ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ им.Мельникова
Арендное предприятие

РЕКОМЕНДАЦИИ

по выбору типов и расчету прочности стальных канатов, применяемых в строительных металлических конструкциях

Москва, 1991 г.

gost.e-ecolog.ru

ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ им. Мельникова
Арендное предприятие

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
В.В.Ларионов
"___" _____ 1991 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ

по выбору типов и расчету прочности стальных канатов, применяемых в строительных металлических конструкциях

Москва, 1991 г.

В рекомендациях содержатся вспомогательные данные для проектирования к СНиП П-23-81^{x} "Стальные конструкции".

Рекомендации направлены на повышение надежности и долговечности, снижение металлоемкости конструкции, повышение качества проектирования и производительности труда проектировщиков.

В рекомендациях содержится информация по основным параметрам стальных канатов для строительных конструкций, даны указания по рациональному выбору типов канатов и их параметров, приведены таблицы характеристик рекомендуемых типов канатов, указания по расчету канатов на прочность и деформативность.

Рекомендации предназначены преимущественно для инженерно-технических работников проектных организаций и могут быть использованы при подготовке специалистов в высших и средних технических учебных заведениях строительного профиля.

Все замечания и предложения просим направлять по адресу: 117393, г.Москва, ул. архитектора Власова, д. 49, отдел ОПРИС-I.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Предисловие 4

I. Общие положения 5

2. Характеристики и основные параметры стальных канатов 5-9

3. Выбор типов канатов и их параметров 9-I4

4. Рекомендуемый сортамент стальных канатов для использования в металлических строительных конструкциях I4-25

Таблица I I5-I6

Таблица 2 ..... I7-I8

Таблица 3 ..... I9-20

Таблица 4 ..... 2I

Таблица 5 ..... 2I

Таблица 6 22-23

Таблица 7 24

Таблица 8 25

5. Рекомендации по расчету канатов на прочность 26-3I

Литература 32

П Р Е Д И С Л О В И Е

"Рекомендации по расчету прочности стальных канатов, применяемых в строительных металлических конструкциях" впервые были разработаны и выпущены в ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова в 1982 г. применительно к СНиП II-23-81 "Стальные конструкции".

Основные положения рекомендаций были включены в "Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81^{X})", М., ЦНИИСК им. Кучеренко, 1989 г.

С момента разработки указанных выше рекомендаций многократно вносились изменения в СНиП II-23-81. Вышли новые СНиП 2.05.03-84 "Мосты и трубы", в которых содержатся полезные сведения по канатам для мостов и методики их расчета. Накоплен опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений с элементами из стальных канатов.

В связи с этим стала очевидной необходимость разработки и издания новой, уточненной редакции рекомендаций, которая существенно дополнена сведениями о типах и характеристиках стальных канатов применительно к использованию в строительных металлических конструкциях.

В дальнейшем предполагается периодические издание поправок к рекомендациям (или новых редакций) в связи с изменениями нормативных документов.

Текст, таблицы I,9,I0,II,I2 составлены М.М.Кравцовым, таблица 2 - Б.В.Остроумовым и В.И.Кинахом, остальные таблицы - Е.Е.Артюховой. Оформление материала и подготовка к изданию выполнена Е.Е.Артюховой.

I. Общие положения

I.I. Канаты используют в элементах конструкций, воспринимающих исключительно растягивающие усилия. При этом не требуется развитие сечений по условиям устойчивости и создается возможность эффективного применения сталей высокой прочности с полным использованием несущей способности материала, снижением расхода металла и уменьшением собственного веса конструкции. Вместе с тем, из-за малого диаметра элементов, образующих канат, особое внимание должно быть обращено на защиту от коррозии.

2. Характеристики и основные параметры стальных канатов

2.I. Канатная проволока

2.I.I. Канаты формируют из высокопрочной стальной проволоки с размером сечения до 5-7 мм, получаемой из заготовок диаметром до I0-I2 мм путем прокатки и многократного волочения через фильеры (отверстия в пластинках из твердого сплава) с применением термической обработки. В процессе изготовления проволоки предел прочности повышается в 2-4 раза, однако пластические свойства существенно снижаются.

2.I.2. По форме поперечного сечения различают канатную проволоку круглого и фасонного (зетобразного, иксобразного или трапециевидного) сечения.

2.I.3. По виду поверхности различают проволоку: светлую (без покрытия), оцинкованную трех групп в зависимости от поверхностной плотности цинка: с толстым слоем цинка для особо жестких в коррозионном отношении условий работы (ОЖ), со слоем цинка сред-

ней толщины для жестких условий работы (Ж), со слоем цинка небольшой толщины для средних условий работы (С).

По специальным техническим условиям готовят проволоку с покрытием слоем алюминия или полимерных материалов.

2.I.4. Временное сопротивление разрыву проволоки характеризуется маркировочной группой от 1078 до 2352 МПа (110–240 кгс/мм2).

2.I.5. Механические свойства проволоки, преимущественно, по однородности и пластическим свойствам характеризуются марками ВК (высокого качества), В и I, которые отличаются заданным разбегом временного сопротивления проволок (меньшим – для групп ВК и большим – для групп В и I) числом перегибов и скручиваний проволоки до разрушения – наибольшими для группы ВК и меньшими – для групп В и I.

2.2. Классификация канатов

2.2.I. По конструкции различают канаты (пучки) из параллельных проволок и витые канаты. Промышленностью в СССР изготовляются только витые канаты; канаты из параллельных проволок готовят только при строительстве отдельных крупных объектов (преимущественно, мостов) непосредственно на монтаже или на приостроечном полигоне.

2.2.2. По виду поперечного сечения различают круглые и плоские витые канаты.

2.2.3. По типу свивки круглые витые канаты подразделяются на следующие типы: канаты одинарной свивки (спиральные) с расположением проволок в концентрических кольцевых слоях, двойной и тройной свивки (многопрядные). Канаты двойной свивки образованы из спиральных канатов (прядей): одна прядь (сердечник) располагается в центре, а остальные – в концентрических слоях

по спиральным линиям. Канаты тройной свивки состоят из свитых канатов двойной свивки (стренг).

2.2.4. По точности изготовления различают канаты нормальной (без обозначения) и повышенной (Т) точности.

2.2.5. Спиральные канаты могут быть образованы только из круглых проволок; закрытые спиральные канаты отличаются использованием в одном или нескольких внешних слоев фасонных проволок зетобразного, трапециевидного или иксобразного сечения.

2.2.6. По виду сердечника различают витые канаты с металлическим (МС) и органическим (ос) сердечником, а также с сердечником из искусственных материалов (ис) и из металлической проволоки малой прочности (мсм).

2.2.7. По типу свивки канатов одинарной свивки (в т.ч. прядей) различают канаты с точечным касанием проволоки между слоями (ТК) и с линейным касанием (ЛК), а также различные модификации с одинаковым (ЛК-О) и разным (ЛК-Р) диаметром проволок по слоям, с проволоками заполнения (ЛК-З), с сочетанием слоев проволок одинаковых и разных диаметров (ЛК-РО), с комбинированным точечно-линейным касанием (ТЛК).

2.2.8. По направлению свивки различают канаты правой (без обозначения) и левой (Л) свивки.

По сочетанию направлений свивки многопрядных канатов и их элементов различают: канаты крестовой свивки (без обозначения), в которых направления свивки каната и составляющих его прядей и стренг противоположны; канаты односторонней свивки (О), в которых одинаковы направления свивки каната и наружных слоев прядей; канаты комбинированной свивки (К) с чередующимися направлениями свивки прядей.

2.2.9. По способу свивки различают: канаты нераскручивающиеся

(Н), в которых пряди (для многопрядных канатов) или проволоки (для спиральных канатов) сохраняют свое положение после снятия перевязок или заварки с конца каната; канаты раскручивающиеся (Р), не обладающие указанными выше качествами.

2.2.10. По степени крутимости различают канаты крутящиеся (без обозначения) с одинаковым направлением всех прядей и стренг и малокрутящиеся (МК) - многослойные канаты с противоположным направлением свивки в слоях.

2.2.11. По временному сопротивлению разрыву (маркировочной группе), механическим свойствам (групп ВК, В и I) и виду покрытия проволок канаты различают по соответствующим характеристикам канатной проволоки, из которой образован канат (см. выше.).

2.2.12. По назначению различают канаты грузолюдские (ГЛ) только марки В, а также грузовые.

2.2.13. Конструкция, основные характеристики и диаметры канатов приведены в соответствующих стандартах на сортамент канатов; имеются стандарты - технические условия на канаты и на канатную проволоку.

Условное обозначение каната должно отвечать требованиям соответствующего сортаментного стандарта и включать: диаметр каната, назначение, марку, вид покрытия, направление свивки, сочетание направлений свивки, способ свивки, степень крутимости, маркировочную группу, номер стандарта на сортамент.

2.2.14. Стандартами - техническими условиями предусмотрена возможность предъявления потребителем некоторых дополнительных требований.

В процессе изготовления проволоки, пряди и канаты покрываются смазкой, в определенной степени способствующей антикоррозионной защите. Могут быть предъявлены требования по типу

смазки, по поставке канатов со смазанной или с несмазанной наружной поверхностью.

Может быть регламентирован шаг свивки проволок в прядях и прядей в канате; шаг свивки численно характеризуется кратностью – отношением длины шага свивки проволоки (пряди) к диаметру пряди (каната).

Потребителем устанавливается и длина каната.

3. Выбор типов канатов и их параметров

3.1. При выборе типов и параметров канатов в первую очередь необходимо учитывать требования эксплуатации сооружения; должны быть учтены также условия возведения и экономические требования.

3.2. По условиям защиты от коррозии, в металлических конструкциях постоянных сооружений не следует применять канаты с проволокой диаметром менее 2,4мм (в мостах – 2,6 мм), для менее ответственных сооружений, как исключение, не менее 2 мм; это ограничение не относится к проволокам заполнения и сердечника. Во всех случаях следует использовать канаты из проволоки максимально возможного диаметра.

3.3. В конструкциях следует применять только канаты с проволокой, имеющей металлическое (цинковое или алюминиевое) покрытие; применение светлой (неоцинкованной) проволоки для металлических конструкций постоянных сооружений не допускается.

Выбор типа металлического покрытия по толщине (ОЖ, Ж или С) производится в зависимости от степени агрессивного воздействия по СНиП 2.03.11-85 "Защита строительных конструкций от коррозии", обязательное приложение 11. При высокой степени агрессивности предусматривают дополнительную защиту канатов лакокрасочными покрытиями или полимерными пленками, которые, как правило, наносят на монтаже.

3.4. В целях экономии металла следует использовать канаты максимальных по прочности маркировочных групп сортаментного стандарта, но не более 1764 МПа (180 кгс/мм2), поскольку оцинкованная проволока высокой прочности при агрессивных воздействиях среды может проявлять склонность к хрупкому коррозионному разрушению под напряжением ("водородная хрупкость").

3.5. Канаты из параллельных проволок отличаются высокой прочностью, продольной жесткостью (модуль упругости каната близок к модулю упругости проволоки). Ползучесть при эксплуатации практически отсутствует, поэтому нет необходимости в предварительной вытяжке. К недостаткам этих канатов можно отнести повышенную изгибную жесткость, осложняющую перевозку, монтаж и устройство перегибов в опорных узлах.

Из-за отсутствия в стране налаженного промышленного производства канаты из параллельных проволок могут быть рекомендованы лишь для особо ответственных сооружении с большим объемом потребления (свыше 500-1000 т), с получением по импорту или с изготовлением на месте монтажа.

3.6. В остальных случаях в строительных конструкциях применяют круглые витые канаты грузовые (Г) одинарной (спиральные) и двойной свивки нормальной точности. Канаты тройной свивки из-за повышенной деформативности мало пригодны для использования в качестве несущих элементов.

Из-за неравномерного распределения усилий между проволоками и их взаимного проскальзывания, разрывное усилие витого каната в целом (определенное при испытаниях образцов каната на разрывной машине) ниже суммарного разрывного усилия проволок, составляющих канат; по той же причине модуль упругости каната значительно ниже модуля упругости материала проволок.

Величина этого снижения для спиральных канатов невелика (порядка 5% - по прочности и 15% - по жесткости). Поэтому спиральные канаты лучше отвечают условиям эксплуатации в строительных конструкциях. Необходимо учитывать, что диаметр спиральных оцинкованных канатов из круглых проволок, выпускаемых в стране, не превышает 18,5 мм.

3.7. Закрытые спиральные канаты обладают повышенной коррозионной стойкостью благодаря наличию фасонных проволок во внешних слоях и могут быть рекомендованы для широкого применения в строительных конструкциях, особенно при необходимости формирования элементов с большими расчетными усилиями (50 т и более) и при отсутствии промежуточных перегибов по длине каната. Необходимо учитывать, однако, повышенную по сравнению с многопрядными канатами сложность выполнения работ по устройству концевых закреплений и по монтажу. Вопросы поставки закрытых канатов из оцинкованной проволоки должны быть согласованы с изготовителем.

3.8. Канаты двойной свивки для элементов постоянных сооружений следует применять только из круглых прядей с металлическим сердечником, поскольку наличие органического сердечника ведет к снижению продольной жесткости и коррозионной стойкости каната. Снижение разрывного усилия каната в целом по сравнению с суммарным разрывным усилием всех проволок достигает 15-20%, а уменьшение модуля упругости каната по сравнению с модулем упругости проволок - 25-35%.

3.9. Предпочтительно использование канатов с линейным касанием проволок (ЛК) и их модификаций, в которых уменьшены контактные напряжения между проволоками и деформации ползучести по сравнению с канатами, имеющими точечное (ТК) касание проволок.

3.10. Нераскручивающиеся канаты (Н) удобнее при изготовлении

канатных элементов и монтаже, чем раскручивающиеся. Некоторые специалисты отмечают снижение агрегатной прочности нераскручивающихся канатов по сравнению с раскручивающимися, однако это снижение не имеет практического значения, тем более, что имеются данные о повышенной выносливости нераскручивающихся канатов.

В случае применения раскручивающихся канатов необходимо предусматривать удлиненные обвязки мягкой проволокой по концам канатов у анкеров.

3.II. Как правило, не имеют значения для канатов в строительных конструкциях направления свивки и их сочетания. В тех случаях, когда анкерные закрепления не могут воспринимать крутящие моменты, следует использовать канаты крестовой или комбинированной (К) свивки, малокрутящиеся (МК).

Элементы конструкций в виде пучков или групп канатов следует формировать из равного числа канатов правой и левой свивки.

3.I2. Для элементов конструкций, воспринимающих вибрационные и динамические воздействия, а также для статически нагруженных элементов особо ответственных сооружений следует применять канаты марок ВК и В по механическим свойствам; в остальных случаях могут быть использованы канаты марки I.

3.I3. Для повышения продольной жесткости и уменьшения деформаций ползучести следует предусматривать канаты с максимальными величинами кратности свивки, что должно быть согласовано с изготовителем. Некоторые технические условия на канаты, специально предназначенные для строительных конструкций, содержат прямые указания об изготовлении канатов с увеличенной кратностью свивки.

3.I4. При эксплуатации сооружений в районах с низкими расчетными температурами (ниже минус 40°), либо в районах с

высокими летними расчетными температурами следует предусматривать по согласованию с поставщиком применение, соответственно, морозостойких и тугоплавких канатных смазок.

3.15. Требования к канатам для оттяжек антенных сооружений и элементов антенных полотен регламентированы п.16.3 СНиП II-23-81 "Стальные конструкции", При назначении групп покрытий необходимо учитывать новые обозначения групп покрытия - ОЖ вместо ЖС, Ж вместо СС. Требования к канатам для стальных конструкций мостов регламентированы п.4.4 СНиП 2.06.03-84 "Мосты и трубы".

3.16. При выборе типов канатов необходимо учитывать экономические показатели, поскольку дополнительные требования связаны с приплатами к стоимости. Так, стоимость нераскручивающихся канатов по прейскуранту в ценах 1984 г. на 5% выше раскручивающихся, канатов марки В - на 8-15% выше, чем марки I, с оцинковкой по группам Ж и ОЖ - соответственно на 20 и 27% выше, чем по группе С; стоимость грузолюдских канатов на 3% выше стоимости грузовых канатов марки В.

При использовании в конструкциях небольших количеств канатов (до 15-20 т) необходимо учитывать возможность варьирования типов канатов по требованиям заказчика и изготовителя. Требования к канатам для особо ответственных сооружений при большом объеме применения должны быть предварительно согласованы с изготовителем.

3.17. В некоторых случаях целесообразна разработка специальных технических условий для канатов конкретных объектов с учетом специфических условий эксплуатации и строительства; такие технические условия были составлены, например, для канатов Останкинской телебашни, мостов через р.Амударью у Сазакино и Келифа, Шексну в Череповце, Южного моста через Днепр в Киеве и др.

При этом могут быть предъявлены требования к канатам, выходящие за рамки указаний соответствующих стандартов.

3.18. При составлении заказа на канаты следует учитывать возможность раскроя на элементы требуемой длины с запасом по 1-3 м на каждый конец элемента и 5-10 м на полную длину отрезка каната на каждом транспортном барабане. Необходимо учитывать ограничения длины каната на транспортном барабане, приведенные в соответствующих стандартах, а также приплаты за мерность, предусмотренные в прейскурантах.

3.19. При изготовлении канатных элементов из витых канатов обязательно выполнение предварительной вытяжки в соответствии с п.п.4.43 и 4.44, а также испытаний готовых канатных элементов в соответствии с п.4.122 СНиП 3.03.01-87 "Несущие и ограждающие конструкции".

4. Рекомендуемый сортамент стальных канатов для использования в металлических строительных конструкциях

В таблице 1 приведен перечень государственных стандартов и технических условий на стальные канаты и канатную проволоку, рекомендуемых для использования в металлических строительных конструкциях в соответствии с положениями раздела 3.

В таблице 2 дан сокращенный сортамент стальных канатов для мачтовых сооружений объектов связи.

В таблицах 3÷8 приведен сортамент стальных канатов, рекомендуемых для использования в строительных металлических конструкциях, таблицы 3÷5 - канаты двойной свивки, таблицы 6÷8 - закрытые несущие канаты.

Таблица I

Стандарты и технические условия на стальные канаты, рекомендуемые для применения в металлических строительных конструкциях

Номер стандарта, ТУ	Наименование стандарта или ТУ	Диаметры канатов, мм	Примечание
I	2	3	4
ГОСТ 3241-80	Канаты стальные. Технические условия		ТУ на канаты всех типов из круглой проволоки
ГОСТ 7372-79	Проволока стальная канатная. Технические условия		ТУ на круглую канатную проволоку
ГОСТ 3062-80	Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7 (1+6). Сортамент	6,2-9,8	
ГОСТ 3063-80	Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х19 (1+6+12). Сортамент	10,0-19,0	
ГОСТ 3064-80	Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х37 (1+6+12+18). Сортамент	14,0-27,0	
ГОСТ 3066-80	Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6х7 (1+6)+1х7(1+6). Сортамент	18,5-27,5	
ГОСТ 7667-80	Канат двойной свивки типа ЛК-З конструкции 6х25(1+6; 6+12)+7х7 х(1+6) сортамент	31-47	
ГОСТ 7669-80	Канат стальной двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36(1+7+7/7+ +14)+7х7(1+6). Сортамент	35,5-52,0	
ГОСТ 14954-80	Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+7х7(1+6). Сортамент	27,0-46,5	

Продолжение табл.1

1	2	3	4
ГОСТ 18899-73	Канаты стальные. Канаты закрытые несущие. Технические условия		ТУ на закрытые канаты
ГОСТ 3090-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент	30,5-35,5	
ГОСТ 7675-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с одним слоем клиновидной и одним слоем зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент	38,5-51,0	
ГОСТ 7676-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями клиновидной и одним слоем зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент	50,0-70,0	
ГОСТ 18901-73	Канаты стальные. Канат закрытый несущий с двумя слоями зетобразной проволоки и сердечником типа ТК. Сортамент	38,5-54,0	
ТУ 14-4-902-78	Канаты стальные. Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции 6х36(1+7+7/7+14)+ +1х36(1+7+7/7+14)	40,0-52,0	Канаты для несущих элементов строительных конструкций, с увеличенным шагом свивки
ТУ 14-4-1216-82	Канаты стальные оцинкованные спиральные закрытой конструкции	32,0-72	То же

Таблица 2

Сокращенный сортамент стальных оцинкованных канатов для мачтовых сооружений объектов связи

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок) Н/мм2 (кгс/мм2)			
			1180 (120)	1370 (140)	1570 (160)	1670 (170)
			Разрывное усилие каната в целом, Н, не менее			
1	2	3	4	5	6	7
		ГОСТ 14954-80				
8,0	29,68	272,5			39450	41950
9,7	42,30	388,0			56350	59850
11,0	53,58	491,5			71350	75800
12,0	61,92	568,0			82500	87650
14,0	86,36	792,0			114500	122000
16,5	121,24	1115,0			161000	171500
18,0	143,99	1320,0		167500	191500	203500
20,5	192,11	1765,0		223500	255500	271500
22,0	217,06	1990,0		252500	289000	307000
25,0	279,27	2560,0		325000	371500	395000
27,0	337,27	3090,0		392500	449000	477000
33,0	497,70	4565,0		580000		
36,0	589,81	5410,0		687000		
		ГОСТ 7669-80				
61,5*	1782,25	16250,0	1670000	1955000		
64,0*	1880,27	17148,0	1760000	2055000		
68,0*	2058,71	18775,0	1935000	2250000		
		ТУ 14-4902-78				
30,0	420,57	3679,0		519400 (53000)		
38,0	704,60	6164,0		870270 (88800)		

Продолжение табл.2

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок) Н/мм2 (Кгс/мм2)			
			1180 (120)	1370 (140)	1570 (160)	1670 (170)
			Разрывное усилие каната в целом, Н, не менее			
1	2	3	4	5	6	7
40,0	788,09	6894,0		975100 (99500)		
42,0	856,48	7493,0		1058400 (108000)		
45,0	988,85	8651,0		1220100 (124500)		
48,5	1162,85	10170,0		1435700 (146500)		
52,0	1347,99	11790,0		1651300 (168500)		

Примечание: 1.* Поставка канатов данных типоразмеров в оцинкованном исполнении производится только по предварительному согласованию с изготовителем

2. В пределах настоящего сортамента по согласованию с проектной организацией допустимы замены на ГОСТы 3063-80, 3064-80, 3068-88, 3081-80, 7669-80, 14954-80.

6. Сортамент оцинкованных стальных канатов, рекомендуемых для применения в металлических строительных конструкциях

Таблица 3

Диаметр, мм		Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок), Н/мм2 (кгс/мм2)			
каната	проволоки в наружном слое			1180 (120)	1270 (130)	1370 (140)	1470 (150)
				Разрывное усилие каната в целом, Н, не менее			
1	2	3	4	5	6	7	8
ГОСТ 3062-80							
6,2	2,00	22,65	197,0			28550	30600
6,8	2,20	27,33	238,0			34400	36900
7,4	2,40	32,45	282,6			40850	43900
8,0	2,60	38,01	330,5			47950	51400
8,6	2,80	44,01	382,1			55500	
9,2	3,00	50,45	438,5			63650	
9,8	3,20	57,33	498,5			72300	
ГОСТ 3063-80							
10,0	2,00	60,35	519,0		69220	74450	79800
11,0	2,20	72,95	627,4	77150	83550	89950	96100
12,0	2,40	86,74	746,0	91700	98950	106000	114500
13,0	2,60	101,72	873,0	107000	116000	124500	134000
14,0	2,80	117,90	1050,0	123500	134500	145500	
15,0	3,00	135,28	1160,0	142500	151000	166500	
16,0	3,20	153,84	1320,0	162000	175500	189500	
17,0	3,40	173,60	1490,0	183000			
19,0	3,80	216,70	1855,0	220000			
ГОСТ 3064-80							
14,0	2,0	116,89	993,6		125500	135500	145500
15,5	2,20	141,37	1200,0	141000	152000	164000	176000
17,0	2,40	168,17	1425,0	167500	181500	195500	209500
18,5	2,60	197,29	1685,0	196500	213000	229500	245500
20,0	2,80	228,74	1955,0	227500	246500	266500	

Продолжение табл.3

Диаметр, мм		Расчетная площадь сечения, всех проволок, мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок), Н/мм2 (кгс/мм2)			
каната	проволоки в наружном слое			1180 (120)	1270 (130)	1370 (140)	1470 (150)
				Разрывное усилие каната в целом, Н не менее			
1	2	3	4	5	6	7	8
21,0	3,00	262,51	2240,0	262000	283500	305500	
22,5	3,20	298,52	2550,0	297500	322500	347000	
24,0	3,40	337,03	2875,0	336000			
27,0	3,80	420,84	3590,0	420000			
			ГОСТ 3066-80				
18,5	2,00	158,55	1441,0			184000	197000
20,0	2,20	191,32	1739,0			222000	238500
22,0	2,40	227,17	2065,0			264500	283000
24,0	2,60	266,09	2420,0			310000	332000
26,0	2,80	308,10	2800,0			358500	
27,5	3,00	353,18	3210,0			411000	
			ГОСТ 7667-80				
31,0	2,00	439,31	4030,0			512000	548000
34,0	2,20	529,72	4860,0			617000	661500
37,0	2,40	625,74	5740,0			729500	781500
41,0	2,60	744,88	6835,0			866000	928500
44,0	2,80	864,16	7930,0			999500	
47,0	3,00	989,23	9080,0			1145000	
			ГОСТ 7669-80				
35,5	2,00	580,11	5290,0			636500	682000
36,5	2,10	646,37	5895,0			709000	759500
39,0	2,20	716,29	6530,0			785500	842000
41,0	2,30	796,83	7265,0			874000	936500
42,0	2,40	843,90	7965,0			925000	989500
45,5	2,60	991,84	9045,0			1080000	
49,0	2,80	1163,04	10600,0			1270000	
52,0	3,00	1304,05	11850,0			1430000	

Таблица 4

Диаметр, мм		Расчетная площадь сечения всех проволок мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок) Н/мм2 (кгс/мм2)			
каната	проволоки в наружном слое			1370 (140)	1470 (150)	1570 (160)	1670 (170)
				Разрывное усилие каната в целом Н, не менее			
1	2	3	4	5	6	7	8
			ГОСТ 14954-80				
27,0	2,00	337,27	3090,0	392500	420500	449000	477000
29,5	2,20	404,55	3705,0	471000	505000		
31,0	2,30	449,85	4125,0	524000	561500		
33,0	2,40	497,70	4565,0	580000	621500		
36,0	2,60	589,81	5410,0	687000	736000		
38,5	2,80	674,88	6190,0	786000	841000		
41,0	3,00	768,45	7050,0	899500			
46,5	3,40	988,71	9065,0	1150000			

Примечание: канаты, данные о которых приведены над сплошной чертой (для каждого ГОСТа), не следует применять для ответственных сооружений из-за малого диаметра проволоки.

Таблица 5

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа (временное сопротивление проволок), Н/мм2 (кгс/мм2)	
			1370(140)	1570(160)
			Разрывное усилие каната в целом, Н(кгс), не менее	
1	2	3	4	5
		ТУ 14-4-902-78		
30,0	420,57	3679,0	519400 (53000)	593390 (60550)
38,0	704,60	6164,0	870240 (88800)	
40,0	788,09	6894,0	975100 (99500)	
42,0	856,48	7493,0	1058400 (108000)	
45,0	988,85	8651,0	1220100 (124500)	
48,5	1162,85	10170,0	1435700 (146500)	
52,0	1347,99	11790,0	1651300 (168500)	

Таблица 6

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Расчетная масса 100 м смазанного каната, кг	Расчетное разрывное усилие, кН(кГс), не менее, для маркировочных групп (временного сопротивления проволок), Н/мм2, (кгс/мм2)					
			1160(120)	1270(130)	1370(140)	1470(150)	1570(160)	1670(170)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			ГОСТ 3090-73					
30,5	616,59	524,98	724,5 (73950)	785 (80150)	845,5 (86300)	906 (92450)	966,5 (98650)	1020 (104500)
32,0	673,90	573,71	792 (80850)	858 (87600)	924 (93400)	989,5 (101000)	1050 (107500)	1120 (114500)
34,0	740,18	630,06	870 (88800)	942,5 (96200)	1010 (103500)	1085 (111000)	1155 (118000)	1225 (125500)
35,5	800,12	681,03	940,5 (96000)	1015 (104000)	1095 (112000)	1175 (120000)	1250 (128000)	1330 (136000)
			ГОСТ 7675-73					
38,5	1015,90	869,80	1190 (121500)	1290 (132000)	1390 (142000)	1485 (152000)	1590 (162500)	1690 (172500)
40,5	1127,69	964,81	1320 (135000)	1435 (146500)	1540 (157500)	1655 (169000)	1760 (180000)	1875 (191500)
42,5	1223,84	1046,84	1435 (146500)	1555 (159000)	1675 (171000)	1795 (183500)	1915 (195500)	2035 (208000)
45,0	1358,76	1162,01	1595 (163000)	1725 (176500)	1860 (190000)	1990 (203500)	2125 (217000)	2255 (230500)
47,0	1476,62	1262,58	1730 (177000)	1875 (191500)	2020 (206500)	2165 (221000)	2310 (236000)	2455 (251000)
51,0	1702,89	1455,70	1995 (204000)	2165 (221000)	2330 (238000)	2495 (255000)	2665 (272000)	2830 (289000)

Продолжение табл.6

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Расчетная масса 100 м смазанного каната, кг	Расчетное разрывное усилие, кН (кгс), не менее, для маркировочных групп (временного сопротивления проволок), Н/мм2 (кгс/мм2)					
			1180(120)	1270(130)	1370(140)	1470(150)	1570(160)	1670(170)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			ГОСТ 7676-73					
50,0	1713,80	1469,51	2010 (205500)	2180 (222500)	2345 (239500)	2515 (257000)	2685 (274000)	2850 (291000)
52,0	1846,16	1582,83	2170 (221500)	2350 (240000)	2525 (258000)	2705 (276500)	2890 (295000)	3070 (313500)
54,0	1988,10	1704,37	2335 (238500)	2525 (258000)	2720 (278000)	2920 (298000)	3115 (318000)	3305 (337500)
55,0	2016,33	1728,06	2365 (241500)	2565 (262000)	2760 (282000)	2955 (302000)	3160 (322500)	3355 (342500)
60,0	2408,69	2063,60	2830 (289000)	3065 (313000)	3300 (337000)	3535 (361000)	3770 (385000)	4005 (409000)
65,0	2763,97	2367,31	3245 (331500)	3515 (359000)	3785 (386500)	4060 (414500)	4330 (442000)	4600 (469500)
70,0	3231,84	2767,12	3795 (387500)	4115 (420000)	4425 (452000)	4745 (484500)	5065 (517000)	5380 (549000)

Таблица 7

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Расчетная масса 100 м смазанного каната, кг	Расчетное разрывное усилие, кН (кгс), не менее, для маркировочных групп (временного сопротивления проволок) Н/мм2 (кгс/мм2)				
			1180(120)	1270(130)	1370(140)	1470(150)	1570(160)
1	2	3	4	5	6	7	8
			ГОСТ 18901-73				
38,5	1003,01	858,1	1175 (120000)	1270 (130000)	1370 (140000)	1470 (150000)	1565 (160000)
40,5	1089,44	931,89	1275 (130500)	1385 (141500)	1490 (152500)	1595 (163000)	1705 (174000)
42,5	1213,89	1038,40	1425 (145500)	1540 (157500)	1660 (169500)	1780 (182000)	1900 (194000)
45,0	1336,46	1142,72	1565 (160000)	1700 (173500)	1830 (187000)	1960 (200000)	2090 (213500)
47,0	1478,89	1264,56	1730 (177000)	1880 (192000)	2025 (207000)	2170 (221500)	2315 (236500)
51,0	1711,89	1463,53	2005 (205000)	2180 (222500)	2345 (239500)	2510 (256500)	2680 (273500)
54,0	1950,11	1667,91	2290 (234000)	2480 (253500)	2675 (273000)	2865 (292500)	3065 (312000)

Примечания к таблица 4 и 5. Расчетное разрывное усилие соответствует суммарному разрывному усилию всех проволок каната

Таблица 8

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм2	Ориентировочная масса 1000 м смазанного каната, кг	Суммарное разрывное усилие всех проволок в канате, Н (кгс), не менее
1	2	3	4
	ТУ 14-4-1216-82		
32,0	688,9	6057,0	981969 (100200)
42,0	1227,9	10862,0	1667960 (170200)
52,0	1902,4	16848,0	2527420 (257900)
62,0	2703,5	23850,0	3548580 (362100)
72,0	3631,0	32088,0	4729480 (482600)

5. Рекомендации по расчету канатов на прочность.

5.1. Расчет по прочности стальных канатов, применяемых в качестве гибких несущих элементов, а также напрягаемых элементов предварительно напряженных конструкций следует выполнять по формуле:

$$\frac{N}{A} \leq R_{dh} \frac{\gamma_c \gamma_6}{\gamma_n} \qquad (I)$$

где R_{dh} - расчетное сопротивление каната, определяемое по п.п. 5.2, 5.3;

γ_c - коэффициент общих условий работы канатного элемента, принимаемый по табл.9;

γ_6 - коэффициент условий работы, учитывающий влияние на прочность каната концевых анкерных закреплений и промежуточных концентраторов напряжений, принимаемый по табл.10;

γ_n - коэффициент надежности по назначению, учитывающий степень ответственности и капитальности сооружений, принимаемый в соответствии с действующими нормативными документами, заданиями и специальными техническими условиями для конкретных сооружений.

5.2. Расчетное сопротивление R_{dh} для канатов из параллельных проволок следует определять по формуле

$$R_{dh} = 0,63 R_{un} \qquad (2)$$

где R_{un} - наименьшее временное сопротивление проволоки разрыву по государственным стандартам или техническим условиям.

5.3. Расчетное сопротивление R_{dh} для витых спиральных (в т.ч. закрытых) канатов и канатов двойной свивки с металлическим сердечником определяется по формулам

$$R_{dh} = \frac{[\Sigma p_{un}]}{A \gamma_m} \qquad (3)$$

или $$R_{dh} = K \frac{P_{un}}{A \gamma_m} \qquad (4)$$

где $[\Sigma P_{un}]$ - значение разрывного усилия каната в целом, указанное в государственном стандарте или технических условиях, либо полученное на основании статически обоснованных результатов испытаний образцов;

γ_m =1,6 - коэффициент надежности по материалу в соответствии с п.3.9 СНиП II-23-81*;

ΣP_{un} - сумма разрывных усилий всех проволок в канате, указанная в государственном стандарте или технических условиях;

K - коэффициент агрегатной прочности витого каната по табл. II.

Расчет по формуле (4) следует выполнять в тех случаях, когда в стандарте или технических условиях отсутствует значение разрывного усилия каната в целом / ΣP_{un} /.

Таблица 9

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы γ_c
I. Кабели, ванты, шпренгели и другие канатные элементы линейно-протяженных конструкций, кроме указанных в поз.3	0,85
2. Канатные элементы пространственных висячих и вантовых покрытий, кроме указанных в поз.3	0,95
3. Затяжки, оттяжки, обратные кабели и другие канатные элементы предварительно напряженных конструкций. Предварительно напрягаемые усилиями, превышающими усилия от внешних нагрузок	I,0
4. Оттяжки мачт и несущие элементы канатных полотен антенно-мачтовых	0,8...0,95 по табл. 46 СНиП II-23-81*

Таблица 10

Узлы и детали канатных конструкций	Коэффициенты условий работы $\gamma_в$
I. Концевые крепления с заливкой сплавом ЦАМ9-I,5 на длине не менее 5 диаметров каната	
а) закрытых канатов	0,95
б) спиральных канатов и канатов двойной свивки с металлическим сердечником	I,0
2. Концевые крепления:	
- с заливкой в конической полости корпуса эпоксидным компаундом на длине не менее 4 диаметров каната;	
- при клиновых анкерах с алюминиевыми прокладками и заполнением пустот эпоксидным компаундом;	
- со сплющиванием или высадкой концов круглых параллельных проволок, закреплением их в анкерной плите и заполнением пустот эпоксидным компаундом со стальной дробью	I,0
3. Концевые крепления гильзоклинового типа	0,95
4. Перегибы или отклонения каната вокруг жесткого основания по круговой кривой	
а) при отношении r/d (где r – радиус кривой, d – диаметр каната) не менее: 25 – для спиральных (в т.ч. закрытых) канатов, 20 – для канатов двойной свивки с металлическим сердечником	I,0
б) при отношении r/d не менее: 20 – для закрытых канатов, I5 – для спиральных канатов из круглых проволок, I2 – для канатов двойной свивки с металлическим сердечником	0,9

5. Узлы с перегибом и поперечным обжатием закрытых канатов усилием q, не превышающим 25 кН/см (2500 кг/см):

$$q = \frac{N}{r} + \frac{\Sigma N_в}{\ell}$$

где N – расчетное усилие растяжения каната; $\Sigma N_в$ – суммарное усилие предварительного натяжения всех прижимных болтов в узле, отнесены к одному канату; ℓ – длина контакта каната с основанием.

Продолжение табл. I0

Узлы и детали канатных конструкций	Коэффициенты условий работы $\gamma_в$
6. Концевые крепления канатов на коуше зажимами, оплеткой или точечным опрессованием во втулке	По табл. 46 СНиП II-23-81* только для оттяжек и элементов антенных полотен антенно-мачтовых сооружений

Примечания: I. В постоянных сооружениях (кроме антенно-мачтовых) следует использовать концевые крепления несущих элементов только в соответствии с пп. I-3 данной таблицы. Применение анкеровки с болтовыми сжимами или с оплеткой не допускается.

2. При наличии по длине канатного элемента нескольких концентраторов напряжений, в расчет вводится минимальное значение $\gamma_в$.

Таблица II

Тип каната	Коэффициент K
I. Канаты из параллельных проволок	I,0
2. Спиральные закрытые и из круглых проволок при кратности свивки: до 6	0,87
8	0,9I
I0	0,94
I2	0,95
I4	0,96
При отсутствии сведений о кратности свивки	0,9
3. Канаты двойной свивки с металлическим сердечником	0,85

Примечание: Для сооружений, в которых используются большие объемы канатов ограниченного количества типоразмеров, следует производить уточнение коэффициента K по статистически обоснованным результатам испытаний образцов канатов или канатных элементов до разрушения

5.4. Расчет канатов на ползучесть и на выносливость следует выполнять с учетом рекомендаций СНиП 2.05.03-84 "Мосты и трубы".

5.5. Модули упругости E для канатов (пучков) из параллельных проволок и для канатов спиральных и двойной свивки рекомендуется принимать по табл. I2.

При этом данные о модулях упругости при расчетах на постоянные нагрузки следует использовать также для назначения разметочных длин канатных элементов, а данные о модулях упругости при расчетах на временные нагрузки - также и для динамических расчетов.

Таблица I2

Конструкция стальных канатов	E, МПа (кгс/см2), при расчете на нагрузки	
	временные	постоянные
Канаты (пучки) из параллельных проволок	$2{,}0I.I0^5(2{,}05.I0^6)$	$2{,}0I.I0^5$ $(2{,}05.I0^6)$
Витые канаты: спиральные (закрытые и из круглых проволок) при кратности свивки:		
а) 7-I0 (и при отсутствии данных о кратности свивки)	$I{,}53.I0^5(I{,}5.I0^6)$	$I{,}22.I0^5$ $(I{,}2.I0^6)$
б) I2-I4 Многопрядные с металлическим сердечником при кратности свивки	$I{,}73.I0^5(I{,}7.I0^6)$	$I{,}53.I0^5(I{,}5.I0^6)$
а) прядей и канатов менее 7,5 (и при отсутствии данных о кратности свивки)	$I{,}33.I0^5(I{,}3.I0^6)$	$I{,}02.I0^5(I{,}0.I0^6)$
б) прядей I4-I6 и канатов I0-I2	$I{,}53.I0^5(I{,}5.I0^6)$	$I{,}22.I0^5(I{,}2.I0^6)$

Примечание: Для витых канатов значения E даны *после предварительной вытяжки.*

5.6. При расчете систем с канатными элементами, рекомендуется учитывать влияние провеса элементов между концевыми закреплениями путем введения эффективного модуля E_{ef}. Для статических расчетов эффективный модуль определяется по формуле:

$$E_{ef,st} = \frac{E}{1 + \frac{E\rho^2 g^2 \ell^2 A^3}{24} \cdot \frac{S_1 + S_2}{S_1^2 S_2^2}},$$

где E - модуль упругости каната по п.5.5;

ρ - плотность материала каната;

g - ускорение силы тяжести;

ℓ - горизонтальная проекция канатного элемента;

A - площадь поперечного сечения канатного элемента;

S_1 и S_2 - соответственно, начальное и конечное значения усилия в канатном элементе - до и после приложения нагрузки, на которую производится расчет.

Усилие S_2 следует определять методом последовательных приближений.

Для динамических расчетов при определении параметров собственных колебаний системы эффективный модуль определяется по формуле

$$E_{ef,din} = \frac{E}{1 + \frac{E\rho^2 g^2 \ell^2 A^3}{12 S^3}},$$

где S - усилие в канатном элементе в состоянии, для которого производится динамический расчет.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. СНиП П-23-8I^{X}. Стальные конструкции. Нормы проектирования.

2. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. Нормы проектирования.

3. СНиП 3.03.0I-87. Несущие и ограждающие конструкции.

4. СНиП Ш-I8-75. Правила производства и приемки работ. Механические конструкции.

5. Государственные стандарты и технические условия на канаты и стальную проволоку.

6. И.И.Маржель. Крановые канаты. Москва, Машиностроение, I983г.

7. Вантовые мосты. Под редакцией А.А.Петропавловского. Москва, Транспорт, I985 г.

8. Рекомендации по расчету прочности стальных канатов, применяемых в строительных металлических конструкциях. ЦНИИпроектсталь-конструкция им. Мельникова, Москва, I982 г.

9. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП П-23-8I^{X}), ЦНИИСК им. Кучеренко, Москва, I989 г.

Сдано в печать 18.11. 1991 года

Заказ № 31 Тираж 500 экз.

АПП ЦИТП

Москва, А-445, Смольная ул., 22

gost.e-ecolog.ru