

**Московский Государственный Университет
Природообустройства**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ
МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ
ВНУТРЕННИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ,
ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ПОЛИПРОПИЛЕНА**

Доц. Суконкин В.А.

Доц. Али М.С. ФГОУ ВПО МГУП

Отсутствие информации о гидравлических сопротивлениях полипропиленовых труб и фитингов не позволяет с достаточной точностью проводить гидравлические расчеты систем, выполненные из этого материала.

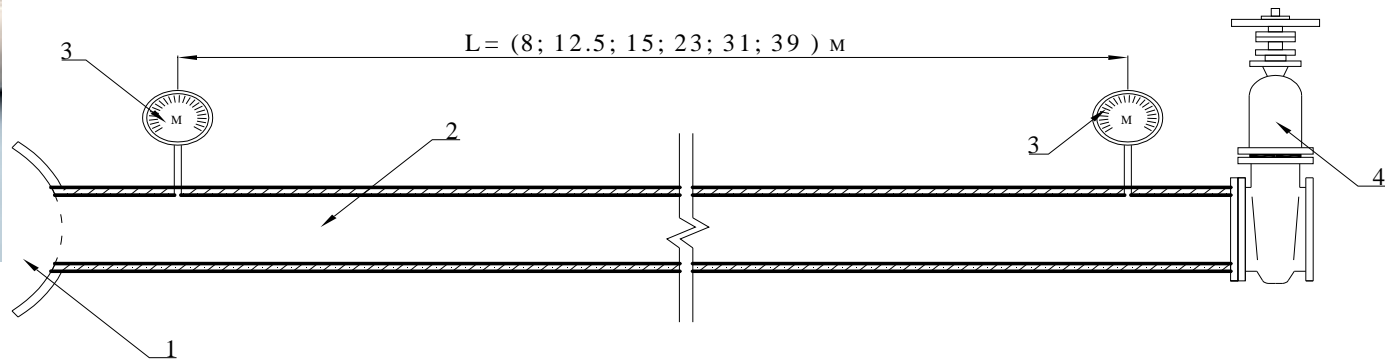
Единственное, что приводится в аннотациях на продукцию всех фирм, это то, что эти трубы имеют меньшее сопротивление, чем стальные, не подвержены коррозии и не обрастают

Физические свойства.

Плотность	0,9 т/м ³ .
Точка плавления	146 оС.
Прочность на разрыв при t=23 оС.	340 кг/см ² .
Коэффициент линейного расширения	1,8 x 10 ⁻⁴ м/м оС.
Материал не устойчив к воздействию ультрафиолетового	

излучения.

Сортамент выпускаемых полипропиленовых труб имеет два диапазона рабочего давления - 20 атм. и 10 атм. и маркируются соответственно PN-20 и PN-10. На отечественный рынок поступают трубы и фитинги производства Италии, Германии, Польши, Турции, России. Все изделия выполнены по единому стандарту, взаимозаменяемы и отличаются только цветом, ценой и возможно составом смеси сополимеров.



1. магистральный трубопровод
2. Полипропиленовые трубы; $d = (20; 25; 32; 40; 50; 63) \text{ mm}$
3. образцовые манометры
4. Задвижка

$$V = (0.5; 1; 3) \text{ M/C}$$

Потери напора, измеренные манометрами в кг/см^2 , пересчитывались в метры водяного столба по зависимости: $hw = \Delta P \rho g$

при $\rho = 999,82 \text{ кг/м}^3$ при температуре 10°C ; $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$.

Число Рейнольдса Re вычислялось при значении кинематической вязкости $\nu = 1.31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек.}$ при температуре 10°C .

Результаты натурных исследований.

Внешний диаметр трубопровода d, мм.	Расход Q м.куб/сек.	Длина участка трубопровода L. м.	Отметка точки замера первого манометра	Отметка точки замера второго манометра	Разность показаний манометров кг/см.кв
1	2	3	4	5	6
<i>Скорости около 3 м/сек</i>					
20	0,00043	8,00	0,000	0,120	0,697
25	0,000675	12,50	0,000	0,132	0,828
32	0,0011	23,00	0,000	0,258	1,099
40	0,00173	39,00	0,000	0,413	1,373
50	0,00275	15,00	0,000	0,120	0,408
63	0,0044	31,00	0,000	0,360	0,611
<i>Скорости около 1 м/сек</i>					
20	0,00014	8,00	0,000	0,120	0,109
25	0,00022	12,50	0,000	0,132	0,106
32	0,00036	23,00	0,000	0,258	0,133
40	0,00059	39,00	0,000	0,413	0,177
50	0,00088	15,00	0,000	0,120	0,047
63	0,0014	31,00	0,000	0,360	0,052

Внешний диаметр трубопровода d, мм.	Расход Q м.куб/сек.	Длина участка трубопровода L. м.	Отметка точки замера первого манометра	Отметка точки замера второго манометра	Разность показаний манометров кг/см.кв
1	2	3	4	5	6
<i>Скорости около 0,5 м/сек</i>					
20	0,000068	8,00	0,000	0,120	0,109
25	0,00011	12,50	0,000	0,132	0,022
32	0,000175	23,00	0,000	0,258	0,018
40	0,00027	39,00	0,000	0,413	0,014
50	0,00043	15,00	0,000	0,120	0,005
63	0,0007	31,00	0,000	0,360	-0,010
<i>Максимально возможные расходы для участка</i>					
20	0,00048	8,00	0,000	0,120	0,109
25	0,00085	12,50	0,000	0,132	1,261
32	0,0017	23,00	0,000	0,258	2,366
40	0,0032	39,00	0,000	0,413	4,014
50	0,0059	15,00	0,000	0,120	1,670
63	0,01	31,00	0,000	0,360	2,685

Результаты обработки экспериментальных данных.

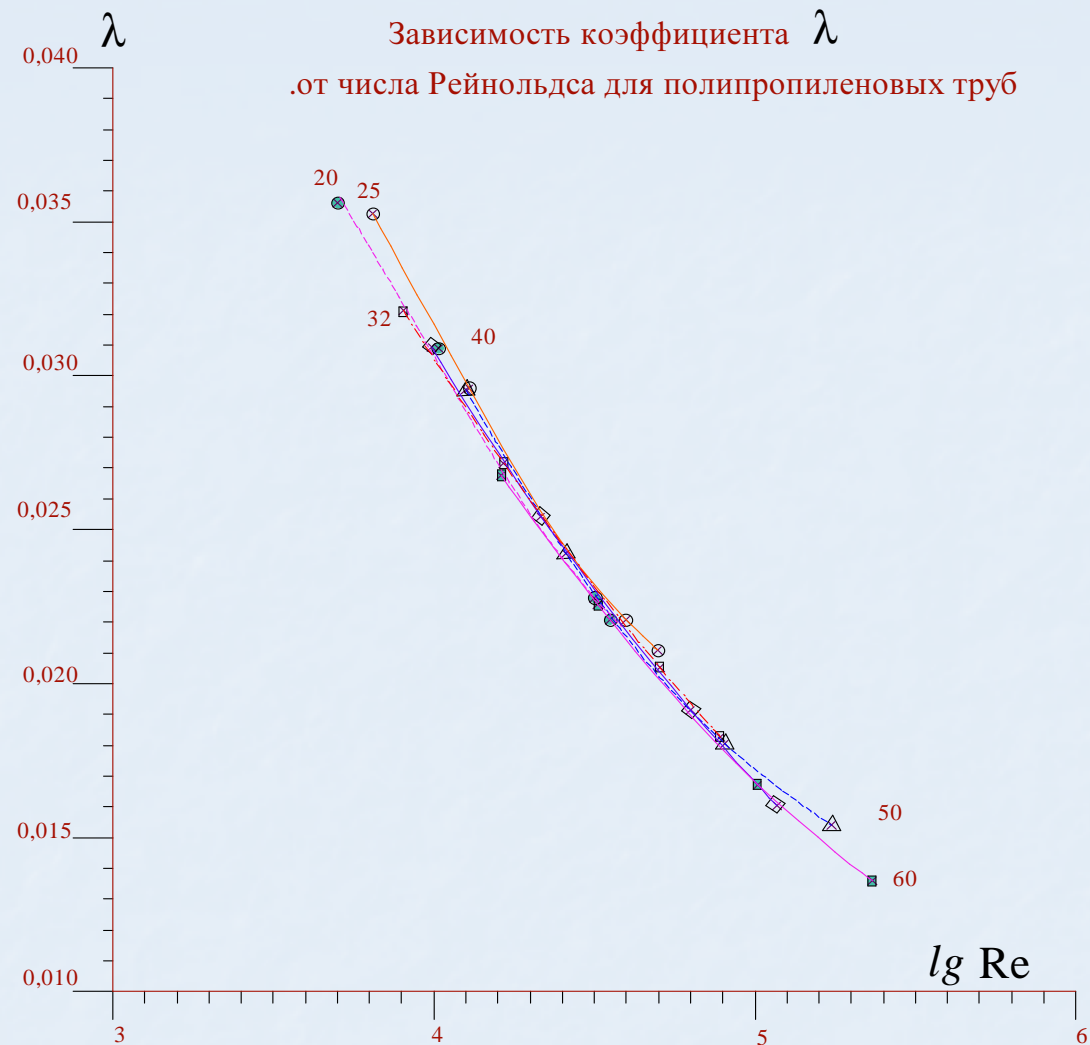
Диаметр трубопровода d, мм.	Толщина стенки S, мм	Внутренний диаметр трубопровода d, м.	Площадь поперечного сечения F м.кв.	Расход Q м.куб/сек.	Средняя скорость V, м.сек.	Число Рейнольдса Re	Длина участка трубопровода L. м.	Разность показаний манометров кг/см.кв	разница отметок точек замера давления кг/см.кв	потери напора в кг.см.кв	потери напора в м.	удельные потери м/м	коэф сопр по длине λ	lgRe	K _d /Re	λ по ф-ле Бразнуса	Отклонение от эксперимента в %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	3,4	0,0132	0,0001367	0,000430	3,144	31677	8,00	0,697	0,012	0,709	6,96	0,870	0,022798	4,50	0,240	0,023686	3,89
25	4,2	0,0166	0,0002163	0,000675	3,120	39541	12,50	0,828	0,013	0,841	8,25	0,660	0,022076	4,59	0,238	0,022409	1,50
32	5,4	0,0212	0,0003528	0,001100	3,118	50456	23,00	1,099	0,026	1,125	11,04	0,480	0,020539	4,70	0,238	0,021084	2,65
40	6,7	0,0266	0,0005554	0,001730	3,115	63244	39,00	1,373	0,042	1,415	13,88	0,356	0,019152	4,80	0,237	0,019927	4,04
50	8,4	0,0332	0,0008652	0,002750	3,178	80547	15,00	0,408	0,012	0,420	4,125	0,275	0,017734	4,90	0,242	0,018757	5,77
63	10,5	0,042	0,0013847	0,004400	3,177	101873	31,00	0,611	0,037	0,648	6,355	0,205	0,016731	5,00	0,242	0,017688	5,71
20	3,4	0,0132	0,0001367	0,000140	1,024	10313	8,00	0,109	0,012	0,121	1	0,125	0,030900	4,01	0,781	0,031357	1,47
25	4,2	0,0166	0,0002163	0,000220	1,017	12887	12,50	0,106	0,013	0,119	1,175	0,094	0,029598	4,11	0,776	0,029658	0,20
32	5,4	0,0212			1,020	16512	23,00	0,133	0,026	0,159	1,564	0,068	0,027166	4,21	0,778	0,027876	2,61
40	6,7	0,0266	0,0005554	0,000590	1,062	21568	39,00	0,177	0,042	0,219	2,145	0,055	0,025439	4,33	0,810	0,026075	2,50
50	8,4	0,0332	0,0008652	0,000880	1,017	25775	15,00	0,047	0,012	0,059	0,5775	0,039	0,024245	4,41	0,776	0,024939	2,86
63	10,5	0,042	0,0013847	0,001400	1,011	32414	31,00	0,052	0,037	0,089	0,868	0,028	0,022573	4,51	0,771	0,023551	4,33
20	3,4	0,0132	0,0001367	0,000068	0,497	5009	8,00	0,015	0,012	0,027	0,272	0,034	0,035626	3,69	0,379	0,037561	5,43
25	4,2	0,0166	0,0002163	0,000110	0,509	6443	12,50	0,022	0,013	0,035	0,35	0,028	0,035266	3,80	0,388	0,03527	0,01
32	5,4	0,0212	0,0003528	0,000175	0,496	8027	23,00	0,018	0,026	0,044	0,437	0,019	0,032121	3,90	0,378	0,033385	3,93
40	6,7	0,0266	0,0005554	0,000270	0,486	9870	39,00	0,014	0,042	0,056	0,546	0,014	0,030921	3,99	0,371	0,031703	2,53
50	8,4	0,0332	0,0008652	0,000430	0,497	12594	15,00	0,005	0,012	0,017	0,168	0,011	0,029540	4,10	0,379	0,029829	0,97
63	10,5	0,042	0,0013847	0,000700	0,506	16207	31,00	-0,010	0,037	0,027	0,2573	0,008	0,026765	4,20	0,385	0,028007	4,63

Результаты обработки экспериментальных данных.

Диаметр трубопровода d , мм.	Толщина стенки S , мм	Внутренний диаметр трубопровода d , м.	Площадь поперечного сечения F м.кв.	Расход Q м.куб/сек.	Средняя скорость V , м.сек.	Число Рейнольдса Re	Длина участка трубопровода L . м.	Разность показаний манометров кг/см.кв	разница отметок точек замера давления кг/см.кв	потери напора в кг.см.кв	потери напора в м.	удельные потери м/м	коэф сопр по длине λ	$lgRe$	$K_f d/Re$	λ по ф-ле Браунуса	Отклонение от эксперимента в %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	3,4	0,0132	0,0001367	0,000480	3,509	35361	8,00	0,844	0,012	0,856	8,4	1,050	0,022081	4,54	2,678	0,023044	4,36
25	4,2	0,0166	0,0002163	0,000850	3,929	49793	12,50	1,261	0,013	1,274	12,5	1,000	0,021093	4,69	2,999	0,021154	0,28
32	5,4	0,0212	0,0003528	0,001700	4,818	77978	23,00	2,366	0,026	2,392	23,46	1,020	0,018273	4,89	3,678	0,01891	3,48
40	6,7	0,0266	0,0005554	0,003200	5,761	116984	39,00	4,014	0,042	4,056	39,78	1,020	0,016038	5,06	4,397	0,017087	6,53
50	8,4	0,0332	0,0008652	0,005900	6,819	172811	15,00	1,670	0,012	1,682	16,5	1,100	0,015411	5,23	5,207	0,015499	0,57
63	10,5	0,042	0,0013847	0,010000	7,222	231531	31,00	2,685	0,037	2,722	26,69	0,861	0,013605	5,36	5,512	0,014406	5,88

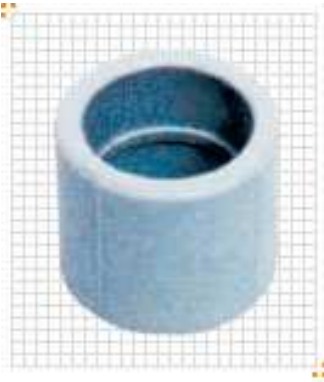
**Коэффициент
сопротивления по
длине для
полипропиленовых
труб рекомендуется
вычислять по
формуле Бразиуса**

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0.25}}$$

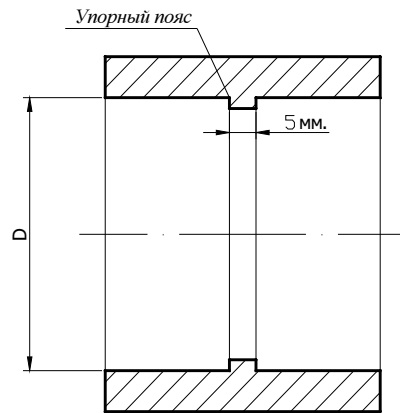


Условные обозначения

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ● ----- Внешний диаметр трубы d=20мм | △ ----- Внешний диаметр трубы d=50мм |
| ○ ----- Внешний диаметр трубы d=25мм | △ ----- Внешний диаметр трубы d=60мм |
| □ ----- Внешний диаметр трубы d=32мм | |
| ◇ ----- Внешний диаметр трубы d=40мм | |

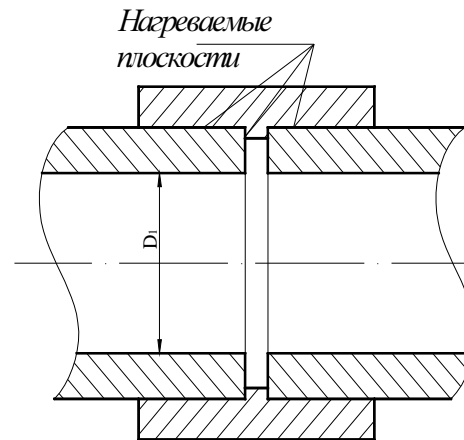


Соединительная муфта.

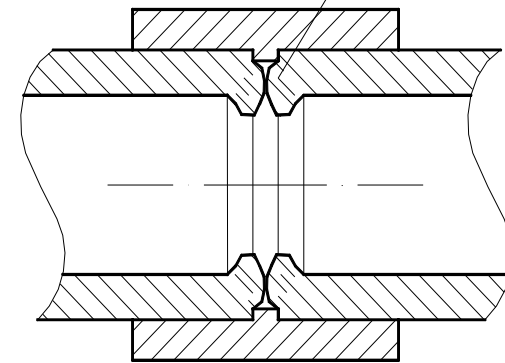


$$\zeta = 0,25$$

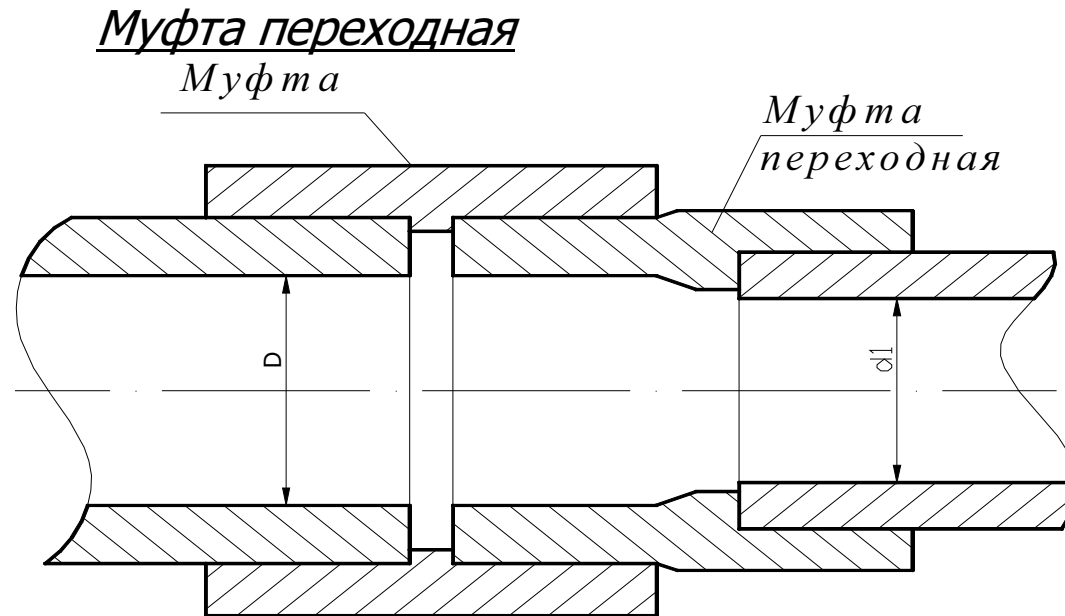
установлено экспериментом для труб
PN20 диаметром от 20 до 50 мм.



*Деформация торцов
соединяемых участков*



$$\text{от } \zeta = 0,25 \text{ до } \zeta = 0,84$$



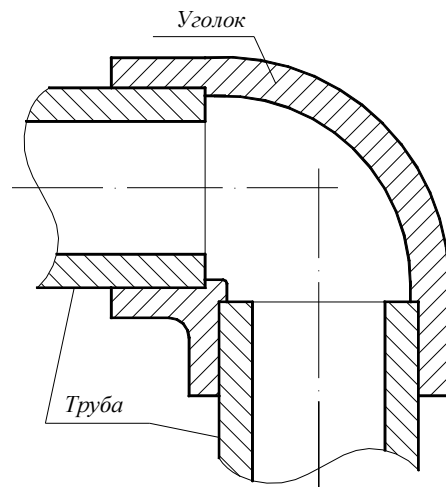
- при изменении диаметра на один размер $\zeta = 0,60$;
- при изменении диаметра на два размера $\zeta = 0,70$;
- при изменении диаметра на три размера $\zeta = 0,80$;
- при изменении диаметра на четыре размера $\zeta = 0,95$.

Приведенные коэффициенты сопротивления определены относительно меньшего диаметра, при движении воды от большего диаметра к меньшему.

Уголок 90°

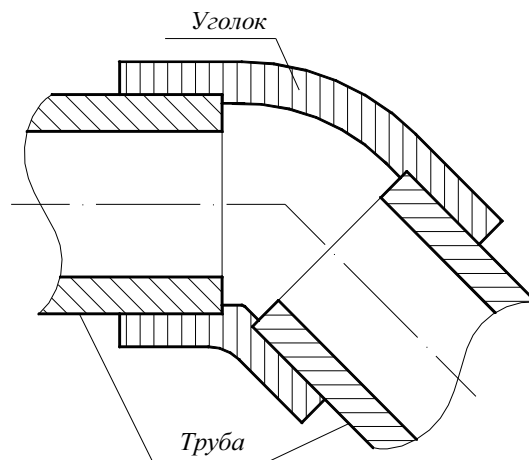


коэффициент сопротивления уголка 90°



D=20 мм	-	$\zeta = 2,80,$
D=25 мм	-	$\zeta = 2,00,$
D=32 мм	-	$\zeta = 1,80,$
D=40 мм	-	$\zeta = 1,60,$
D=50 мм	-	$\zeta = 1,25.$

Уголок 45°



От $\zeta = 0,45$ до $\zeta = 0,7$

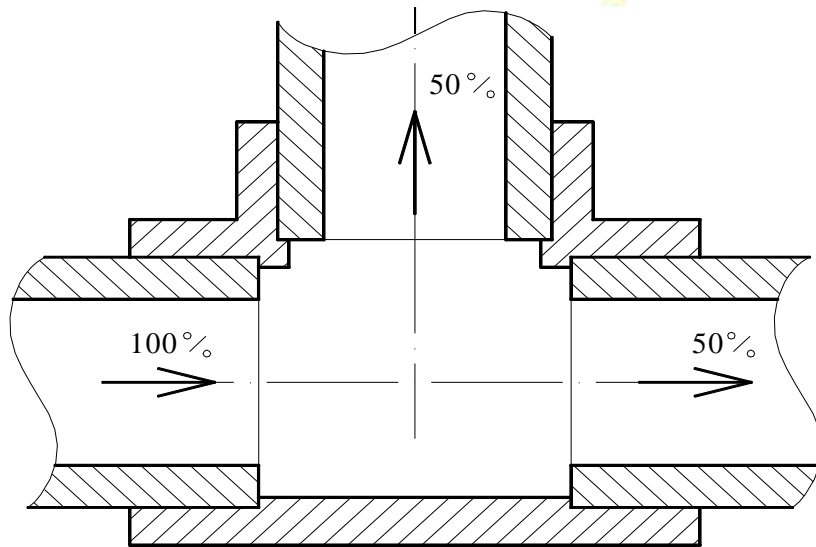
$\zeta = 0,55$

Тройник



При разделении потока 50% x 50% коэффициент сопротивления тройника составил:

- для прямого потока $\zeta = 1,3$,
- для бокового потока $\zeta = 1,7$.



При соединении потоков 50% x 50% коэффициенты сопротивления тройника составило:

- для прямого потока $\zeta = 1,1$,
- для бокового потока $\zeta = 1,3$.

ВЫВОДЫ

1. Натурные исследования показали, что полипропиленовые трубы можно рассматривать как очень гладкие.

2. Коэффициент сопротивления по длине для полипропиленовых труб рекомендуется вычислять по формуле Бразиуса, которая дает наименьшее расхождение с экспериментальными данными.

3. Коэффициенты сопротивления фитингов полипропиленовых труб PN20 можно определять по данным справочной литературы, как для аналогичных по конструкции соединений диаметрами от $D=15$ мм до $D=50$ мм, увеличивая полученные в результате расчетов значения на 10...15%.