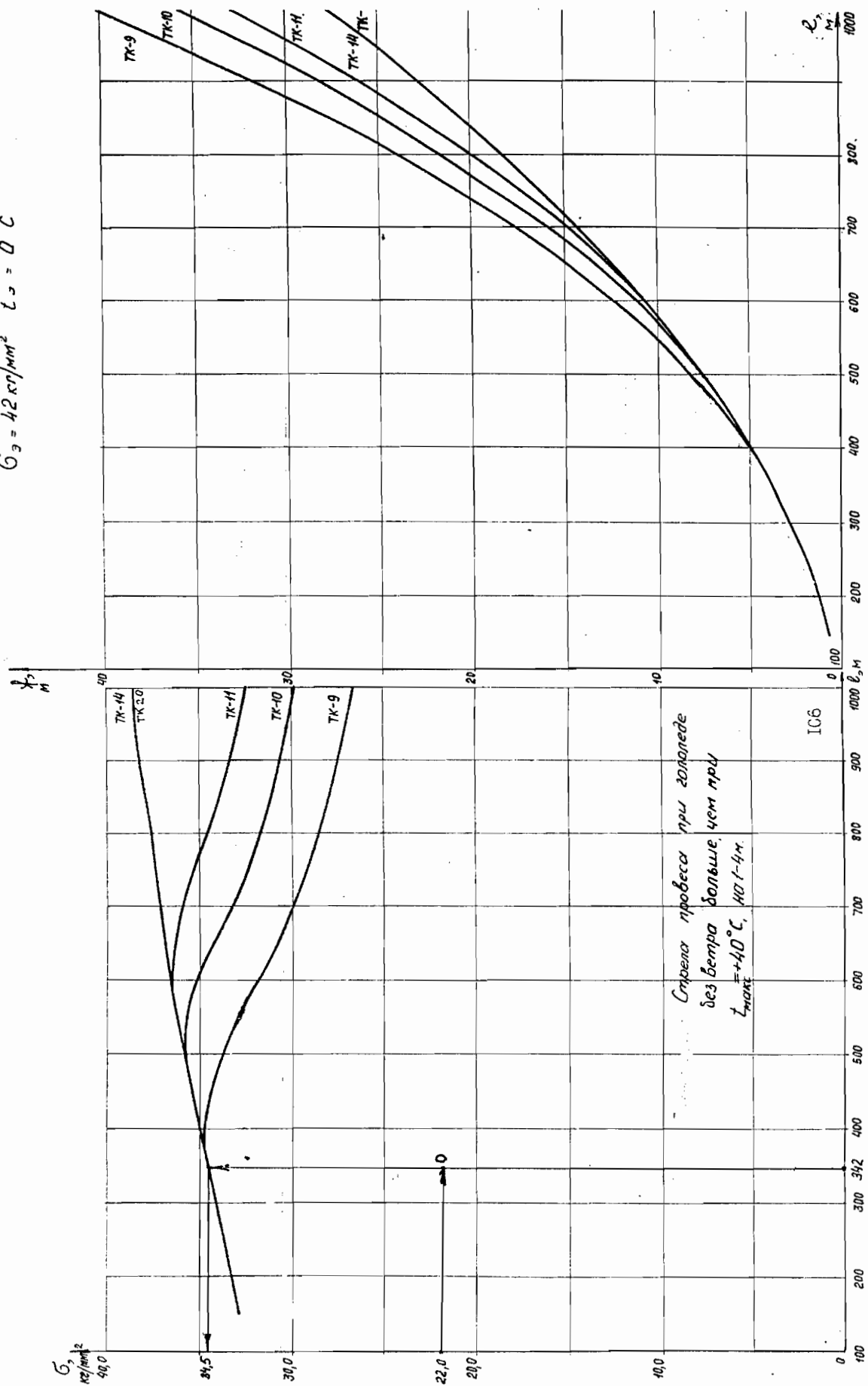


График зависимости напряжений и стрел прогиба стальных канатов марки ТК от пролета при $t^0 = +40^\circ\text{C}$

3

$G_1 = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $G_2 = 42 \text{ кг/мм}^2$
 $t_{\text{нн}} = -40^\circ\text{C}$
 $t_3 = 0^\circ\text{C}$

$q_H = 50 \text{ кг/м}$ $C = 20 \text{ мм}$

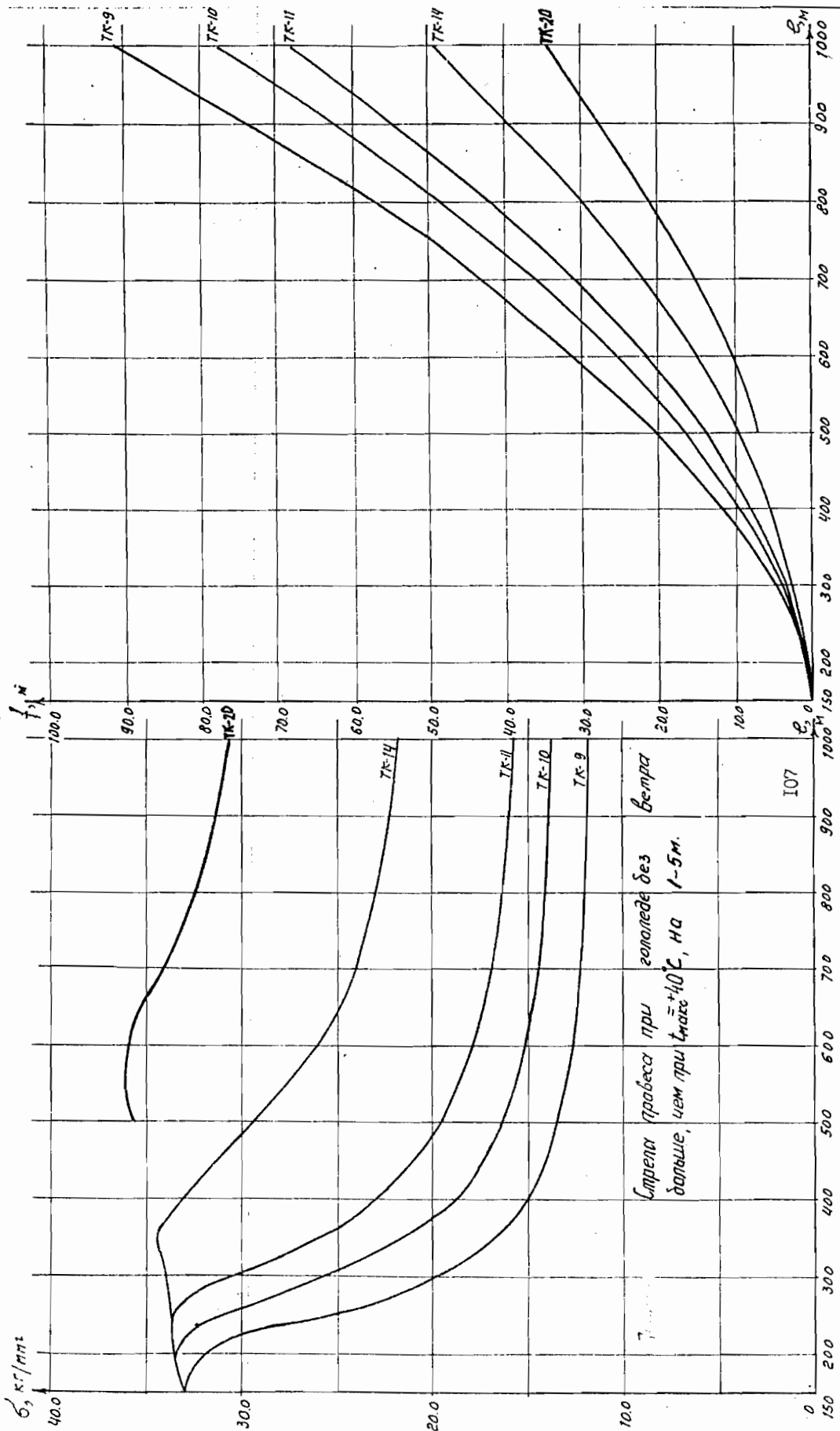


График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролёта при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$

ТК-9, ТК-10, ТК-14, ТК-14, ТК-20.
 $q_k = 65 \text{ кг/мм}^2$; $c = 10 \text{ мм}$
 $G_2 = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $G_1 = 60 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{мин}} = -40^{\circ}\text{C}$
 $G_3 = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_3 = 0^{\circ}\text{C}$

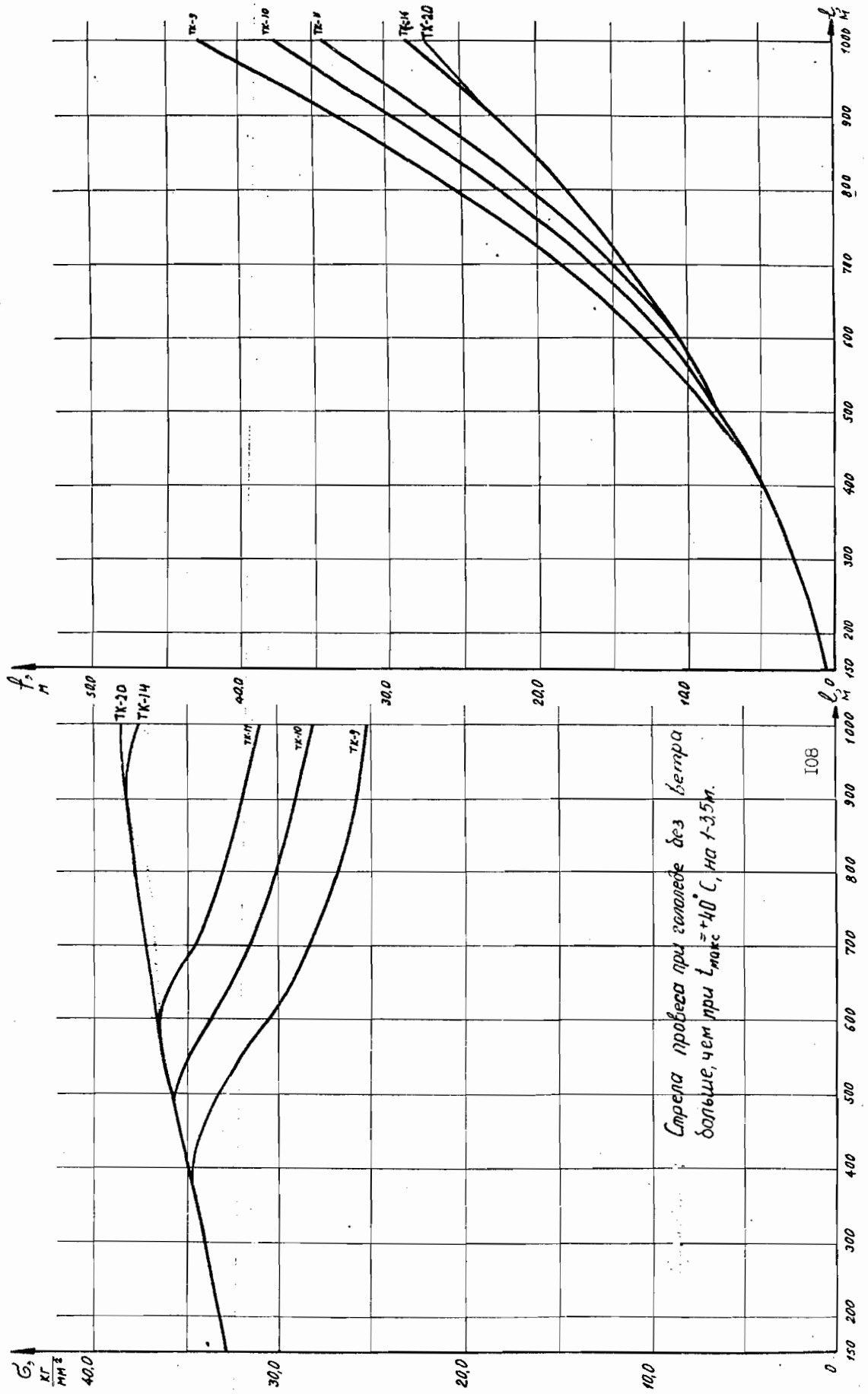


График зависимости напряжений и стрел прогиба стальных канатов марки ТК от пролета при $t = +40^\circ\text{C}$

$G = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $G_r = 60 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{min}} = -40^\circ\text{C}$
 $G_s = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_s = 0^\circ\text{C}$

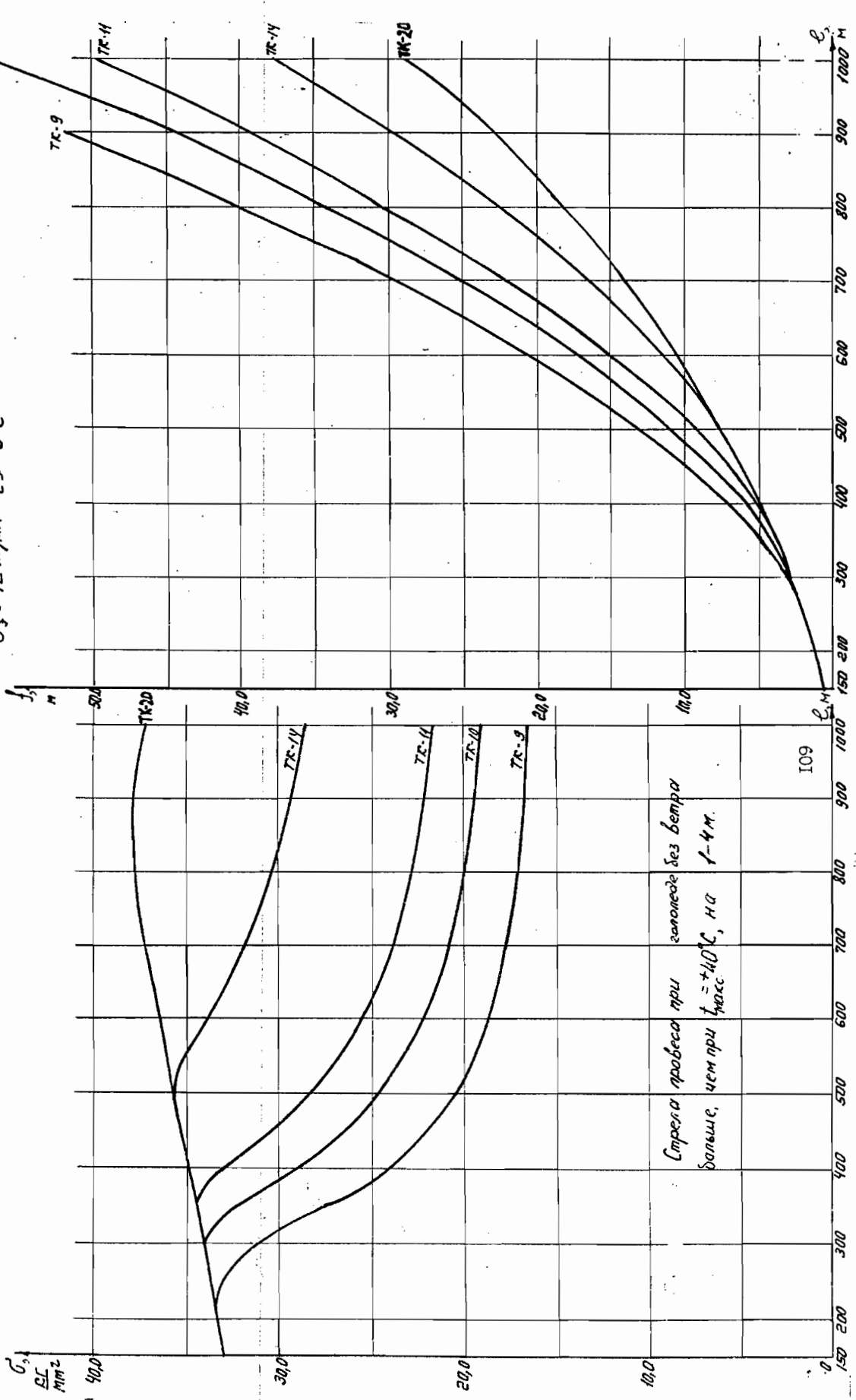
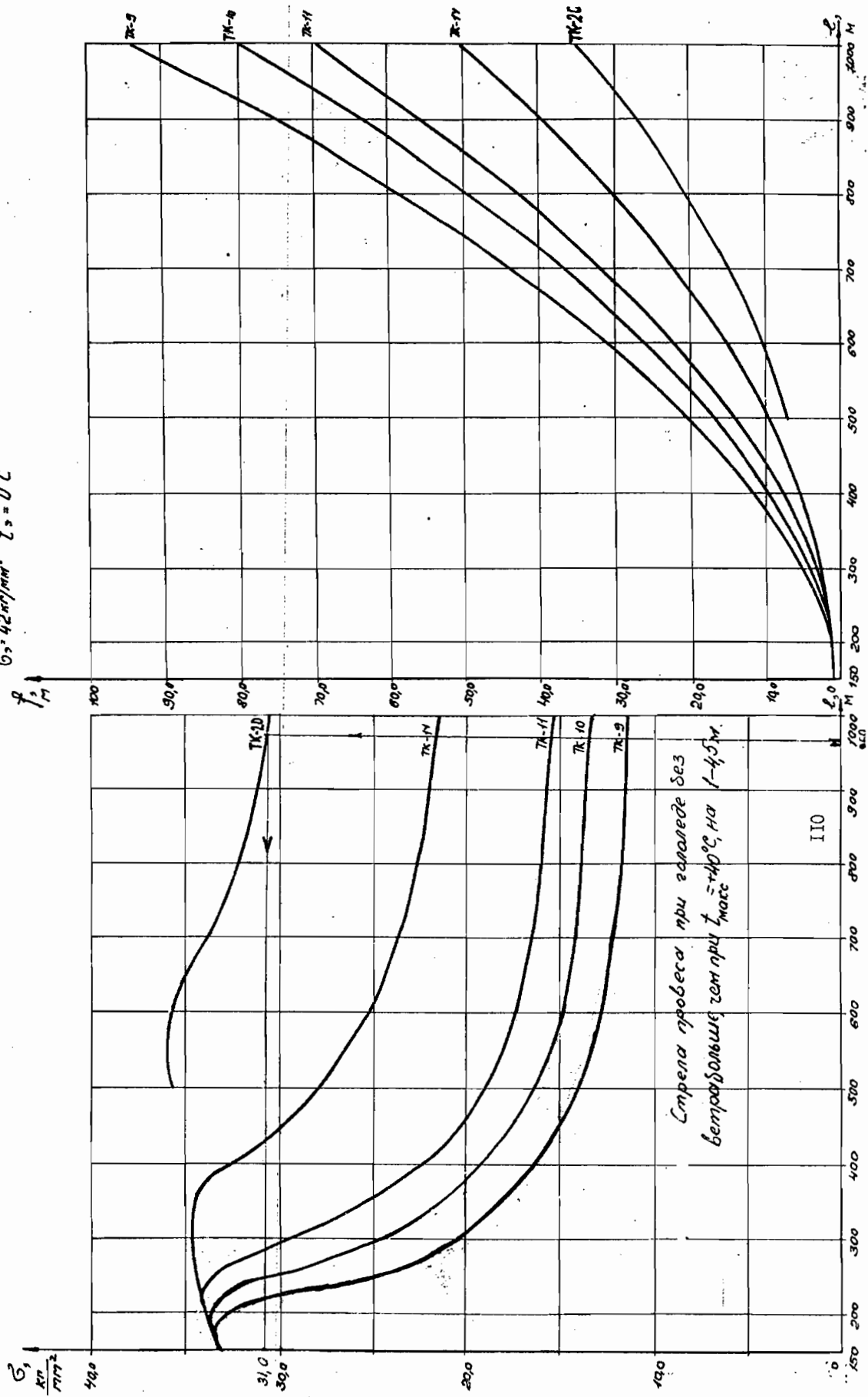


График зависимости напряжений и стресс-пробесс от расстояния от марки ТК от пролета при $t^* = +40^\circ\text{C}$

$\gamma_n = 65 \text{ кг/м}^3$ $c = 20 \text{ мм}$
 $\sigma_c = 60 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{мин}} = -40^\circ\text{C}$
 $\sigma_s = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_s = 0^\circ\text{C}$



2.2.

График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатоб марки ТК пролета при $t^\circ = +40^\circ\text{C}$
 ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14, ТК-20.
 $q_H = 80 \text{ кг/м}^2$ $a = 10 \text{ мм}$
 $G_c = 60 \text{ кг/мм}^2$ $G_r = 60 \text{ кг/мм}^2$ $G_s = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{мин}} = -40^\circ\text{C}$ $t_0 = 0^\circ\text{C}$

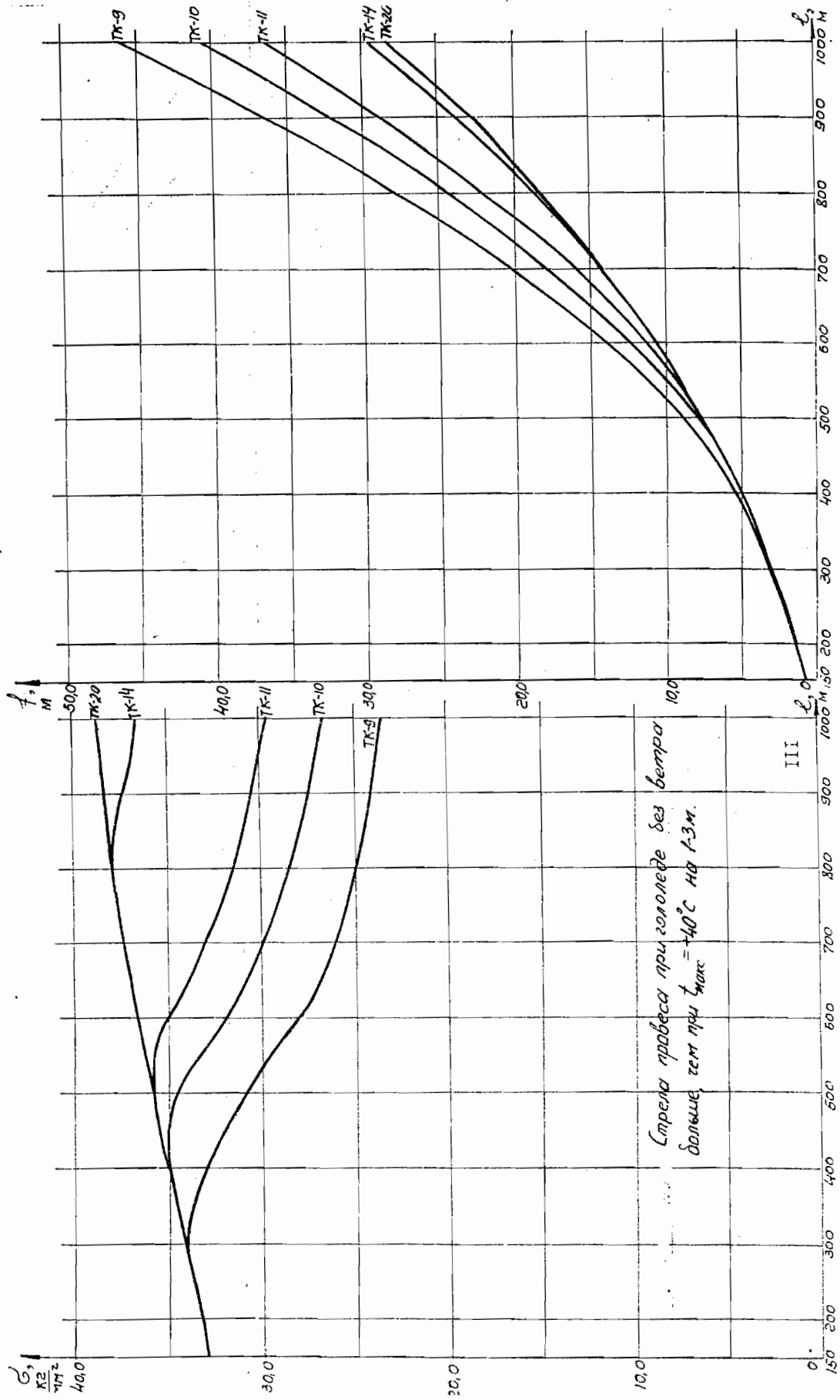


График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t^\circ = +40^\circ \text{C}$

ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14, ТК-20.
 $q_d = 80 \text{ кг/м}^2$, $c = 15 \text{ мм}$
 $G_s = 60 \text{ кг/мм}^2$ $G_r = 60 \text{ кг/мм}^2$ $G_s = 42 \text{ кг/мм}^2$
 $t_{\text{min}} = -40^\circ \text{C}$ $t_s = 0^\circ \text{C}$

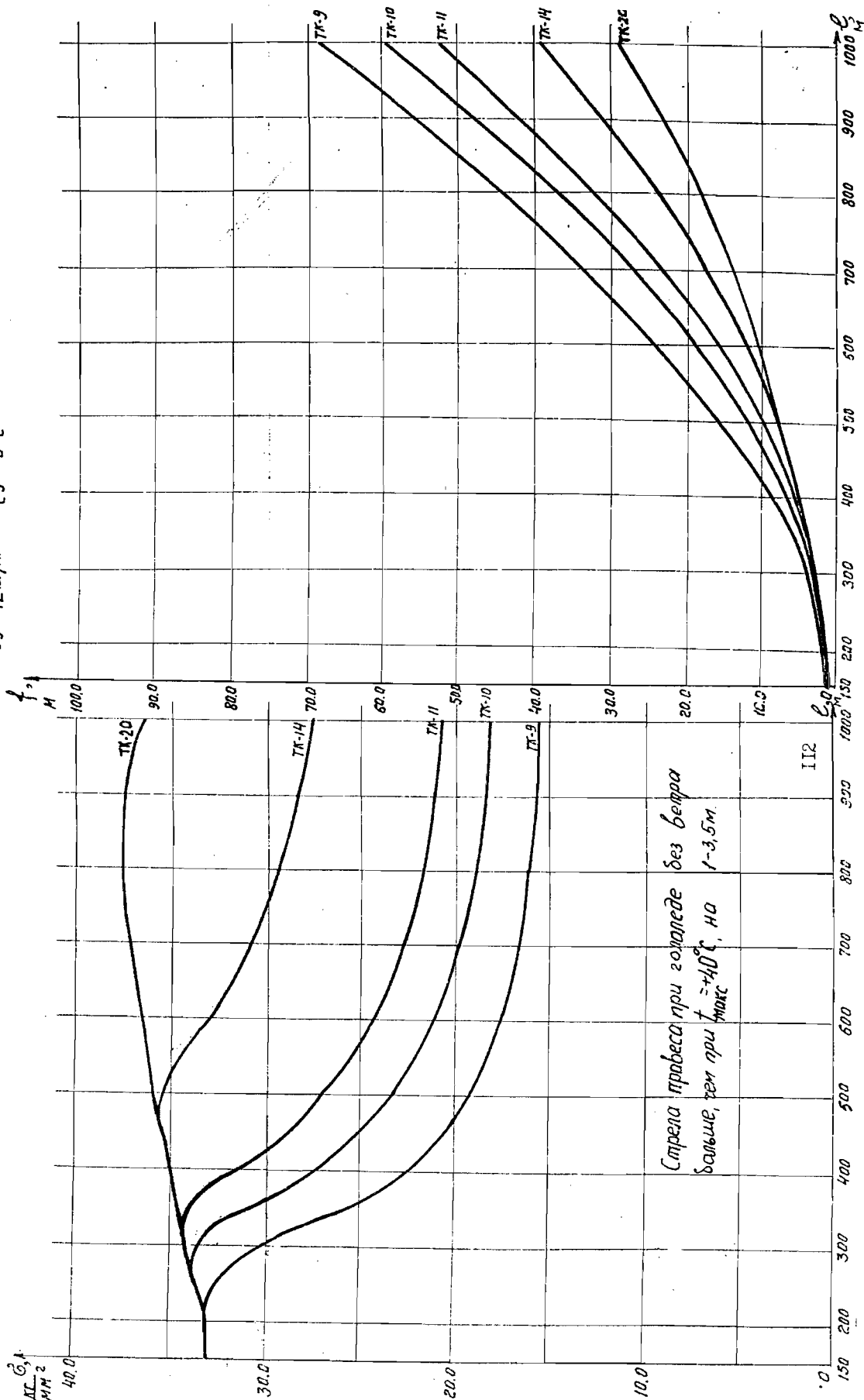


График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t^{\circ} = +40^{\circ}\text{C}$ ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14, ТК-20.

$$q_H = 80 \text{ кг/м}^2 \quad C = 20 \text{ мм} \quad \begin{aligned} \sigma_{\text{с}} &= 60 \text{ кг/мм}^2 \\ \sigma_{\text{г}} &= 60 \text{ кг/мм}^2 \\ \sigma_{\text{з}} &= 42 \text{ кг/мм}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} t_{\text{мин}} &= -40^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{с}} &= 0^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

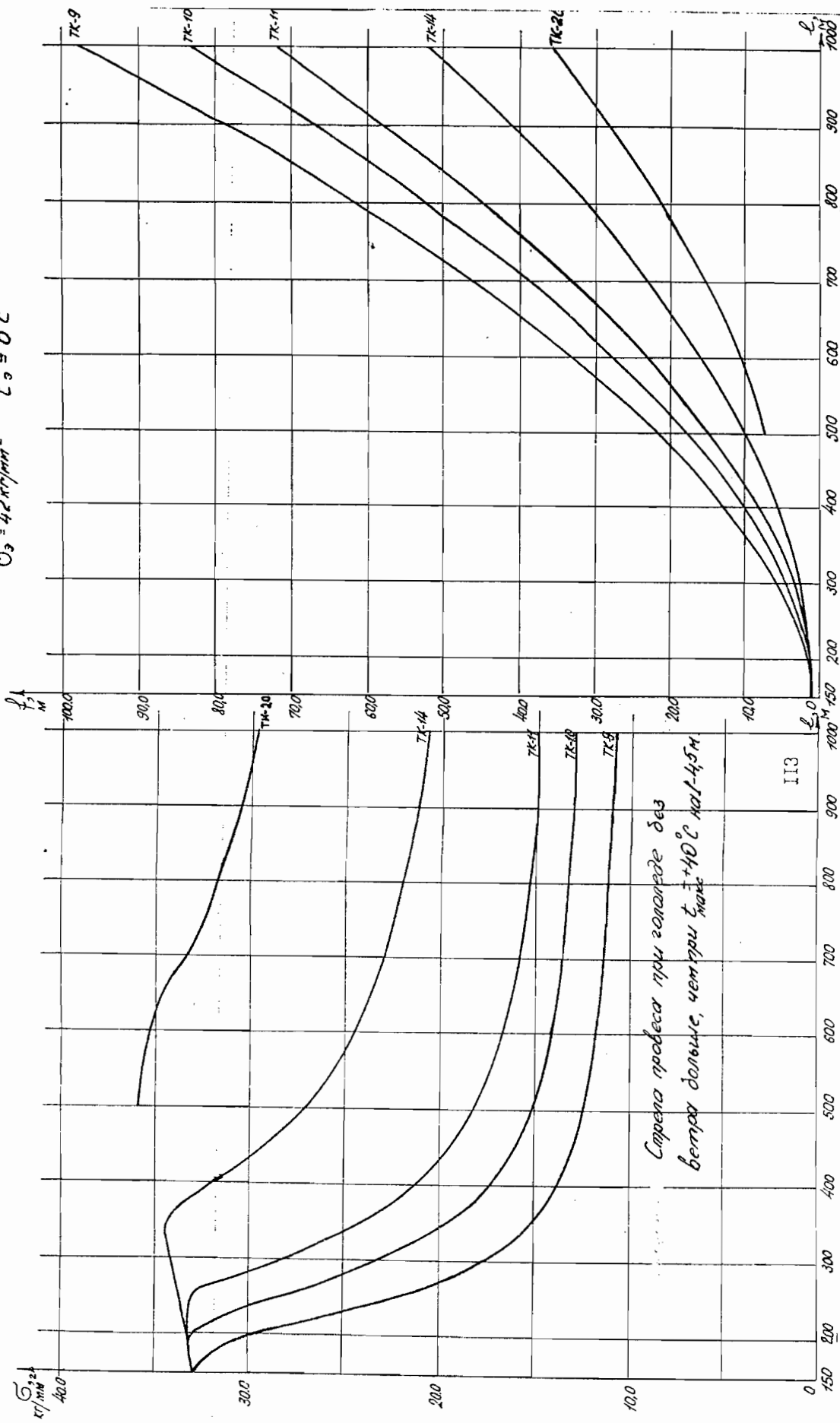


График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t = +40^\circ\text{C}$

ТК-20, ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14

$q' = 100 \text{ кг/м}^2$, $C = 10 \text{ мм}$

$G_1 = 60 \text{ кг/мм}^2$, $t_{\text{мин}} = -40^\circ\text{C}$

$G_2 = 42 \text{ кг/мм}^2$, $t_3 = 0^\circ\text{C}$

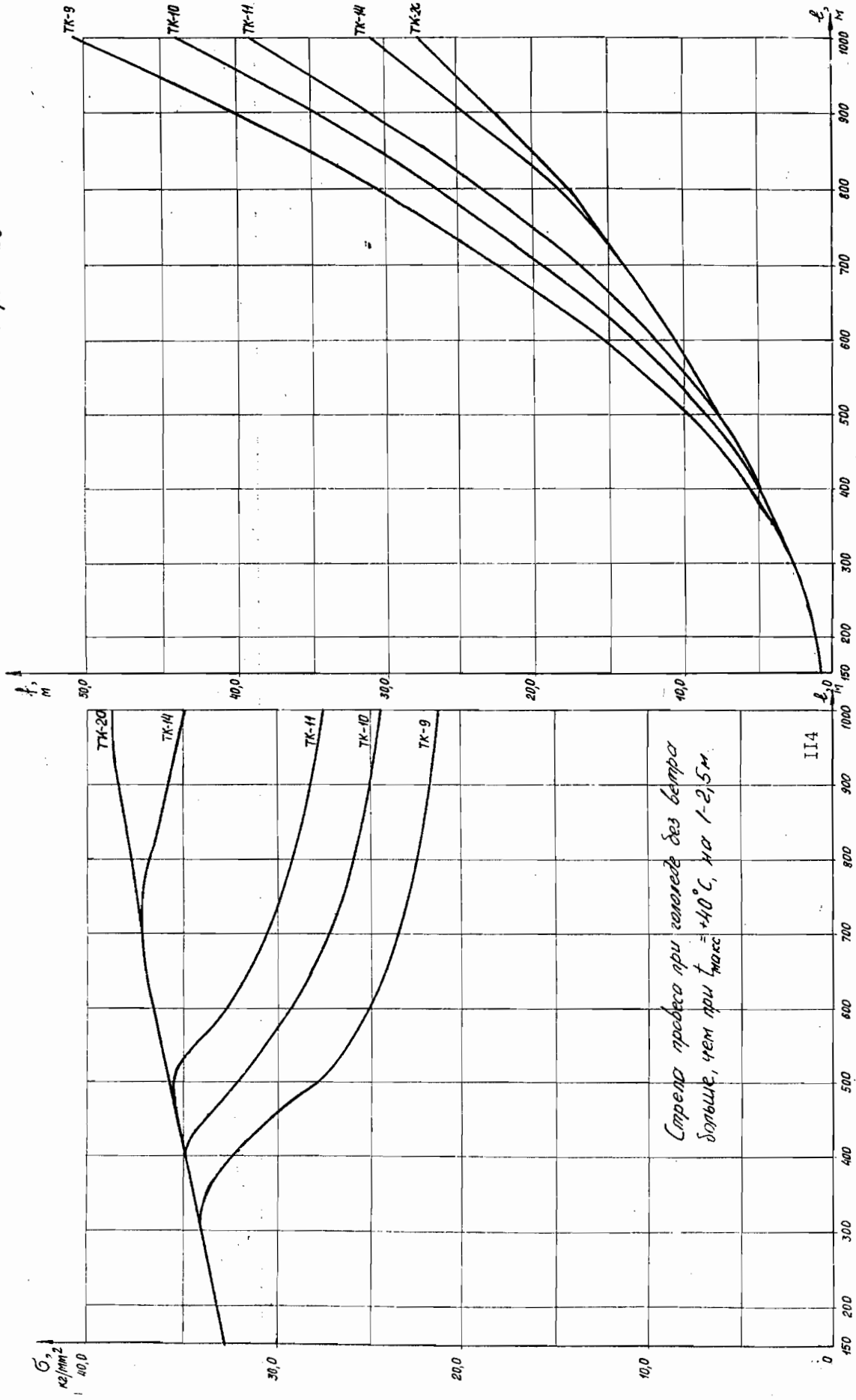


График зависимости напряжений и стрел провеса стальных канатов марки ТК от пролета при $t_2 = +40^\circ\text{C}$

ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14, ТК-20
 $q_n = 100 \text{ кг/м}^2$ $c = 15 \text{ мм}$
 $G_c = 60 \text{ кг/мм}^2$
 $G_s = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{мин}} = -40^\circ\text{C}$ $t_2 = 0^\circ\text{C}$

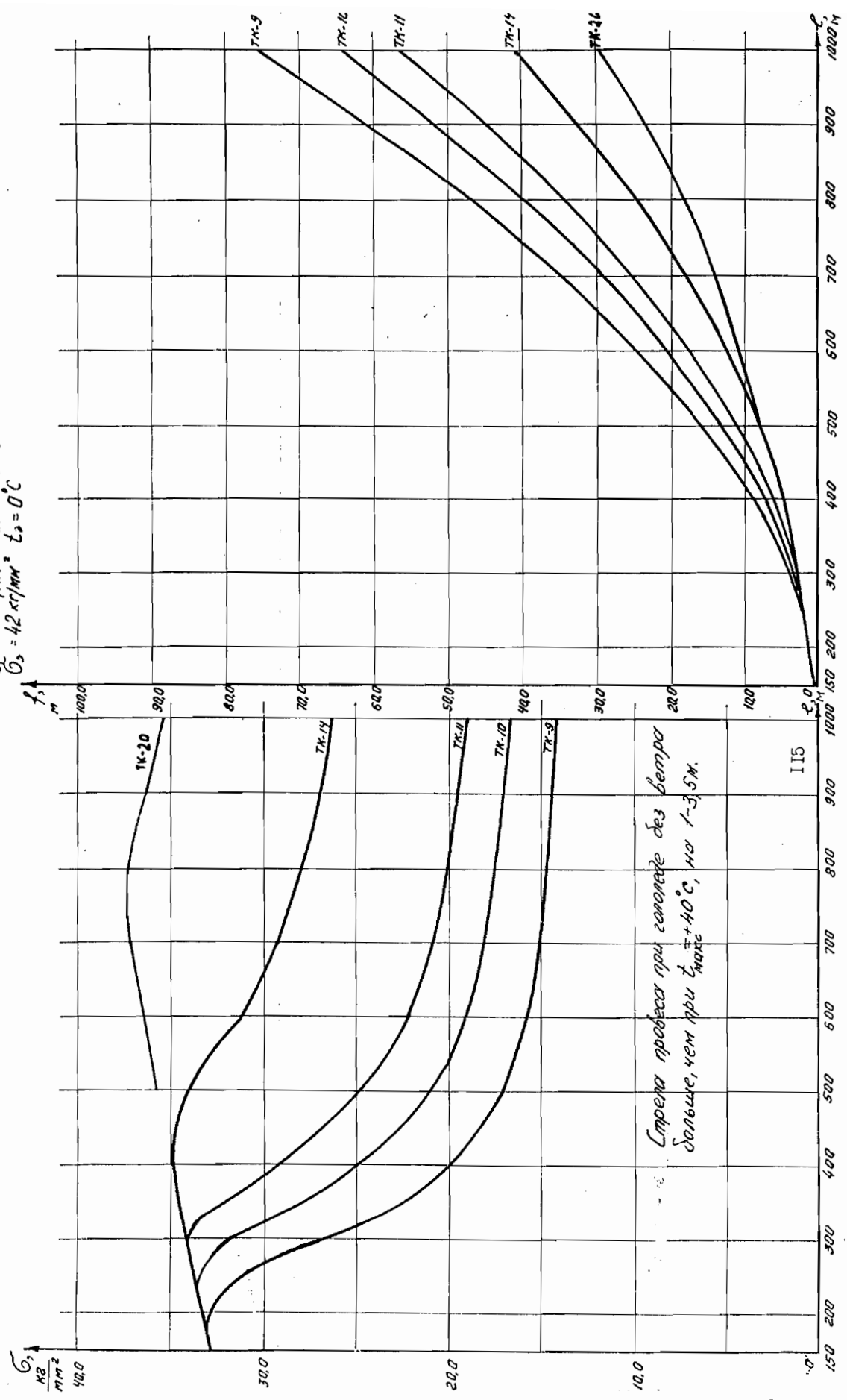
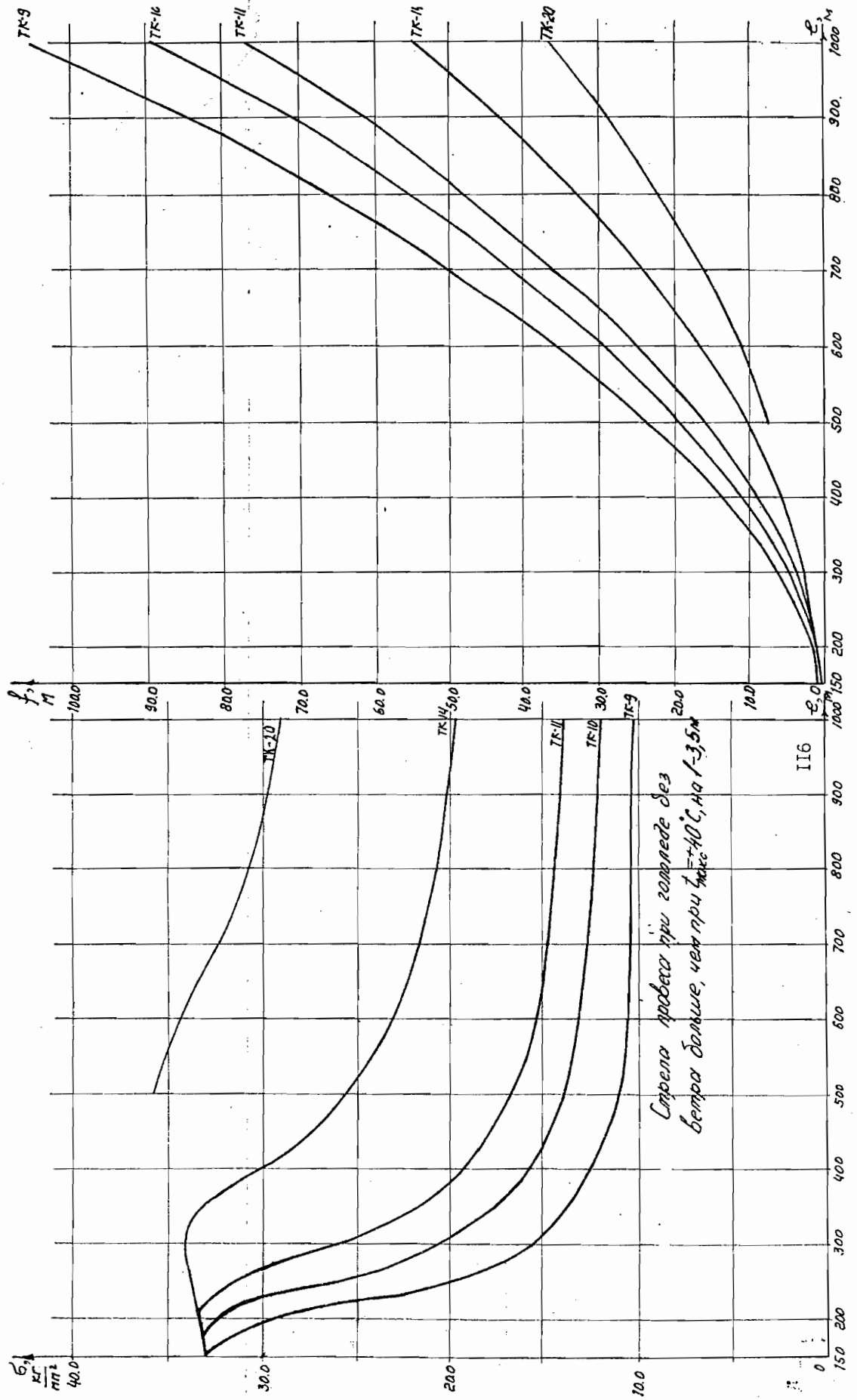
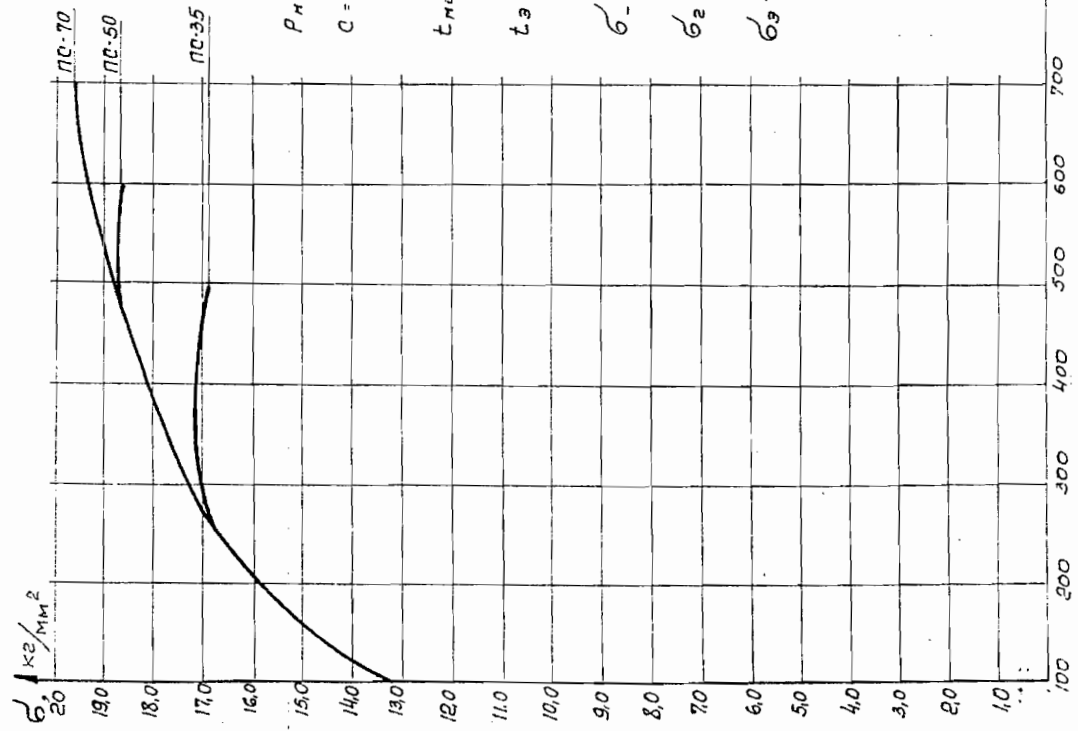


График зависимости напряжений и стрел прогиба стальных канатов марки ТК от пролета
 при $t_{\text{ср}} = +40^\circ\text{C}$ ТК-9, ТК-10, ТК-11, ТК-14, ТК-20
 $q_H = 100 \text{ кг/м}^2$, $C = 20 \text{ мм}$
 $G_1 = 60 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{норм}} = -40^\circ\text{C}$
 $G_3 = 42 \text{ кг/мм}^2$ $t_3 = 0^\circ\text{C}$



Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35

ПС 50 и ПС 70 при $t_{max} = +40^\circ C$ от длины пролета l_2, m



$R_H = 40 \text{ кН/мм}^2$

$C = 5 \text{ мм}$

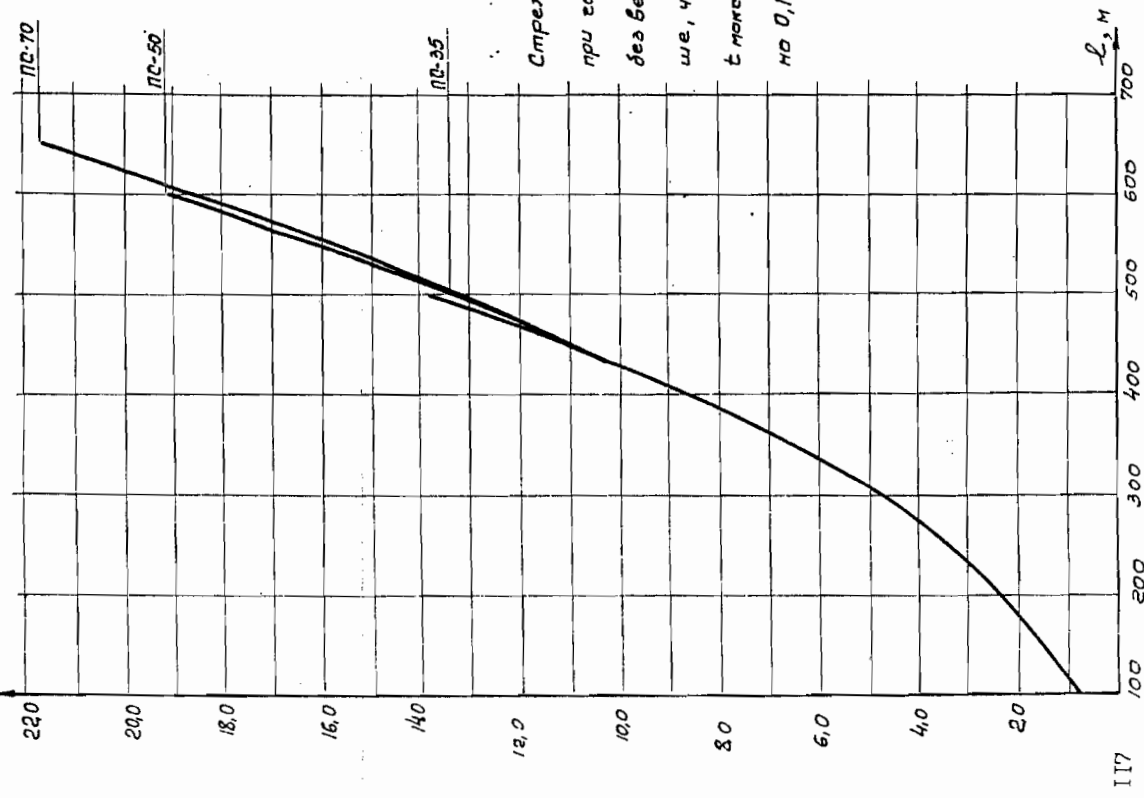
$t_{min} = -40^\circ C$

$t_3 = 0^\circ C$

$\sigma_1 = 30 \text{ кН/мм}^2$

$\sigma_2 = 30 \text{ кН/мм}^2$

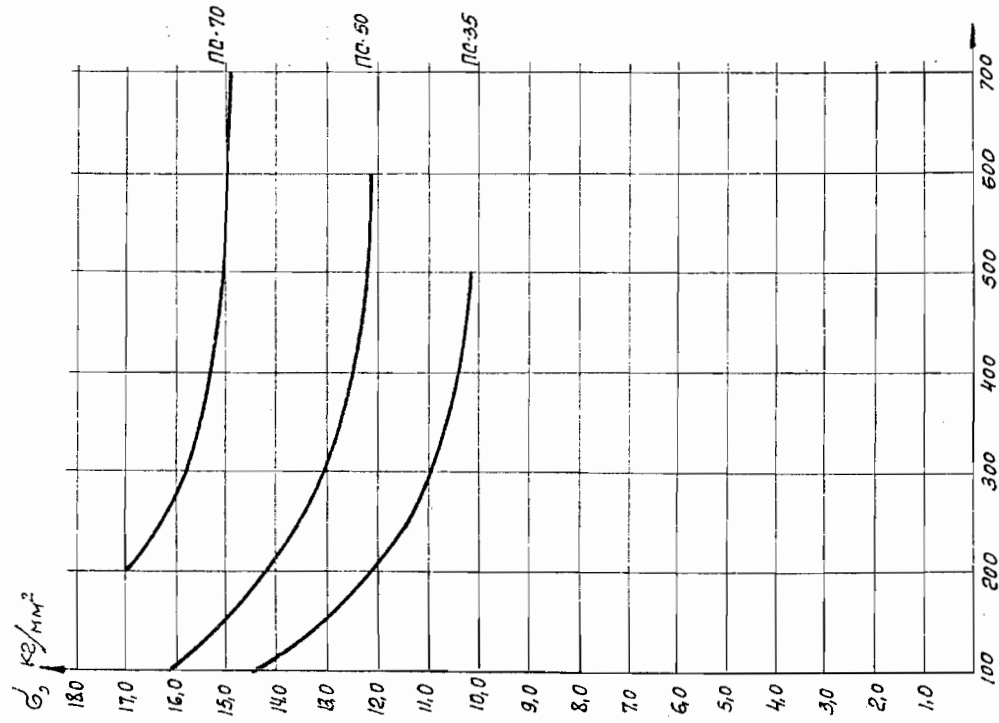
$\sigma_3 = 21 \text{ кН/мм}^2$



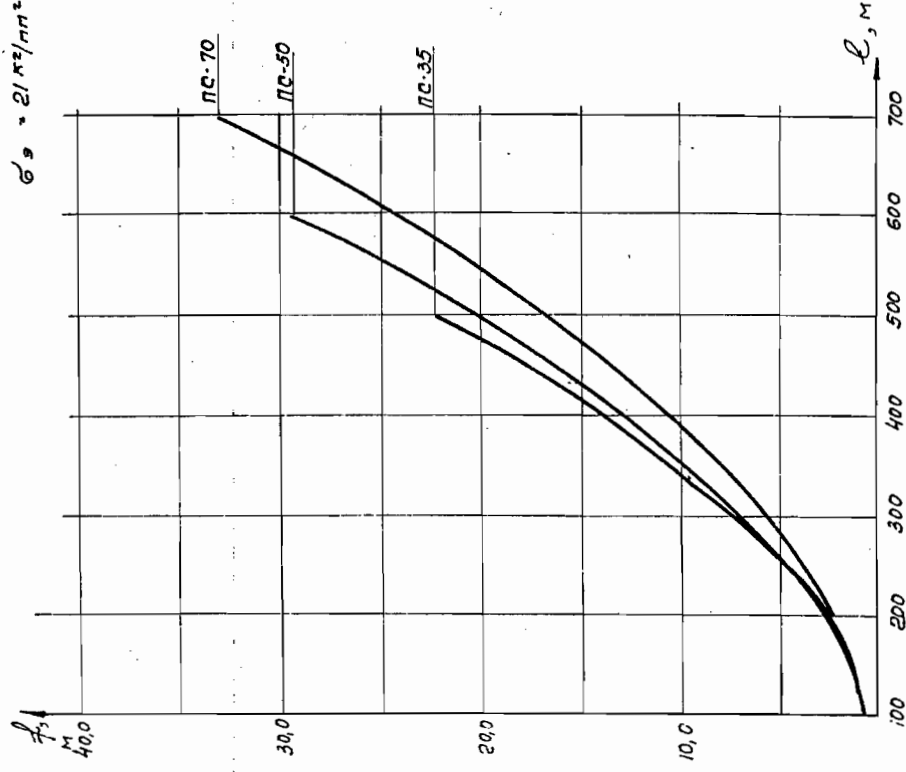
Стрела провеса
 при гололеде
 без ветра мень-
 ше, чем при
 $t_{max} = +40^\circ C$,
 но 0,1-0,5 м

Графики зависимости напряжений и стрел прогиба стальных проводов ПС-35, ПС-50 и ПС-70

ПС-70 при $t_{max} = +40^\circ C$ от длины пролета.



$R_M = 40 \text{ кг/мм}^2$
 $c = 10 \text{ мм}$
 $t_{min} = -40^\circ C$
 $t_g = 0^\circ C$
 $\sigma_1 = 30 \text{ кг/мм}^2$
 $\sigma_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$
 $\sigma_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$



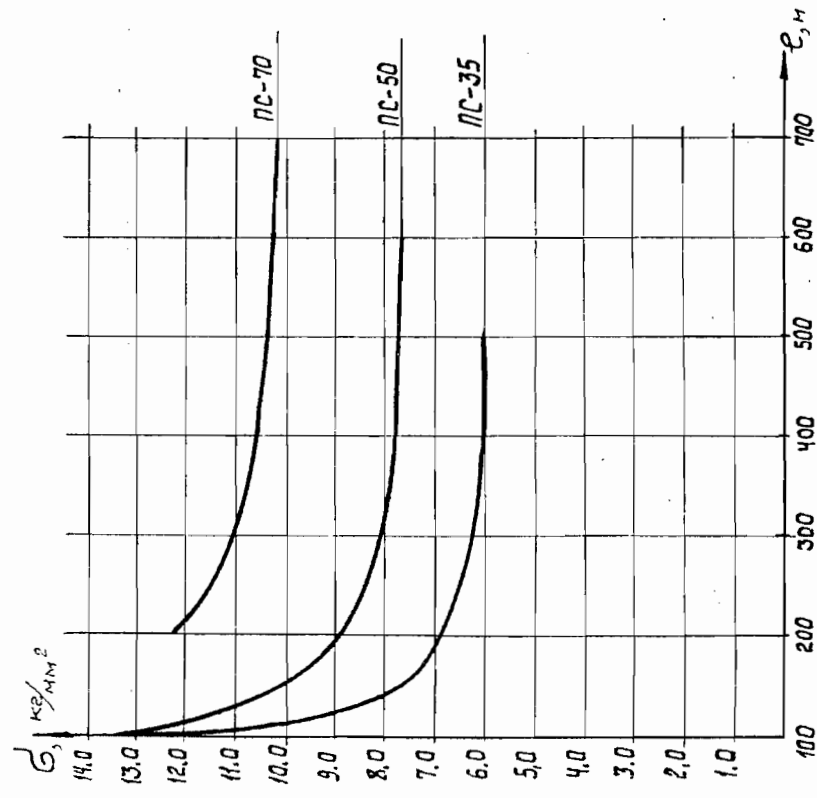
Стрела прогиба при температуре без ветра больше, чем при $t_{max} = +40^\circ C$, на 0.2-0.5 м.

Графики зависимости напряжений и стрел прогиба стальных проводов ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{\text{max}} = +40^\circ\text{C}$ от длины пролета

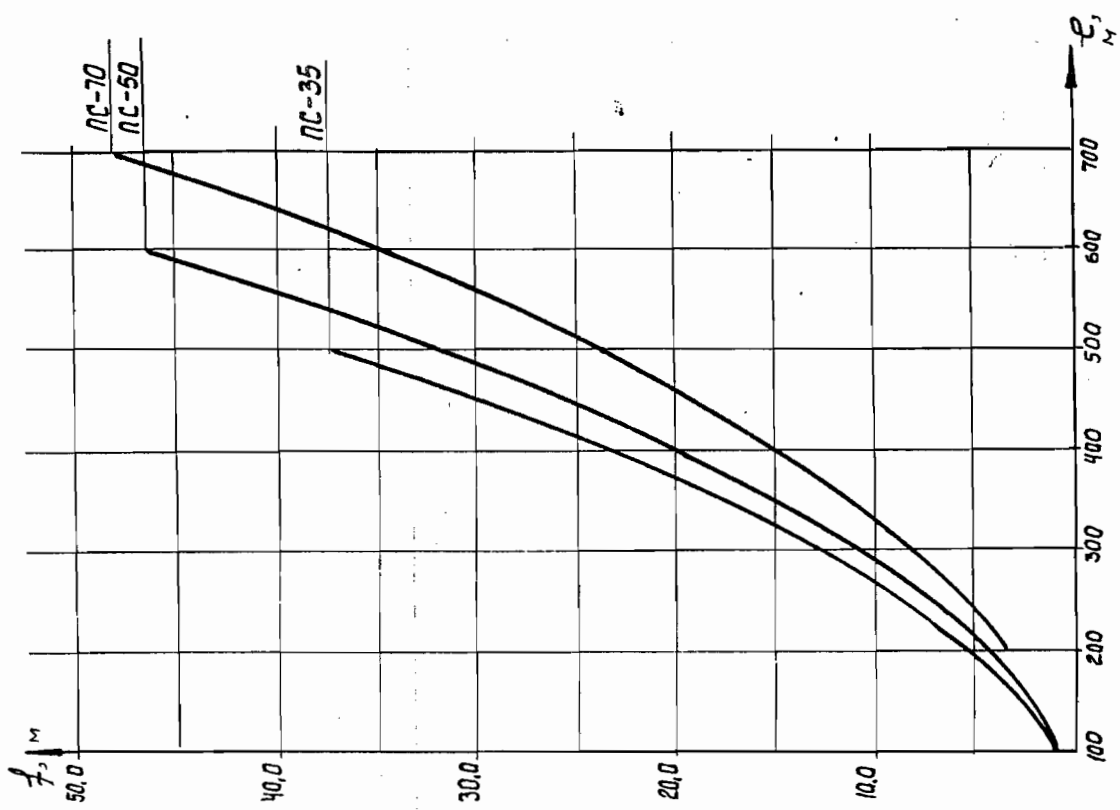
$$P_H = 40 \text{ кг/мм}^2 \quad t_{\text{min}} = -40^\circ\text{C} \quad \sigma_1 = 30 \text{ кг/мм}^2$$

$$C = 15 \text{ мм} \quad t_3 = 0^\circ\text{C} \quad \sigma_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$$

$$\sigma_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$$

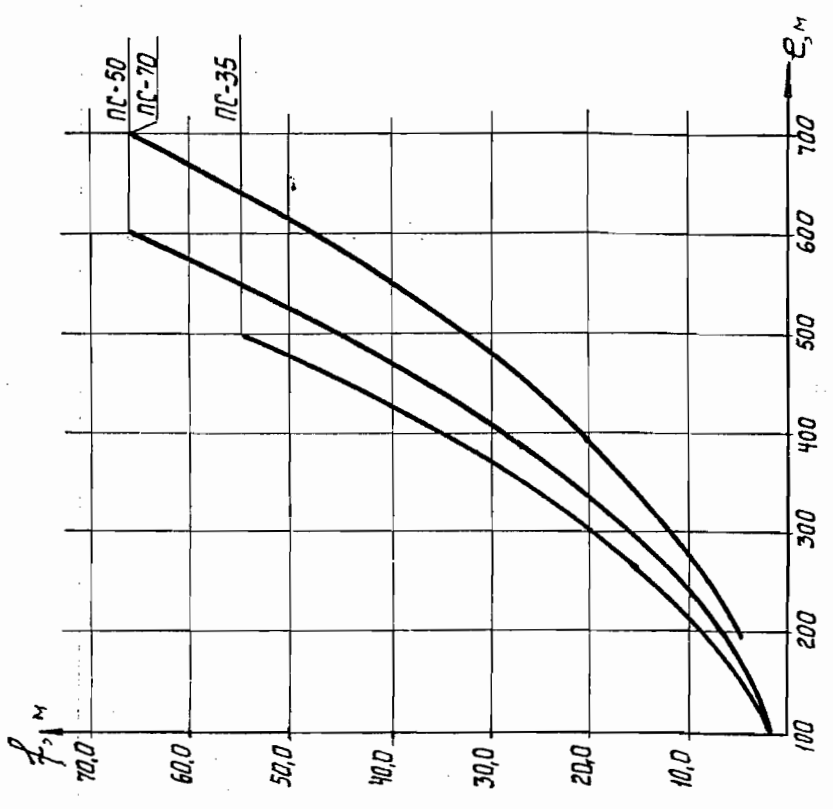
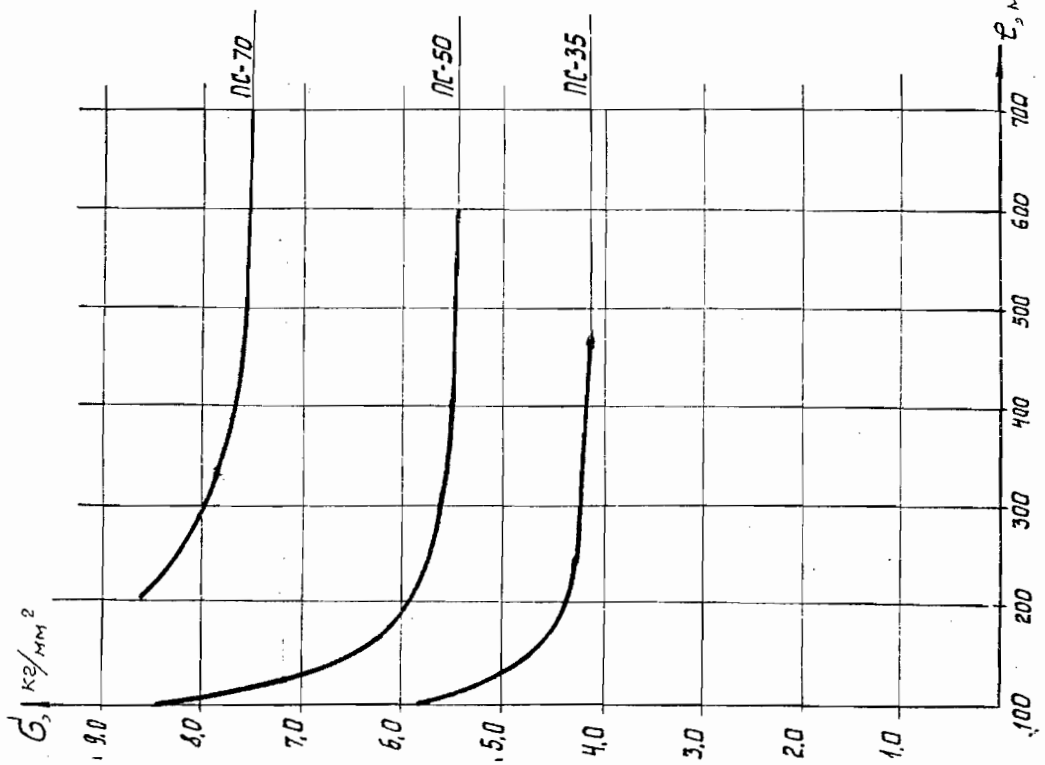


Стрела провеса при гололеде без ветра больше, чем при $t_{\text{max}} = +40^\circ\text{C}$, на 0,3-0,6 м



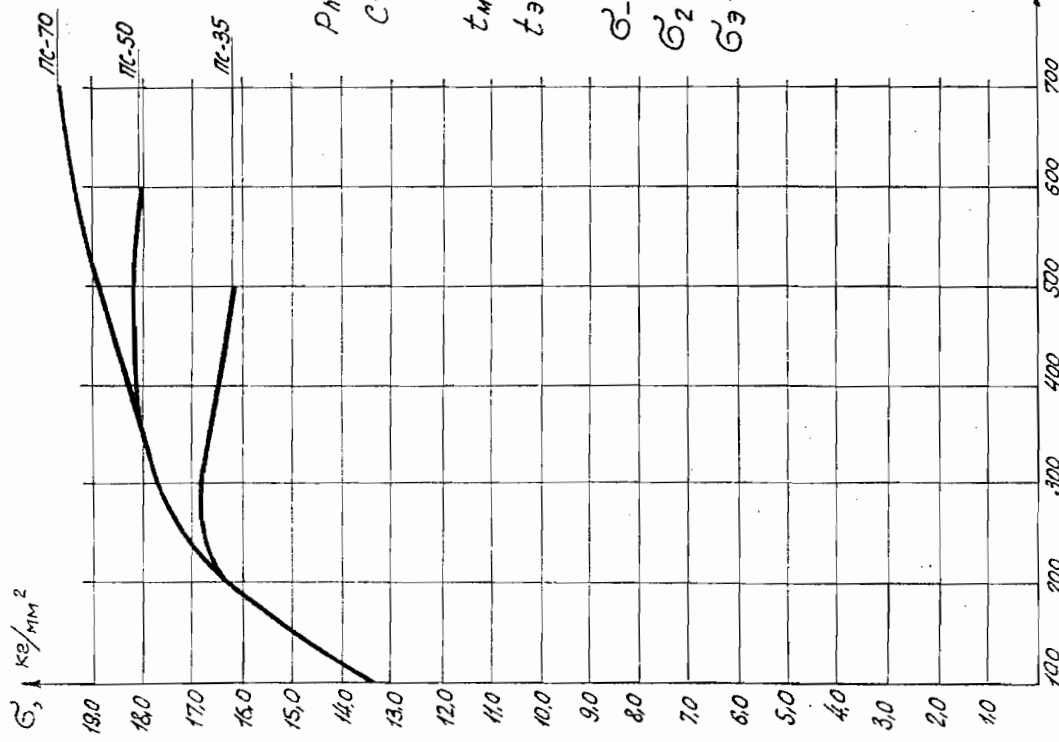
Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{max} = +40^\circ C$ от длины пролёта.

$R_H = 40 \text{ кг/мм}^2$ $t_{min} = -40^\circ C$ $G_1 = 30 \text{ кг/мм}^2$
 $C = 20 \text{ мм}$ $t_3 = 0^\circ C$ $G_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$
 $G_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$



Стрела провеса при температуре без ветра больше, чем при $t_{min} = -40^\circ C$, на 0,6-0,7 м

Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{max} = +40^\circ C$ от длины пролета.



$$P_h = 50 \text{ кг/мм}^2$$

$$C = 5 \text{ мм}$$

$$t_{min} = -40^\circ C$$

$$t_{э} = 0^\circ C$$

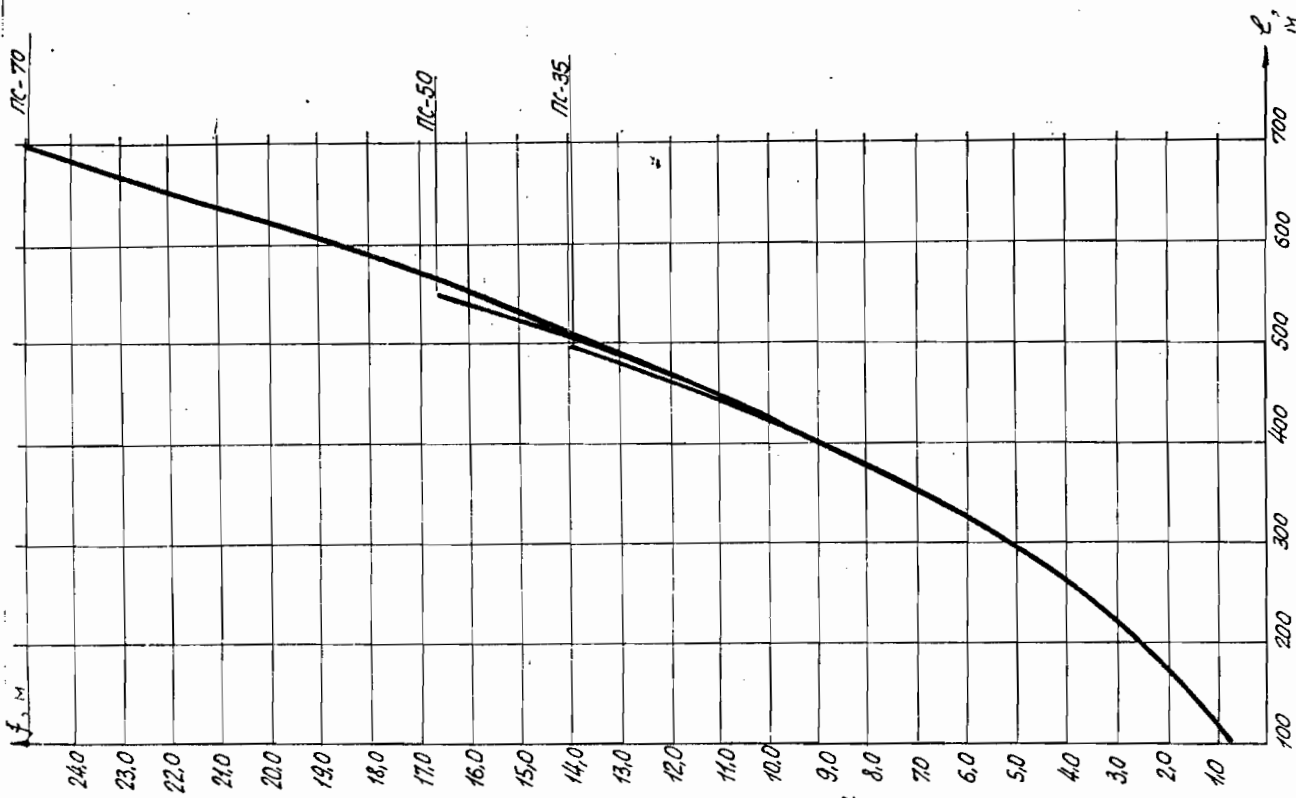
$$\sigma_1 = 30 \text{ кг/мм}^2$$

$$\sigma_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$$

$$\sigma_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$$

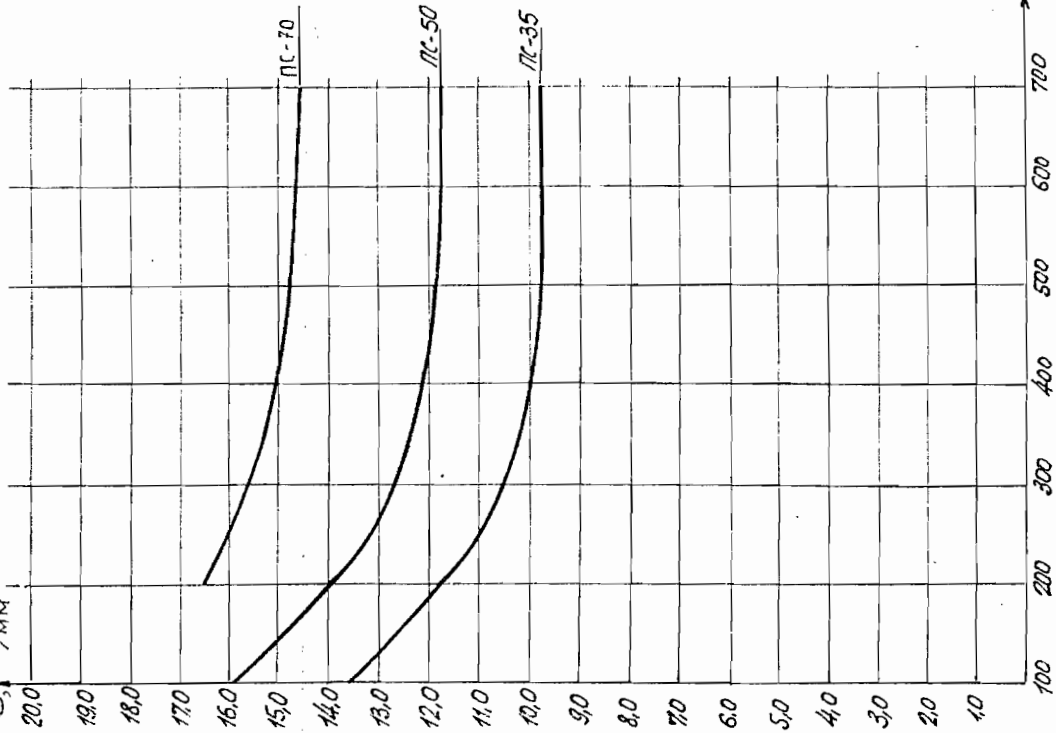
121

Стрела провеса при гололеде без ветра меньше, чем при $t_{max} = +40^\circ C$, на 0,2-0,4 м.



Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{\max} = +40^\circ\text{C}$ от длины пролета.

$\sigma, \text{ кг/мм}^2$



$P_H = 50 \text{ кг/м}^2$

$C = 10 \text{ мм}$

$t_{\min} = -40^\circ\text{C}$

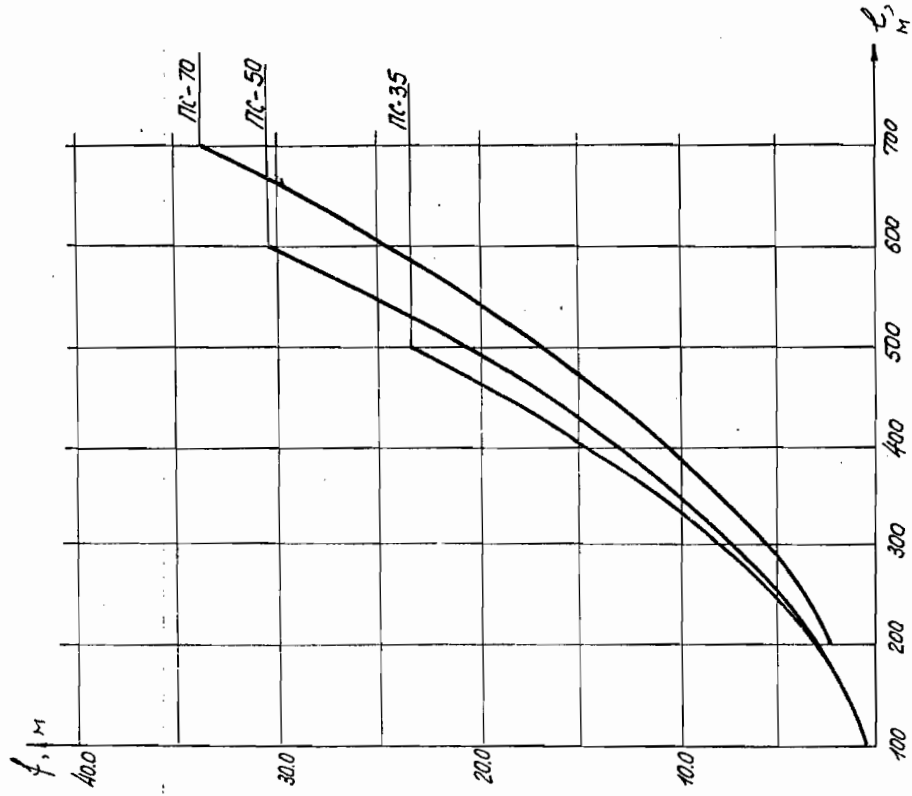
$t_3 = 0^\circ\text{C}$

$\sigma_- = 30 \text{ кг/мм}^2$

$\sigma_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$

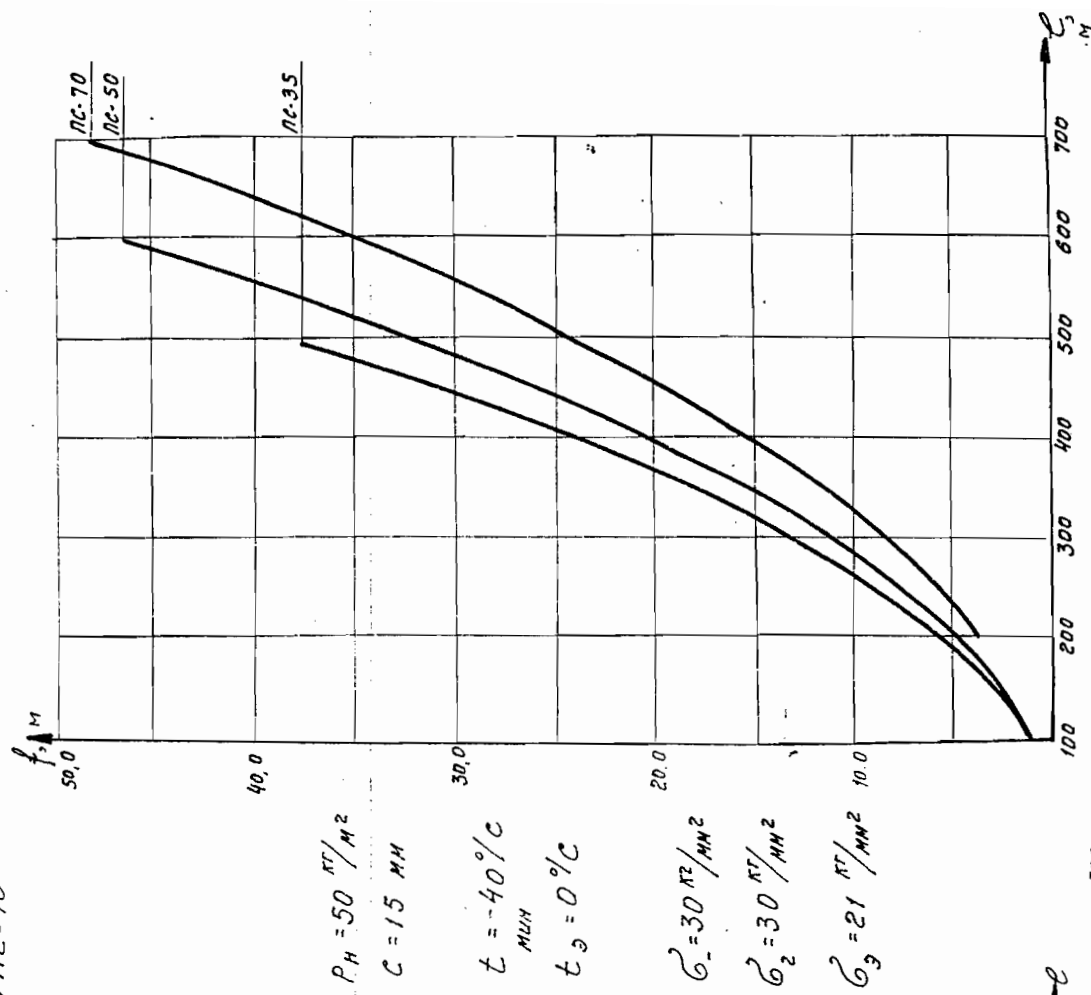
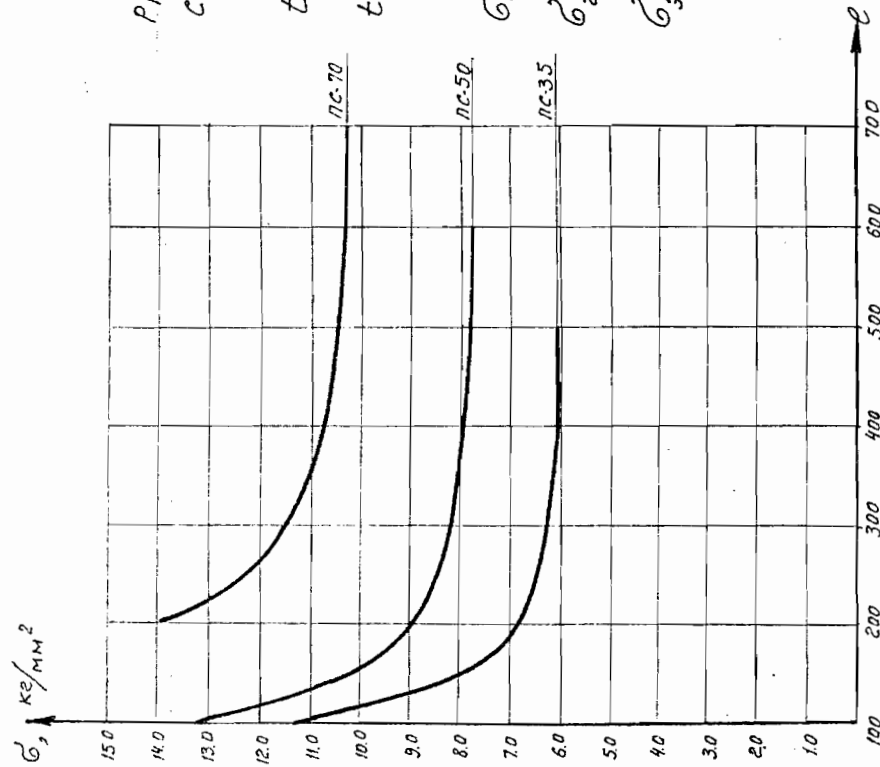
$\sigma_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$

$f, \text{ м}$



Стрела провеса при гололеде без ветра больше, чем при $t_{\max} = +40^\circ\text{C}$ на 0,2 - 0,6 м.

Графики зависимости напряжений и стрел провеса
стальных проводов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70
при $t_{\text{норм}} = +40^\circ\text{C}$ от длины пролета



$$P_H = 50 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$$

$$C = 15 \text{ мм}$$

$$t = -40^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 0^\circ\text{C}$$

$$\sigma_1 = 30 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$$

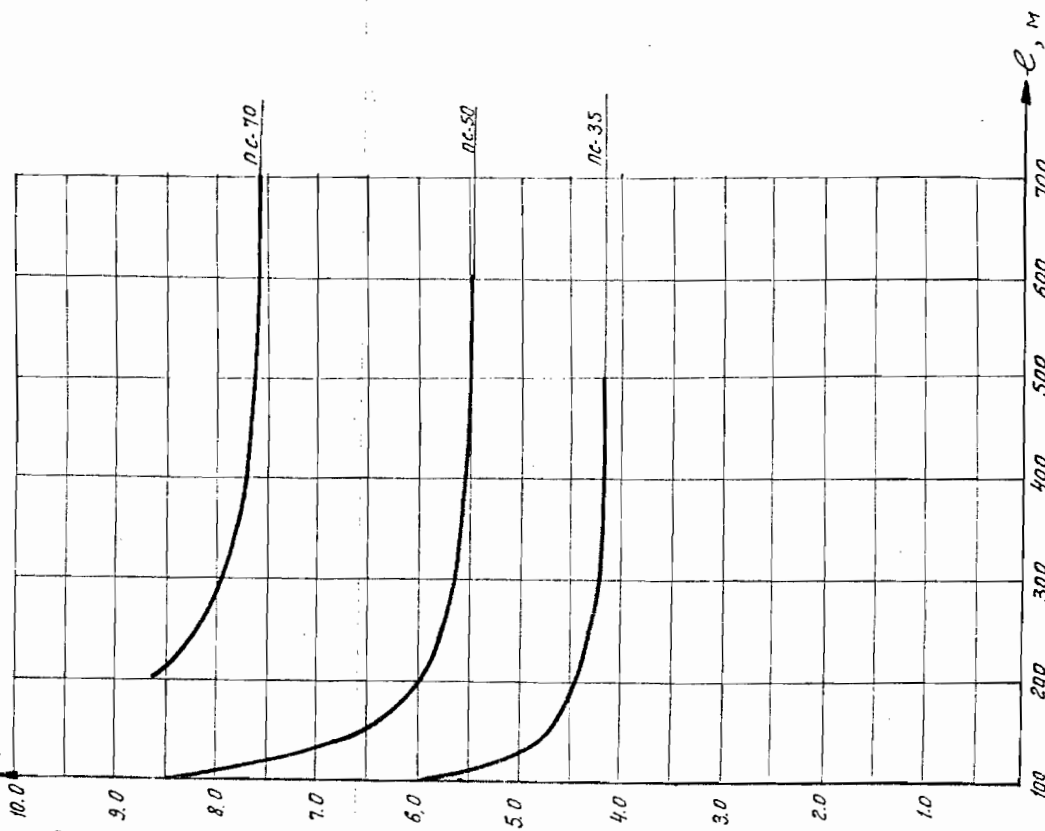
$$\sigma_2 = 30 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$$

$$\sigma_3 = 21 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$$

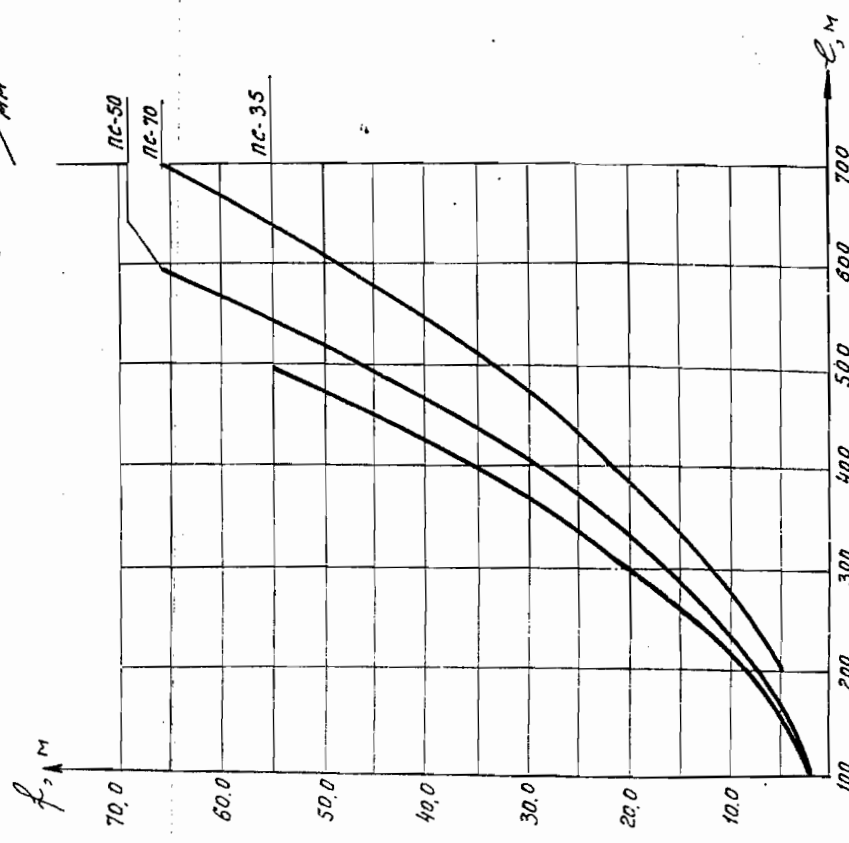
Стрела провеса при гололеде без ветра больше, чем при $t = +40^\circ\text{C}$, на 0,2 - 0,6 м

Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{\text{нагр}} = +40^\circ\text{C}$ от длины пролета.

$\sigma, \text{кг/мм}^2$

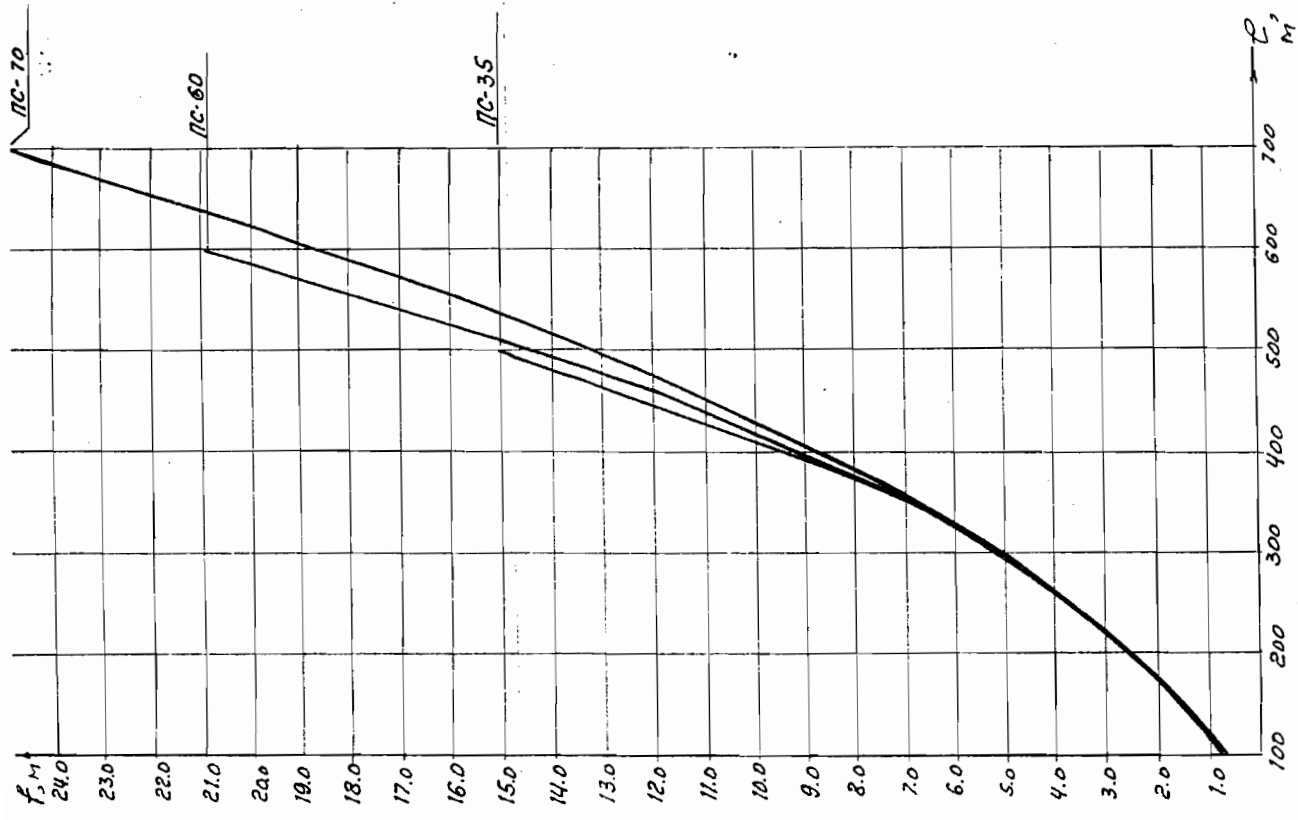
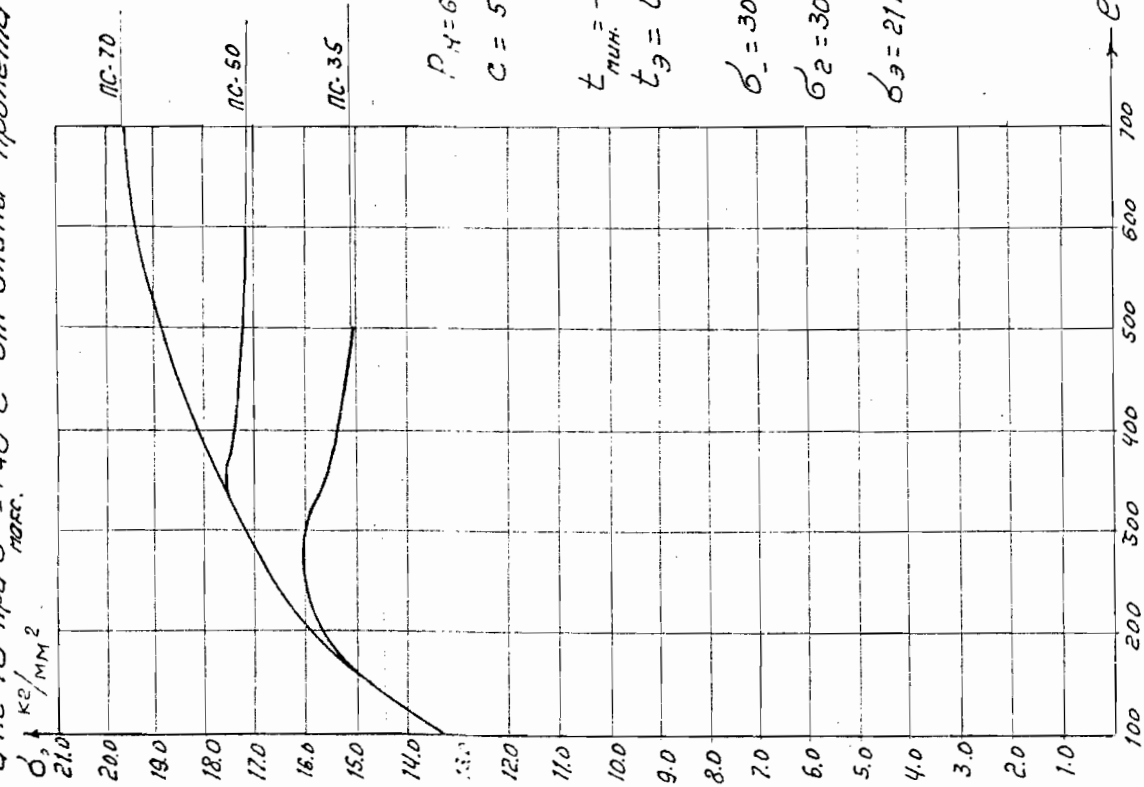


$P_H = 50 \text{ кг/мм}^2$ $t_{\text{нагр}} = +40^\circ\text{C}$ $\sigma_1 = 30 \text{ кг/мм}^2$
 $C = 20 \text{ мм}$ $t_3 = 0^\circ\text{C}$ $\sigma_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$
 $\sigma_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$



Стрела провеса при температуре без ветра больше, чем при $t_{\text{нагр}} = +40^\circ\text{C}$, на 0,4-0,7 м

Графики зависимости напряжений и стрел прогиба стальных канатов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t = +40^\circ\text{C}$ от длины пролета l , м.



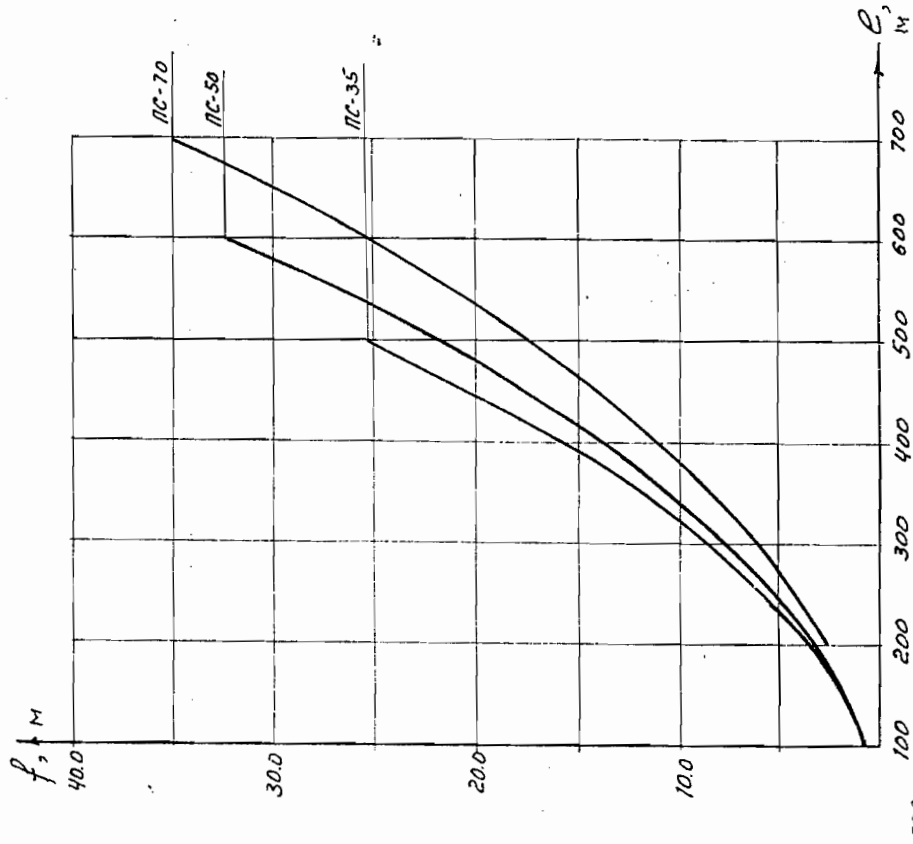
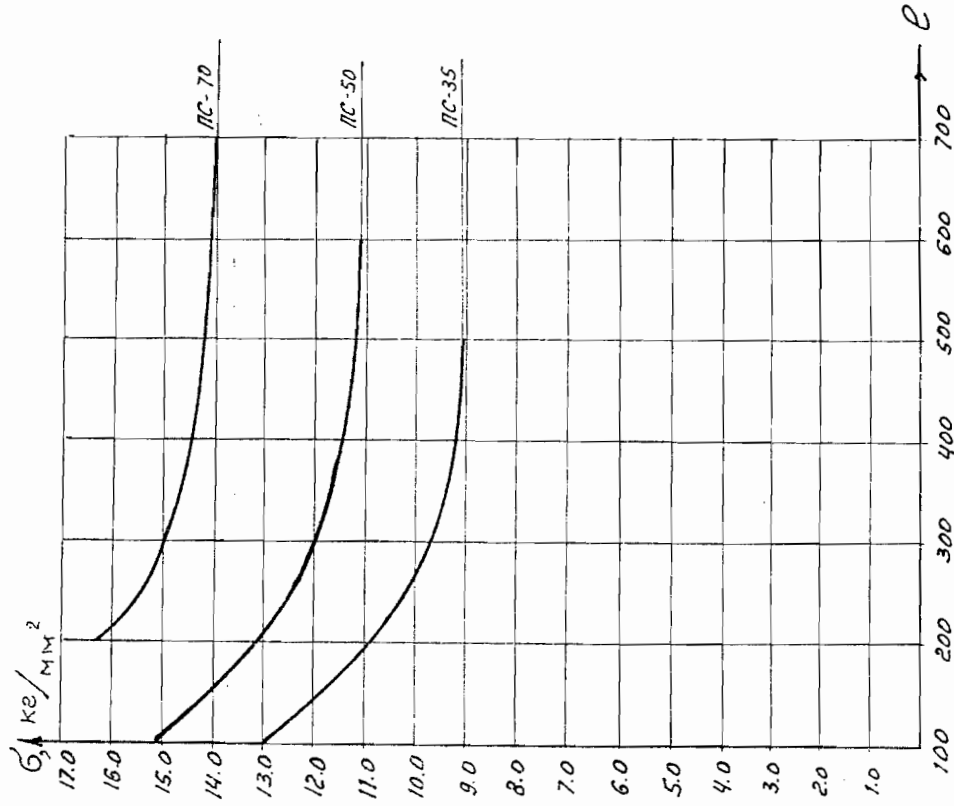
$P_4 = 6.5 \text{ кПа/мм}^2$
 $C = 5 \text{ мм}$
 $t_{\text{мин}} = -40^\circ\text{C}$
 $t_3 = 0^\circ\text{C}$
 $\sigma_1 = 30 \text{ кПа/мм}^2$
 $\sigma_2 = 30 \text{ кПа/мм}^2$
 $\sigma_3 = 21 \text{ кПа/мм}^2$

Стрела прогиба при гололеде без ветра меньше, чем при $t_{\text{покр}} = +40^\circ\text{C}$, на 0,1-0,5 м

Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{max} = +40^\circ C$ от длины пролета.

$$P_H = 65 \text{ кг/мм}^2 \quad t_{min} = -40^\circ C \quad \sigma'_1 = 30 \text{ кг/мм}^2 \quad \sigma'_3 = 21 \text{ кг/мм}^2$$

$$C = 10 \text{ мм} \quad t_3 = 0^\circ C \quad \sigma'_2 = 30 \text{ кг/мм}^2$$

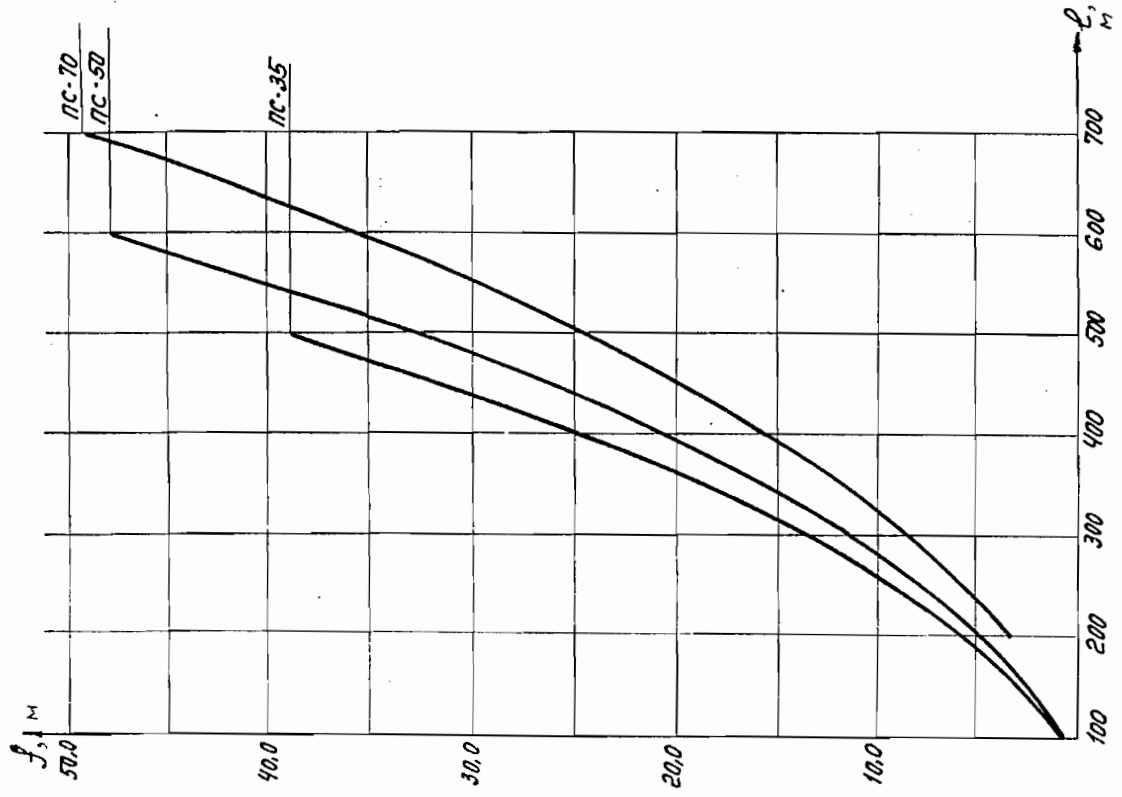
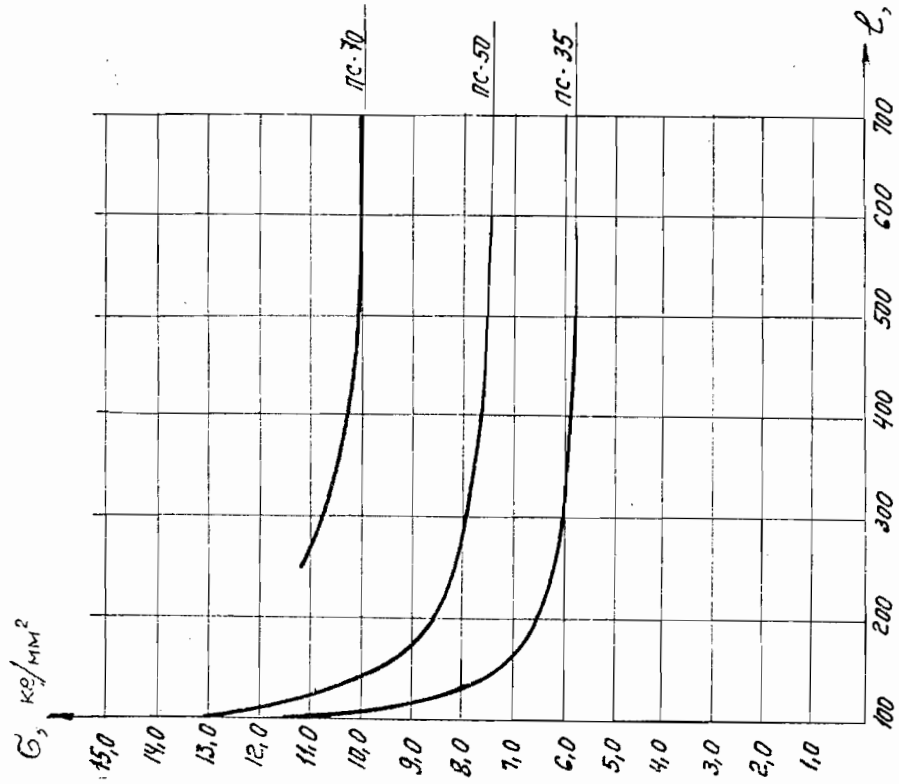


Стрела провеса при температуре без ветра больше, чем при $t_{max} = +40^\circ C$, на 0,1-0,5 м.

График зависимости напряжения и стрел прогиба стальных пролётов марки ПС-35, ПС-50 и ПС-70 при $t_{max}=40^{\circ}C$ от длины пролёта.

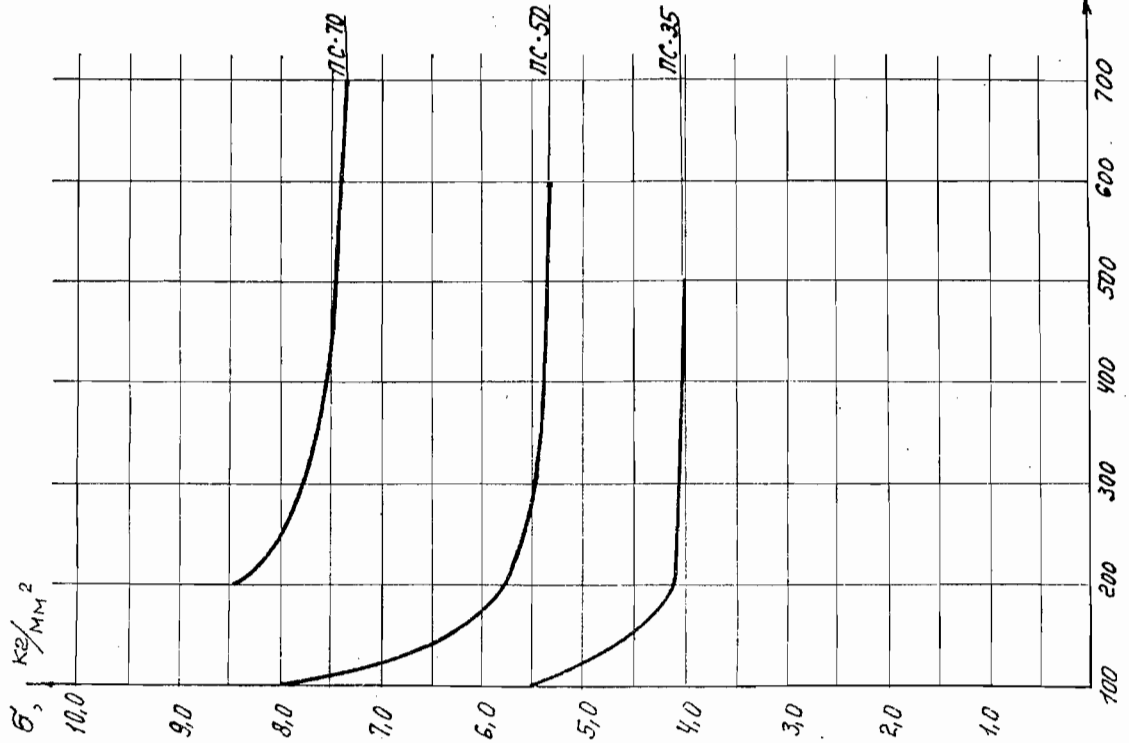
$$P_h = 65 \text{ kg/m}^2$$
$$t_{max} = -40^{\circ}\text{C}$$
$$\sigma_c = 30 \text{ KZ/mm}^2$$

$C = 15 \text{ mm}$

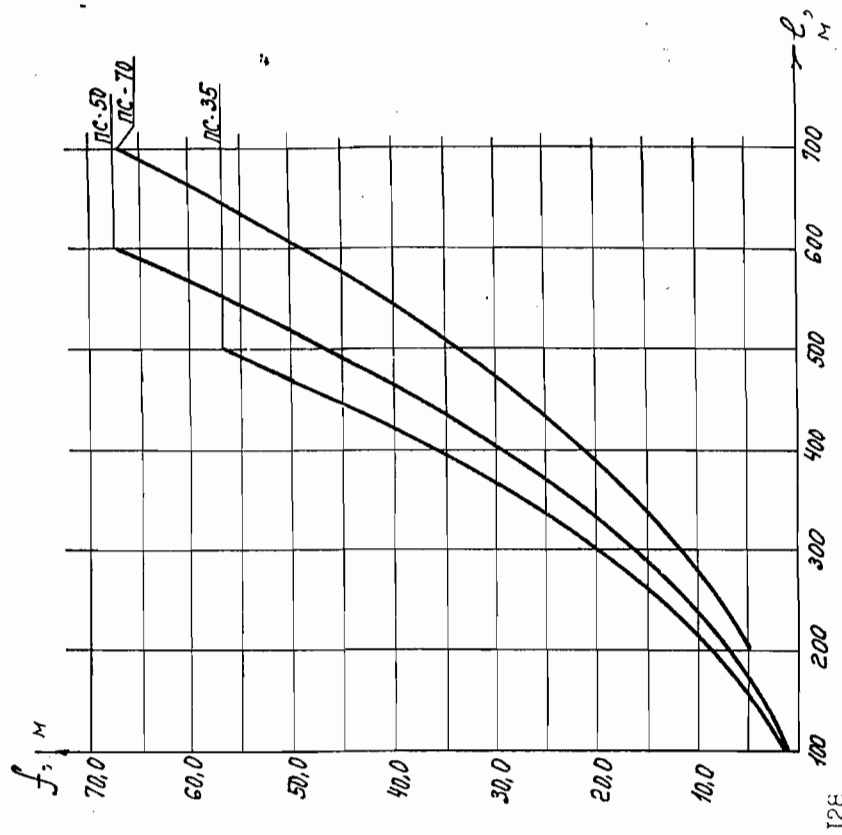
$$t_3 = 0.7c$$
$$\sigma_2 = 30 \text{ x} 2 / \text{mm}^2$$
$$\sigma_2 = 21 \text{ kN/mm}^2$$


Стрела пробора при заминании увеличивается, чем при $t_{max} = +40^\circ$, на 0,2-0,6 м

Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов
марки ПР-35, ПР-50 и ПР-70 при $t = \pm 40^\circ\text{C}$ от длины пролета.

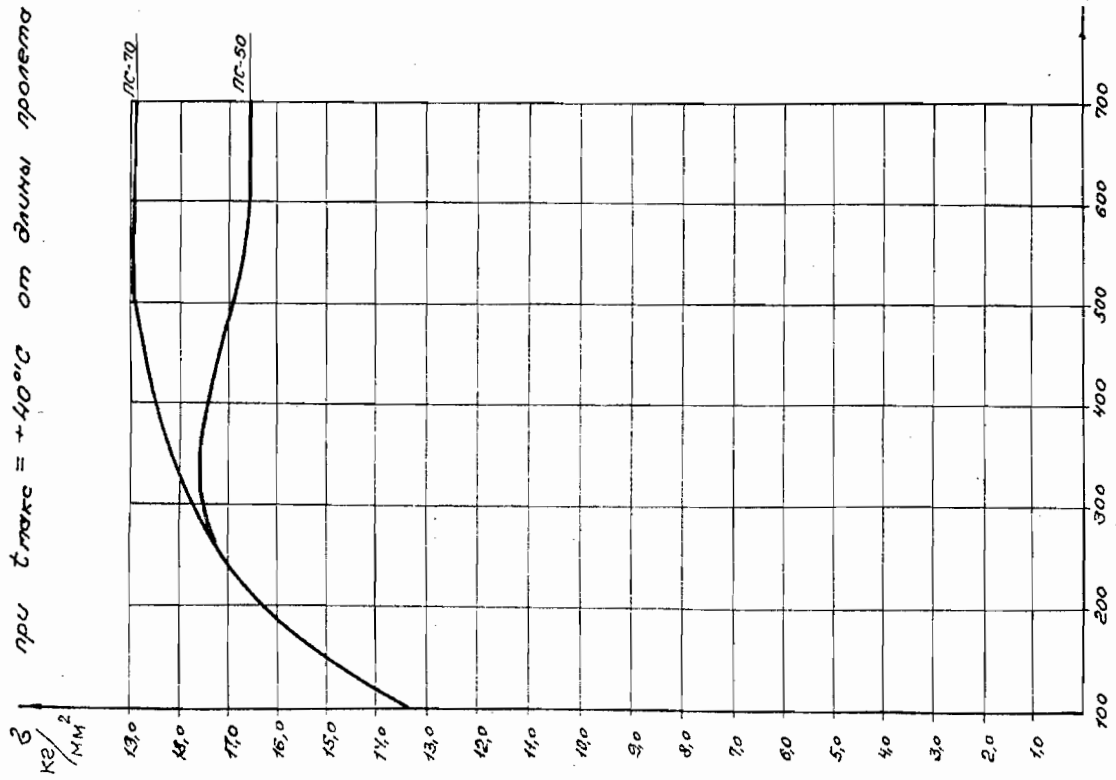


$$\begin{aligned}
 R_k &= 65 \text{ кг/м}^2 & t_{\text{мин}} &= -40^\circ\text{C} & \sigma_1 &= 30 \text{ кг/мм}^2 \\
 C &= 20 \text{ мм} & t_2 &= 0^\circ\text{C} & \sigma_2 &= 30 \text{ кг/мм}^2 \\
 & & & & \sigma_3 &= 21 \text{ кг/мм}^2
 \end{aligned}$$

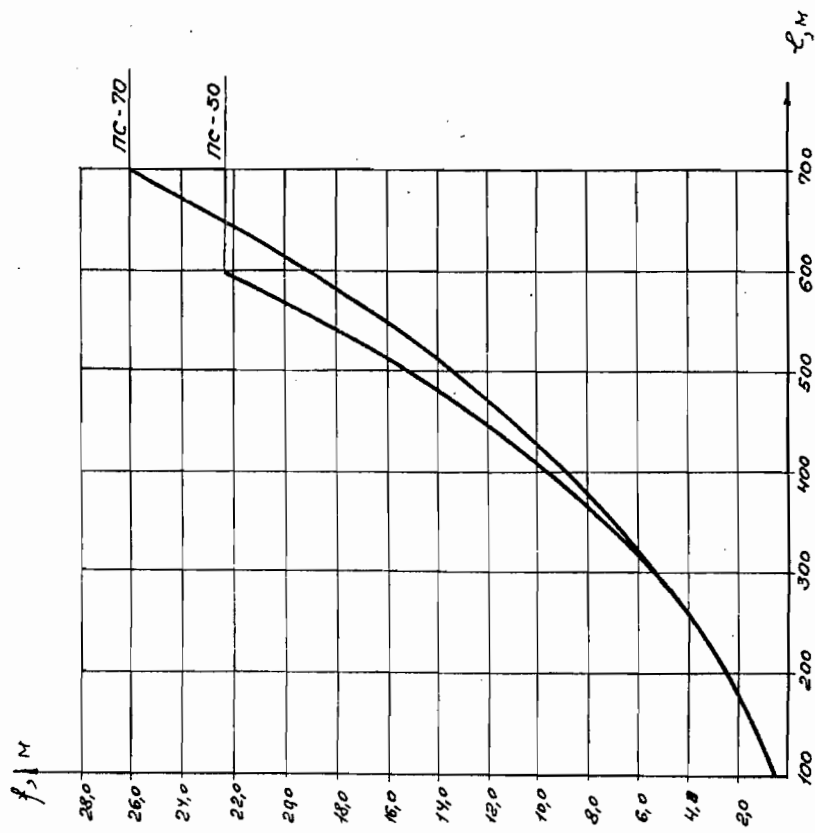


Стрела провеса при гололеде без ветра больше, чем при $t_{\text{max}} = +40^\circ\text{C}$, на 0.3-0.6 м

Графики зависимости напряжений и стрел прогиба стальных пробоидов марки ПС-50 и ПС-70



$$\begin{aligned}
 P_H &= 80 \text{ кг/м}^2 & t_{мин} &= -40^{\circ}\text{C} & \sigma_- &= 30 \text{ кг/мм}^2 \\
 C &= 5 \text{ мм} & t_3 &= 0^{\circ}\text{C} & \sigma_2 &= 30 \text{ кг/мм}^2 \\
 & & & & \sigma_3 &= 21 \text{ кг/мм}^2
 \end{aligned}$$

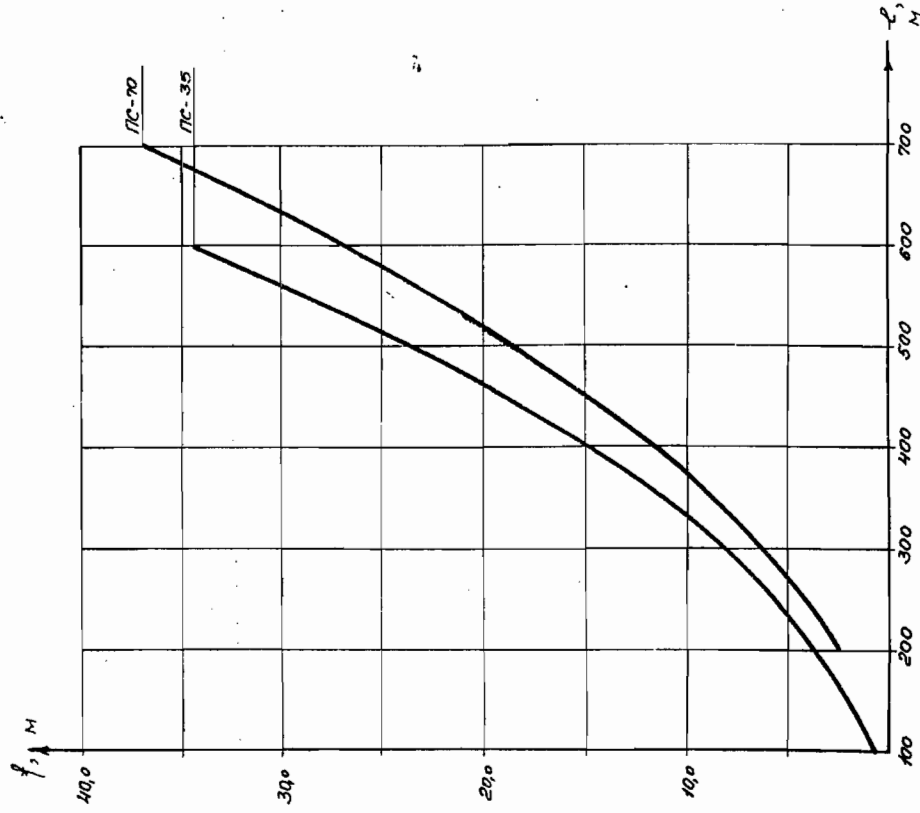
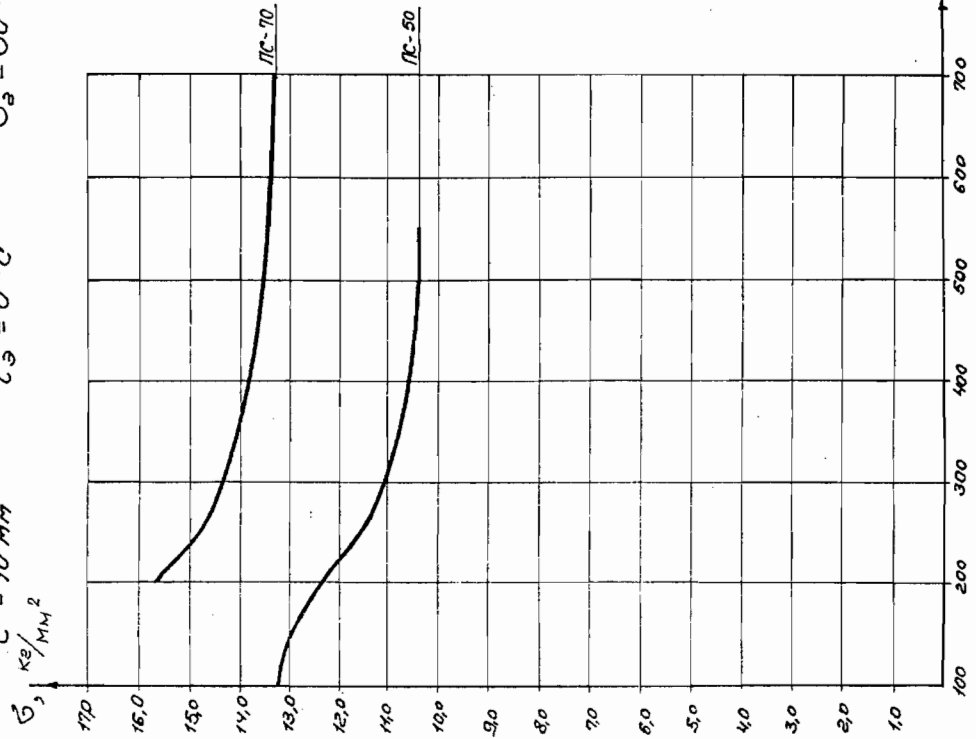


Стрела прогиба при заголеде без ветра меньше, чем при $t_{покр} = +40^{\circ}\text{C}$, на 0.2-0.5 м

Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов
марки ПС-50 и ПС-70 при $t_{max} = +40^\circ C$ от длины пролета

$$\rho_H = 80 \text{ кг/м}^2 \quad t_{min} = -40^\circ C \quad \sigma_{-} = 30 \text{ кг/мм}^2 \quad \sigma_{+} = 21 \text{ кг/мм}^2$$

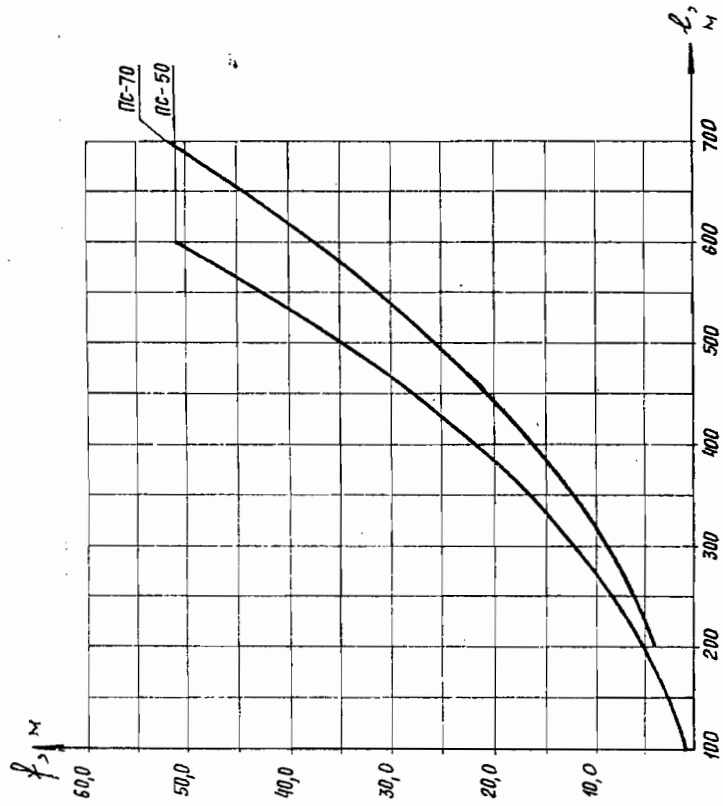
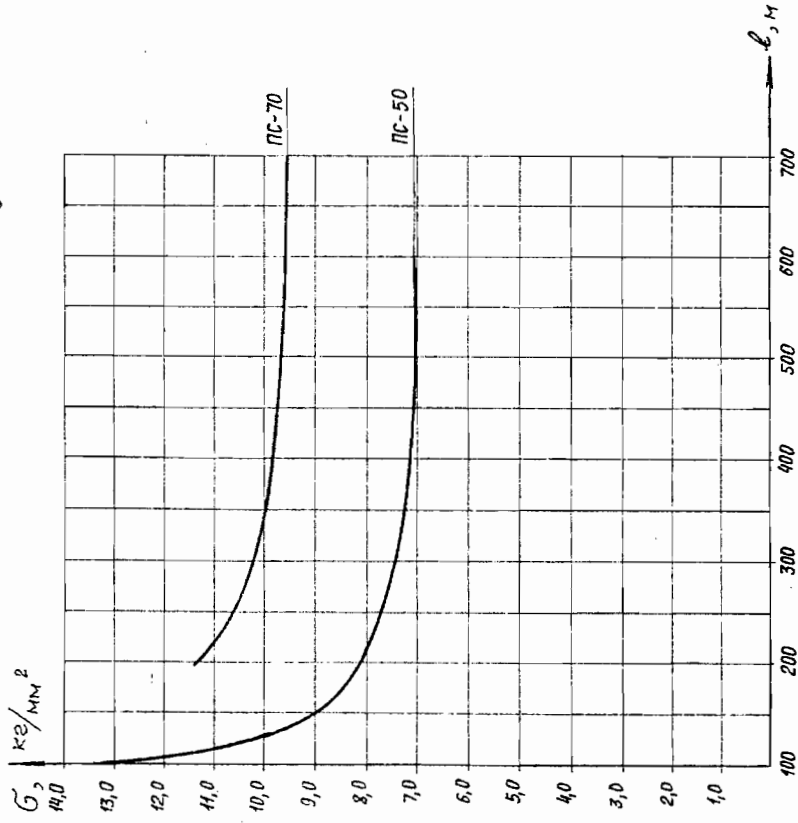
$$\sigma_{-} \text{ кг/мм}^2 \quad C = 10 \text{ мм} \quad t_{+} = 0^\circ C \quad \sigma_{+} = 30 \text{ кг/мм}^2$$



130

Стрела провеса при гололеде без ветра больше, чем при $t_{max} = +40^\circ C$, на 0.3 - 0.5 м

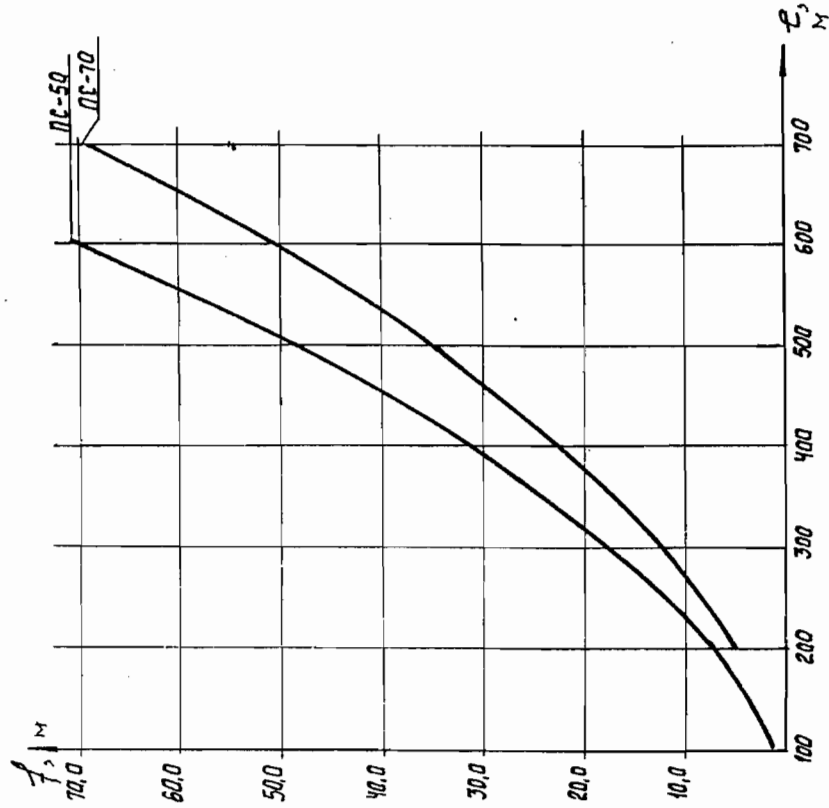
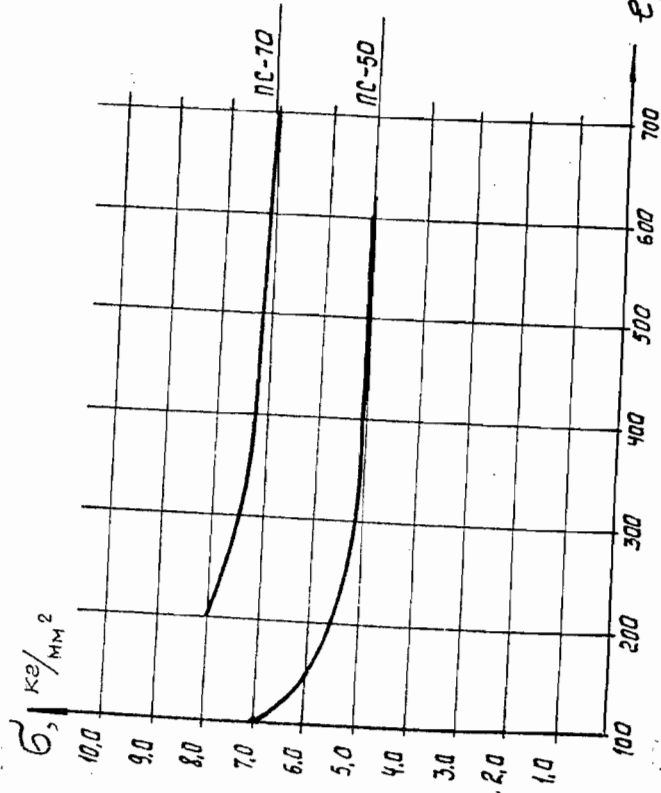
Графики зависимости напряжений и стрел провеса стальных проводов марки ПС-50 и ПС-70 при $t = +40^\circ\text{C}$ от длины пролета

$$P_H = 80 \text{ K2/M}^2$$
$$t_{\text{min}} = -40^{\circ}\text{C}$$
$$G_- = 30 \text{ K2/mm}^2$$
$$C = 15 \text{ mm}$$
$$t_3 = 0^\circ\text{C}$$
$$G_2 = 30 \text{ K2/mm}^2$$
$$G_{\epsilon} = 21 \text{ K}^2/\text{mm}^2$$


Стрела пробива при температуре без ветра больше, чем при $t_{\text{max}} = +40^{\circ}\text{C}$, на $0,3-0,5\text{ м}$.

Графики зависимости напряжений и стрел провешиваемых проводов марки ПС-50 и ПС-70 при $t_{\max} = +40^\circ\text{C}$ от длины прота.

$$\begin{aligned}
 P_H &= 80 \text{ кг/м}^2 & t_{\min} &= -40^\circ\text{C} & \sigma_1 &= 30 \text{ кг/мм}^2 \\
 C &= 20 \text{ мм} & t_3 &= 0^\circ\text{C} & \sigma_2 &= 30 \text{ кг/мм}^2 \\
 & & & & \sigma_3 &= 21 \text{ кг/мм}^2
 \end{aligned}$$



Стрела провеса при заломе без ветра больше, чем при $t_{\max} = +40^\circ\text{C}$, на 1-2 м.

6pe

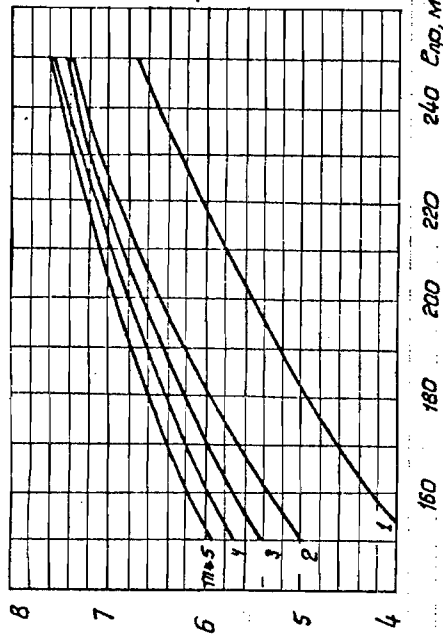
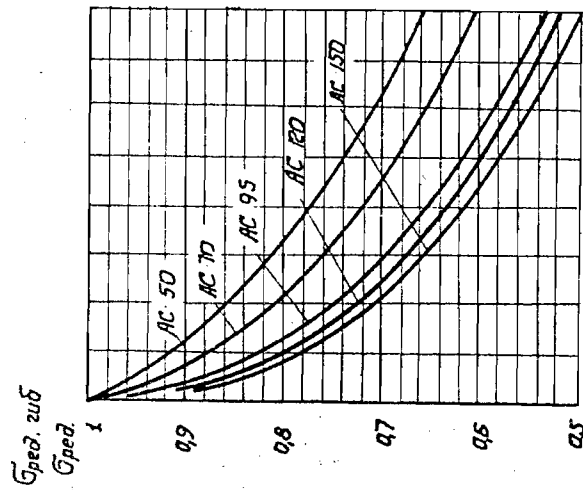


Рис. 1. Профот $AC \cdot SD$; $K_2 = 0$



0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
 հազարապատիկ շնորհակալություն
 ԲԱՆ. Ծ. Յարակարգում եմ Երեւանի Կ.2

Таблица удельных
нагрузок γ , проводов

Марка провода	$\frac{V}{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{мм}^2}$
AC 50	0,01312
AC 70	0,01102
AC 95	0,00955
AC 120	0,00862
AC 150	0,00790

При расчете сред.
принято:
длина гурянды - 0,85 м
Масса гурянды - 20 кг

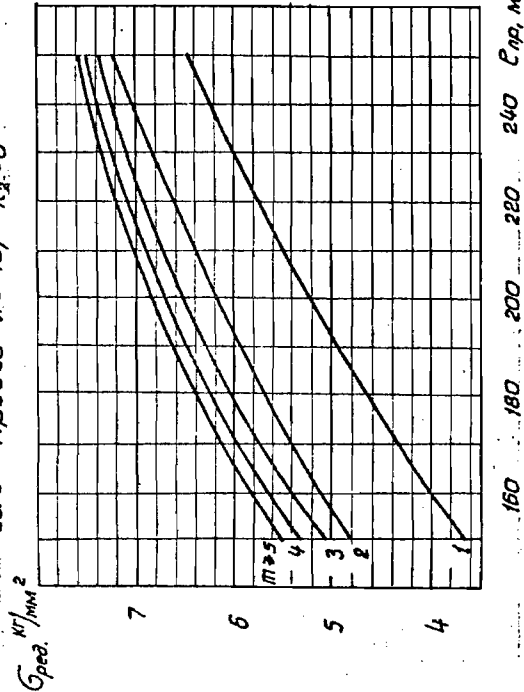


Рис. 3. Проход AC 95; $K_2 = 0$

[illegible]

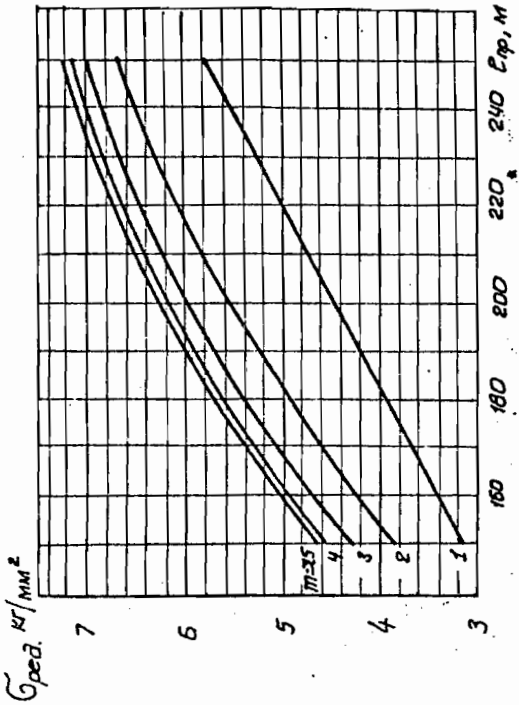


Рис. 4. Провод AC ; 120 ; $K_2 = 0$.

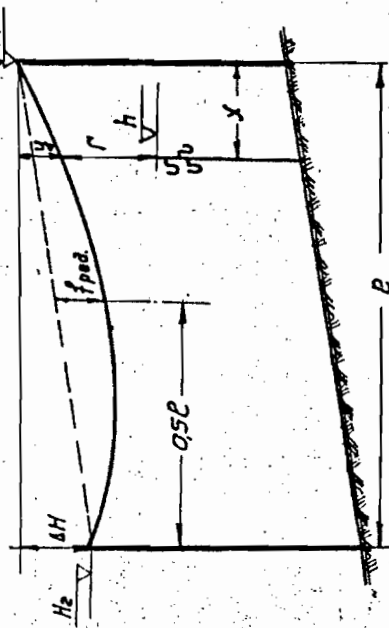


Рис.5. Провод AC 150; $K_2=0$

Таблица значений K_2 (см/кг) для древесных пород без трещин

конструктив опор	диаметры ступеней в ступе, см						в ступе, см
	16	18	20	22	24	26	
одноступенчатая	$H=10,5M$	0,47	0,36	0,29	0,24	0,21	0,19
	$H=12,5M$	0,55	0,43	0,35	0,30	0,25	0,23
П-образная с обрешеткой	$H=10,5M$	0,62	0,48	0,39	0,32	0,28	0,25
	$H=12,5M$	0,73	0,57	0,47	0,40	0,33	0,30
П-образная без раскосов	$H=10,5M$	0,71	0,54	0,43	0,36	0,31	0,28
	$H=12,5M$	0,82	0,65	0,53	0,45	0,38	0,35

Для железобетонных опор без ориентировочно $K_2 = 0,1$ см/кг.

Стрела пролетела в середине провода: $\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho^2 \cdot \delta l}{8 \cdot \sigma_{\text{ср}}}$

Стрела провеса в точке пересечения: $y = \frac{x}{\lambda} [\Delta H + 4 f_{ред.}] (1 - \frac{3}{2} \frac{x}{\lambda})$

Габарит провода до пересечения объекта: $\Gamma = H \cdot y - h$

[illegible]

Подписано в печать
Усл. печл. 16, 19
Тираж 350 экз.

Формат 60х84/8
Учетн.-издл.
Зак. N

АО РОСЭП
111395, Москва, Аллея Первой Маевки, 15

МСЛ - 004174