Технический комитет по стандартизации
«Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК 259)

Закрытое акционерное общество «Научно-производственная фирма
«Центральное конструкторское бюро арматуростроения»

ЦКБА

СТАНДАРТ ЦКБА

СТ ЦКБА 092–2014

Арматура для магистральных трубопроводов

НОРМАТИВНЫЕ НАГРУЗКИ ОТ ТРУБОПРОВОДА

Методики расчета и численные значения

Санкт–Петербург

2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения» (ЗАО «НПФ «ЦКБА»)

2 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Приказом от «16 » 05.2014 № 23

3 СОГЛАСОВАН Техническим комитетом по стандартизации «Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК259)

4 ВЗАМЕН СТ ЦКБА 092-2010 «Арматура трубопроводная. Методика расчёта допустимых нагрузок от трубопроводов на патрубки арматуры для магистральных нефтепроводов»

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ с учетом изменения № 1, поправки № 1 в 2015 году

По вопросам заказа стандартов ЦКБА
обращаться в ЗАО «НПФ «ЦКБА»
по телефонам (812) 458-72-04, 458-72-36

gost.e-ecolog.ru

195027, Россия, С-Петербург, пр.Шаумяна, 4, корп.1, лит.А.
а/я 33

© ЗАО «НПФ «ЦКБА», 2014 г.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ЗАО «НПФ «ЦКБА»

Содержание

1	Область применения	4
2	Нормативные ссылки	4
3	Термины, определения и обозначения	5
4	Общие положения	6
5	Методики расчета нормативных нагрузок	8
6	Численные значения нормативных нагрузок	13
7	Оценка нагрузок, полученных из расчета трубопровода	17

СТАНДАРТ ЦКБА

Арматура для магистральных трубопроводов

НОРМАТИВНЫЕ НАГРУЗКИ ОТ ТРУБОПРОВОДА

Методики расчета и численные значения

Дата введения – 01.07.2014

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на арматуру для магистральных трубопроводов, проектирование которых выполняется в соответствии с требованиями норм СНиП 2.05.06-85.

Стандарт содержит методики расчета и численные значения нормативных значений нагрузок, действующих на арматуру от трубопровода.

Стандарт может применяться при разработке арматуры всех видов и при проектировании трубопроводов.

2 Нормативные ссылки

2.1 В стандарте даны ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 20295–85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия

ГОСТ 24856–2014 Арматура трубопроводная. Термины и определения

ГОСТ Р 52857.1–2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Общие требования

ПНАЭ Г-7-002–86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок

СНиП 2.05.06–85 Магистральные трубопроводы

3 Термины, определения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены термины и определения по ГОСТ 24856.

3.2 В стандарте применены следующие основные обозначения:

DN – номинальный диаметр арматуры, мм;

PN – номинальное давление, МПа;

D_H – диаметр наружный патрубка и трубопровода, мм;

D_B– диаметр внутренний патрубка, мм;

δ – толщина стенки патрубка, мм;

δ_P – толщина стенки расчетная патрубка, мм;

δ_T – толщина технологическая патрубка, мм;

f – площадь поперечного сечения патрубка, мм^2;

W – момент сопротивления изгибу поперечного сечения патрубка, мм^3;

R_{p02} – минимальное значение предела текучести материала патрубка при расчетной температуре, МПа;

R_m – минимальное значение предела прочности материала патрубка при расчетной температуре, МПа;

$[\sigma]$ – номинальное допускаемое напряжение для материала патрубка, МПа;

Q – нормативное продольное сжимающее температурное усилие, определяемое из условий прочности расчетной модели патрубка арматуры Н;

M_B – нормативный изгибающий момент на арматуру от действия весовых нагрузок на трубопровод, Н·мм;

M_K – нормативный изгибающий момент на арматуру от сочетания нагрузок, вызванных весом и температурной компенсацией трубопровода, Н·мм;

M_C – нормативный изгибающий момент на арматуру от сочетания нагрузок, вызванных весом и температурной компенсацией, а также сейсмическими воздействиями на трубопровод интенсивностью до 9 баллов включительно, Н·мм;

M_{CM} – то же, что M_C, но при сейсмических воздействиях 10 баллов, Н·мм (моменты M_B, M_K, M_C и M_{CM} определяются из условий прочности расчетной модели патрубка арматуры);

F_P – продольное растягивающее напряжение на арматуру от действия номинального давления среды PN, Н;

$M_{ИЗ}$ – изгибающий момент, действующий на арматуру от трубопровода, Н·мм;

$M_{КР}$ – крутящий момент, действующий на арматуру от трубопровода (моменты $M_{ИЗ}$ и $M_{КР}$ определяются из расчета трубопровода), Н·мм;

4 Общие положения

4.1 Под нормативными нагрузками понимаются численные значения усилий и моментов, которые должны учитываться при конструировании арматуры и проектировании трубопровода. Нормирование нагрузок позволяет проводить независимую разработку арматуры и трубопроводов.

При конструировании арматуры должна быть подтверждена расчетом прочность, герметичность и работоспособность арматуры при совместном воздействии давления среды и нормативной нагрузки от трубопровода.

При проектировании трубопровода должно быть подтверждено, что в местах установки арматуры внутренние усилия и моменты в трубопроводе, вызванные внешними нагрузками, не превышают нормативную нагрузку.

4.2 Нормативные нагрузки определяются исходя из условий прочности расчетных моделей патрубков арматуры. Для этого используются требования норм прочности, применяемые в арматуростроении (ГОСТ Р 52857.1, пункт 8 и ПНАЭГ-7-002, пункты 5.4, 5.11). Учитывается сумма мембранных и общих изгибных напряжений. Приведенные напряжения определяются по теории наибольших касательных напряжений. Нормативные нагрузки принимаются с понижающим коэффициентом 0,7 по отношению к допускаемым нагрузкам на модели патрубков.

4.3 В качестве нормативной нагрузки рассматривается одна, наиболее значимая составляющая нагрузки, эквивалентная действию всех усилий и моментов.

В надземных и подземных трубопроводах, деформация которых не стеснена между опорами, или стеснена несущественно, в качестве нормативной нагрузки принимается изгибающий момент, представляющий наибольшую опасность. Рассматривается три типа нормативных моментов M_B, M_K, M_C или $M_{СМ}$ (обобщенное обозначение моментов Mi), возникающих в трех режимах нагружения, представляющих сочетания давления среды и веса трубопровода; давления, веса и температурной компенсации трубопровода; давления, веса, температурной компенсации и сейсмических воздействий на трубопровод.

В подземных трубопроводах, работающих в условиях стеснения продольных и поперечных перемещений, в качестве нормативной нагрузки принимается сочетание давления среды и сжимающего температурного усилия Q, соответствующего максимальной разности температуры элемента трубопровода в момент монтажа и в процессе эксплуатации.

4.4 Нормативные нагрузки определяются с использованием двух расчетных моделей патрубков, имеющих минимальные толщины стенок, предусмотренные в пункте 8.22 норм СНиП 2.05.06. Наружные диаметры D_H расчетных моделей патрубков определяются, как у стыкуемых труб, согласно ГОСТ 20295 и другой нормативной документации.

Первая модель патрубка имеет расчетную толщину стенки δ_P, которая определяется по формуле (12) норм СНиП 2.05.06 согласно условию прочности:

$$\delta_P = \frac{D_H \cdot PN}{2([\sigma]+PN)}. \qquad (1)$$

Вторая модель патрубка имеет технологическую толщину стенки δ_T, которая больше расчетной толщины δ_P, и назначается в случае, если расчетная толщина окажется недопустимо малой. Толщина δ_T, согласно пункту 8.22 норм СНиП 2.05.06, должна приниматься из равенства:

$$\delta_T = \max\{D_H/140;\ 3\ \text{мм для}\ D_H \le 200\ \text{мм};\ 4\ \text{мм для}\ D_H > 200\ \text{мм}\}. \qquad (2)$$

4.5 Нормативные нагрузки едины для арматуры, имеющей одинаковые основные параметры D_H и PN.

Согласно формуле (1), патрубки первой модели, имеющие одинаковые параметры D_H и PN, имеют также одинаковые произведения $\delta_P \cdot ([\sigma] + PN)$. Кроме того, зависимость между δ_P и $[\sigma]$ близка к обратной пропорциональности, так как PN мало по сравнению с $[\sigma]$. Благодаря этому, нормативные нагрузки будут практически одинаковы для всех патрубков с одинаковыми параметрами D_H и PN.

Согласно равенству (2), патрубки второй модели имеют одну толщину δ_T для каждого D_H. Учитывая, что толщина стенки δ_T завышена, принимается единая категория прочности материала КП195 (минимальное значение, требуемое для арматуры нефтепроводов) для всех патрубков с технологической толщиной. Та-

ким образом, в данном случае для каждого сочетания D_H и PN учитывается одно сочетание δ_P и $[\sigma]$, и получается одно значение нагрузки.

4.6 При определении нормативных нагрузок не рассматривается возможное завышение толщин стенок, класса или категории прочности материала патрубка реальной арматуры или трубопровода.

5 Методики расчета нормативных нагрузок

Допускаемые нагрузки на патрубки произвольной арматуры зависят от четырех параметров – двух основных D_H и PN, и двух дополнительных δ и $[\sigma]$. Для арматуры с одинаковыми D_H и PN, но различными δ и $[\sigma]$, допускаемые нагрузки могут значительно различаться.

Методика расчета допускаемых нагрузок на патрубки арматуры, имеющей произвольные значения δ и $[\sigma]$ излагается в пункте 5.2.

Методики расчета нормативных нагрузок приводятся в пунктах 5.3 - 5.5. Они получены из методик расчета допускаемых нагрузок пункта 5.2 при использовании двух расчетных моделей патрубков, имеющих определенные значения δ и $[\sigma]$, указанные в пункте 4.4.

Методики расчета нормативных нагрузок использованы в разделе 6 для определения численных значения нормативных нагрузок. Эти методики могут быть также использованы для определения значений нормативных нагрузок в случаях, когда в таблицах отсутствуют нужные сочетания параметров D_H и PN. Если неясно, какую из расчетных моделей патрубка применить, то расчет следует выполнить с использованием обеих моделей, и выбрать большее значение нагрузки.

5.1 Допускаемые напряжения

5.1.1 Ниже приводятся значения допускаемых напряжений, которые рекомендуются для применения при выполнении расчетов арматуры на прочность. Они же используются в стандарте для определения нормативных нагрузок.

Допускаемые напряжения даны для четырех типов сочетаний нагрузок от трубопровода, принятых в пункте 4.3 настоящего стандарта: вес трубопровода; вес и температурная компенсация трубопровода; вес, температурная компенсация и сейсмические воздействия на трубопровод; продольное сжимающее температурное усилие. Эти сочетания нагрузок представляют различную степень

опасности для арматуры, поэтому для них используются различные допускаемые напряжения, обозначаемые соответственно, как $[\sigma]_В$, $[\sigma]_К$, $[\sigma]_С$ и $[\sigma]_{ПТ}$ (обобщенное обозначение $[\sigma]i$).

Допускаемые напряжения определяются как произведение

$$[\sigma]_i = k_i \cdot [\sigma], \quad (3)$$

где $[\sigma]$ – номинальное допускаемое напряжение, определяемое в зависимости от минимального предела текучести R_{p02} и минимального предела прочности R_m материала патрубка при расчетной температуре (ГОСТ Р 52857.1, пункт 8):

$$[\sigma] = \min [R_{p02}/1,5; R_m/2,4]; \quad (4)$$

k_i – обобщенное обозначение нормативных коэффициентов $k_В$, $k_Т$, $k_С$, и $k_{ПТ}$, учитывающих различную степень опасности соответствующего режима.

5.1.2 Допускаемое напряжение $[\sigma]_В$ определяется согласно пункту 5.4 норм ПНАЭ Г-7-002:

$$[\sigma]_В = 1,3 \cdot [\sigma], \; k_В = 1,3. \quad (5)$$

5.1.3 Для допускаемого напряжения $[\sigma]_К$ принимается относительно невысокое значение с учетом того, что при температурной компенсации в трубопроводе может быть накоплена значительная энергия деформации:

$$[\sigma]_К = 1,5 \cdot [\sigma], \; k_К = 1,5. \quad (6)$$

5.1.4 Допускаемое напряжение $[\sigma]_С$

$$[\sigma]_С = 1,6 \cdot [\sigma], \; k_С = 1,6. \quad (7)$$

Допускаемое напряжение $[\sigma]_С$ должно использоваться при выполнении расчетов арматуры на прочность и при определении допускаемого момента на арматуру от веса, температурной компенсации и сейсмических воздействий любой интенсивности. Оно используется также для определения нормативных моментов $M_С$, включающих сейсмические воздействия интенсивностью до 9 баллов.

Для сейсмичности 10 баллов нормативные моменты $M_{СМ}$ определяются с использованием допускаемого напряжения $[\sigma]_{СМ}$

$$[\sigma]_{СМ} = 1{,}8 \cdot [\sigma],\ k_{СМ} = 1{,}8. \quad (8)$$

5.1.5 Допускаемое напряжение $[\sigma]_{ПТ}$ принято с учетом опасности сочетания внутреннего давления и сжимающего температурного напряжения

$$[\sigma]_{ПТ} = 1{,}3\ [\sigma],\ k_{ПТ} = 1{,}3. \quad (9)$$

5.2 Методика расчета допускаемых нагрузок на произвольную арматуру

5.2.1 Допускаемые изгибающие моменты на патрубок арматуры $[M_i]$ определяются по приближенной формуле, следующей из условия прочности патрубка:

$$[M_i] \cong ([\sigma]_i - \sigma_{пр})W, \quad (10)$$

где $[M_i]$ - обобщенное обозначение допускаемых моментов $[M_B]$, $[M_K]$, $[M_C]$ на патрубок арматуры от трубопровода;

$[\sigma]_i$ – обобщенное обозначение допускаемых напряжений $[\sigma]_B$, $[\sigma]_K$ и $[\sigma]_C$, используемых при определении допускаемых моментов $[M_i]$, нормативных моментов Mi и при оценке прочности арматуры;

$\sigma_{пр}$ – продольное напряжение в патрубке, вызываемое действием давления среды:

$$\sigma_{пр} = \frac{PN \cdot D_B}{4\delta}; \quad (11)$$

W – момент сопротивления изгибу поперечного сечения патрубка:

$$W = \frac{\pi(D_H^4 - D_B^4)}{32D_H}; \quad (12)$$

D_H, D_B, и δ – соответственно наружный и внутренний диаметры, а также толщина стенки патрубка.

5.2.2 Допускаемое сжимающее температурное усилие на патрубок арматуры [Q] определяется с использованием формулы (18) из норм СНиП 2.05.06

$$[Q] = \{ [\sigma]_{ПТ} - \mu \cdot \sigma_{КЦ} \} \cdot f, \quad (13)$$

где $\sigma_{кц}$ – кольцевое (окружное) напряжение в патрубке, вызываемое действием давления среды:

$$\sigma_{кц} = \frac{PN \cdot D_B}{2\delta}; \quad (14)$$

μ – коэффициент Пуассона материала патрубка;

f - площадь поперечного сечения патрубка:

$$f = \pi \cdot \frac{D_н^2 - D_в^2}{4}. \quad (15)$$

5.3 Методика расчета нормативных изгибающих моментов на арматуру, имеющую расчетную толщину стенки патрубка

В данной методике используется условие равенства кольцевого напряжения $\sigma_{кц}$, вызванного давлением PN, номинальному допускаемому напряжению $[\sigma]$:

$$\sigma_{кц} = [\sigma]. \quad (16)$$

Формула для нормативного момента M_i, следует из формулы (10) при использовании положения пункта 4.2 и равенств (3), (11), (14), (16):

$$M_i \cong 0{,}7 \frac{PN \cdot D_B}{4\delta_P} (2\,k_i - 1)\,W. \quad (17)$$

Представим D_B и W в виде:

$$D_B = D_H \cdot (1-2 \cdot a); \quad W \cong \pi \cdot \delta_P \cdot D_н^2 \cdot (1-3a)/4; \quad a = \delta_P / D_н. \quad (18)$$

Подставим (18) в (17), получим:

$$M_i \cong \frac{0{,}7 \cdot \pi}{16} \cdot PN \cdot D_н^3 \cdot (2\,k_i - 1) \cdot (1-5 \cdot a). \quad (19)$$

С помощью формулы (1) представим «а» в виде зависимости от PN и $[\sigma]$, а также учтем, что $[\sigma] >> PN$

$$a = \frac{PN}{2([\sigma]+PN)} \cong \frac{PN}{2[\sigma]}. \quad (20)$$

Из формул (19) и (20) видно, что влияние материала на момент M_i учитывается допускаемым напряжением $[\sigma]$, содержащимся в множителе (1-5·а), который

близок к единице. Запишем множитель (1-5·а) в приближенном виде, не содержащем в явном виде [σ]:

$$1\text{-}5\cdot a \cong 1\text{-}\ 0{,}014\cdot PN. \qquad (21)$$

Погрешность такой замены незначительна.

После подстановки в формулу (19) значений k_i согласно (11)-(14), а также равенства (21), получаем формулы для расчета нормативных моментов, зависящих в явном виде только от D_H и PN:

$$M_B = 0{,}070\cdot\pi\cdot D_н^3\cdot PN\cdot(1\text{-}\ 0{,}014PN); \qquad (22)$$

$$M_K = 0{,}088\cdot\pi\cdot D_н^3\cdot PN\cdot(1\text{-}\ 0{,}014PN); \qquad (23)$$

$$M_C = 0{,}096\cdot\pi\cdot D_н^3\cdot PN\cdot(1\text{-}\ 0{,}014PN); \qquad (24)$$

$$M_{CM} = 0{,}114\cdot\pi\cdot D_н^3\cdot PN\cdot(1\text{-}\ 0{,}014PN). \qquad (25)$$

5.4 Методика расчета нормативных изгибающих моментов на арматуру, имеющую технологическую толщину патрубка

В данном случае для получения единых нормативных нагрузок для арматуры, имеющей одинаковые D_H и PN, нет необходимости исключать из формул толщину стенки δ_T, так как она однозначно связана с диаметром D_H. Кроме того, для всех типоразмеров данной арматуры принята одна категория прочности материала КП195. Соответствующее значение номинальное допускаемое напряжение [σ] = 130 МПа.

Расчетная формула для данной арматуры следует из формулы (10) при учете положения пункта 4.2 и равенства (3):

$$M_i \cong 0{,}7\cdot([\sigma]\cdot k_i - \sigma_{пр})\cdot W. \qquad (26)$$

После подстановки в (26) значений k_i согласно (11)-(14), и значения [σ]= 130,0 МПа, получаем формулы для расчета нормативных моментов:

$$M_B = 0{,}7\cdot(169 - \sigma_{пр})\cdot W; \qquad (27)$$

$$M_K = 0{,}7\cdot(195 - \sigma_{пр})\cdot W; \qquad (28)$$

$$M_C = 0{,}7\cdot(208 - \sigma_{пр})\cdot W\ ; \qquad (29)$$

$$M_{CM} = 0{,}7\cdot(234 - \sigma_{пр}\ )\cdot W. \qquad (30)$$

Продольное напряжение в патрубке $\sigma_{пр}$ и момент сопротивления сечения патрубка W, представленные через δ_T и $D_н$ имеют вид:

$$\sigma_{пр} = \frac{PN \cdot Dн \cdot (1 - 2 \cdot \delta т / Dн)}{4\,\delta т}; \quad W \cong \pi \cdot \delta_T \cdot D_н^2 \cdot (1 - 3 \cdot \delta_T / D_н)/4. \qquad (31)$$

5.5 Методика расчета нормативного сжимающего температурного усилия на арматуру

5.5.1 Для арматуры, имеющей расчетную толщину стенки патрубка δ_P, используются упрощения, аналогичные пункту 5.3. Формула для усилия Q следует из (13), при учете равенства (9) и коэффициента Пуассона μ=0,3:

$$Q = 0{,}35 \cdot \pi \cdot D_н^2 \cdot PN \cdot (1 - 0{,}003PN). \qquad (32)$$

5.5.2 Для арматуры, имеющей технологическую толщину стенки патрубка δ_T, усилие Q определяется аналогично указанному в пункте 5.5.1, при учете номинального допускаемого напряжения $[\sigma]$ = 130 МПа:

$$Q = 0{,}7 \cdot [220 - 0{,}3 \cdot \sigma_{КЦ}] \cdot f \qquad (33)$$

$$\sigma_{КЦ} = \frac{PN \cdot Dн \cdot (1 - 2 \cdot \delta т / Dн)}{2\delta T}; \quad f = \pi \cdot D_H \cdot \delta_T \cdot (1 - \delta_T / D_H). \qquad (34)$$

6 Численные значения нормативных нагрузок

Численные значения нормативных нагрузок приведены в таблицах 1 – 5 для арматуры с параметрами от DN 50 до DN 1400 и от PN 1,2 МПа до PN 16 МПа. Нагрузки рассчитаны по формулам пунктов 5.3 - 5.5, в которых использованы модели патрубков с технологической δ_T или расчетной δ_P толщинами стенки.

Технологическую толщину δ_T имеют патрубки арматуры относительно малого диаметра *DN* и (или) малого давления *PN*. Ввиду того, что толщина δ_T завышена против расчетной толщины и одинакова для патрубков одного диаметра, номинальные нагрузки для этой арматуры падают по мере увеличения давления, что видно из формул (27) – (30), (33) и табличных данных.

Для арматуры, имеющей расчетную толщину патрубка δ_P, напротив, с увеличением давления нагрузки растут почти пропорционально, что видно из формул (22) –(25), (32) и табличных данных.

Границей между арматурой, имеющей технологическую δ_T и расчетную δ_P толщины патрубков, является зона перехода от снижения нагрузки к ее возрастанию.

Таблица 1– Нормативный изгибающий момент M_B от весовых нагрузок

DN	D_H, мм	Нормативный изгибающий момент M_B от весовых нагрузок, кН·м при *PN*, МПа									
		1,2	1,6	2,5	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	15,0	16,0
50	57	0,75	0,74	0,73	0,70	0,66	0,63	0,59	0,54	0,50	0,51
80	89	1,90	1,87	1,80	1,68	1,50	1,36	1,33	1,60	1,84	1,93
100	114	3,14	3,07	2,91	2,65	2,25	2,32	2,80	3,36	3,86	4,05
150	159	6,07	5,87	5,47	4,69	5,08	6,28	7,60	9,12	10,5	11,0
200	219	15,3	14,8	13,6	11,7	13,3	16,4	19,9	23,8	27,4	28,7
250	273	23,4	22,4	20,1	16,9	25,7	31,8	38,5	46,1	53,0	55,6
300	325	32,6	30,8	26,9	28,5	43,4	53,6	64,9	77,9	89,5	93,7
350	377	42,9	40,1	33,9	44,5	67,7	83,7	101	122	140	146
400	426	53,5	49,5	41,0	64,2	97,7	121	146	175	202	211
500	530	78,6	70,8	78,9	124	188	233	282	338	388	407
600	630	123	110	133	208	316	391	473	567	652	68
700	720	200	181	198	310	472	583	706	847	973	1020
800	820	280	251	293	459	697	861	1040	1250	1440	1510
1000	1020	542	486	563	881	1340	1660	2010	2410	2770	2900
1050	1067	636	572	645	1010	1540	1900	2300	2760	3170	3320
1200	1220	931	835	963	1510	2290	2840	3430	4120	4730	4960
1400	1420	1560	1410	1520	2380	3620	4470	5410	6490	7460	7820

Таблица 2 – Нормативный изгибающий момент M_K от сочетания нагрузок весовых и температурной компенсации трубопровода

DN	$D_н$, мм	Нормативный изгибающий момент M_K от сочетания нагрузок весовых и температурной компенсации трубопровода, кН·м при *PN*, МПа									
		1,2	1,6	2,5	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	15,0	16,0
50	57	0,87	0,86	0,85	0,82	0,78	0,74	0,71	0,66	0,62	0,64
80	89	2,21	2,18	2,10	1,99	1,81	1,67	1,68	2,01	2,31	2,42
100	114	3,65	3,59	3,43	3,17	2,77	2,91	3,52	4,22	4,85	5,09
150	159	7,09	6,89	6,45	5,71	6,38	7,90	9,58	11,5	13,2	13,8
200	219	17,9	17,4	16,2	14,3	16,7	20,6	25,0	30,0	34,4	36,1
250	273	27,5	26,5	24,2	21,2	32,3	40,0	48,4	58,0	66,7	69,8
300	325	38,4	36,6	32,7	35,8	54,5	67,4	81,6	97,9	113	118
350	377	50,8	48,0	41,8	55,9	85,1	105	127	153	176	184
400	426	63,6	59,6	51,6	80,7	123	152	184	220	253	265
500	530	94,3	86,5	99,3	155	236	292	354	424	488	511
600	630	148	135	167	261	397	491	595	713	819	858
700	720	240	220	249	390	593	733	887	1064	1220	1280
800	820	336	307	368	576	876	1080	1310	1570	1810	1890
1000	1020	651	595	708	1110	1690	2080	2520	3030	3480	3640
1050	1067	763	699	810	1270	1930	2390	2890	3460	3980	4170
1200	1220	1120	1020	1210	1900	2880	3570	4320	5180	5950	6230
1400	1420	1870	1720	1910	2990	4550	5620	6810	8160	9380	9830

Таблица 3 – Нормативный изгибающий момент M_C от сочетания нагрузок весовых, температурной компенсации и сейсмических до 9 баллов

DN	$D_н$, мм	Нормативный изгибающий момент M_C от сочетания нагрузок весовых, температурной компенсации и сейсмических до 9 баллов, кН·м при *PN*, МПа									
		1,2	1,6	2,5	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	15,0	16,0
50	57	0,93	0,92	0,90	0,88	0,84	0,80	0,77	0,72	0,66	0,69
80	89	2,36	2,33	2,26	2,14	1,96	1,83	1,83	2,19	2,52	2,64
100	114	3,91	3,84	3,69	3,43	3,03	3,17	3,84	4,61	5,30	5,55
150	159	7,60	7,41	6,96	6,22	6,96	8,61	10,4	12,5	14,4	15,1
200	219	19,2	18,7	17,5	15,6	18,2	22,5	27,2	32,7	37,5	39,3
250	273	29,6	28,5	26,2	23,2	35,3	43,6	52,8	63,3	72,7	76,2
300	325	41,3	40,0	35,6	39,1	59,5	73,6	89,0	107	123	129
350	377	54,7	51,9	45,7	61,0	93,0	115	139	167	192	201
400	426	68,7	64,6	56,3	88,0	134	166	201	240	276	290
500	530	102	94,0	108	170	258	319	386	463	532	558
600	630	160	147	182	285	433	536	649	778	894	936
700	720	260	240	243	425	647	800	968	1160	1330	1400
800	820	364	335	401	628	955	1180	1430	1720	1970	2070
1000	1020	705	650	772	1210	1840	2270	2750	3300	3790	3970
1050	1067	827	763	884	1380	2110	2600	3150	3780	4340	4550
1200	1220	1210	1120	1320	2070	3150	3890	4710	5650	6490	6800
1400	1420	2030	1880	2080	3260	4960	6140	7430	8900	10200	10700

Таблица 4 – Нормативный изгибающий момент $M_{СМ}$ от сочетания нагрузок весовых, температурной компенсации и сейсмических 10 баллов

DN	$D_н$, мм	Нормативный изгибающий момент $M_{СМ}$ от сочетания нагрузок весовых, температурной компенсации и сейсмических 10 баллов, кН·м при *PN*, МПа									
		1,2	1,6	2,5	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	15,0	16,0
50	57	1,05	1,04	1,02	1,00	0,95	0,92	0,88	0,84	0,79	0,82
80	89	2,67	2,64	2,64	2,45	2,26	2,13	2,17	2,60	3,00	3,14
100	114	4,43	4,36	4,20	3,94	3,54	3,77	4,56	5,47	6,29	6,59
150	159	8,63	8,43	8,00	7,25	8,27	10,2	12,4	14,9	17,1	17,9
200	219	21,8	21,3	20,1	18,2	21,6	26,7	32,4	38,8	44,6	46,7
250	273	33,6	32,6	30,3	27,5	41,9	51,8	62,7	75,2	86,4	90,5
300	325	47,1	45,4	41,4	46,4	70,6	87,3	106	127	146	153
350	377	62,6	59,8	53,6	72,5	110	136	165	198	227	238
400	426	78,7	74,7	66,8	105	159	197	238	286	328	344
500	530	118	110	129	201	306	379	459	550	632	662
600	630	185	172	216	338	514	636	770	924	1060	1110
700	720	300	280	322	505	768	950	1150	1380	1580	1660
800	820	421	392	476	746	1130	1400	1700	2040	2340	2450
1000	1020	815	759	917	1440	2180	2700	3270	3920	4500	4720
1050	1067	954	890	1050	1640	2500	3090	3740	4490	5160	5400
1200	1220	1400	1300	1570	2460	3740	4620	5590	6710	7710	8080
1400	1420	2340	2190	2470	3870	5890	7280	8820	10600	12100	12700

Таблица 5 – Нормативное продольное сжимающее температурное усилие *Q*

DN	$D_н$, мм	Нормативное продольное сжимающее температурное усилие *Q*, кН при PN, МПа									
		1,2	1,6	2,5	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	15,0	16,0
50	57	77,1	76,7	75,9	74,4	72,2	70,6	68,7	66,3	63,8	62,9
80	89	122	121	119	115	109	105	100	105	125	133
100	114	156	154	151	145	135	128	139	172	205	218
150	159	217	213	206	194	176	217	270	334	398	423
200	219	397	391	377	355	326	419	512	635	755	803
250	273	491	482	460	424	507	640	795	986	1170	1250
300	325	580	566	535	484	718	907	1130	1400	1660	1770
350	377	665	647	606	618	966	1220	1520	1880	2240	2380
400	426	745	722	669	789	1230	1560	1940	2400	2860	3040
500	530	907	871	788	1220	1910	2410	3000	3720	4430	4710
600	630	1210	1150	1080	1730	2700	3410	4230	5250	6250	6650
700	720	1700	1630	1480	2250	3520	4450	5530	6860	8170	8680
800	820	2100	2010	1830	2920	4570	5770	7170	8900	10600	11300
1000	1020	3260	3130	2840	4520	7070	8930	11100	13800	16400	17400
1050	1067	3650	3500	3170	4950	7740	9770	12100	15100	17900	19100
1200	1220	4690	4490	4060	6470	10100	12800	15900	19700	23400	24900
1400	1420	6700	6440	5850	8760	13700	17300	21500	26700	31800	33800

7 Оценка нагрузок, полученных из расчета трубопровода

7.1 Согласно требованию пункта 4.1, при проектировании трубопровода должно быть подтверждено, что воздействие усилий и моментов от трубопровода на арматуру не превышает воздействие нормативных нагрузок, предусмотренных настоящим стандартом.

В общем виде данное требование сводится к проверке выполнения условия

$$(\sigma)_{iT} \le (\sigma)_i , \qquad (35)$$

где $(\sigma)_{iT}$ - приведенные напряжения в поперечном сечении расчетной модели патрубка, вызываемые давлением среды совместно с внутренними усилиями и моментами, действующими в месте установки арматуры на трубопроводе;

$(\sigma)_i$ - напряжения, вызываемые давлением среды совместно с нормативными нагрузками.

7.2 В надземных и других трубопроводах, деформация которых не стеснена между опорами, на арматуру передаются составляющие векторов сил и моментов, вызываемых действием веса трубопровода (F_{XB}, F_{YB}, F_{ZB}, M_{XB}, M_{YB} и M_{ZB}), веса и температурной компенсации трубопровода (F_{XK}, F_{YK}, F_{ZK}, M_{XK}, M_{YK} и M_{ZK}), а также веса, температурной компенсации и сейсмическими воздействиями на трубопровод (F_{XC}, F_{YC}, F_{ZC}, M_{XC}, M_{YC} и M_{ZC}, либо, в случае сейсмичности 10 баллов, F_{XCM}, F_{YCM}, F_{ZCM}, M_{XCM}, M_{YCM} и M_{ZCM}).

Оценку нагрузок на арматуру, полученных из расчета трубопровода, допускается ограничить двумя режимами нагружения:

- сочетание давления, веса и температурной компенсации трубопровода;
- сочетания давления, веса, температурной компенсации и сейсмических воздействий.

Составляющие векторов сил и моментов, действующих в произвольной точке оси трубопровода, показаны на рисунке 1 (обобщенные обозначения F_Xi, F_Yi, F_Zi, M_Xi, M_Yi и M_Zi). Там же показана сила F_P, вызываемая действием номинального давления среды PN. Ось «x» совпадает с осью трубопровода, силы F_Xi – продольные, а силы F_Yi, F_Zi – поперечные, моменты M_Yi и M_Zi – изгибающие, а M_Xi – крутящие. Ориентация осей «y» и «z» произвольная.

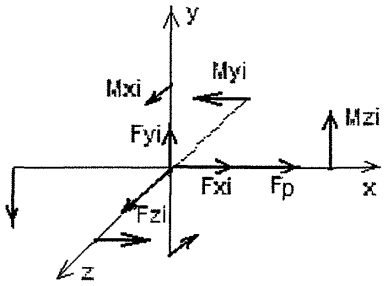

Рисунок 1

7.3 Проверка выполнения условия (35) для надземных трубопроводов упрощается, если пренебречь внутренними усилиями F_{Xi}, F_{Yi} и F_{Zi}. Погрешность данного упрощения незначительна в случае, представляющем интерес, когда напряжения $(\sigma)_{iT}$ максимальны, то есть близки к соответствующим допускаемым напряжениям. В этом случае доля усилий в напряжениях $(\sigma)_{iT}$ меньше доли моментов в десятки раз.

С учетом названного упрощения условие (35) можно представить в следующем виде (индекс *i* для краткости опущен):

$$\sqrt{(\text{Миз} + \text{Fp}\frac{\text{Dн}}{4})^2 + \text{Мкр}^2} - \text{Fp}\frac{\text{Dн}}{4} \le \text{M} \qquad (36)$$

где $M_{ИЗ}$ и $M_{КР}$ – изгибающие и крутящие моменты в месте установки арматуры на трубопроводе:

$$\text{Миз} = \sqrt{\text{My}^2 + \text{Mz}^2};\ \text{Мкр} = \text{Мх}, \qquad (37)$$

M – нормативные изгибающие моменты, значения которых даны в таблицах 1-4.

При записи условия (36) использовано приближенное равенство, следующее из формул (12) и (15):

$$\frac{\text{W}}{\text{f}} \cong \frac{\text{Dн}(1-2\frac{\delta}{\text{Dн}})}{4} \cong \frac{\text{Dн}}{4}, \qquad (38)$$

В случае, если крутящий момент *Мкр* не превышает половины изгибающего момента $Мкр \leq \frac{Миз}{2}$, условие (35) - (36) можно дополнительно упростить:

$$Миз \leq М \quad (39)$$

7.4 Для подземных и других трубопроводов, деформация которых между опорами стеснена, продольное сжимающее температурное усилие в трубе Q_T не должно превышать нормативное значение этого усилия *Q*, указанное в таблице 5:

$$Q_T \leq Q \quad (40)$$

Генеральный директор
ЗАО «НПФ «ЦКБА» В.П. Дыдычкин

Заместитель генерального директора –
главный конструктор В.А. Горелов

Заместитель директора по научной работе С.Н. Дунаевский

Начальник отдела технических расчётов А.А. Чертенков

Исполнитель:
главный специалист
отдела технических расчётов Р.А. Азарашвили

СОГЛАСОВАНО

Председатель ТК 259 М.И.Власов

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (стр.) в документе	№ документа	Вх. № документа и дата	Подпись	Дата
	изменённых	заменённых	новых	аннулированных					
—	—	7, 11	—	—	17	Поправка № 1	—		10.06. 2014
1	**—**	**с 2 по 17**	**18, 19, 20, 21**	**—**	**21**	**Изм. № 1**	**Пр. № 13 от 06.03.2015**		**01.04. 2015**

gost.e-ecolog.ru