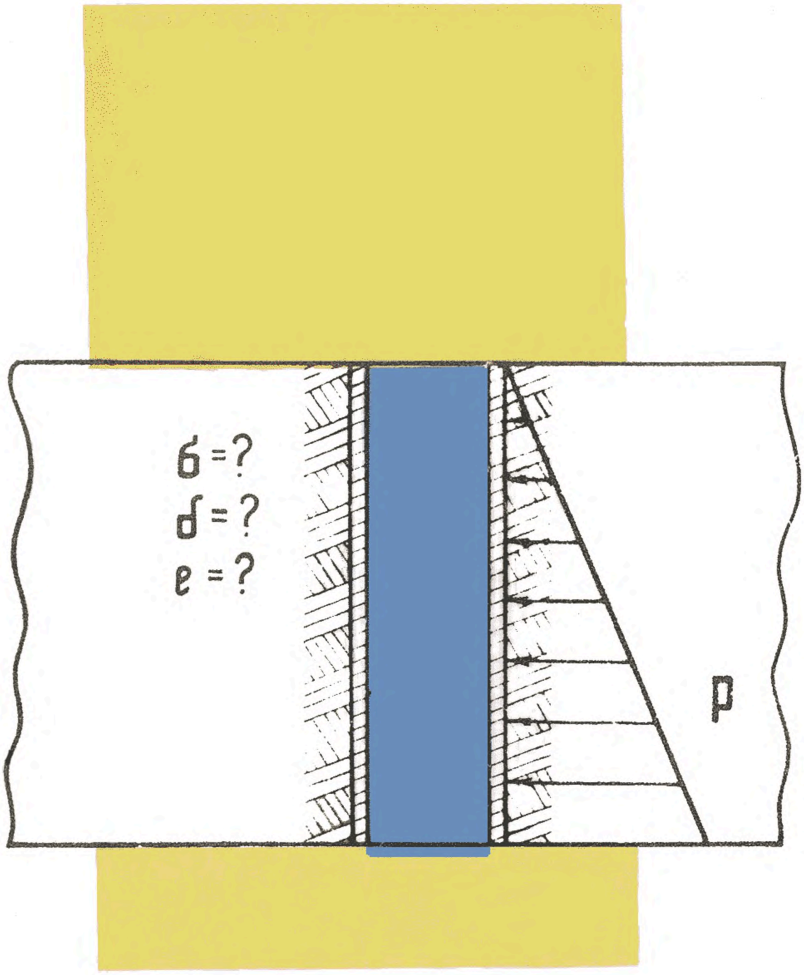

Методические указания по расчёту электросварных труб для крепления скважин большого диаметра

Белгород 1985

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ СССР
Управление горного производства

Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу
В И О Г Е М

Утверждаю:
И.о. директора института
Ю.В.Пономаренко
12 февраля 1985 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Белгород 1985

УДК 622.25

В настоящих указаниях дано обоснование методики расчета на внешнее гидростатическое давление прямошовных электро - сварных труб диаметрами от 426 до 1620 мм по ГОСТ 10704-76. Приведены таблицы критических давлений для труб выпускаемого сортамента.

Методические указания предназначены для использования при проектировании и сооружении скважин большого диаметра.

Работа составлена к.т.н. А.Г.Гончаровым, инж. Г.Б.Добровольским, к.т.н. А.И.Мекой, к.т.н. В.П.Петриченко, инж.Л.В. Барашиковой и утверждена 28 января 1985 г. секцией НТС по разработке технических средств в качестве методических указаний.

© Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический и проектно-изыскательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным работам, рудничной геологии и маркшейдерскому делу (ВИОГЕМ), 1985.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Освоение новых месторождений руд в настоящее время ведется сложных гидрогеологических условиях и на больших глубинах, в связи с этим в различных отраслях добывающей промышленности растет потребность в скважинах диаметром от 0,5 до 3,0 м и глубиной 1000 м и более. Крепление стенок скважин чаще всего осуществляется стальными трубами большого диаметра, которые необходимо рассчитывать на прочность и устойчивость от внешнего гидростатического и горного давлений. Имеется ряд теоретических и эмпирических формул для расчета обсадных труб на смятие от внешнего гидростатического давления, действующего на них в период крепления и эксплуатации скважин. Применимость этих формул для практических расчетов проверена экспериментально на моделях и трубах небольшого диаметра с отношением $R / \delta \leq 30$ (где R - радиус трубы; δ - толщина стенки трубы).

Эти формулы также применяются для расчета труб большого диаметра с отношением $R/\delta > 30$. Различия в технологии изготовления труб большого и малого диаметра и отличающиеся начальные несовершенства (различные механические характеристики металла вдоль образующей трубы и в окружном направлениях, незначительная разностенность)потребовали для труб большого диаметра экспериментальной проверки достоверности применяемых методов расчета.

В институте НИОГЕМ с участием треста Союзшахтоосушение были проведены экспериментальные исследования устойчивости при действии внешнего гидростатического давления стальных электросварных труб диаметрами 530 и 630 мм. Сравнение расчетных и экспериментальных значений критического давления показало хорошее совпадение результатов и позволило определить наиболее достоверную методику расчета.

РАСЧЕТ ТРУБ

Расчет прямошовных электросварных труб на внешнее гидростатическое давление необходимо производить по следующей формуле [2]:

$$P_{кр} = K\left\{\sigma_р + 1{,}1EK^2\left(1+\frac{3e}{2K}\right) - \sqrt{\left[\sigma_р + 1{,}1EK^2\left(1+\frac{3e}{2K}\right)\right]^2 - 4{,}4EK^2\sigma_р}\right\},$$

где $P_{кр}$ – наружное давление, при котором напряжение в теле трубы достигает предела пропорциональности; $\sigma_р$ – предел пропорциональности материала трубы; E – модуль упругости материала трубы; $e = 2a-b/a+b$ – овальность трубы, a и b – соответственно, большая и малая полуоси овала (эллипса) окружности трубы; $K=\delta/D$ – коэффициент отношения толщины стенки трубы к наружному диаметру.

Эта формула отличается от формулы Б.В.Булгакова [1] отсутствием коэффициента 1,1 перед пределом пропорциональности, который был введен для учета работы металла на сжатие.

Для крепления скважин большого диаметра применяют электросварные трубы (ГОСТ 10704-76), изготавливаемые из листовой стали со швом вдоль образующей. Термической обработке их не подвергают, и поэтому механические свойства металла вдоль образующей на 10% выше, чем в окружном направлении, что объясняется направлением прокатки стальных листов и технологией изготовления труб.

При действии на обсадные трубы в скважине внешнего гидростатического давления в них появляются значительные окружные усилия, вызывающие напряжения, направленные в сторону наименьших механических характеристик металла.

Механические характеристики металла труб можно определить на образцах, вырезанных только вдоль образующей (ГОСТ 10006-73).

При испытаниях этих образцов учтенные свойства металла труб будут выше на 10%, чем в направлении действия наибольших нагрузок, поэтому расчетные показатели труб окажутся завышенными, что и явится учетом работы металла на сжатие. В связи с этим в приведенной выше формуле коэффициент 1,1 перед $\sigma_р$ отсутствует. В ней предел текучести металла принят вместо предела пропорциональности, так как последний не дается в справочниках и сертификатах на трубы. Поэтому получены критические давления для электросварных труб ГОСТ 10704-76, значения которых необходимо считать заниженными.

Фактическое критическое давление для трубы, когда напряжение в ее теле достигает предела пропорциональности хотя бы в одной точке, составляет 93-97% от давления смятия.

Расчеты проверены (экспериментально) на электросварных трубах диаметрами 530 и 630 мм*. Расчетные данные отличаются от экспериментальных в среднем на -7 и +2,5%.

Критические давления смятия труб диаметрами 426 - 1620 мм для некоторых значений предела текучести стали приведены ниже в таблицах.

Исходная информация для расчета и принятые обозначения:

E = 205800 МПа - модуль упругости стали;

e - эллипсность трубы, %;

$\sigma_т$ - предел текучести стали, МПа;

D - диаметр трубы, мм;

δ - толщина стенки трубы, мм.

В расчете учтен минусовой допуск прокатки листов труб (ГОСТ 19903-74). Критические давления определены для фактической нагрузки без учета коэффициентов перегрузки, надежности по материалу, условий работы и запаса прочности.

По таблицам определяют критическое (сминающее) давление для обсадной трубы по ее геометрическим параметрам и пределу текучести стали или по внешнему равномерному давлению, с учетом запаса прочности и предела текучести подбирают соответствующие параметры обсадной трубы.

---

* Исследование и разработка технологических процессов и технических заданий на технические средства для проходки и крепления водопонижающих скважин большого диаметра. Отчет/НИИГЕМ. Рук. работы В.П. Петриченко, шифр I,5-И-А-5-79-Р; № ГР 79079320; инв. № Б946879.-Белгород, 1981, 133 с.

Литература

I. Булгаков Б.В. Влияние отклонений формы трубы от круглой на ее сопротивление внешнему давлению. М. Гостехиздат, 1930, 103 с.

2. Добровольский Г.Б., Гончаров А.Г., Мека А.И. Уточнение расчета на смятие обсадных труб большого диаметра.- В кн.: Монтажные и специальные строительные работы, серия У. М., 1982, № 3, с. 4-8.

ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ ЕС-1022

```
1  //JOB OPKRP
2  //OPTION LINK, NOXREF
3  //UPSI Ø1
4  ACTION NOMAP
5  //EXEC PL/I
6  PKR:PROCEDURE OPTIONS (MAIN);
7  DCL D(1ØØ)FIXED(4,Ø), DEL(5Ø)FIXED(3),
8  SIG(1Ø)FIXED(4,Ø),ELL(2Ø)FIXED(3,1),P(2Ø)FLOAT;
9  GET LIST(ND,(D(I)DO I=1 TO ND),
10 NDEL,(DEL(I)DO I=1 TO NDEL),
11 NSIG,(SIG(I)DO I=1 TO NSIG),
12 NELL,(ELL(I)DO I=1 TO NELL));
13 E=2Ø58ØØ;
14 DO I=1 TO NSIG;
15 PUT EDIT ('таблица','критические давления для труб из стали
   СТ №',
16 SIG(I),'КГ/КВ.СМ')(SKIP,X(56),A,SKIP,X(44),A,F(4),X(1),A);
17 PUT SKIP(1);
18 PUT EDIT((12Ø)'-', ': диаметр: толщина:',' эллипсность %',':',
19 (1ØØ)'-')(SKIP,A,SKIP,A,X(23),A,X(63),A,
2Ø SKIP,X(2Ø),A);
21 PUT EDIT(':  ММ  :  ММ  :')(SKIP,A);
22 DO M=1 TO NELL;
23 PUT EDIT(ELL(M),':')(X(9),F(3,1),X(7),A);
24 END;
25 PUT EDIT((12Ø)'-')(SKIP,A);
26 PUT EDIT(':  1  :  2  :
27 '3',':','4',':','5',':','6',':','7',':')
28 (SKIP,A,5(X(1Ø),A,X(8),A));
29 PUT EDIT ((12Ø) '-')(SKIP,A);
3Ø DO J=1 TO ND;
31 DO K=1 TO NDEL; DO L=1 TO NELL;
32 DMIN=DEL(K)-Ø.8;
33 AK=DMIN/D(J);
34 B=AK**2;
35 F=SIG(I)+1.1*E*B*(1+3*ELL(L)/
36 (2*1ØØ*AK));
37 P(L)=AK*(F-SQRT(ABS(F**2-4.4*E*B*SIG(I))));
38 END;
39 IF K=1 THEN
4Ø PUT EDIT (D(J),DEL(K),(P(L) DO L=1 TO NELL))
41 (SKIP,X(3),F(4),X(7),F(2),X(4),5(F(15,4),X(5)));
42 ELSE
43 PUT EDIT(DEL(K),(P(L) DO L=1 TO NELL))
44 (SKIP,X(14),F(2),X(4),5(F(15,4),X(5)));
45 END;
46 PUT EDIT ((12Ø)'-')(SKIP,A);
47 END;
48 END;
49 END PKR;
```

И Н С Т Р У К Ц И Я

к программе определения критических давлений

Для счета по данной программе необходима информация, которая вводится списком с перфокарт в следующем порядке:

ND – число диаметров труб;

D(1), D(2), ..., D(ND) – элементы массива – диаметры труб;

NDEL – число толщин стенок;

DEL(1), DEL(2), ..., DEL(NDEL) – элементы массива – толщины стенок;

NSIG – число пределов текучести для сталей;

SIG(1), SIG(2), ..., SIG(NSIG) – элементы массива – пределы текучести

NELL – число эллипсностей;

ELL(1), ELL(2), ..., ELL(NELL) – элементы массива – эллипсности.

Результаты счета – P_{kp} (критические давления). Если $10 \leq NELL < 5$, тогда необходимо расчет провести для значений *NELL* = 5, *ELL* (I), *ELL* (2), ..., *ELL* (5), а затем для оставшихся значений *NELL* – 5, *ELL (6)*, *ELL (7)*, ..., *ELL (NELL)*.

Таблица I

Критические давления для труб из стали $\sigma_т$ = 216 МПа (22 кгс/мм^2)

Диаметр, мм	Толщина, мм	Эллипсность, %				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1	2	3	4	5	6	7
426	7	1,22	1,09	0,99	0,91	0,84
	8	1,86	1,63	1,46	1,33	1,22
	9	2,64	2,28	2,02	1,82	1,66
	10	3,58	3,03	2,66	2,38	2,17
	11	4,63	3,88	3,38	3,01	2,73
	12	5,79	4,80	4,16	3,70	3,34
480	7	0,87	0,79	0,72	0,67	0,62
	8	1,33	1,19	1,07	0,98	0,91
	9	1,91	1,68	1,50	1,36	1,25
	10	2,61	2,25	2,00	1,80	1,64
	11	3,43	2,92	2,56	2,30	2,09
	12	4,35	3,65	3,19	2,84	2,58
530	7	0,66	0,60	0,55	0,51	0,48
	8	1,01	0,91	0,83	0,76	0,71
	9	1,45	1,29	1,16	1,06	0,98
	10	2,00	1,75	1,56	1,42	1,30
	11	2,64	2,28	2,02	1,82	1,66
	12	3,38	2,88	2,53	2,27	2,06
630	7	0,40	0,37	0,34	0,32	0,30
	8	0,61	0,56	0,52	0,48	0,45
	9	0,89	0,81	0,74	0,68	0,63
	10	1,23	1,10	1,00	0,92	0,85
	11	1,65	1,45	1,31	1,19	1,10
	12	2,13	1,86	1,66	1,50	1,37
720	7	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21
	8	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	9	0,61	0,56	0,51	0,48	0,45
	10	0,84	0,77	0,70	0,65	0,60

1	2	3	4	5	6	7
720	11	1,13	1,01	0,92	0,85	0,79
	12	1,47	1,31	1,18	1,08	0,99
	13	1,87	1,64	1,47	1,33	1,22
	14	2,32	2,01	1,79	1,62	1,48
	15	2,82	2,42	2,14	1,93	1,76
	16	3,37	2,87	2,52	2,26	2,06
	17	3,97	3,35	2,93	2,62	2,38
	18	4,61	3,86	3,36	3,00	2,71
	19	5,28	4,39	3,82	3,40	3,07
820	7	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	8	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22
	9	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	10	0,58	0,53	0,49	0,46	0,43
	11	0,78	0,71	0,65	0,60	0,56
	12	1,02	0,92	0,84	0,77	0,72
	13	1,30	1,16	1,05	0,96	0,89
	14	1,62	1,43	1,29	1,17	1,08
	15	1,98	1,74	1,55	1,41	1,29
	16	2,39	2,07	1,84	1,66	1,52
	17	2,83	2,43	2,15	1,94	1,76
	18	3,32	2,82	2,48	2,23	2,03
	19	3,84	3,24	2,84	2,54	2,30
	20	4,39	3,68	3,21	2,87	2,60
920	7	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	8	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
	9	0,29	0,28	0,26	0,25	0,23
	I0	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	II	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42
	I2	0,74	0,67	0,62	0,58	0,54
	13	0,94	0,86	0,78	0,72	0,67
	14	I,I8	I,06	0,97	0,89	0,82
	15	1,45	1,29	1,17	1,07	0,99
	16	1,74	I,55	1,40	1,27	1,17
	17	2,09	1,84	1,64	1,49	1,37

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5	6	7
920	18	2,47	2,15	I,9I	I,73	I,58
	19	2,87	2,48	2,20	I,98	I,8I
	20	3,3I	2,84	2,50	2,25	2,05
1020	8	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12
	9	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19
	10	0,31	0,29	0,27	0,25	0,24
	11	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	12	0,55	0,5I	0,47	0,44	0,41
	I3	0,70	0,64	0,59	0,55	0,52
	I4	0,88	0,80	0,73	0,68	0,63
	I5	I,08	0,98	0,89	0,82	0,76
	I6	I,3I	I,I8	I,07	0,98	0,9I
	I7	I,57	I,40	I,26	I,I5	I,06
	I8	I,86	I,64	I,47	I,34	I,23
	I9	2,I7	I,90	I,70	I,54	I,4I
	20	2,5I	2,I8	I,94	I,76	I,6I
1120	8	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09
	9	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14
	10	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19
	11	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25
	12	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	13	0,53	0,49	0,46	0,42	0,40
	14	0,67	0,61	0,56	0,52	0,49
	15	0,83	0,75	0,69	0,64	0,59
	16	1,00	0,90	0,82	0,76	0,70
	17	1,20	1,07	0,98	0,89	0,83
	18	1,42	1,26	1,14	1,04	0,96
	19	1,66	1,47	1,32	1,20	1,10
	20	1,93	1,69	1,51	1,37	1,26
1220	9	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	10	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15
	11	0,25	0,23	0,22	0,21	0,20
	12	0,32	0,30	0,28	0,27	0,25

1	2	3	4	5	6	7
1220	13	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	14	0,52	0,48	0,45	0,42	0,39
	15	0,65	0,59	0,55	0,51	0,47
	16	0,79	0,71	0,66	0,61	0,57
	17	0,94	0,85	0,78	0,72	0,67
	18	I,I2	1,00	0,91	0,84	0,78
	19	1,31	1,17	1,06	0,97	0,89
	20	1,52	1,35	1,21	1,11	1,02
1320	9	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
	10	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12
	11	0,20	0,18	0,17	0,17	0,16
	12	0,26	0,24	0,23	0,21	0,20
	13	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26
	14	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	15	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39
	16	0,63	0,57	0,53	0,49	0,46
	17	0,75	0,68	0,63	0,58	0,54
	18	0,89	0,81	0,74	0,68	0,63
	19	1,05	0,94	0,86	0,79	0,73
	20	1,22	1,09	0,99	0,91	0,84
1420	9	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
	10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
	11	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
	12	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
	13	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21
	14	0,34	0,31	0,29	0,28	0,26
	15	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	16	0,51	0,47	0,43	0,41	0,38
	17	0,61	0,56	0,52	0,48	0,45
	18	0,72	0,66	0,61	0,56	0,53
	19	0,85	0,77	0,71	0,65	0,61
	20	0,99	0,89	0,82	0,75	0,70

Продолжение табл. I

1	2	3	4	5	6	7
1520	9	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
	10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
	11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	12	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
	13	0,22	0,21	0,19	0,18	0,18
	14	0,28	0,26	0,24	0,23	0,22
	15	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26
	16	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	17	0,50	0,46	0,43	0,40	0,38
	18	0,60	0,55	0,51	0,47	0,44
	19	0,70	0,64	0,59	0,55	0,51
	20	0,82	0,74	0,68	0,63	0,59
1620	9	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
	10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
	11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
	12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
	13	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15
	14	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18
	15	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22
	16	0,35	0,32	0,30	0,28	0,27
	17	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	18	0,49	0,46	0,42	0,40	0,37
	19	0,58	0,54	0,50	0,46	0,43
	20	0,68	0,62	0,57	0,53	0,50

Таблица 2

Критические давления для труб
из стали $\sigma_т$ = 225 МПа(23 кгс/мм^2)

Диаметр, мм	Толщина, мм	Эллипсность, %				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
I	2	3	4	5	6	7
426	7	1,23	1,10	1,00	0,92	0,86
	8	1,87	1,65	1,48	1,35	1,24
	9	2,67	2,31	2,05	1,86	1,70
	10	3,62	3,09	2,72	2,44	2,22
	11	4,71	3,96	3,46	3,10	2,80
	12	5,90	4,90	4,26	3,79	3,43
480	7	0,87	0,80	0,73	0,68	0,63
	8	1,34	1,20	1,09	I,0I	0,92
	9	1,93	1,70	1,52	1,39	1,27
	10	2,64	2,29	2,03	1,84	1,68
	11	3,47	2,97	2,61	2,35	2,14
	12	4,41	3,72	3,26	2,91	2,64
530	7	0,66	0,60	0,56	0,52	0,49
	8	1,01	0,91	0,84	0,77	0,72
	9	1,46	1,30	1,18	1,08	1,00
	10	2,01	1,77	1,59	1,44	1,32
	11	2,67	2,31	2,05	1,86	1,70
	12	3,42	2,92	2,58	2,32	2,11

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
630	7	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31
	8	0,62	0,57	0,52	0,49	0,46
	9	0,89	0,81	0,79	0,69	0,64
	10	1,24	1,11	1,01	0,93	0,86
	11	1,66	1,47	1,33	1,21	1,12
	12	2,15	1,88	1,68	1,53	1,40
720	7	0,27	0,25	0,24	0,23	0,21
	8	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	9	0,61	0,56	0,52	0,48	0,45
	10	0,85	0,77	0,71	0,66	0,61
	11	1,14	1,03	0,94	0,86	0,80
	12	1,48	1,32	1,20	1,09	1,01
	13	1,88	1,66	1,49	1,36	1,25
	14	2,34	2,04	1,82	1,65	1,51
	15	2,85	2,46	2,18	1,97	1,80
	16	3,41	2,92	2,57	2,31	2,10
	17	4,02	3,41	2,99	2,68	2,43
	18	4,68	3,93	3,44	3,07	2,78
	19	5,37	4,49	3,91	3,48	3,15
820	7	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	8	0,29	0,27	0,25	0,24	0,23
	9	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	10	0,58	0,54	0,50	0,47	0,44
	11	0,79	0,72	0,66	0,61	0,57
	12	1,02	0,93	0,85	0,78	0,73
	13	1,31	1,17	1,06	0,98	0,90
	14	1,63	1,45	1,31	1,19	1,10
	15	2,00	1,76	1,58	1,43	1,32
	16	2,41	2,10	1,87	1,69	1,55
	17	2,86	2,47	2,19	1,98	1,80
	18	3,35	2,87	2,53	2,28	2,07

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
820	19	3,88	3,30	2,90	2,60	2,36
	20	4,45	3,75	3,28	2,94	2,66
920	7	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	8	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
	9	0,30	0,28	0,26	0,25	0,24
	10	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	11	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42
	12	0,74	0,67	0,62	0,58	0,54
	13	0,94	0,86	0,78	0,72	0,67
	14	1,18	1,06	0,97	0,89	0,82
	15	1,45	1,29	1,17	1,07	0,99
	16	1,75	1,55	1,40	1,27	1,17
	17	2,09	1,84	1,64	1,49	1,37
	18	2,47	2,15	1,91	1,73	1,58
	19	2,87	2,48	2,20	1,98	1,81
	20	3,31	2,84	2,50	2,25	2,05
1020	8	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12
	9	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
	10	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24
	11	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	12	0,55	0,51	0,47	0,44	0,41
	13	0,70	0,64	0,59	0,55	0,52
	14	0,88	0,80	0,73	0,68	0,63
	15	I,08	0,98	0,89	0,82	0,76
	16	1,31	1,13	1,07	0,98	0,91
	17	1,57	1,40	1,26	1,15	1,06
	18	1,86	1,64	1,47	1,34	1,23
	19	2,17	1,90	1,70	1,54	1,41
	20	2,51	2,18	1,94	1,76	1,61

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
1120	8	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
	9	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14
	10	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19
	11	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25
	12	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	13	0,54	0,49	0,46	0,43	0,40
	14	0,67	0,62	0,57	0,53	0,50
	15	0,83	0,76	0,69	0,64	0,60
	16	1,01	0,91	0,83	0,77	0,72
	17	1,21	1,09	0,99	0,91	0,84
	18	1,43	1,28	1,16	1,06	0,98
	19	1,68	1,40	1,34	1,22	1,13
	20	1,94	1,71	1,54	1,40	1,28
1220	9	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	10	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	11	0,25	0,23	0,22	0,21	0,20
	12	0,32	0,30	0,29	0,27	0,26
	13	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	14	0,52	0,48	0,45	0,42	0,40
	15	0,65	0,60	0,55	0,51	0,48
	16	0,79	0,72	0,66	0,62	0,57
	17	0,95	0,86	0,79	0,73	0,68
	18	1,12	1,01	0,92	0,85	0,79
	19	1,32	1,13	1,07	0,98	0,91
	20	1,53	1,36	1,23	1,13	1,04
1320	9	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
	10	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12
	11	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
	12	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21
	13	0,33	0,31	0,29	0,28	0,26
	14	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	15	0,52	0,48	0,44	0,42	0,39

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
1320	16	0,63	0,58	0,54	0,50	0,47
	17	0,76	0,69	0,64	0,59	0,55
	18	0,90	0,81	0,75	0,69	0,64
	19	1,05	0,95	0,87	0,80	0,75
	20	1,23	1,10	1,00	0,92	0,85
1420	9	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
	10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
	11	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
	12	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
	13	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21
	14	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26
	15	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	16	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39
	17	0,61	0,56	0,52	0,49	0,46
	18	0,73	0,67	0,61	0,57	0,53
	19	0,86	0,78	0,71	0,66	0,62
	20	1,00	0,90	0,82	0,76	0,71
1520	9	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
	10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
	11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	12	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
	13	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
	14	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22
	15	0,34	0,32	0,30	0,28	0,27
	16	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	17	0,50	0,47	0,43	0,41	0,38
	18	0,60	0,55	0,51	0,48	0,45
	19	0,70	0,64	0,60	0,55	0,52
	20	0,82	0,75	0,69	0,64	0,60
1620	9	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
	10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
1620	11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
	12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
	13	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	14	0,23	0,22	0,20	0,19	0,19
	15	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23
	16	0,35	0,32	0,30	0,29	0,27
	17	0,42	0,39	0,36	0,34	0,32
	18	0,50	0,46	0,43	0,40	0,38
	19	0,59	0,54	0,50	0,47	0,44
	20	0,68	0,63	0,58	0,54	0,50

Таблица 3

Критические давления для труб из стали $\sigma_т$ = 235 МПа (24 кгс/мм^2)

Диаметр, мм	Толщина, мм	Эллипсность, %				
		0,5	I,0	I,5	2,0	2,5
I	2	3	4	5	6	7
426	7	1,24	1,11	1,02	0,94	0,87
	8	1,88	1,67	1,50	1,37	1,27
	9	2,69	2,35	2,09	1,89	1,74
	10	3,66	3,14	2,77	2,49	2,27
	11	4,78	4,04	3,54	3,17	2,87
	12	6,01	5,02	4,37	3,90	3,53
480	7	0,88	0,80	0,74	0,69	0,64
	8	1,39	1,21	1,10	1,01	0,94
	9	1,94	1,72	1,55	1,41	1,30
	10	2,66	2,32	2,07	1,88	1,72
	11	3,51	3,02	2,67	2,40	2,19
	12	4,48	3,79	3,33	2,98	2,71
530	7	0,66	0,61	0,56	0,53	0,49
	8	1,02	0,92	0,85	0,78	0,73
	9	1,47	1,32	1,20	1,10	1,02
	10	2,03	1,79	1,61	1,47	1,35
	11	2,69	2,35	2,09	1,89	1,73
	12	3,46	2,98	2,63	2,37	2,16
630	7	0,40	0,37	0,35	0,33	0,31
	8	0,62	0,57	0,53	0,49	0,46
	9	0,90	0,82	0,75	0,70	0,65
	10	1,25	1,13	1,03	0,95	0,88
	11	1,67	1,49	1,35	1,23	1,14
	12	2,17	1,91	1,71	1,56	1,43

I	2	3	4	5	6	7
720	7	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22
	8	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	9	0,61	0,56	0,52	0,49	0,46
	10	0,85	0,78	0,72	0,67	0,62
	11	1,15	1,04	0,95	0,87	0,81
	12	1,49	1,34	1,21	1,11	1,03
	13	1,90	1,68	1,51	1,38	1,27
	14	2,36	2,07	1,85	1,68	1,54
	15	2,88	2,50	2,22	2,01	1,84
	16	3,45	2,97	2,63	2,36	2,16
	17	4,08	3,47	3,06	2,74	2,50
	18	4,75	4,01	3,52	3,15	2,86
	19	5,46	4,58	4,00	3,58	3,24
820	7	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15
	8	0,29	0,27	0,25	0,24	0,23
	9	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	10	0,59	0,54	0,50	0,47	0,44
	11	0,79	0,72	0,67	0,62	0,58
	12	1,03	0,94	0,86	0,79	0,74
	13	1,32	1,18	1,08	0,99	0,92
	14	1,64	1,46	1,33	1,21	1,12
	15	2,02	1,78	1,60	1,46	1,34
	16	2,43	2,13	1,90	1,73	1,59
	17	2,89	2,51	2,28	2,02	1,85
	18	3,39	2,92	2,58	2,33	2,12
	19	3,94	3,36	2,96	2,66	2,42
	20	4,52	3,83	3,36	3,01	2,73
920	7	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11
	8	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17
	9	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24
	10	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
920	11	0,57	0,52	0,49	0,46	0,43
	12	0,74	0,68	0,63	0,59	0,53
	13	0,95	0,86	0,79	0,74	0,69
	14	1,19	1,07	0,98	0,90	0,84
	15	1,46	1,31	1,19	1,09	1,01
	16	1,77	1,57	1,42	1,30	1,20
	17	2,11	1,86	1,67	1,52	1,40
	18	2,49	2,17	1,94	1,76	1,62
	19	2,90	2,52	2,24	2,02	1,85
	20	3,35	2,88	2,55	2,30	2,10
1020	8	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
	9	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
	10	0,31	0,29	0,27	0,26	0,27
	11	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	12	0,55	0,51	0,47	0,44	0,42
	13	0,70	0,65	0,60	0,56	0,52
	14	0,88	0,81	0,74	0,69	0,64
	15	1,09	0,99	0,90	0,84	0,78
	16	1,32	1,19	1,08	I,0I	0,92
	17	1,58	1,41	1,28	1,17	1,08
	18	1,87	1,65	1,49	1,37	1,26
	19	2,19	1,93	I,73	1,57	1,45
	20	2,53	2,22	1,98	1,79	1,64
1120	8	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
	9	0,17	0,15	0,15	0,14	0,14
	10	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19
	11	0,32	0,30	0,28	0,27	0,25
	12	0,42	0,39	0,37	0,34	0,32
	13	0,54	0,50	0,46	0,43	0,41
	14	0,68	0,62	0,58	0,54	0,50
	15	0,83	0,76	0,70	0,65	0,61

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
1120	16	1,01	0,92	0,84	0,78	0,73
	17	1,21	1,10	1,00	0,92	0,86
	18	1,44	1,29	1,17	1,08	1,00
	19	1,69	1,50	1,36	1,24	1,15
	20	1,96	1,73	1,56	1,42	1,31
1220	9	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	10	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	11	0,25	0,23	0,22	0,21	0,20
	12	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26
	13	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	14	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40
	15	0,65	0,60	0,56	0,52	0,49
	16	0,79	0,73	0,67	0,62	0,58
	17	0,95	0,87	0,80	0,74	0,69
	18	1,13	1,02	0,94	0,86	0,80
	19	1,33	1,19	1,09	1,00	0,93
	20	1,54	1,38	1,25	1,15	1,06
1320	9	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
	10	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12
	11	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
	12	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21
	13	0,33	0,31	0,29	0,28	0,26
	14	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	15	0,52	0,43	0,45	0,42	0,40
	16	0,63	0,58	0,54	0,5I	0,47
	17	0,76	0,70	0,64	0,60	0,56
	18	0,90	0,82	0,76	0,70	0,66
	19	1,06	0,96	0,88	0,81	0,75
	20	1,23	1,11	1,02	0,94	0,87
1420	9	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
	10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
	11	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
	12	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
1420	13	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22
	14	0,34	0,32	0,30	0,28	0,27
	15	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	16	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39
	17	0,61	0,57	0,53	0,49	0,46
	18	0,73	0,67	0,62	0,58	0,54
	19	0,86	0,79	0,72	0,67	0,63
	20	1,00	0,91	0,84	0,77	0,72
1520	9	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
	10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
	11	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	12	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
	13	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
	14	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22
	15	0,34	0,32	0,30	0,29	0,27
	16	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	17	0,50	0,47	0,44	0,41	0,39
	18	0,60	0,55	0,52	0,48	0,45
	19	0,71	0,65	0,60	0,56	0,53
	20	0,82	0,75	0,70	0,65	0,60
1620	9	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
	10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
	11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
	12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
	13	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	14	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19
	15	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23
	16	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27
	17	0,42	0,39	0,37	0,34	0,33
	18	0,50	0,46	0,43	0,41	0,38
	19	0,59	0,54	0,50	0,47	0,44
	20	0,69	0,63	0,58	0,55	0,51

Таблица 4

Критические давления для труб из стали σ =245 МПа (25 кгс/мм^2)

Диаметр, мм	Толщина, мм	Эллипсность, %				
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
1	2	3	4	5	6	7
426	7	1,24	1,13	1,03	0,95	0,88
	8	1,90	1,63	1,53	1,40	1,29
	9	2,72	2,38	2,13	1,93	1,77
	10	3,71	3,19	2,83	2,55	2,33
	11	4,84	4,11	3,61	3,24	2,95
	12	6,11	5,13	4,48	4,00	3,63
480	7	0,88	0,81	0,75	0,70	0,65
	8	1,35	1,22	1,12	1,03	0,96
	9	1,95	1,74	1,57	1,44	1,32
	10	2,69	2,35	2,11	1,91	1,75
	11	3,55	3,06	2,72	2,45	2,24
	12	4,54	3,86	3,40	3,05	2,78
530	7	0,66	0,61	0,57	0,53	0,50
	8	1,02	0,93	0,86	0,79	0,74
	9	1,48	1,33	1,21	1,11	1,03
	10	2,04	1,81	1,64	1,49	1,38
	11	2,72	2,38	2,13	1,93	1,77
	12	3,50	3,02	2,68	2,42	2,21
630	7	0,40	0,38	0,35	0,33	0,31
	8	0,62	0,57	0,53	0,50	0,47
	9	0,90	0,83	0,76	0,71	0,66
	10	1,25	1,14	1,04	0,96	0,89
	11	1,68	1,50	1,37	1,25	1,16
	12	2,18	1,93	1,74	1,59	1,46
720	7	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22
	8	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	9	0,61	0,57	0,53	0,50	0,47
	10	0,86	0,78	0,73	0,68	0,63

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
720	11	1,15	1,04	0,96	0,89	0,83
	12	1,50	1,35	I,23	1,13	1,05
	13	1,91	1,70	1,54	1,41	1,30
	14	2,38	2,09	1,88	1,71	1,58
	15	2,90	2,53	2,26	2,05	1,88
	16	3,49	3,01	2,67	2,41	2,21
	17	4,13	3,53	3,12	2,81	2,56
	18	4,82	4,09	3,59	3,22	2,93
	19	5,55	4,68	4,10	3,66	3,33
820	7	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
	8	0,29	0,27	0,26	0,24	0,23
	9	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	10	0,59	0,55	0,51	0,48	0,45
	11	0,79	0,73	0,67	0,63	0,59
	12	1,04	0,94	0,87	0,81	0,75
	13	1,32	1,20	1,09	1,01	0,94
	14	1,65	1,48	1,34	1,23	1,14
	15	2,03	1,80	1,63	1,49	1,37
	16	2,45	2,16	1,94	1,76	1,62
	17	2,69	2,54	2,27	2,06	1,89
	18	3,43	2,97	2,63	2,38	2,17
	19	3,98	3,42	3,02	2,72	2,48
	20	4,58	3,90	3,43	3,08	2,80
920	7	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
	8	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17
	9	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24
	10	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	11	0,57	0,53	0,49	0,46	0,43
	12	0,74	0,69	0,64	0,59	0,56
	13	0,95	0,87	0,80	0,75	0,70
	14	1,19	1,08	0,99	0,92	0,85
	15	1,47	1,32	1,20	1,11	1,03

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
920	16	1,78	1,59	1,44	1,32	1,22
	17	2,13	1,88	1,70	1,55	1,43
	18	2,51	2,21	1,98	1,80	1,65
	19	2,93	2,55	2,28	2,06	1,89
	20	3,38	2,93	2,60	2,35	2,15
1020	8	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
	9	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
	10	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25
	11	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	12	0,55	0,51	0,48	0,45	0,42
	13	0,71	0,65	0,61	0,57	0,53
	14	0,89	0,81	0,75	0,70	0,65
	15	1,10	1,00	0,91	0,85	0,79
	16	1,33	1,20	1,10	1,01	0,94
	17	1,59	1,43	1,30	1,19	1,10
	18	1,88	1,68	1,52	1,39	1,28
	19	2,21	1,96	1,76	1,60	1,47
	20	2,56	2,24	2,01	1,83	1,68
1120	8	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
	9	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
	10	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19
	11	0,32	0,30	0,28	0,27	0,26
	12	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	13	0,54	0,50	0,47	0,44	0,41
	14	0,68	0,63	0,58	0,54	0,51
	15	0,84	0,77	0,71	0,66	0,62
	16	1,02	0,93	0,85	0,79	0,74
	17	1,22	1,11	1,01	0,94	0,87
	18	1,45	1,30	1,19	1,09	1,01
	19	1,70	1,52	1,38	1,26	1,17
	20	1,97	1,75	1,58	1,45	1,34

1	2	3	4	5	6	7
1220	9	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	10	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15
	11	0,25	0,23	0,22	0,21	0,20
	12	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26
	13	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	14	0,53	0,49	0,46	0,43	0,41
	15	0,65	0,60	0,56	0,53	0,49
	16	0,80	0,73	0,68	0,63	0,59
	17	0,96	0,87	0,80	0,75	0,70
	18	1,14	1,03	0,95	0,88	0,82
	19	1,33	1,20	1,10	1,01	0,94
	20	1,55	1,39	1,27	1,16	1,08
1320	9	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
	10	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12
	11	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
	12	0,26	0,25	0,23	0,22	0,21
	13	0,33	0,31	0,30	0,28	0,27
	14	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	15	0,52	0,48	0,45	0,42	0,40
	16	0,63	0,59	0,55	0,51	0,48
	17	0,76	0,70	0,65	0,61	0,57
	18	0,91	0,83	0,77	0,71	0,67
	19	1,06	0,97	0,89	0,83	0,77
	20	1,24	1,12	1,03	0,95	0,88
1420	9	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
	10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
	11	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
	12	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
	13	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22
	14	0,34	0,32	0,30	0,28	0,27

I	2	3	4	5	6	7
1420	15	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	16	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40
	17	0,61	0,57	0,53	0,50	0,47
	18	0,73	0,68	0,63	0,59	0,55
	19	0,86	0,79	0,73	0,68	0,64
	20	1,00	0,92	0,85	0,78	0,73
1520	9	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
	10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
	11	0,13	0,12	0,12	0,II	0,11
	12	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14
	13	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
	14	0,28	0,26	0,25	0,24	0,22
	15	0,34	0,32	0,31	0,29	0,27
	16	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	17	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39
	18	0,60	0,56	0,52	0,49	0,46
	19	0,71	0,65	0,61	0,57	0,54
	20	0,83	0,76	0,70	0,65	0,61
1620	9	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
	10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
	11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
	12	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12
	13	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15
	14	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19
	15	0,29	0,27	0,25	0,24	0,23
	16	0,35	0,33	0,31	0,29	0,28
	17	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33
	18	0,50	0,47	0,44	0,41	0,39
	19	0,59	0,55	0,51	0,48	0,45
	20	0,69	0,64	0,59	0,55	0,52

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Общие положения. 3
Расчет труб. 4
Литература. 5
Программа для ЭВМ ЕС-1022. 6
Таблицы критических давлений для электросварных труб
ГОСТ 10704-76. 8

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ
СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Научный редактор В.И. Тиль
Литературный редактор Л.А. Порубай
Технический редактор А.Г. Воронцова
Корректор М.П. Елинсон

Подписано к печати 12 февраля 1985 г.
Объем 1,6 уч.-изд.л. Тираж 320 экз. Заказ № 410.
Ротапринт ВИОГЕМ, Белгород, Б.Хмельницкого,86.
Цена 24 коп.

gost.e-ecolog.ru