

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚР НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РК

ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН ЖОБАЛАУ **1-8 бөлімі. Болат құбыр жолдарын жобалау**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ **Часть 1-8. Проектирование стальных трубопроводов**

ҚР НТҚ 03-04-3.1-2011
(ҚР ҚН EN 1993-4-3/2011 әзірленген)
НТП РК 03-04-3.1-2011
(к СН РК EN 1993-4-3/2011)

Ресми басылым
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің
Құрылыс, тұрғын үй–коммуналдық шаруашылық істері және жер
ресурстарын басқару комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно–коммунального
хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства
национальной экономики Республики Казахстан

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1. ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «Астана Строй-Консалтинг» ЖШС
- 2. ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3. БЕКІТІЛІП, ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1. РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА», ТОО «Астана Строй-Консалтинг»
- 2. ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органның рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	III
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	1
1.1 Область применения	1
1.2 Нормативные ссылки	3
1.3 Условия применения	4
1.4 Различие между принципами и правилами проектирования	4
1.5 Термины и определения.....	5
1.6 Обозначения.....	5
1.7 Условные обозначения осей элементов	5
2 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	6
2.1 Общие положения	6
2.2 Основные требования к трубопроводам	8
2.3 Дифференциация надежности	9
2.4 Методы анализа	9
ПРИМЕР 1 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS1 (разрыв стенки трубопровода при растяжении) по упрощенной методике, учитывающей только внутреннее давление	9
2.5 Предельные состояния по прочности.....	12
ПРИМЕР 2 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS1 (разрыв стенки трубопровода при растяжении) по методике, учитывающей влияние дополнительных воздействий на трубопровод	13
ПРИМЕР 3 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (чрезмерная потеря круглой формы сечения).....	17
ПРИМЕР 4 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (местный продольный изгиб).....	20
ПРИМЕР 5 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (растяжение стенки трубы).....	22
ПРИМЕР 6 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (сплющивание).....	25
ПРИМЕР 7 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS5 (Утечка).....	26
ПРИМЕР 8 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS5 (Утечка).....	27
2.6 Предельные состояния по пригодности к эксплуатации	28
3 СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ	29
3.1 Общие положения	29
3.2 Механические свойства трубопроводной стали.....	29
3.3 Механические свойства сварных швов	31
3.4 Требования к ударной вязкости листовых материалов и сварных швов	31
3.5 Соединительные элементы	32
3.6 Свойства грунта	34
4 ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	35
4.1 Воздействия, подлежащие рассмотрению	35
4.2 Частные коэффициенты воздействий	35

4.3 Сочетания нагрузок для предельных состояний по прочности	35
4.4 Сочетания нагрузок для расчета предельных состояний	36
5 АНАЛИЗ.....	37
5.1 Модели конструкции.....	37
5.2 Поверка предельного состояния по прочности	41
5.3 Поверка предельного состояния по пригодности к эксплуатации	43
6 АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ	45
Приложение А (<i>информационное</i>) Анализ сопротивлений, деформаций, напряжений и растяжений подземных трубопроводов	46
Приложение В (<i>информационное</i>) Библиография к национальным стандартам и руководствам по проектированию	56

ВВЕДЕНИЕ

Стратегической целью реформы системы технического регулирования, изложенной в Концепции реформирования системы технического регулирования строительной отрасли Республики Казахстан на 2010-2014 годы, является создание благоприятных условий для формирования в Республике Казахстан устойчивой высокой культуры строительства, которая является характерной чертой и показателем развитого общества.

Основным требованием к реформе является приведение строительного законодательства и нормативных технических документов в области технического регулирования в соответствие с зарубежными аналогами, применяющимися в экономически развитых странах;

Государственные нормативы в области архитектуры градостроительства и строительства Республики Казахстан должны быть усовершенствованы в соответствии с основами правового регулирования архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, законодательством и структурой управления на базе действующих в переходный период в Казахстане, а также международных нормативных правовых актов, нормативно–технических документов и иных обязательных и рекомендуемых требований, условий и ограничений.

Главная направленность государственных нормативов – обеспечение охраняемых законом потребностей граждан и общества в создании благоприятной и экологически безопасной среды обитания и жизнедеятельности при осуществлении архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, защита прав потребителей проектной и строительной продукции, обеспечение надежности и безопасности строительства, устойчивого функционирования построенных объектов при эксплуатации.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАКСТАН**

**ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН ЖОБАЛАУ. 1-8 БӨЛІМІ.
БОЛАТ ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН ЖОБАЛАУ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ. ЧАСТЬ 1-8.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Дата введения - 2015-07-01

1.1 Область применения

1.1.1 Общие сведения

1.1.1.1 Комплекс нормативно-технических пособий к строительным нормам Республики Казахстан, идентичных Еврокоду 3 (далее НТП к СН РК EN 1993) - это перечень нормативных документов, в которых даны:

- а) рекомендации по основным положениям расчета и конструирования стальных конструкций по СН РК EN 1993;
- б) разъяснения ссылочной информации;
- в) численные примеры расчета;
- г) дополнительная справочная информация.

1.1.1.2 Основополагающими документами при разработке комплекса нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993, помимо самих 20 частей СН РК EN 1993 «Проектирование стальных конструкций», являются:

- а) СН РК EN 1990 «Основы проектирования несущих конструкций»;
- б) СН РК EN 1991 «Воздействия на конструкции»;
- в) EN 1090 «Изготовление стальных и алюминиевых конструкций».

1.1.2 Область применения нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993

1.2.1.1 НТП к СН РК EN 1993 применяется для расчета и конструирования стальных конструкций зданий и сооружений гражданского назначения, выполненного согласно СН РК EN 1993.

1.1.2.2 Положения НТП к СН РК EN 1993 охватывают только требования по несущей способности, эксплуатационной пригодности, долговечности и огнестойкости стальных конструкций. Другие требования не отражены в НТП к СН РК EN 1993.

1.1.2.3 НТП к СН РК EN 1993 необходимо использовать совместно со следующими нормативными документами:

- а) НТП к СН РК EN 1990;
- б) НТП к СН РК EN 1991;
- в) НТП к СН РК EN 1992 - СН РК EN 1999, в тех частях, которые непосредственно затрагивают расчет стальных конструкций или их элементов;

НТП РК 03-04-3.1-2011

г) стандарты EN, ETAG, ETA и другие соответствующие стандарты на строительные изделия, относящиеся к стальным конструкциям.

1.1.2.4 Комплекс нормативно-технических пособий к СН РК EN состоит из 19 пособий:

- НТП к СН РК EN 1993-1 «Проектирование стальных конструкций. Общие правила» (12 пособий);
- НТП к СН РК EN 1993-2 «Проектирование стальных конструкций. Стальные мосты» (1 пособие);
- НТП к СН РК EN 1993-3 – «Проектирование стальных конструкций. Стальные башни, мачты и дымовые трубы» (1 пособие);
- НТП к СН РК EN 1993-4 «Проектирование стальных конструкций. Стальные бункера, резервуары и трубопроводы» (3 пособия);
- НТП к СН РК EN 1993-5 «Проектирование стальных конструкций. Стальные шпунты» (1 пособие);
- НТП к СН РК EN 1993-6 «Проектирование стальных конструкций. Стальные подкрановые пути» (1 пособие).

1.1.2.5 ВНТП к СН РК EN 1993-1 приведены общие рекомендации и указания по проектированию стальных конструкций, которые распространяются на НТП к СН РК EN 1993, имеющие отношение к специальным зданиям и сооружениям: НТП к СН РК EN 1993-2, НТП к СН РК EN 1993, НТП к СН РК EN 1993-4, НТП к СН РК EN 1993-5, НТП к СН РК EN 1993-6.

1.1.2.6 НТП к СН РК EN 1993-1 состоит из 12 пособий:

- НТП к СН РК EN 1993-1-1;
- НТП к СН РК EN 1993-1-2;
- НТП к СН РК EN 1993-1-3;
- НТП к СН РК EN 1993-1-4;
- НТП к СН РК EN 1993-1-5;
- НТП к СН РК EN 1993-1-6;
- НТП к СН РК EN 1993-1-7;
- НТП к СН РК EN 1993-1-8;
- НТП к СН РК EN 1993-1-9;
- НТП к СН РК EN 1993-1-10;
- НТП к СН РК EN 1993-1-11;
- НТП к СН РК EN 1993-1-12.

1.1.3 Область применения нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993-4-3

1.1.3.1 Настоящее нормативно-техническое пособие распространяется на заглубленные трубопроводы большого диаметра (в соответствии с классификацией отечественных нормативно проектированных стальных конструкций). В данном пособии, изложены правила проектирования конструкций подземных цилиндрических стальных трубопроводов для транспортировки жидких или газообразных веществ или их смесей при температуре окружающей среды. Помимо рассмотрения общих принципов

проектирования трубопроводов, рассмотрены особенности расчета и конструирования трубопроводов большого диаметра, испытывающих просадки грунтов основания, а также подземных трубопроводов пересекающих автодороги, железнодорожные пути и каналы, гидротехнические насыпные сооружения (дамбы и прочее).

1.1.3.2 Настоящее пособие состоит из 6 Разделов:

Раздел 1: Общие положения;

Раздел 2: Основы проектирования;

Раздел 3: Свойства материалов;

Раздел 4: Воздействие;

Раздел 5: Анализ;

Раздел 6: Аспекты проектирования, изготовления и монтажа.

1.1.3.3 Разделы с 1 по 6 настоящего пособия повторяют структуру норматива СН РК EN 1993.

В них даются разъяснения по разделам и пунктам СН РК EN 1993-4-3. В настоящем пособии номера пунктов к СН РК EN 1993 приведены в скобках.

1.1.3.3.1 Раздел 1 настоящего пособия содержит дополнительные указания к СН РК EN 1990.

1.1.3.3.2 Раздел 2 посвящен рассмотрению основ проектирования подземных трубопроводов большого диаметра.

1.1.3.3.3 В Разделе 3 изложены требования к свойствам материалов: трубопроводной стали, сварных швов, соединительных элементов, к ударной вязкости листовых конструкций и сварных швов, свойства грунтов основания и др.

1.1.3.3.4 В Разделе 4 рассмотрены виды воздействия, частные коэффициенты воздействия, сочетания нагрузок для расчета трубопроводов по предельным состояниям.

1.1.3.3.5 В Разделе 5 представлен анализ выбора модели конструкции, а также приведены особенности проверки предельных состояний стальных заглубленных трубопроводов.

1.1.3.3.6 Раздел 6 рассматривает особенности при выборе способов изготовления и монтажа листовых конструкций трубопроводов и устройству заводских и монтажных соединений.

1.2 Нормативные ссылки

1.2.1. В настоящем пособии ссылки на части СН РК EN 1990 - СН РК EN 1999 (основные ссылки):

- СН РК EN 1990;
- СН РК EN 1991;
- СН РК EN 1992;
- СН РК EN 1993;
- СН РК EN 1994;
- СН РК EN 1995;
- СН РК EN 1996;
- СН РК EN 1997;

НТП РК 03-04-3.1-2011

- СН РК EN 1998;
- СН РК EN 1999.

1.2.2. В настоящем пособии приведены ссылки на стандарты (вторичные ссылки):

- EN 805;
- EN 1011;
- EN 1090-2;
- EN 1295;
- EN 1594;
- EN 10208;
- EN 12007;
- EN 12732;
- EN 13445;
- EN 13480;
- EN 13941;
- EN 14161;
- ISO1000;
- ISO3183;
- EN 14870;
- ISO 13623;
- ISO 13847.

1.3 Условия применения

При применении настоящего пособия необходимо учитывать общие требования СН РК EN 1990. Кроме того, все положения настоящего пособия предполагают, что изготовление и сборка стальных конструкций выполнены согласно EN 1090.

1.4 Различия между принципами и правилами проектирования

1.4.1 Различия между принципами и правилами проектирования в настоящем пособии базируются на положениях СН РК EN 1990, где приведены различия между принципами и правилами проектирования конструкций.

1.4.2 Принципы - это такие требования, невыполнение которых не допустимо (если не указано другое).

1.4.3 Правила применения - общепринятые правила, дополняющие и поясняющие принципы.

1.5 Термины и определения

1.5.1 В настоящем пособии используются термины и определения в соответствии:
- с Пунктом 1.5 СН РК EN 1990;

- с Пунктом 1.5 (1) СН РК EN 1993-1-1;
- с Пунктом 1.3 СН РК EN 1993-1-3;
- с Пунктом 1.3 СН РК EN 1993-1-5;
- с Пунктом 1.4 СН РК EN 1993-1-8,

которые необходимы для проектирования конструкций заглубленных трубопроводов большого диаметра.

1.6 Обозначения

1.6.1 В настоящем пособии используются обозначения символов в соответствии:

- с Пунктом 1.6 СН РК EN 1990;
- с Пунктом 1.6 СН РК EN 1993-1-1;
- с Пунктом 1.4 СН РК EN 1993-1-3;
- с Пунктом 1.4 СН РК EN 1993-1-5;
- с Пунктом 1.5 СН РК EN 1993-1-8,

которые необходимы при проектировании листовых конструкций и соединения подземных трубопроводов большого диаметра.

1.6.2 В дополнение к обозначению символов, перечисленных в Пункте 1.6.1. настоящего пособия, используются символы согласно Пункту 1.8 СН РК EN 1993-4-3.

1.7 Условные обозначения осей элементов

В настоящем пособии используются аналогичное с СН РК EN 1993-1-1, СН РК EN 1993-1-3, СН РК EN 1993-1-5 и СН РК EN 1993-1-8 обозначение осей элемента.

2 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Общие положения

2.1.1.Р Проектирование трубопроводов должно соответствовать положениям, установленным в EN 1990 и EN 1991-1.

2.1.2.Р Несущую конструкцию следует проектировать и строить таким образом, чтобы она в процессе строительства и в течение проектного срока эксплуатации с необходимой надежностью и экономичностью выдерживала возможные воздействия и влияния и сохраняла требуемые эксплуатационные показатели.

2.1.3.Р При проектировании и расчете несущей конструкции необходимо учитывать:

- требуемую несущую способность;
- эксплуатационную пригодность;
- долговечность.

2.1.4.Р В случае пожара должен быть обеспечен достаточный запас несущей способности на требуемый срок противопожарной безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ См. EN 1991-1-2.

2.1.5.Р Несущую конструкцию следует проектировать и строить таким образом, чтобы при наступлении таких событий как взрыв, удар или механический отказ не возникали несоизмеримые последствия.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Указанные выше события и опасности необходимо устанавливать для каждого проекта вместе со строительной организацией и соответствующим ведомством.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Дополнительная информация содержится в EN 1991-1-7.

2.1.6.Р Возможное повреждение следует ограничить или исключить проведением соответствующего мероприятия или комплекса следующих мероприятий:

- предотвращение, исключение или снижение опасностей, которым может быть подвергнута несущая конструкция;

- применение такого вида несущей системы, которая была бы маловосприимчива к возможным опасностям;

- применение такого вида несущей системы и ее строительное исполнение, чтобы выход из строя отдельного элемента конструкции или ограниченной части несущей конструкции вследствие повреждения не приводил к полному отказу всей несущей конструкции;

- по возможности, исключение несущих систем, которые могут полностью выйти из строя без предварительных проявлений начинающегося разрушения;

- надежное соединение несущих элементов.

2.1.7 Соответствие основополагающим требованиям обеспечивается посредством:

- применения качественных строительных материалов;

- целесообразного проектирования и расчета, а также соответствующего строительного исполнения;

- проведения контроля на этапах проектирования, изготовления, строительства и эксплуатации согласно особенностям проекта.

2.1.8 Требования в Разделе 2 предусматривают проведение проектирования и расчетов в соответствии с современным уровнем развития техники и опыта проектирования.

2.1.9.Р Требуемая надежность несущих конструкций в соответствии с областью применения настоящего стандарта обеспечивается посредством:

- а) проектирования и расчета в соответствии с настоящим стандартом и EN 1991 – EN 1999

- б) качественного производства работ и проведения мероприятий по менеджменту качества.

ПРИМЕЧАНИЕ См. 2.2.5 и Приложение В EN 1990.

2.1.10 Дифференцированные уровни надежности могут применяться для обеспечения несущей способности или эксплуатационной пригодности.

2.1.11 Применяя для определенной несущей конструкции дифференцированные уровни надежности, следует учитывать следующее:

- возможные причины и формы отказа;

- возможные последствия отказа в плане сохранения жизни и безопасности людей, а также экономических убытков;
- общественное мнение к отказу;
- расходы и затраты на снижение риска отказа.

2.1.12 При определении уровня надежности для определенной несущей конструкции допускается провести как классификацию элементов несущей конструкции, так и классификацию несущей конструкции в целом.

2.1.13 Требуемый уровень запаса несущей способности или эксплуатационной пригодности может быть достигнут следующими мерами:

- а) предупреждающие или защитные мероприятия (например, устройство защиты от удара, активные или пассивные мероприятия по противопожарной безопасности, мероприятия по защите от коррозии, такие как нанесение покрытий, слоев, применение катодной защиты и т. д.);
- б) соответствующие мероприятия при расчете:
 - числовые значения для характерных значений воздействий;
 - применение в расчете частных коэффициентов безопасности;
- с) мероприятия по менеджменту качества;
- д) мероприятия по сокращению ошибок при проектировании, расчете и строительстве несущих конструкций, а также по исключению грубых ошибок;
- е) дополнительные мероприятия при проектировании несущих конструкций, учитывающие:
 - основополагающие требования;
 - жесткость конструкции (допуск повреждений);
 - долговечность в сочетании с установлением соответствующего срока эксплуатации;
- вид и объем предварительных исследований грунтов и исследование возможных влияний окружающей среды;
 - точность применяемых методов расчета;
 - конструктивное исполнение;

ф) обеспечение запланированного строительства в соответствии с нормами на производство работ, содержащимися в ссылках EN 1991 – EN 1999;

г) соответствующий контроль и техническое обслуживание согласно требованиям проектной документации.

2.1.14 Мероприятия по исключению потенциальных причин повреждений или снижению последствий повреждений допускается изменять в определенных пределах, если это не ухудшит требуемую общую надежность.

2.2 Основные требования к трубопроводам

ПРИМЕЧАНИЕ Вследствие их важности для трубопроводов, здесь приведены следующие требования EN 1991-1.

2.2.1.Р Трубопровод должен быть спроектирован и сооружен таким образом, что:

— с приемлемой вероятностью он будет оставаться подходящим для использования, для которого он предназначен, уделяя соответствующее внимание предполагаемому сроку службы и стоимости;

— с соответствующей степенью надежности он будет противостоять всем воздействиям и другим влияниям, которые могут возникнуть в процессе изготовления и использования, и иметь достаточную устойчивость относительно эксплуатационных расходов;

— не будет происходить его повреждения такими явлениями, как взрывы, влияние или последствия ошибок, связанных с человеческим фактором, до степени, несоразмерной с исходной причиной.

2.2.2.Р Потенциальное повреждение трубопроводов ограничивают или исключают, выбирая одно или несколько из следующего:

— исключение, устранение или уменьшение факторов риска, которые должна выдержать конструкция;

— выбор формы конструкции, имеющей низкую чувствительность к рассматриваемым факторам риска.

ПРИМЕЧАНИЕ Возможностями устранения повреждения (например, экскаваторами или землеройными машинами) являются: увеличение толщины стенки, увеличение почвенного покрова, применение устройств передачи сигналов на земле и применение защитных бетонных плит.

2.2.3.Р Выше установленные требования удовлетворяют посредством выбора подходящих материалов, соответствующего проекта и детализовки и определения процедур контроля для изготовления, сооружения и использования, соответствующих определенному трубопроводу.

2.3 Дифференциация надежности

2.3.1.Р Для различных типов трубопроводов можно выделить различные уровни надежности в зависимости от возможных экономических и социальных последствий их выхода из строя.

2.3.2 Выбор минимальной надежности должен быть установлен по соглашению между проектировщиком, заказчиком и соответствующим органом власти.

ПРИМЕЧАНИЕ В Национальном Приложении может быть установлен минимальный уровень надежности для различных типов трубопроводов.

2.3.3 Надежность можно выразить, исходя из факторов для проектирования и/или уровней качества для изготовления. Рекомендованные величины, установленные в настоящем стандарте, предназначены для средних требований к безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ Дифференциацию надежности смотри в EN 1998-4. Дальнейшее руководство можно получить из соответствующих стандартов, приведенных в 1.2.

2.4 Методы анализа

2.4.1.Р Методы анализа для проектирования конструкций трубопровода в настоящем стандарте должны соответствовать рассматриваемому предельному состоянию.

ПРИМЕР 1 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS1 (разрыв стенки трубопровода при растяжении) по упрощенной методике, учитывающей только внутреннее давление

Задача расчета: труба стальная категории I наружным диаметром $D_e = 600$ мм укладывается на плоское грунтовое основание с плотностью грунтов засыпки $\gamma_g = 19$ кН/м³. Марка стали L290GA по EN 10208-1. Высота засыпки $H = 8$ м. Внутреннее давление в трубопроводе $p_i = 4.8$ МПа. Перекачиваемый продукт: газ природный. Необходимо определить толщину стенки трубы и произвести проверку прочности.

2. Исходные данные:

- коэффициент условий работы трубопровода категории I, принимаемый по Таблице 7 национального стандарта (СНиП РК 3.05-01-2010), $m = 0.7$;
- коэффициент надежности по материалу, принимаемый по Таблице 8 национального стандарта (СНиП РК 3.05-01-2010), $k_1 = 1.34$;
- коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимаемый по Таблице 10 национального стандарта (СНиП РК 3.05-01-2010), $k_n = 1.15$;
- предел текучести стали $\sigma_t = 290$ МПа;
- предел прочности при растяжении $\sigma_b = 450$ МПа;
- срок службы трубопроводов – 25 лет;
- скорость коррозионного проникновения – 0,01 мм/год;
- коэффициент надежности по нагрузке γ_{f1} (внутреннее рабочее давление в трубопроводе), принимаемый по Таблице 11 национального стандарта (СНиП РК 3.05-01-2010), $\gamma_{f1} = 1.1$.

- коэффициент надежности по нагрузке γ_{f2} (вес и давление грунта), принимаемый по Таблице 11 национального стандарта СНиП РК 3.05-01-2010, $\gamma_{f2} = 1.2$.

3. Определение толщины стенки трубы

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

Наружное давление от грунта засыпки:

$$p_g = \gamma_g \cdot H \cdot 10^{-3};$$

$$p_g = 19 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0.152 \text{ МПа.}$$

Рабочее давление в трубопроводе:

$$P = \gamma_{f1} \cdot P_i - \gamma_{f2} \cdot P_g;$$

$$p = 1.1 \cdot 4.8 - 1.2 \cdot 0.152 = 5.1 \text{ МПа.}$$

Определяем расчетную толщину стенки трубопровода:

$$t = \frac{p \cdot D_e}{2(f_{u.d.} + p)}, \quad \text{где}$$

$f_{u.d.}$ – расчетное сопротивление растяжению:

$$f_{u.d.} = \frac{\sigma_s \cdot m}{k_1 k_H};$$

$$f_{u.d.} = \frac{450 \cdot 0.7}{1.34 \cdot 1.15} = 204.4 \text{ МПа.}$$

Получим:

$$t = \frac{5.1 \cdot 600}{2(204.4 + 5.1)} = 7.3 \text{ мм.}$$

Прибавка на коррозию: $\delta_k = 25 \cdot 0.01 = 0.25 \text{ мм.}$

Расчетное значение толщина стенки с прибавкой на коррозию:

$$t = 7.3 + 0.25 = 7.55 \text{ мм.}$$

В результате, принимаем толщину стенки трубы равной существующей по EN 10208 – 8 мм.

4. Проверка прочности по допускаемым напряжениям

Для определения напряжений, возникающих в трубе от действия внутреннего давления, используется расчетная модель, в которой труба рассматривается как тонкостенный сосуд, заглушенный днищами с обеих сторон (см. Рисунок 1.1).

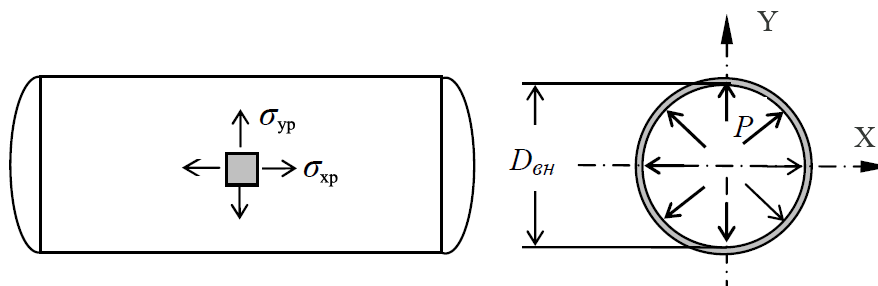


Рисунок 1.1 - Цилиндрический тонкостенный сосуд под внутренним давлением

В условиях замкнутого объема боковые стенки и днища сосуда подвергаются равномерно распределенному давлению. Выделенный из цилиндрической части прямоугольный элемент будет подвергаться растяжению в двух направлениях: напряжениями σ_{xp} по сечениям, перпендикулярным к образующим (продольные напряжения), и напряжениями σ_{yp} по сечениям вдоль образующих (кольцевые напряжения).

$$\sigma_{yp} = \frac{p \cdot (D_e - 2t)}{2 \cdot t} = \sigma_1$$

$$\sigma_{xp} = \frac{p \cdot (D_e - 2t)}{4 \cdot t} = \sigma_2$$

Получим:

$$\sigma_{yp} = \frac{5.1 \cdot (600 - 2 \cdot 8)}{2 \cdot 8} = 186.15 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{xp} = \frac{5.1 \cdot (600 - 2 \cdot 8)}{4 \cdot 8} = 93.1 \text{ МПа.}$$

Третье главное напряжение σ_3 , перпендикулярно плоскости выделенного прямоугольного элемента возникает в результате разности давлений с внутренней и наружной стороны трубы.

$$\sigma_3 = -\frac{p}{2}$$

При соотношении $t/D_e \leq 0.25$ допускается принять $\sigma_3 = 0$. В нашем случае $t/D_e = 8/600 = 0.013 < 0.25$, $\sigma_3 = 0$.

Расчетные напряжения определяются для случая плоского напряженного состояния.

$$\sigma_{e.Ed} = \sqrt{\sigma_{xp}^2 + \sigma_{yp}^2 - \sigma_{xp}\sigma_{yp}}$$

Получим:

$$\sigma_{e.Ed} = \sqrt{93.1^2 + 186.15^2 - 93.1 \cdot 186.15} = 161.62 \text{ МПа.}$$

Условие прочности:

$$\sigma_{e.Ed} \leq f_{y.d}, \text{ где}$$

$$f_{y.d} = \frac{\sigma_s}{k_1}.$$

Получим:

$$f_{y.d} = \frac{290}{1.34} = 216.42 \text{ МПа}$$

Получим:

$$161.62 < 216.42$$

Условия выполняется с коэффициентом запаса 1.163.

2.5 Предельные состояния по прочности

2.5.1.Р Основными предельными состояниями по прочности считают:

- разрыв стенки трубы;
- сплющивание (сплюснутость поперечного сечения);
- потеря статического равновесия или устойчивости трубопровода или любой из его опор;
- утечка содержимого вследствие причин, отличных от разрыва стенки трубы (например, вследствие недостаточной герметичности соединений или вследствие коррозии, приводящей к неприемлемой угрозе окружающей среде или угрозе безопасности).

2.5.2.Р Кроме того, также необходимо проверить другие значимые предельные состояния в соответствии с СН РК EN 1993.

ПРИМЕЧАНИЕ Примером другого значимого предельного состояния может быть повреждение болта в случае фланцевых соединений.

2.5.3 Основные предельные состояния по прочности можно поверить путем осуществления оценки следующих предельных состояний.

— **LS1: Разрыв:** предельное состояние, при котором возникает разрыв стенки трубы при растяжении.

— **LS2: Ограничение пластической деформации:** предельное состояние, при котором превышена предельная деформация при растяжении стенки трубы (данная предельная деформация является не свойством материала, а пределом, зависящим от способности к деформации стенки трубы со швами).

— **LS3: Деформация:** предельное состояние для чрезмерной деформации. Она может иметь несколько форм (например, чрезмерная потеря круглой формы сечения, местный продольный изгиб, сплющивание или общее упругое выпучивание трубопровода).

ПРИМЕЧАНИЕ В данных ситуациях деформации могут быть чрезмерными и неконтролируемыми, приводящими к разрыву стенки трубы.

— **LS4: Усталость:** предельное состояние излома, следующего за несколькими циклами нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ Циклическое нагружение можно разделить на два класса в соответствии с достигнутым предельным состоянием: малоцикловая усталость и многоцикловая усталость.

— **LS5: Утечка:** предельное состояние для утечки содержимого трубопровода вследствие причин, отличных от разрыва стенки трубы (например, вследствие недостаточной герметичности соединений или вследствие коррозии или деятельности третьего лица, если такая утечка приводит к неприемлемым последствиям для безопасности или здоровья людей и/или окружающей среды).

2.5.4 При оценке предельной деформации при растяжении соответствующее внимание следует уделить:

— наличию дефектов в материале трубы (в основном материале) и в соединениях (сварных швах);

— различию механических свойств основного материала и зоны сварного шва.

ПРИМЕР 2 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS1 (разрыв стенки трубопровода при растяжении) по методике, учитывающей влияние дополнительных воздействий на трубопровод

Исходные данные: труба стальная категории I наружным диаметром 600 мм укладывается на плоское грунтовое основание с различными характеристиками грунтов (см. Рисунок 2.1). Рассматриваемый участок расположен в горизонтальной плоскости. Марка стали L290GA по EN 10208-1. Высота засыпки – 8 м. Внутреннее давление в трубопроводе $p_i = 4.8$ МПа.

Перекачиваемый продукт: газ природный. На локальном участке (в зоне просадочных грунтов) трубопровод загружен дополнительным давлением $p_d = 0.4$ МПа, передаваемым через грунт от внешних воздействий. По всей длине рассматриваемого участка трубопровода имеет место крутящий момент $M_t = 50$ кНм. Необходимо выполнить проверку прочности трубопровода с учетом изгибных и касательных напряжений. Основные данные принимаются в соответствии с предыдущим примером.

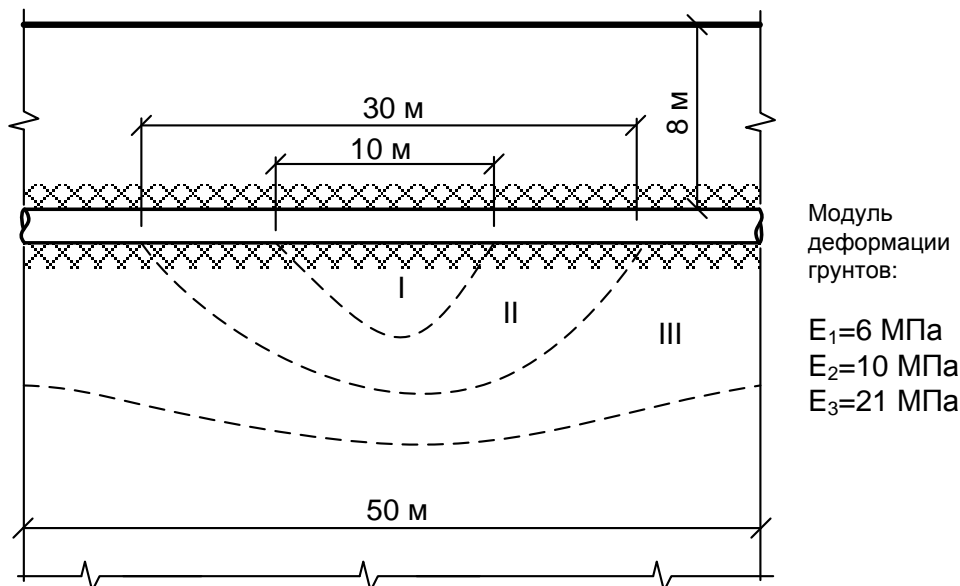


Рисунок 2.1 – Схема укладки трубопровода на участке просадки

2. Проверка прочности по эквивалентным напряжениям.

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 5.01-01-2002 «Основания зданий и сооружений» и СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

Расчетная схема участка трубопровода в случае, описанном в условии задачи, представляет собой неразрезную балку, закрепленную при помощи часто расставленных упругих связей, препятствующих перемещениям по перекося трубы. Жесткости этих связей зависят от свойств окружающего грунта, глубины заложения трубопровода, боковых и вертикальных перемещений закрепляемой точки. Как правило, эти зависимости нелинейные и определяются в процессе геологических изысканий.

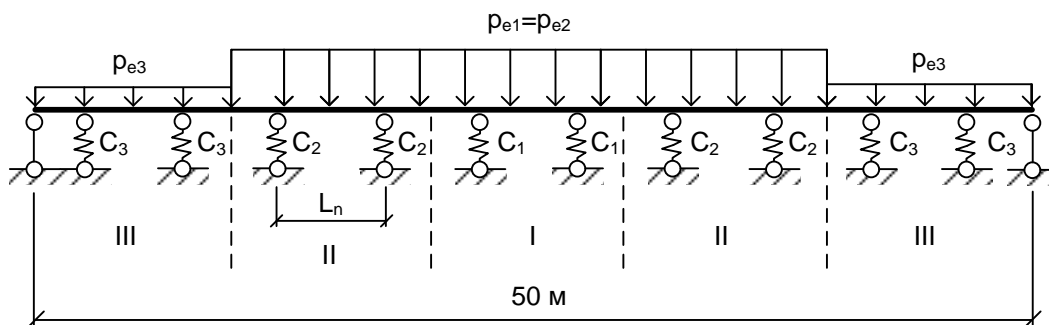


Рисунок 2.2 – Расчетная схема трубопровода на участке просадки.

НТП РК 03-04-3.1-2011

Решить задачу можно используя и нормативные характеристики грунтов. В этом случае жесткости упругих связей C_i будут постоянными, а метод их определения сводится к вычислению осадок S_i по СНиП РК 5.01-01-2002. В соответствии с этими требованиями осадка основания может определяться с использованием расчетной схемы линейно деформируемого слоя.

Жесткости связей определяем следующим образом:

$$C_i = \frac{p_e \cdot D_e \cdot L_n}{S_i}, \text{ где}$$

p_e - полное наружное давление на трубопровод:

$$p_e = p_g + p_d;$$

p_g - наружное давление от грунта засыпки (см. предыдущий пример);

L_n - расстояние между опорами;

$$S_i = \frac{p_e \cdot \gamma_{f2} \cdot k_c}{k_m} \sum_{i=1}^n \left(\frac{k_i - k_{i-1}}{E_i} \right), \text{ где}$$

k_c, k_m - коэффициенты, принимаемые по Таблице 2 и 3

(Приложение №2, СНиП РК 5.01-01-2002);

n - число слоев в пределах расчетной толщи (в нашем случае - 1);

k_i, k_{i-1} - коэффициенты, принимаемые по Таблице 4

Приложение №2, СНиП РК 5.01-01-2002);

E_i - модуль деформации i -го слоя грунта, принимаемый по Таблице 1 (Приложение №1, СНиП РК 5.01-01-2002).

Полное наружное давление на участок трубопровода:

$$p_{e1} = p_{e2} = p_g + p_d = 0.552 \text{ МПа};$$

$$p_{e3} = p_g = 0.152 \text{ МПа}.$$

Рабочее давление в трубопроводе:

$$p_1 = p_2 = \gamma_{f1} \cdot p_i - \gamma_{f2} \cdot p_{e1} = 4.618 \text{ МПа};$$

$$p_3 = \gamma_{f1} \cdot p_i - \gamma_{f2} \cdot p_{e3} = 5.1 \text{ МПа}.$$

Осадки основания в окрестности опоры:

$$S_1 = \frac{0.552 \cdot 1.2 \cdot 1}{1} \cdot \left(\frac{0.654}{6} \right) = 0.072 \text{ м};$$

$$S_2 = \frac{0.552 \cdot 1.2 \cdot 1}{1} \cdot \left(\frac{0.654}{10} \right) = 0.043 \text{ м};$$

$$S_3 = \frac{0.152 \cdot 1.2 \cdot 1}{1} \cdot \left(\frac{0.654}{28} \right) = 0.00426 \text{ м}.$$

Жесткости связей:

$$C_1 = \frac{0.552 \cdot 0.6 \cdot 5}{0.072} = 22.94 \text{ МН/м};$$

$$C_2 = \frac{0.552 \cdot 0.6 \cdot 5}{0.043} = 38.23 \text{ МН/м};$$

$$C_3 = \frac{0.152 \cdot 0.6 \cdot 5}{0.00426} = 107.03 \text{ МН/м}.$$

Нагрузка на участок расчетной схемы:

$$p_{en1} = p_{en2} = 0.552 \cdot 0.6 \cdot 1.2 = 397 \text{ кН/м};$$

$$p_{en3} = 0.152 \cdot 0.6 \cdot 1.2 = 109 \text{ кН/м}.$$

В результате расчета методом конечных элементов получен изгибающий момент в середине рассматриваемого участка трубопровода $M=644.6$ кНм.

Выделенный из цилиндрической части трубы прямоугольный элемент в данном случае будет подвергаться растяжению в двух направлениях с кручением. Полные продольные напряжения по сечениям, перпендикулярным к образующим (продольные напряжения) определяются по формуле:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \sigma_{xp} + \sigma_{xm}; \\ \sigma_{xp} &= \frac{p \cdot (D_e - 2t)}{4 \cdot t}; \\ \sigma_{xm} &= \frac{M}{\pi \cdot r^2 \cdot t}.\end{aligned}$$

Кольцевые напряжения:

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \sigma_{yp}; \\ \sigma_{yp} &= \frac{p \cdot (D_e - 2t)}{2 \cdot t}.\end{aligned}$$

Получим:

$$\begin{aligned}\sigma_{xp} &= \frac{4.618 \cdot (0.6 - 2 \cdot 8)}{4 \cdot 0.008} = 84.3 \text{ МПа}; \\ \sigma_{xm} &= \frac{644.6}{\pi \cdot 0.3^2 \cdot 0.008} = 282.9 \text{ МПа}; \\ \sigma_{yp} &= \frac{4.618 \cdot (0.6 - 2 \cdot 8)}{2 \cdot 0.008} = 84.3 \text{ МПа}; \\ \sigma_x &= 84.3 + 282.9 = 367.2 \text{ МПа}; \\ \sigma_y &= 84.3 \text{ МПа}.\end{aligned}$$

Касательные напряжения, возникающие в результате кручения:

$$\tau = \frac{M_t}{2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t}.$$

Получим:

$$\tau = \frac{50}{2 \cdot \pi \cdot 0.3^2 \cdot 0.008} = 11.05 \text{ МПа}.$$

Расчетные напряжения:

$$\sigma_{e.Ed} = \sqrt{\sigma_{xp}^2 + \sigma_{yp}^2 - \sigma_{xp} \sigma_{yp} + 3\tau^2}.$$

Получим:

$$\sigma_{e.Ed} = \sqrt{367.2^2 + 84.3^2 - 367.2 \cdot 84.3 + 3 \cdot 11.05^2} = 333.7 \text{ МПа.}$$

Условие прочности:

$$\sigma_{e.Ed} \leq f_{y.d}, \text{ где}$$

$$f_{y.d} = \frac{\sigma_e}{k_1}.$$

Получим:

$$f_{y.d} = \frac{290}{1.34} = 216.42 \text{ МПа}$$

Получим:

$$333.7 > 216.42$$

Условия не выполняется. В проекте необходимо предусматривать мероприятия по укреплению грунтов с низким модулем деформации или изменение конструкции трубопровода (например, введение жестких связей на участке с просадкой).

ПРИМЕР 3 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (чрезмерная потеря круглой формы сечения)

Задача расчета: труба стальная наружным диаметром 900 мм (0.9 м) и толщиной стенки 10 мм укладывается на плоское грунтовое основание с плотностью грунтов засыпки 19 кН/м³. Высота засыпки – 8 м (см. Рисунок 3.1). Внутреннее давление в трубопроводе 2.5 МПа. Наземный транспорт с осевой нагрузкой 260 кН.

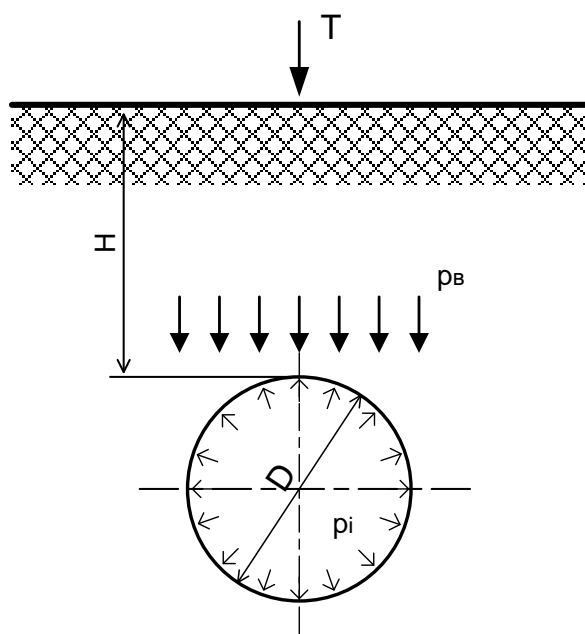


Рисунок 3.1 – Расчетная схема при расчете по предельному состоянию LS3 (чрезмерная потеря круглой формы сечения)

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

2. Исходные данные

- Плотность грунта засыпки $\gamma_g = 19 \text{ кН/м}^3$;
- Высота засыпки $H=8 \text{ м}$;
- Диаметр средней линии стенки трубы $D=0.9 \text{ м}$;
- Радиус по средней линии стенки трубы $r=D/2=0.45 \text{ м}$;
- Толщина стенки трубы $t=0.01 \text{ м}$;
- Осевая нагрузка наземного транспорта $T=260 \text{ кН}$;
- Наружный диаметр $D_e = D + t = 0.91 \text{ м}$;
- Площадь поперечного сечения трубы $A = \left(\frac{\pi D_e^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi (D_e - 2t)^2}{4} \right) = 0.028 \text{ м}^2$;
- Модуль упругости $E=210000 \text{ МПа}$;
- Длина участка с неравномерной осадкой $l=40 \text{ м}$;
- Расчетная величина предела текучести $f_{y,d} = 250 \text{ МПа}$;
- Внутреннее давление в трубопроводе $p_i = 2.5 \text{ МПа}$;
- Угол нагрузки и пеленг для Q_d и Q_i и Q_{eq} , соответственно $\alpha = 180^\circ$, $\beta = 30^\circ$, $\gamma = 30^\circ$
(Таблица А.1., СН РК EN 1993-4-3:2007/2011);
- коэффициент отклонения для непосредственного давления грунта $k_{yd} = 0.113$;
- коэффициент момента для непосредственного давления грунта $k_{md} = 0.235$;
- коэффициент отклонения для косвенного давления грунта $k_{yi} = 0.071$;
- коэффициент момента для косвенного давления грунта $k_{mi} = 0.179$;
- коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

3. Сочетания нагрузок.

В сочетание нагрузок входит внутреннее давление p_i , наружное давление от грунта засыпки p_g и давление от транспортной нагрузки p_t .

Наружное давление от грунта засыпки:

$$p_g = \gamma_g \cdot H \cdot 10^{-3} = 0.152 \text{ МПа}.$$

Наружное давление от транспортной нагрузки (Теория Буссинеска):

$$p_t = 0.478 \frac{T \cdot 10^{-3}}{H^2} = 1.942 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}.$$

Полное наружное давление на трубопровод:

$$p_e = p_g + p_t = 0.154 \text{ МПа}.$$

4. Параметр потери круглой формы сечения

Параметр потери круглой формы сечения a ограничен до величины a_{\max} :

$$a_{\max} = x \cdot D_e.$$

Величина $x = 0.05$ в соответствии с рекомендациями СН РК EN 1993-4-3:2007/2011.

$$a = a_{\max} = 0.046 \text{ м}.$$

5. Определение расчетной потери круглой формы

Рабочее давление в трубопроводе:

$$p = p_i - p_e = 2.346 \text{ МПа.}$$

Жесткость при изгибе стенки трубы на единицу длины:

$$EI_w = \frac{E \cdot t^3}{12(1 - \nu^2)} = 0.019 \text{ МНм.}$$

Теоретическая величина давления сплющивания:

$$p_{cr} = \frac{3 \cdot EI_w}{r^3} = 0.633 \text{ МПа.}$$

Коэффициент восстановления первоначальной конфигурации:

$$f_{rr} = \frac{p_{cr}}{p_{cr} + p} = 0.213.$$

Момент изгиба в трубопроводе, который представляют в качестве балки:

$$M = \frac{p_e \left(D - 2r \cdot l^2 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \right)}{8} = 9.69 \text{ МНм.}$$

Кривизна вследствие изгиба:

$$C = \frac{M}{E \cdot t \cdot \pi \cdot r^3} = 0.016 \text{ 1/м.}$$

Непосредственно передаваемое давление грунта:

$$Q_d = p_e \cdot \gamma_f = 0.214 \text{ МПа.}$$

Величина $\gamma_f = 1/39$ в соответствии с рекомендациями СН РК EN 1993-4-3:2007/2011.

Косвенно передаваемое давление грунта:

$$Q_i = \frac{3 \cdot Q_d}{4 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = 0.247 \text{ МПа.}$$

Потеря круглой формы, вызванная непосредственным давлением грунта:

$$a_{qd,el} = 0.5 \cdot k_{yd} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r} \right) \cdot f_{rr} = 0.018 \text{ м.}$$

Потеря круглой формы, вызванная косвенным давлением грунта:

$$a_{qd,il} = 0.5 \cdot k_{yi} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r} \right) \cdot f_{rr} = 0.011 \text{ м.}$$

Потеря круглой формы, вызванная искривлением:

$$a_{c,el} = C^2 \frac{r^5}{d^2} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r} \right) \cdot f_{rr} = 0.013 \text{ м.}$$

Полные потери круглой формы:

$$a_{el} = a_{qd,el} + a_{qd,il} + a_{c,el} = 0.043 \text{ м.}$$

6. Проверка несущей способности по предельному состоянию LS3 (чрезмерная потеря круглой формы сечения)

Условие прочности:

$$a_{el} \leq a.$$

Условие выполняется ($0.043 < 0.046$) с коэффициентом запаса 1.07.

ПРИМЕР 4 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (местный продольный изгиб)

Задача расчета: труба стальная наружным диаметром 650 мм (0.65 м) и толщиной стенки 10 мм укладывается на плоское грунтовое основание с плотностью грунтов засыпки 25 кН/м^3 . Высота засыпки – 2.5 м (см. Рисунок 4.1). Внутреннее давление в трубопроводе 2.5 МПа.

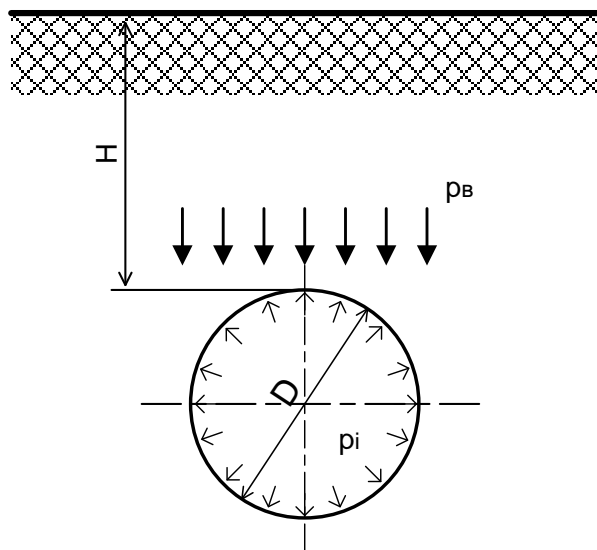


Рисунок 4.1 – Расчетная схема при расчете по предельному состоянию LS3 (местный продольный изгиб)

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

2. Исходные данные

- Плотность грунта засыпки $\gamma_g = 25 \text{ кН/м}^3$;
- Высота засыпки $H=2.5 \text{ м}$;
- Диаметр средней линии стенки трубы $D=0.65 \text{ м}$;
- Радиус по средней линии стенки трубы $r=D/2=0.325 \text{ м}$;
- Толщина стенки трубы $t=0.01 \text{ м}$;
- Наружный диаметр $D_e = D + t = 0.66 \text{ м}$;
- Площадь поперечного сечения трубы $A = \left(\frac{\pi D_e^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi (D_e - 2t)^2}{4} \right) = 0.02 \text{ м}^2$;
- Модуль упругости $E=210000 \text{ МПа}$;
- Длина участка с неравномерной осадкой $l=40 \text{ м}$;
- Расчетная величина предела текучести $f_{y,d} = 250 \text{ МПа}$;
- Внутреннее давление в трубопроводе $p_i = 2.5 \text{ МПа}$;

НТП РК 03-04-3.1-2011

- Угол нагрузки и пеленг для Q_d и Q_i и Q_{eq} , соответственно $\alpha = 180^\circ$, $\beta = 30^\circ$, $\gamma = 30^\circ$ (Таблица А.1., СН РК EN 1993-4-3:2007/2011);
- коэффициент отклонения для непосредственного давления грунта $k_{yd} = 0.113$;
- коэффициент момента для непосредственного давления грунта $k_{md} = 0.235$;
- коэффициент отклонения для косвенного давления грунта $k_{yi} = 0.071$;
- коэффициент момента для косвенного давления грунта $k_{mi} = 0.179$;
- коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

3. Сочетания нагрузок.

В сочетание нагрузок входит внутреннее давление p_i и наружное давление от грунта засыпки p_g .

Наружное давление от грунта засыпки:

$$p_g = \gamma_g \cdot H \cdot 10^{-3} = 0.063 \text{ МПа.}$$

Полное наружное давление на трубопровод:

$$p_e = p_g = 0.063 \text{ МПа.}$$

4. Определение расчетной потери круглой формы

Рабочее давление в трубопроводе:

$$p = p_i - p_e = 2.438 \text{ МПа.}$$

Жесткость при изгибе стенки трубы на единицу длины:

$$EI_w = \frac{E \cdot t^3}{12(1 - \nu^2)} = 0.019 \text{ МНм.}$$

Теоретическая величина давления сплющивания:

$$p_{cr} = \frac{3 \cdot EI_w}{r^3} = 1.681 \text{ МПа.}$$

Коэффициент восстановления первоначальной конфигурации:

$$f_{rr} = \frac{p_{cr}}{p_{cr} + p} = 0.408.$$

Момент изгиба в трубопроводе, который представляют в качестве балки:

$$M = \frac{p_e \left(D - 2r \cdot l^2 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \right)}{8} = 2.841 \text{ МНм.}$$

Кривизна вследствие изгиба:

$$C = \frac{M}{E \cdot t \cdot \pi \cdot r^3} = 0.013 \text{ 1/м.}$$

Непосредственно передаваемое давление грунта:

$$Q_d = p_e \cdot \gamma_f = 0.214 \text{ МПа.}$$

Величина $\gamma_f = 1/39$ в соответствии с рекомендациями СН РК EN 1993-4-3:2007/2011.

Косвенно передаваемое давление грунта:

$$Q_i = \frac{3 \cdot Q_d}{4 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = 0.087 \text{ МПа.}$$

Потеря круглой формы, вызванная непосредственным давлением грунта:

$$a_{qd,el} = 0.5 \cdot k_{yd} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r}\right) \cdot f_{rr} = 5.38 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Потеря круглой формы, вызванная косвенным давлением грунта:

$$a_{qd,il} = 0.5 \cdot k_{yi} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r}\right) \cdot f_{rr} = 3.381 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Потеря круглой формы, вызванная искривлением:

$$a_{c,el} = C^2 \frac{r^5}{d^2} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r}\right) \cdot f_{rr} = 0.04 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Полные потери круглой формы:

$$a_{el} = a_{qd,el} + a_{qd,il} + a_{c,el} = 0.012 \text{ м.}$$

5. Определение критической величины деформации при местном продольном изгибе трубопровода

Радиус местного искривления:

$$r_0 = \frac{r}{1 - \frac{3a}{r}} = 0.365 \text{ м.}$$

Критическая величина деформации при местном продольном изгибе

$$\varepsilon_{cr} = 0.25 \frac{t}{r_0} - 0.0025 + 3000 \left(\frac{P \cdot r_0}{Et} \right)^2 = 4.354 \cdot 10^{-3}.$$

6. Максимальная деформация (продольные усилия в пределах рассматриваемого участка трубопровода отсутствуют, $\varepsilon_{xN} = 0$) при местном продольном изгибе:

$$\varepsilon_{xC} = C \cdot r;$$

$$\varepsilon_{xC} = 0.016 \cdot 0.45 = 4.078 \cdot 10^{-3}.$$

Условие предельного состояния:

$$\varepsilon_{xC} \leq \varepsilon_{cr};$$

$$4.078 \cdot 10^{-3} < 4.354 \cdot 10^{-3} - \text{условие выполняется с коэффициентом запаса 1.06.}$$

ПРИМЕР 5 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (растяжение стенки трубы)

Задача расчета: труба стальная наружным диаметром 800 мм (0.8 м) и толщиной стенки 10 мм укладывается на плоское грунтовое основание с плотностью грунтов засыпки 20 кН/м³. Высота засыпки – 4 м (см. Рисунок 5.1). Внутреннее давление в трубопроводе 3 МПа.

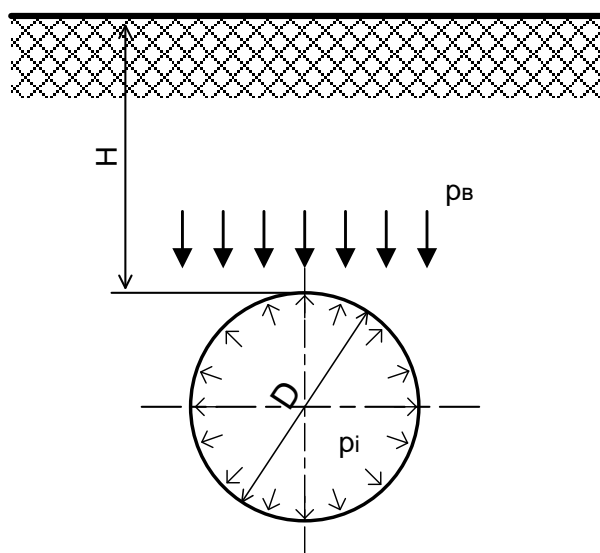


Рисунок 5.1 – Расчетная схема при расчете по предельному состоянию LS3 (растяжение стенки трубы)

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

2. Исходные данные

- Плотность грунта засыпки $\gamma_g = 20 \text{ кН/м}^3$;
- Высота засыпки $H=4 \text{ м}$;
- Диаметр средней линии стенки трубы $D=0.8 \text{ м}$;
- Радиус по средней линии стенки трубы $r=D/2=0.4 \text{ м}$;
- Толщина стенки трубы $t=0.01 \text{ м}$;
- Наружный диаметр $D_e = D + t = 0.81 \text{ м}$;
- Площадь поперечного сечения трубы $A = \left(\frac{\pi D_e^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi (D_e - 2t)^2}{4} \right) = 0.025 \text{ м}^2$;
- Модуль упругости $E=210000 \text{ МПа}$;
- Длина участка с неравномерной осадкой $l=40 \text{ м}$;
- Расчетная величина предела текучести $f_{y,d} = 250 \text{ МПа}$;
- Внутреннее давление в трубопроводе $p_i = 3 \text{ МПа}$;
- Угол нагрузки и пеленг для Q_d и Q_i и Q_{eq} , соответственно $\alpha = 180^\circ$, $\beta = 30^\circ$, $\gamma = 30^\circ$ (Таблица А.1., СН РК EN 1993-4-3:2007/2011);
- коэффициент отклонения для непосредственного давления грунта $k_{yd} = 0.113$;
- коэффициент момента для непосредственного давления грунта $k_{md} = 0.235$;
- коэффициент отклонения для косвенного давления грунта $k_{yi} = 0.071$;
- коэффициент момента для косвенного давления грунта $k_{mi} = 0.179$;
- коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$.

3. Сочетания нагрузок

В сочетании нагрузок входит внутреннее давление p_i и наружное давление от грунта засыпки p_g .

Наружное давление от грунта засыпки:

$$p_g = \gamma_g \cdot H \cdot 10^{-3} = 0.08 \text{ МПа.}$$

Полное наружное давление на трубопровод:

$$p_e = p_g = 0.08 \text{ МПа.}$$

4. Определение расчетной потери круглой формы

Рабочее давление в трубопроводе:

$$p = p_i - p_e = 2.92 \text{ МПа.}$$

Жесткость при изгибе стенки трубы на единицу длины:

$$EI_w = \frac{E \cdot t^3}{12(1 - \nu^2)} = 0.019 \text{ МНм.}$$

Теоретическая величина давления сплющивания:

$$p_{cr} = \frac{3 \cdot EI_w}{r^3} = 0.901 \text{ МПа.}$$

Коэффициент восстановления первоначальной конфигурации:

$$f_{rr} = \frac{p_{cr}}{p_{cr} + p} = 0.236.$$

Момент изгиба в трубопроводе, который представляют в качестве балки:

$$M = \frac{p_e \left(D - 2r \cdot l^2 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \right)}{8} = 4.476 \text{ МНм.}$$

Кривизна вследствие изгиба:

$$C = \frac{M}{E \cdot t \cdot \pi \cdot r^3} = 0.011 \text{ 1/м.}$$

Непосредственно передаваемое давление грунта:

$$Q_d = p_e \cdot \gamma_f = 0.111 \text{ МПа.}$$

Величина $\gamma_f = 1/39$ в соответствии с рекомендациями СН РК EN 1993-4-3:2007/2011.

Косвенно передаваемое давление грунта:

$$Q_i = \frac{3 \cdot Q_d}{4 \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = 0.128 \text{ МПа.}$$

Потеря круглой формы, вызванная непосредственным давлением грунта:

$$a_{qd,el} = 0.5 \cdot k_{yd} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r} \right) \cdot f_{rr} = 7.416 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Потеря круглой формы, вызванная косвенным давлением грунта:

$$a_{qd,il} = 0.5 \cdot k_{yi} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r} \right) \cdot f_{rr} = 4.66 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Потеря круглой формы, вызванная искривлением:

$$a_{c,el} = C^2 \frac{r^5}{d^2} \left(1 + \frac{3 \cdot a}{r} \right) \cdot f_{rr} = 3.54 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Полные потери круглой формы:

$$a_{el} = a_{qd,el} + a_{qd,il} + a_{c,el} = 0.016 \text{ м.}$$

5. Определение критической величины деформации при растяжении стенки трубы
Критическая величина деформации при растяжении стенки трубы

$$\varepsilon_{yield} = f_y / E = 1.19 \cdot 10^{-3};$$

6. Максимальная деформация при растяжении стенки трубы

$$\varepsilon_{y-max} = -\frac{k_{md}}{k_{yd}} \cdot \frac{t}{r^2} \cdot a_{el} + \frac{k_{mi}}{k_{yi}} \cdot \frac{t}{r^2} \cdot a_{el} + \frac{p \cdot r}{E \cdot t} = 9.871 \times 10^{-4}.$$

Условие предельного состояния:

$$\varepsilon_{y-max} \leq \varepsilon_{yield};$$

$$9.871 \cdot 10^{-4} < 1.19 \times 10^{-3} - \text{условие выполняется с коэффициентом запаса 1.2.}$$

ПРИМЕР 6 (продолжение Примера 3) Расчет трубопровода по предельному состоянию LS3 (сплющивание)

Исходные данные: труба стальная наружным диаметром 900 мм (0.9 м) и толщиной стенки 10 мм укладывается на плоское грунтовое основание с плотностью грунтов засыпки 19 кН/м³. Высота засыпки – 8 м. Внутреннее давление в трубопроводе 2.5 МПа. Наземный транспорт с осевой нагрузкой 260 кН.

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

2. Определение критической величины деформации при сплющивании

В соответствии с EN 1993-1-6 Допуск на сплющивание должен оцениваться параметром U_r , вычисляемым по формуле:

$$U_r = \frac{d_{max} - d_{min}}{d},$$

где d_{max} - максимальный измеренный внутренний диаметр; d_{min} - минимальный измеренный внутренний диаметр; d – номинальный внутренний диаметр. За измеренный внутренний диаметр от заданной точки следует принимать наибольшее расстояние поперек оболочки от этой точки до любой другой точки с той же осевой координатой. Для определения максимального и минимального значений необходимо выполнить соответствующее количество измерений диаметров.

$$U_{r,max} = 0.010 + 0.0133(1.25 - d) = 0.015.$$

Условие предельного состояния:

$$U_r \leq U_{r,max};$$

$$U_r = \frac{0.911 - 0.898}{0.9} = 0.014$$

0.014 < 0.015 - условие выполняется.

ПРИМЕР 7 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS5 (Утечка)

Исходные данные: сквозное коррозионное отверстие площадью 4 мм² образовалось в стенке магистрального трубопровода (D = 377×7 мм) перекачивающего жидкость плотностью (ρ = 840 кг/м³). Сечение, в котором образовалось отверстие, отстоит на расстоянии X=56 км от перекачивающей станции участка (L = 125 км, z_н = 100 м, z_к = 60 м) трубопровода и имеет высотную отметку z* = 180 м. Предположительная давность аварии T=20 суток. Необходимо определить количество жидкости, которое вытекло из трубопровода за это время, если известно давление в начале участка p_н = 4,5 МПа и в конце участка p_к=0.3 МПа. Необходимо оценить предельное состояние трубопровода по утечке вследствие коррозии.

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

2. Определение гидравлического уклона

Гидравлический уклон *i* на рассматриваемом участке определяется по следующей зависимости:

$$i = (H_n - H_k) / L, \text{ где}$$

$$H_n = z_n + \frac{p_n \times 10^6}{\rho \cdot g}$$

$$H_k = z_k + \frac{p_k \times 10^6}{\rho \cdot g}$$

Получим:

$$H_n = 100 + \frac{4.5 \times 10^6}{840 \cdot 9.81} = 646.1 \text{ м};$$

$$H_k = 60 + \frac{0.3 \times 10^6}{840 \cdot 9.81} = 96.4 \text{ м};$$

$$i = (646.1 - 96.4) / 125000 = 4.4 \cdot 10^{-3} \text{ или } 4.4 \text{ м/км.}$$

3. Определение расхода утечки и утечки во времени

Далее определяем напор H^* в месте аварии:

$$H^* = H_n - i \cdot X;$$

$$H^* = 646.1 - 4.4 \cdot 56 = 399.7 \text{ м.}$$

Теперь находим противонапор в месте аварии:

$$H_0 = z^* + \frac{p_{атм}}{\rho \cdot g};$$

$$H_0 = 180 + 101300 / (840 \cdot 9.81) = 192.3 \text{ м.}$$

Таким образом, на отверстии имеется перепад напоров:

$$\Delta H = \frac{P_{\text{внут}} - P_{\text{внеш.}}}{\rho \cdot g} = H^* - H_0;$$

$$\Delta H = 399.7 - 192.3 = 207.4 \text{ м.}$$

Затем рассчитываем расход утечки и утечку:

$$q = \mu \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H},$$

где μ - коэффициент расхода (для отверстий в тонких стенках принимают $\mu = 0,62$).

Получим:

$$q = 0.62 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 207.4} = 1.582 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q = 1.582 \cdot 10^{-4} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 20 = 273.37 \text{ м}^3.$$

Оценка предельного состояния:

$$Q \leq Q_{\text{max}};$$

$273.37 > 20$ - условие не выполняется.

ПРИМЕР 8 Расчет трубопровода по предельному состоянию LS5 (Утечка)

Исходные данные: в середине 2-км трубопровода ($D=219 \times 6$ мм) образовалось коррозионное отверстие ($d = 1$ мм), через которое жидкость ($\rho=740 \text{ кг/м}^3$, $p=70 \text{ кПа}$) вытекала в течение суток. Необходимо определить объем вытекшей жидкости, если известно, что трубопровод состоит из двух равных по длине прямолинейных сегментов, наклоненных к середине участка под углом 3° ($\sin 3^\circ=0,052$), что первоначально трубопровод был заполнен полностью и что упругостью трубы и паров жидкости можно пренебречь.

Формулы для расчета и коэффициенты принимаются в соответствии с: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986 (см. Приложение А); СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

2. Определение времени снижения уровня жидкости.

Для решения задачи используем формулу, представляющую время, за которое уровень жидкости в трубопроводе опустится на определенную величину (z_1-z_2):

$$t_{1-2} = \frac{2S_0}{\mu s \sqrt{2g}} \left(\sqrt{z_1 - p_g / \rho g} - \sqrt{z_2 - p_g / \rho g} \right),$$

где μ - коэффициент расхода (для отверстий в тонких стенках принимаем $\mu = 0,62$).

В данном случае площадь сечения трубы необходимо удвоить, поскольку истечение происходит из двух симметричных сегментов:

$$S_0 = 2 \cdot (3.14 \cdot 0.207^2 / 4) = 0.06727 \text{ м}^2.$$

Далее имеем:

$$s = 3.14 \cdot 0.001^2 / 4 = 0.785 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$\mu = 0.62;$$

$$p_g / \rho g = (98100 - 70000) / (740 \cdot 9.81) = 3.87 \text{ м};$$

$$z_1 = 1000 \cdot \sin 3^\circ = 52 \text{ м};$$

$$t_{1-2} = 24 \cdot 3600 = 86400 \text{ с.}$$

Подставляя эти значения в уравнение получаем:

$$86400 = \frac{2 \cdot 0.06727}{0.62 \cdot 0.785 \cdot 10^{-6} \sqrt{2 \cdot 9.81}} (\sqrt{52 - 3.87} - \sqrt{z_2 - 3.87}).$$

Далее находим: $z_2 = 34.71$ м.

Полученное означает, что по окончании суток уровень жидкости в трубопроводе снизится с 52 до 34.71 м. При этом трубопровод останется заполненным жидкостью на 667.5 м вправо и влево от отверстия ($34.71/\sin 3^\circ = 667.5$).

3. Оценка предельного состояния.

Объем утечки жидкости из трубопровода в данном случае.

$$V = (1000 - 667.5) \cdot 0.06727 = 22.37 \text{ м}^3$$

Условие предельного состояния:

$$Q \leq Q_{max};$$

$22.37 > 20$ - условие не выполняется.

2.6 Предельные состояния по пригодности к эксплуатации

2.6.1 Соответствующими основными критериями для предельных состояний по пригодности к эксплуатации являются:

— **LS6: деформации**, которые оказывают отрицательное влияние на эффективное использование трубопровода: потеря круглой формы сечения и прогиб.

— **LS7: вибрации**, которые вызывают неудобства и оказывают отрицательное влияние на опоры или другие части трубопровода.

— **LS8: утечка содержимого**, не приводящая к неприемлемой угрозе окружающей среде или безопасности.

3 СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

3.1 Общие положения

3.1.1.Р Сталь, используемая для трубопроводов, должна иметь отвечающие требованиям механические свойства и быть подходящей для сваривания.

3.1.2 Настоящий стандарт устанавливает требования к механическим свойствам плит и сварных швов только относительно механических свойств. Для получения дальнейшего и более подробного руководства и требований к материалам и свариванию ссылаются на соответствующие стандарты, приведенные в 1.2.

3.1.3 Номинальные величины свойств материала, установленные в настоящем стандарте, принимают за собственные значения в расчетах конструкции.

3.2 Механические свойства трубопроводной стали

3.2.1.Р За номинальную величину предела текучести $f_{y,nom}$ и предела прочности на растяжение $f_{u,nom}$ принимают установленные минимальные величины $f_{y,min}$ и $f_{u,min}$ в соответствующем стандарте, приведенном в 1.2. За расчетные величины предела текучести $f_{y,d}$ и предела прочности на растяжение $f_{u,d}$ принимают:

$$f_{y,d} = f_{y,nom} / \gamma_M \quad (3.1)$$

$$f_{u,d} = f_{u,nom} / \gamma_M \quad (3.2)$$

где γ_M — частный коэффициент безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ Частный коэффициент γ_M установлен в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $\gamma_M = 1,00$.

3.2.2.Р Должны быть установлены максимальные величины предела текучести $f_{y,max}$ и предела прочности на растяжение $f_{u,max}$, и они не должны превышать Δf более, чем на заданные минимальные величины $f_{y,min}$ и $f_{u,min}$.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина Δf для различия между данными величинами прочности может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $\Delta f = 50$ МПа.

3.2.3 Для обеспечения отвечающей требованиям вязкости отношение предела прочности на растяжение к пределу текучести $f_{u,nom} / f_{y,nom}$ стали должно составлять не менее $f_{u,min} / f_{y,min}$.

ПРИМЕЧАНИЕ Численная величина u_u для отношения между данными величинами прочности может быть представлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $f_{u,min} / f_{y,min} = 1,1$.

3.2.4 Предельная деформация ε_u , основанная на удлинении при разрыве на рабочей длине, составляющей $5,65\sqrt{A_0}$, где A_0 — исходная площадь поперечного сечения, должна составлять не менее $\varepsilon_{u,min}$.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина $\varepsilon_{u,min}$ для предельной деформации ε_u может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $\varepsilon_{u,min} = 20\%$.

3.2.5.Р Материал должен иметь достаточную ударную вязкость во избежание хрупкого излома при наименьшей рабочей температуре, которую ожидают в пределах предполагаемого срока службы конструкции.

3.2.6 Трубы должны как минимум соответствовать требованиям стандарта EN 10208-2 к ударной вязкости. Для других строительных элементов трубопровода с номинальным диаметром более DN 150 необходимо провести испытание образца основного материала с V-образным надрезом по Шарпи, а также испытание ударной вязкости заводских сварных швов; при этих испытаниях должны быть достигнуты следующие минимальные значения ударной вязкости:

- 27 Джоулей (среднее значение) 20 Джоулей (единичное значение) для труб и фасонных деталей из марок стали с предельным удлинением при общем удлинении 0,5% (точно определенное минимальное значение) до 360 Н/мм² и для всех остальных элементов трубопровода;

Пример: арматура и фланцы

- 40 Джоулей (среднее значение) 30 Джоулей (единичное значение) для труб и фасонных деталей из марок стали с предельным удлинением при общем удлинении 0,5% (точно определенное минимальное значение) выше 360 Н/мм².

3.2.7 Для выполнения требований к предотвращению хрупкого излома сварных строительных элементов (сварной шов и околошовная зона (зона термического влияния)) необходимо использовать подходящие улучшенные методы сварки, чтобы гарантировать достижение заданных значений устойчивости к хрупкому излому.

3.2.8 Согласно EN 1594, если отсутствуют образцы в натуральную величину, ударная вязкость рассчитывается по следующей формуле:

$$KV = \frac{8 \times 10KV_p}{S_p}$$

Где:

KV - минимальная ударная вязкость для полного образца в джоулях (Дж);

KV_p - измеренная ударная вязкость в джоулях (Дж);

S_p - поперечное сечение образца под надрезом в квадратных миллиметрах (мм²).

3.2.9. Образцы меньшего размера испытываются при толщине стенок большей или равной 5 мм, причем выравнивание образцов не допускается.

3.3 Механические свойства сварных швов

3.3.1.Р Необходимо показать, что при возникновении деформации стенки трубы пластическая деформация возникает в материале листа, а не в зоне сварного шва.

3.3.2 Можно предположить, что выше установленное требование удовлетворено, если номинальная величина предела текучести наплавленного металла сварного шва, по меньшей мере, на $x\%$ выше заданного максимального предела текучести листа или материала трубы.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина x может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $x = 15 \%$.

3.3.3 Пластичность наплавленного металла сварного шва, включая эффект допустимых разрывов сварного шва, должна быть такой, чтобы зона сварного шва могла выдерживать деформацию, по меньшей мере, e %.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина деформации e может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $e = 2$ %.

4. Предел прочности наплавленного металла сварного шва должен быть, по меньшей мере, на y % выше заданного максимального предела прочности листа или материала трубы.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина y может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $y = 15$ %.

3.4 Требования к ударной вязкости листовых материалов и сварных швов

3.4.1 Требования к вязкости перед изломом листовых материалов и сварных швов, установленные в предыдущих частях, можно наглядно показать с помощью применения соответствующих методов, как установлено в EN 1594.

ПРИМЕЧАНИЕ Допустимо использовать Европейский стандарт по требованиям к ударной вязкости для листовых материалов трубопроводов с зонами сварных швов и допустимыми разрывами, BS 7910:1999 «Руководство по методам оценки приемлемости дефектов в металлических конструкциях, с поправками октябрь 2000» Британский институт стандартов или другие национальные документы.

3.4.2 Положения настоящего стандарта применяют только в том случае, если качество материала трубы и сварных швов удовлетворяет требованиям, установленным в EN 1594 или EN 12732, в зависимости от обстоятельств.

3.4.3 Предельную пластическую деформацию при растяжении $\varepsilon_{\ell, Rk}$ (LS2) определяют следующим образом:

$$\varepsilon_{\ell, Rk} = z \% \quad (3.3)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Величина z может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является $z = 0,5$ %.

3.5 Соединительные элементы

3.5.1 Расчетная несущая способность всех соединений должна удовлетворять всем основным требованиям, приведенным в настоящем техническом кодексе и в СН РК EN 1993-1-1.

3.5.2 Частные коэффициенты безопасности γ_M для соединений приведены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Частные коэффициенты безопасности для соединений

Несущая способность элементов и поперечных сечений	γ_{M0}, γ_{M1} и γ_{M2} , см. СН РК EN 1993-1-1
Несущая способность болтов	γ_{M2}
Несущая способность заклепок	
Несущая способность штифтов	
Несущая способность сварных швов	
Несущая способность пластин на смятие	
Несущая способность на сдвиг контактных поверхностей: в предельном состоянии по несущей способности (категория С) в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности (категория В)	γ_{M3} $\gamma_{M3,ser}$
Несущая способность инъекционных болтов на смятие	γ_{M4}
Несущая способность узлов ферм из замкнутых профилей	γ_{M5}
Несущая способность штифтов в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности	$\gamma_{M6,ser}$
Предварительное натяжение высокопрочных болтов	γ_{M7}
Несущая способность бетонных элементов	γ_c , см. EN 1992

ПРИМЕЧАНИЕ Численные значения коэффициентов безопасности γ_M могут быть определены в Национальном Приложении. Рекомендуются следующие значения: $\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$ и $\gamma_{M3,ser} = 1,1$; $\gamma_{M4} = 1,0$; $\gamma_{M5} = 1,0$; $\gamma_{M6,ser} = 1,0$; $\gamma_{M7} = 1,1$.

3.5.3 Соединения, подверженные усталостным нагрузкам, должны удовлетворять также принципам согласно СН РК EN 1993-1-9.

3.5.4 Силы и моменты, приложенные к соединениям в предельном состоянии по несущей способности, следует определять согласно принципам СН РК EN 1993-1-1.

3.5.5 Несущую способность соединения следует определять, исходя из несущих способностей его основных компонентов.

3.5.6 При расчете соединений можно применять линейно-упругий или упруго-пластический расчет.

3.5.7 Если для восприятия усилия среза используются крепежные детали различной жесткости, то расчетная нагрузка должна быть воспринята крепежными деталями наибольшей жесткости. Исключение из этого правила расчета приведено в 3.9.3 СН РК EN 1993-1-8.

3.5.8 Соединения следует рассчитывать на основе реалистичной предпосылки о распределении внутренних сил и моментов. Для определения распределения внутренних усилий используются следующие предпосылки:

а) внутренние силы и моменты, принимаемые при расчете, находятся в равновесии с силами и моментами, приложенными к соединению;

б) каждый элемент соединения обладает достаточной несущей способностью для восприятия внутренних сил и моментов;

в) деформации, соответствующие принятому распределению, не превышают предельные деформации крепежных деталей или сварных швов и соединяемых деталей;

г) допускаемое распределение внутренних усилий должно быть реалистичным по отношению к погонным жесткостям в пределах соединения;

д) деформации, допускаемые в любой расчетной модели при упруго-пластическом расчете, основаны на вращениях жесткого тела и/или на физически возможных деформациях в плоскости;

е) каждая используемая модель согласуется с оценкой результатов испытаний (см. EN 1990).

3.5.9 Если соединение, работающее на сдвиг, подвержено ударному воздействию или значительной вибрации, следует использовать один из следующих способов соединения:

- сварка;
- болты с запорным устройством;
- болты с предварительным натяжением;
- инъекционные болты;
- другие типы болтов, которые эффективно препятствуют сдвигу соединенных частей;
- заклепки.

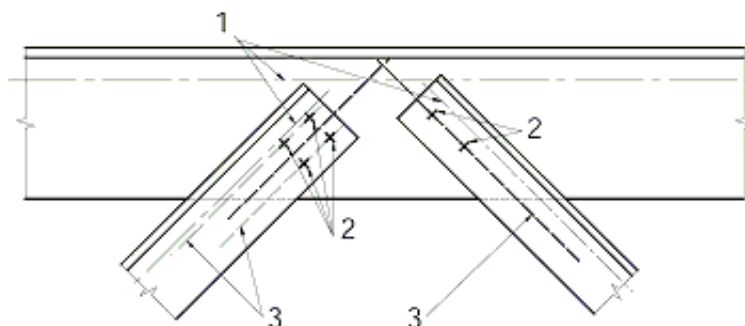
3.5.10 Если в соединении не допускается сдвиг контактных поверхностей (при действии переменной нагрузки или по любой другой причине), следует применять болты с предварительным натяжением в соединениях категории В или С (см. 3.4 СН РК EN 1993-1-8), призонные болты (см. 3.6.1 СН РК EN 1993-1-8), заклепки или сварку.

3.5.11 Для ветровых связей и/или связей, обеспечивающих устойчивость в соединениях категории А допускается применение болтов.

3.5.12 При наличии эксцентриситета в узле, соединения и элементы следует рассчитывать на действие результирующих моментов и сил, за исключением особых типов конструкций, для которых показано, что в этом нет необходимости.

3.5.13 При соединении уголков или тавров одним или двумя рядами болтов следует учитывать любой возможный эксцентриситет, как показано в 2.7.1 СН РК EN 1993-1-8, Эксцентриситеты в плоскости или из плоскости следует определять, исходя из положения центральной оси элемента и рисок в плоскости соединения (см. Рисунок 3.1). Для растянутого одиночного уголка, прикрепляемого одной полкой болтами, можно использовать упрощенный метод расчета, приведенный в 3.10.3. СН РК EN 1993-1-8

ПРИМЕЧАНИЕ Влияние эксцентриситета на уголки, используемые в качестве сжатых элементов решетки, рассмотрено в ВВ 1.2 (Приложение ВВ) СН РК EN 1993-1-1.



1 — центральные оси; 2 — крепежные детали; 3 — риски

Рисунок 3.1 — Риски

3.6 Свойства грунта

3.6.1 Расчетные величины свойств грунта (параметры механики грунтов) получают в соответствии с EN 1997 или другими соответствующими стандартами, на которые приведена ссылка.

4 ВОЗДЕЙСТВИЯ

4.1 Воздействия, подлежащие рассмотрению

4.1.1 Основное руководство по воздействиям и сочетаниям воздействий, включая аварийные или сейсмические проектные ситуации, приведено в EN 1990 и EN 1991, EN 1997 и EN 1998.

4.1.2 Необходимо рассмотреть следующие воздействия, когда это целесообразно:

- внутреннее давление;
- наружное давление;
- собственный вес трубопровода;
- собственный вес содержимого трубопровода (продукт, который подлежит транспортировке, и возможное наличие других материалов, например, воды, используемой для гидравлической опрессовки или пыли);
- нагрузки на грунт;
- нагрузка от транспортных средств;
- колебания температуры;
- монтажные нагрузки;
- налагаемая деформация: вследствие неравномерных осадок, оседания грунта и оползней;
- сейсмические нагрузки (ссылаются на Еврокод 8).

4.1.3 Собственные величины нагрузок, подлежащих рассмотрению, получают из EN 1991-1 или других соответствующих стандартов, на которые приведена ссылка, как установлено в 1.1 и 1.2.

4.2 Частные коэффициенты воздействий

4.2.1.Р Частные коэффициенты безопасности должны быть основаны на требуемом уровне надежности в соответствии с 2.3.

ПРИМЕЧАНИЕ Частные коэффициенты безопасности могут быть установлены в Национальном Приложении.

4.3 Сочетания нагрузок для предельных состояний по прочности

4.3.1 Необходимо рассмотреть следующие сочетания расчетных воздействий для предельных состояний по прочности:

а) Внутреннее давление: разность между максимальным внутренним давлением и наименьшим наружным давлением.

ПРИМЕЧАНИЕ Предельное состояние, как правило, используют в первую очередь для определения толщины стенки.

б) Внутреннее давление плюс другие существенные нагрузки: условия внутреннего и наружного давления, установленные в (а), с добавлением других существенных расчетных нагрузок.

ПРИМЕЧАНИЕ Данное предельное состояние, как правило, используют следующим для проверки критических деформаций.

с) Наружное давление плюс другие существенные нагрузки: разность между максимальным наружным давлением и наименьшим внутренним давлением с добавлением других существенных расчетных нагрузок.

ПРИМЕЧАНИЕ Данное предельное состояние, как правило, используют следующим для проверки потери круглой формы сечения, критических деформаций, местного изгиба и т. д.

д) Изменения давления во времени плюс другие существенные расчетные нагрузки: данный случай относится к циклическим воздействиям на трубу.

ПРИМЕЧАНИЕ Данное предельное состояние, как правило, используют последним для проверки на усталость.

4.4 Сочетания нагрузок для расчета предельных состояний по пригодности к эксплуатации

4.4.1 Необходимо рассмотреть следующие сочетания расчетных нагрузок для предельных состояний по пригодности к эксплуатации:

е) Внутреннее давление плюс другие существенные нагрузки: разность между максимальным внутренним давлением и наименьшим наружным давлением с другими существенными расчетными нагрузками.

ф) Наружное давление плюс другие существенные нагрузки: разность между максимальным наружным давлением и наименьшим внутренним давлением с добавлением других существенных расчетных нагрузок.

5 АНАЛИЗ

5.1 Модели конструкции

5.1.1 Упрощенный метод вычисления для расчета предельного состояния по прочности

ПРИМЕЧАНИЕ Упрощенный метод вычисления, приведенный ниже, основан на результатах обширного множества более точных вычислений.

5.1.1.1 При условии, что соблюдены условия, установленные в 5.1.1.2 -5.1.1.13, необходимо принять во внимание только сочетание нагрузок (а) в 4.3.1 (только внутреннее давление).

5.1.1.2 Коэффициенты нагрузки γ_F считают равными:

$\gamma_F = \gamma_{F1}$ для магистральных трубопроводов

$\gamma_F = \gamma_{F2}$ для дорог, канав, каналов и естественных пересечений водостоков без защитных сооружений потока.

$\gamma_F = \gamma_{F3}$ для дорог, канав, каналов и естественных пересечений водостоков с защитными сооружениями потока.

ПРИМЕЧАНИЕ Численные величины γ_F могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: $\gamma_{F1} = 1,39; \gamma_{F2} = 1,50; \gamma_{F3} = 1,82$.

ПРИМЕЧАНИЕ Во многих стандартах для трубопроводов допустимое напряжение = 72 % напряжения текучести:

$$(1,39 = 1/0,72).$$

5.1.1.3 В зависимости от расчетного предела текучести $f_{y,d}$ отношение D_e/t_{\min} должно удовлетворять следующему:

$$\text{— для } f_{y,d} = 240 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{\min} \leq \text{вел}240 \quad (5.1)$$

$$\text{— для } f_{y,d} = 360 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{\min} \leq \text{вел}360 \quad (5.2)$$

$$\text{— для } f_{y,d} = 415 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{\min} \leq \text{вел}415 \quad (5.3)$$

$$\text{— для } f_{y,d} = 480 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{\min} \leq \text{вел}480 \quad (5.4)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Величины D_e/t_{\min} могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: вел240 = 70; вел360 = 80; вел415 = 92; вел480 = 106.

5.1.1.4 Высота покрытия над верхней частью трубопровода не должна превышать D_{cover} . Данный критерий не применим, если можно показать, что полезная нагрузка в верхней части трубы не превышает G_{eff} .

ПРИМЕЧАНИЕ Величины D_{cover} и G_{eff} могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: $D_{\text{cover}} = 2,5$ м и $G_{\text{eff}} = 65$ кН/м².

5.1.1.5 Заданная толщина стенки t_{spec} , используемая в трубе, не должна быть меньше $t_{\text{spec,min}}$ мм.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина $t_{\text{spec,min}}$ может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является: $t_{\text{spec,min}} = 4,8$ мм.

5.1.1.6 Неравномерная осадка при уплотнении грунта не должна превышать d_s мм. Данная неравномерная осадка должна постепенно увеличиваться с нуля до максимальной величины и обратно к нулю на протяжении расстояния, по меньшей мере 2ℓ , как установлено на Рисунке 5.1.

ПРИМЕЧАНИЕ Величины d_s и ℓ могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: $d_s = 100$ мм и $\ell = 20$ м.

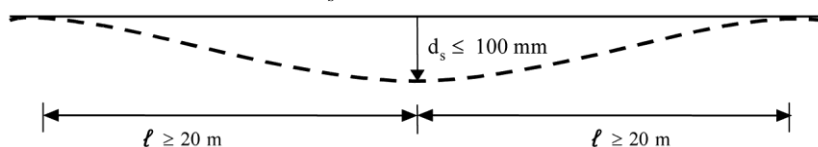


Рисунок 5.1 — Пределы неравномерной осадки с рекомендуемыми величинами

5.1.1.7 Осадка при строительстве не должна превышать значения, ожидаемые при обычной практике строительства трубопровода, при которой не предпринимают специальных мер.

5.1.1.8 Трубопровод не должен пересекать плоскости потенциального развития трещины или оседания грунта.

5.1.1.9 Сечение трубопровода не должно иметь изгибов с радиусом меньше x D_e .

ПРИМЕЧАНИЕ Величина x может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является: $x = 20$.

5.1.1.10 Максимальная разность между температурой при монтаже и максимальной или минимальной температурой эксплуатации трубопровода, в зависимости от обстоятельств, не должна превышать T °C.

ПРИМЕЧАНИЕ Величина T может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является: $T = 35$ °C.

5.1.1.11 Полный интервал температур должен находиться между T_1 °C и T_2 °C. В случае поднятия грунта при промерзании ссылаются на EN 1594.

5.1.1.12 Подъем замерзшего грунта возникает, если температура грунта на глубине трубопровода ниже 0°C, или при существующих условиях грунта возможно вспучивание грунта от промерзания.

Пример: температура газа ниже 0°C или замерзание всего грунта, покрывающего трубопровод.

5.1.1.13 Неравномерное вспучивание грунта от промерзания приводит, кроме всего прочего, к напряжению трубопровода в следующих областях:

- a) пересечения с участками замерзшего грунта, например, лесными дорогами, на которых уборка снега может привести к неравномерному вспучиванию грунта от промерзания;
- b) районы с очень рассеянными характеристиками грунта;
- c) фиксированные точки.

Пример: перед станциями или за ними.

5.1.1.14 Нагрузка на трубопровод определяется на основании увеличения объема и жесткости замерзшего грунта. Увеличение объема рассчитывается как профиль вспучивания замерзшего грунта (отрицательный профиль оседания).

5.1.1.15 Риски подъема замерзшего грунта определяются в рамках исследования механики грунтов трассы трубопровода. Сжимающие усилия на глубине трубопровода определяются с использованием соответствующей модели.

5.1.1.16 Необходимо указать соответствующие свойства незамерзшего и замерзшего грунта. Кроме того, необходимо четко указать, о каких значениях – расчетных средних или фактических – идет речь.

5.1.1.17 Если прочность рассматриваемого участка трубопровода не может соответствовать условиям, следует принять другие меры для защиты трубопровода или предотвращения подъема замерзшего грунта. Возможно принятие следующих мер:

- 1) использование другого грунта для засыпки трубопроводной траншеи;
- 2) изменение свойств грунта с помощью добавок;
- 3) дренаж;
- 4) изоляция для ограничения подъема замерзшего грунта или для перемещения подъема замерзшего грунта в менее критическую зону.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Кроме подъема замерзшего грунта, могут действовать другие механизмы, например, уменьшение прочности грунта при оттаивании почвы и поднявшегося замерзшего грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Величины T_1 и T_2 могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: $T_1 = -40$ °C и $T_2 = +60$ °C.

5.1.1.18 В случае использования изгибов с радиусом меньше, чем у D_e , необходимо, чтобы выполнялись следующие критерии:

— для трубопроводов с диаметром D_e , не превышающим D_1 , и с горизонтальными изгибами максимальная разность между температурой при монтаже и максимальной или минимальной температурой не должна превышать T_3 °C;

— для трубопроводов с $D_e < D_2$ расстояние между горизонтальными изгибами должно превышать ℓ .

ПРИМЕЧАНИЕ Величины y , T_3 , D_1 и ℓ могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: $y = 20$; $T_3 = 20$ °C; $D_1 = 300$ мм; $D_2 = 450$ мм и $\ell = 2,0$ м.

5.1.1.19 Для пересечений, проложенных посредством бурения или поднимания домкратом, используя строительные углубления, и где применяют изгибы с радиусом меньше, чем $z D_e$ в строительном углублении, необходимо, чтобы выполнялись следующие критерии:

— при вычислении толщины стенки изгибов используют коэффициент нагрузки γ_F (как для пересечения);

— для $D_e < D_2$ мм изгиб должен быть расположен у большей стороны строительного углубления;

— для прямых труб отношение D_e/t_{min} должно соответствовать:

$$\text{— для } f_{y,d} = 240 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{min} \leq \text{вел}240 \quad (5.5)$$

$$\text{— для } f_{y,d} = 360 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{min} \leq \text{вел}360 \quad (5.6)$$

$$\text{— для } f_{y,d} = 415 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{min} \leq \text{вел}415 \quad (5.7)$$

$$\text{— для } f_{y,d} = 480 \text{ Н/мм}^2: D_e/t_{min} \leq \text{вел}480 \quad (5.8)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Величины z , γ_F , D_2 и D_e/t_{min} могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемыми величинами являются: $z = 20$; $\gamma_F = 1,82$; $D_2 = 450$ мм; вел240 = 57; вел360 = 61; вел415 = 70; вел480 = 81.

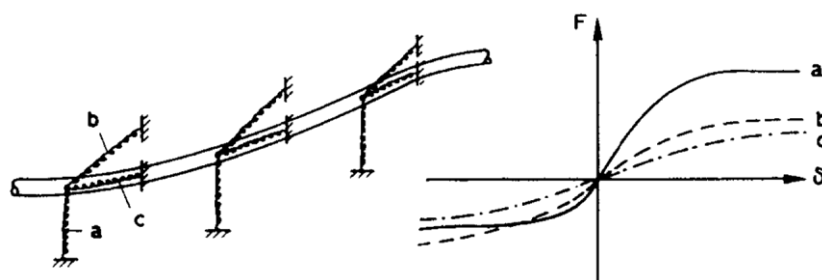
5.1.2 Метод анализа, если условия метода упрощенного вычисления не соблюдены

5.1.2.1 Подземные трубопроводы должны быть созданы по образцу балок, поддерживаемых пространственной конфигурацией. При моделировании пружины должны имитировать свойства грунта, как установлено на Рисунке 5.2.

5.1.2.2 При анализе следует учесть нелинейный характер различных пружин грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ Как правило, для данной системы необходим анализ методом конечных элементов.

5.1.2.3 Исходными данными для анализа должны быть свойства грунта, свойства трубопровода, осадки (перемещения) и другие воздействия.



- (a) поперечная вертикальная пружина грунта
 (b) поперечная горизонтальная пружина грунта
 (c) продольная фрикционная пружина грунта (также фрикционная пружина грунта, работающая на кручение)

Рисунок 5.2 — Схематическое изображение трубопровода с «пружинами грунта»

ПРИМЕЧАНИЕ Требуемые свойства трубопровода относятся к диаграмме изгибающий момент — искривление и, при возникновении кручения, диаграмме крутящий момент — вращение. Формулы для получения данных диаграмм приведены в Приложении А.

5.1.2.4 Из выше установленного пространственного анализа балки определяют следующие величины на каждом поперечном сечении трубопровода:

- изгибающий момент и искривление;
- крутящий момент и вращение;
- нормальная сила и удлинение или уменьшение длины;
- сила сдвига и деформация сдвига;
- давление грунта и перемещения;
- трение грунта и соответствующие перемещения.

5.1.2.5 Более полные проверки всей совокупности деформаций можно провести, используя всесторонний упругопластический анализ поперечного сечения, как установлено в Приложении А.

ПРИМЕЧАНИЕ Дальнейшее руководство и информацию по расчету предельного состояния подземных трубопроводов можно получить из Приложения А либо из Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций в областях оседания», HERON, том 31, вып.4, 1986; или других публикаций.

5.2 Проверка предельного состояния по прочности

5.2.1 LS1: Разрыв

5.2.1.1 Напряжения, возникающие при анализе, должны соответствовать условию пластичности Мизеса:

$$\sigma_{e.Ed} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq f_{y,d}. \quad (5.9)$$

5.2.2 LS2: Ограничение пластической деформации

5.2.2.1 Максимальная деформация при растяжении ε_{\max} не должна превышать предельную деформацию $\varepsilon_{\ell, Rk}$, установленную в части 3.4.

5.2.2.2 Следует наглядно показать, что стенка трубы с зонами сварных швов и допустимыми разрывами имеет способность к деформации (предельную деформацию), требуемую для анализа конструкции.

5.2.3 LS3: Деформация

5.2.3.1 Для предотвращения продольного изгиба поперечного сечения вследствие потери устойчивости необходимо ограничить чрезмерное искривление поперечного сечения в виде потери круглой формы сечения.

5.2.3.2 Параметр потери круглой формы сечения a , определяемый следующим образом:

$$a = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{4}; \quad (5.10)$$

должен быть ограничен до величины a_{\max} , определяемой следующим образом:

$$a_{\max} = x D_e. \quad (5.11)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Величина x может быть установлена в Национальном Приложении. Рекомендуемой величиной является: $x = 0,05$.

5.2.3.3 Местный продольный изгиб оценивают, используя критическую деформацию ε_{cr} . Для оценки ε_{cr} в первую очередь необходимо оценить потерю круглой формы сечения вследствие неравномерного давления грунта, используя параметр a , где a — половина изменения в диаметре, вызванного давлением грунта. Величину a затем используют для определения радиуса местного искривления r_o в наиболее сжатых частях окружности, смотри Рисунок 5.3. Давление p считают положительным в случае внутреннего давления и отрицательным в случае наружного давления.

5.2.3.4 Критическую величину деформации при сжатии ε_{cr} получают из следующей формулы:

$$\varepsilon_{cr} = 0,25 \frac{t}{r_o} - 0,0025 + 3000 \left(\frac{p r_o}{E t} \right)^2 \frac{|p|}{p} \quad \text{для } \frac{r_o}{t} \leq 60 \quad (5.12)$$

$$\varepsilon_{cr} = 0,10 \frac{t}{r_o} + 3000 \left(\frac{p r_o}{E t} \right)^2 \frac{|p|}{p} \quad \text{для } \frac{r_o}{t} \geq 60 \quad (5.13)$$

$$\text{где } r_o = \frac{r}{1 - \frac{3a}{r}} \quad (5.14)$$

5.2.3.5 Необходимо показать, что:

$$\varepsilon_{\max} \leq \varepsilon_{cr} \quad (5.15)$$

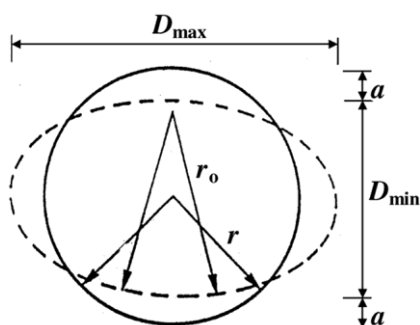


Рисунок 5.3 — Радиус r_o в поперечном сечении с потерей круглой формы

5.2.3.6 В трубопроводах при наружном давлении необходимо исследовать возможное сплющивание (сплюснутость) поперечного сечения, используя положения EN 1993-1-6.

5.2.3.7 При наличии возможности общей потери устойчивости при изгибе проект оценивают, используя положения СН РК EN 1993-1-1.

5.2.4 LS4: Усталость

5.2.4.1 Проект должен соответствовать СН РК EN 1993-1-9.

ПРИМЕЧАНИЕ На другие существенные стандарты на усталостную нагрузку может быть приведена ссылка в Национальном Приложении.

5.2.5 LS5: Утечка

5.2.5.1 При проектировании необходимо учесть последствия возможной утечки содержимого трубопровода вследствие причин, отличных от разрыва стенки трубы (например, вследствие недостаточной герметичности соединений или вследствие коррозии или действий третьего лица).

5.2.5.2 Ссылаются на соответствующие стандарты, на которые приведена ссылка.

5.3 Проверка предельного состояния по пригодности к эксплуатации

5.3.1 Проверка предельного состояния по пригодности к эксплуатации LS6, LS7 и LS8 должна удовлетворять критериям пригодности к эксплуатации, относящимся к потере круглой формы, отклонению, вибрации и утечке.

5.3.2 Ссылаются на соответствующие стандарты, на которые приведена ссылка.

5.3.3 Критерии для каждого предельного состояния по пригодности к эксплуатации (например, относительно требований к внутренней очистке скребком) могут быть установлены по соглашению между проектировщиком и заказчиком.

НТП РК 03-04-3.1-2011

5.3.4 Специальные пределы утечки могут быть установлены по соглашению между проектировщиком, заказчиком и соответствующим органом власти в зависимости от условий проектирования (например, сущность трубопровода, его содержимое и окружающая среда).

5 АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОНТАЖА КОНСТРУКЦИЙ

1. Должны выполняться требования соответствующих применяемых стандартов.
2. К изготовлению и монтажу применяют соответствующие пункты EN 1090-2.

Приложение А
(справочное)

**Анализ сопротивлений, деформаций,
напряжений и растяжений подземных трубопроводов**

А.1 Метод и область применения анализа

А.1.1 Метод анализа, как правило, состоит из этапов, установленных в А.1.2 до А.1.7 ниже.

А.1.2 Сбор исходных данных.

В зависимости от сущности и размера системы транспортировки по трубопроводу необходимы исходные данные для процессов расчета и проектирования напряжения. Исходные данные подробно рассмотрены в соответствующих стандартах, на которые приведена ссылка.

А.1.3 Схематическое изображение и разделение трубопровода на части для анализа.

В целях анализа трубопровод вместе с нагрузками, воздействующими на него, схематически изображают и делят на части.

А.1.4 Определение воздействий и сочетаний воздействий, подлежащих рассмотрению при анализе, и связанных с ними частных коэффициентов.

По существу, каждое сечение системы трубопровода необходимо исследовать для определения эффектов нагрузок, приведенных в А.1.1. На основании этого определяют нагрузки, являющиеся существенными для каждого сечения трубопровода. Вычисление основывают на расчетных нагрузках. Применяемые величины частных коэффициентов берут из соответствующих стандартов, на которые приведена ссылка.

А.1.5 Вычисление сил, моментов и относительных перемещений.

Распределение и размеры сил и моментов и, где это необходимо, деформацию трубопровода необходимо определить не только в качестве функции длины замкнутой системы трубопровода, но также, где это целесообразно, в качестве функции времени. Это также применяют к силам, оказываемым трубопроводом на его окружающую среду (грунт, опоры, конструкции с фиксированной точкой опоры и конструкции с обшивкой и т.д.).

А.1.6 Вычисление напряжений, растяжений и деформации.

Необходимо определить положительные и отрицательные величины напряжений и растяжений, которые могут возникнуть в стенках элементов системы трубопровода, в случае необходимости включая диапазон или амплитуды и частоты изменений данных напряжений и/или растяжений.

При возникновении в элементах трубопровода повышенных напряжений (например, в изгибах) их необходимо учесть при анализе.

Незначительные напряжения, деформации и диапазоны не включают в анализ.

А.1.7 Оценка.

Напряжения, растяжения, деформации и другие величины, полученные путем применения расчетных нагрузок, не должны превышать предельные величины.

ПРИМЕЧАНИЕ Более подробную информацию по предметам, рассмотренным в настоящем Приложении, и руководство для практического анализа можно получить из: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций в областях оседания», HERON, том 31, вып.4, 1986; и из других публикаций.

А.2 Анализ для прямых труб

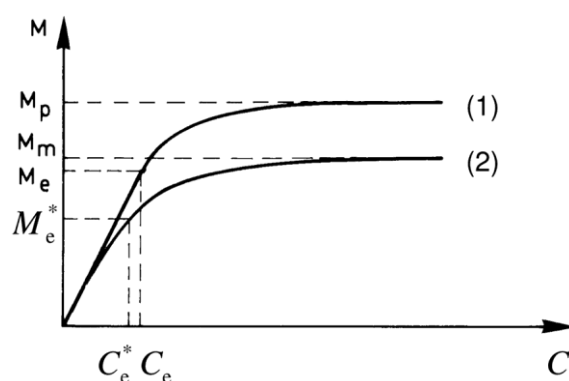
А.2.1 Определения основных параметров

Средний диаметр	$D = D_e - t$
Параметр потери круглой формы	$a = (D_{\max} - D_{\min})/4$
Средний радиус трубы	$r = D/2$
Пластический момент поперечного сечения трубы	$M_p = 4r^2 t f_y$
Упругий момент поперечного сечения трубы	$M_e = \pi r^2 t f_y$
Искривление поперечного сечения трубы при упругом моменте	$C_e = \frac{f_y}{E_r}$
Момент стенки с обшивкой на единицу ширины в конце упругой области	$m_e = t^2 f_y / 6$
Предельный пластический момент на единицу ширины стенки с обшивкой	$m_p = t^2 f_y / 4$
Пластическая нормальная сила на единицу ширины стенки с обшивкой	$n_p = t f_y$
где f_y принимают равным $f_{y,d}$	

ПРИМЕЧАНИЕ В целях упрощения индексы в настоящем Приложении сокращают, опуская обозначения d, Rd и ESd .

А.2.2 Формулы взаимодействия

А.2.2.1 На Рисунке А.1 представлено показание влияния некоторых других воздействий, таких как нормальная сила, сила сдвига, внутреннее давление и нагрузка грунта, на диаграмму момент-искривление для прямой трубы.



1) Без других воздействий

2) С другими воздействиями, такими как внутренняя сила, сила сдвига, внутреннее давление

и нагрузка грунта, предоставляющими уменьшенные величины для изгибающих моментов M_p и M_e (M_m и M_e^* , соответственно) и уменьшенную величину C_e^* для искривления C_e .

Рисунок А.1 — Диаграммы момент-искривление для прямой трубы

А.2.2.2 На Рисунке А.2 представлено показание возможной диаграммы момент-искривление для прямой трубы, несущей нагрузки других воздействий, таких как нормальная сила, сила сдвига, внутреннее давление, давление грунта.

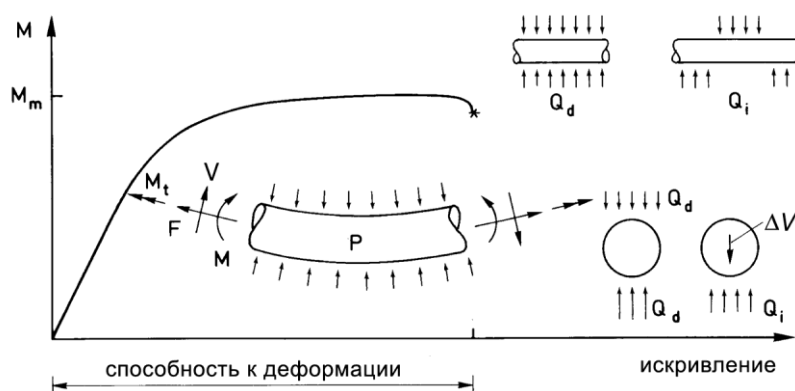


Рисунок А.2 — Диаграмма момент-искривление для прямой трубы, также отображающая другие воздействия

А.2.2.3 На Рисунке А.3 представлено непосредственно передаваемое давление грунта Q_d , косвенно передаваемое давление грунта (реакция опоры) Q_i и эквивалентное давление грунта Q_{eq} для передачи Q_i величине Q_d , которая дает такие же средние моменты стенки с обшивкой в направлении вдоль окружности, как и Q_i .

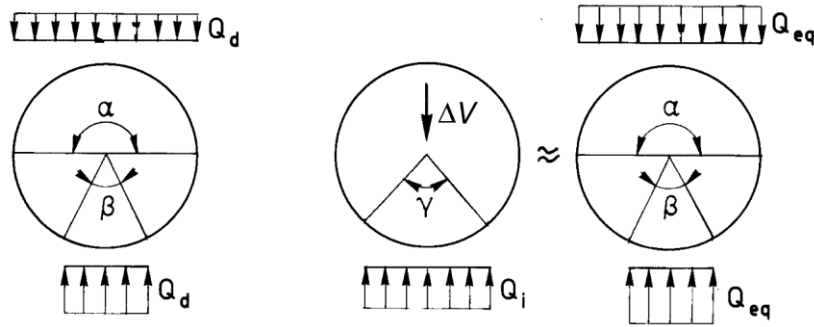


Рисунок А.3 — Нагрузки грунта Q_d , Q_i и Q_{eq} , воздействующие на поперечное сечение трубопровода

А.2.2.4 Полное сопротивление пластическим деформациям при изгибе M_m поперечного сечения прямой трубы, несущей наружную осевую нагрузку F , можно получить из:

$$\frac{M_m}{M_{pdr}} + \left(\frac{N_m}{N_{pdr}} \right)^{1,7} = 1 \quad (\text{A.1})$$

$$N_m = F - p\pi r^2 \quad (\text{A.2})$$

где M_m — максимальный изгибающий момент при полной пластичности;

N_m — максимальная действующая нормальная сила при полной пластичности.

А.2.2.5 Сопротивление при чистом изгибе определяют по:

$$M_{pdr} = M_{pr} \sqrt{1 - \left(\frac{V}{V_{pr}} + \frac{M_t}{M_{pr}} \right)^2} \quad (\text{A.3})$$

в которой:

$$M_{pr} = ghM_{pl.Rd} \quad (\text{A.4})$$

$$g = \frac{c_1}{6} + \frac{c_2}{3} \quad (\text{A.5})$$

$$h = 1 - \frac{2a}{3r} \quad (\text{A.6})$$

А.2.2.6 Сопротивление при чистом осевом сжатию определяют по:

$$N_{pdr} = N_{pr} \sqrt{1 - \left(\frac{V}{V_{pr}} + \frac{M_t}{M_{pr}} \right)^2} \quad (\text{A.7})$$

в которой:

$$N_{pr} = gN_p \quad (\text{A.8})$$

А.2.2.7 Коэффициентами, преобразующими собственную прочность в изгиб или сжатие, являются:

$$M_{tp} = gM_{tp} \quad (\text{A.9})$$

$$M_{tp} = \frac{2}{\sqrt{3}} \pi r^2 t f_y \quad (\text{A.10})$$

$$M_p = 4r^2 t f_y \quad (\text{A.11})$$

$$N_p = 2\pi r t f_y \quad (\text{A.12})$$

$$V_{pr} = g V_p \quad (\text{A.13})$$

$$V_p = \frac{4}{\sqrt{3}} r t f_y \quad (\text{A.14})$$

$$c_1 = \sqrt{4 - 3 \left(\frac{n_y}{n_p} \right)^2 - 2\sqrt{3} \frac{|m_y|}{m_p}} \quad (\text{A.15})$$

$$c_2 = \sqrt{4 - 3 \left(\frac{n_y}{n_p} \right)^2} \quad (\text{A.16})$$

А.2.2.8 Осевую силу текучести n_y на единицу ширины стенки с обшивкой определяют следующим образом:

$$n_y = n_{yq} + n_{yk} + n_{yp} \quad (\text{A.17})$$

$$n_{yq} = 0,25 Q_d + 0,125 Q_i \quad (\text{A.18})$$

$$n_{yk} = 0,20 \frac{M_m C}{r} \quad (\text{A.19})$$

$$n_{yp} = p r \quad (\text{A.20})$$

$$n_p = t f_y \quad (\text{A.21})$$

А.2.2.9 Момент текучести m_y на единицу ширины листа определяют следующим образом:

$$m_y = m_{yq} + m_{yk} + m_{yp} \quad (\text{A.22})$$

$$m_{yk} = 0,071 \cdot M_m \cdot C \cdot \eta_0 \quad (\text{A.23})$$

$$m_{yp} = -p r a \quad (\text{A.24})$$

$$m_{yq} = m_{yqd} + m_{yqi} \quad (\text{A.25})$$

$$m_{yqd} = 0,25 Q_d r \left(1 - 0,25 \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\beta}{2} \right) \right) \eta_0 \quad (\text{A.26})$$

$$m_{yqi} = 0,25 Q_i r \left(0,5 - 0,25 \sin \frac{\gamma}{2} \right) \eta_0 \quad (\text{A.27})$$

$$\eta_0 = 1 + \frac{a}{r} \quad (\text{A.28})$$

$$m_p = 0,25 t^2 f_y \quad (\text{A.29})$$

А.2.2.10 Важными являются следующие формулы:

$$Q_{eq} = Q_i \frac{2 - \sin \frac{\gamma}{2}}{4 - \sin \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\beta}{2}} \quad (\text{A.30})$$

$$M_e = \pi r^2 t f_y \quad (\text{A.31})$$

$$m_e = \frac{1}{6} t^2 f_y \quad (\text{A.32})$$

А.2.3 Диаграмма момент-искривление

А.2.3.1 Упругую часть диаграммы момент-искривление, как на Рисунке А.2, можно построить с применением следующих формул.

$$M = EI_{red} \cdot C \quad (A.33)$$

где EI_{red} — уменьшенная (вследствие потери круглой формы) жесткость при изгибе трубы:

$$EI_{red} = E\pi r^3 t \left(1 - 1.5 \frac{a'}{r} \right) \quad (A.34)$$

a' — потеря круглой формы при $C = C_e^*$

А.2.3.2 Упруго-пластическую часть диаграммы момент-искривление, как на Рисунке А.2, можно построить с применением следующих формул.

$$M = M_m 0,5 \left(\frac{\theta}{\sin \theta} + \cos \theta \right) \cdot \left(1 - 1.5 \frac{a}{r} \right) \quad (A.35)$$

$$C = 2 \frac{\varepsilon}{D} \quad (A.36)$$

$$\varepsilon_y = f_y / E \quad (A.37)$$

$$\mu = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_y} \quad (A.38)$$

$$\theta = \arcsin(1/\mu) \text{ с } 0 < \theta \leq \pi/2 \text{ где } \mu \geq 1 \quad (A.39)$$

где M — изгибающий момент при искривлении C ;

C — искривление трубы;

μ — параметр, зависящий от максимальных деформаций при изгибе в осевом направлении;

ε — максимальная деформация при изгибе в осевом направлении.

ПРИМЕЧАНИЕ Упругая часть диаграммы момент-искривление заканчивается при $\theta = \pi/2$. Изгибающий момент и искривление в данной точке определяют следующим образом (также смотри Рисунок А1 и А2):

$$M_e^* = \frac{\pi}{4} M_m \quad (A.40)$$

$$C_e^* = 2 \frac{\varepsilon_y}{D} \frac{M_m}{M_p} \quad (A.41)$$

А.2.4 Вычисление потери круглой формы

А.2.4.1 При искривлениях, меньших чем C_e^* , потерю круглой формы и деформации в осевом направлении и направлении вдоль окружности можно получить путем применения теории упругости.

А.2.4.2 При искривлениях, больших чем C_e^* , потерю круглой формы и деформации в осевом направлении и направлении вдоль окружности получают, учитывая принцип соответствия нормальному закону распределения для деформаций.

ПРИМЕЧАНИЕ Руководство можно получить из: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986; и из других публикаций.

ПРИМЕЧАНИЕ В следующих пунктах приведен приблизительный метод, также смотри NEN 3650.

А.2.4.3 Потеря круглой формы вызвана, главным образом, давлением грунта, а также составляющими изгиба. Внутреннее давление уменьшает потерю круглой формы («эффект восстановления первоначальной конфигурации»).

А.2.4.4 Потеря круглой формы a состоит из упругой части a_{el} и пластической части a_{pl} .

$$a = a_{el} + a_{pl} \quad (A.42)$$

А.2.4.5 Упругую часть a_{el} можно вычислить следующим образом.

$$a_{el} = a_{qd-el} + a_{qi-el} + a_{c-el}$$

где a_{qd-el} — потеря круглой формы, вызванная непосредственным давлением грунта, как установлено на Рисунках А.2 и А.3. Давление грунта на верхнюю часть поперечного сечения равно вспомогательному давлению грунта.

$$a_{qd-el} = 0,5k_{yd} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3a}{r}\right) \cdot f_{rr} \quad (A.43)$$

a_{qi-el} — потеря круглой формы, вызванная косвенным давлением грунта, как установлено на Рисунках А.2 и А.3, например, реакцией опор вследствие неравномерной осадки.

$$a_{qi-el} = 0,5k_{yi} \frac{Q_i \cdot r^3}{EI_w} \left(1 + \frac{3a}{r}\right) \cdot f_{rr} \quad (A.44)$$

a_{c-el} — потеря круглой формы, вызванная искривлением.

$$a_{c-el} = C^2 \frac{r^5}{d^2} \left(1 + \frac{3a}{r}\right) \cdot f_{rr} \quad (A.45)$$

где k_{yd} — коэффициент отклонения, зависящий от схемы распределения непосредственного давления грунта, некоторые величины приведены в Таблице А.1. Также смотри Рисунок А.2.

k_{yi} — коэффициент отклонения, зависящий от схемы распределения косвенной нагрузки грунта, некоторые величины приведены в Таблице А.1. Также смотри Рисунок А.2.

f_{rr} — коэффициент восстановления первоначальной конфигурации

$$f_{rr} = \frac{p_{cr}}{p_{cr} + p} \quad (A.46)$$

p_{cr} — теоретическая величина давления сплющивания

$$p_{cr} = \frac{3EI_w}{r^3} \quad (A.47)$$

EI_w — жесткость при изгибе стенки трубы на единицу длины (Нмм²/мм)

$$EI_w = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} \quad (A.48)$$

— искривление

$$C = \frac{M}{EI} = \frac{M}{E \cdot \pi \cdot r^3 t} \quad (\text{A.49})$$

А.2.4.6 Формулы для потери круглой формы a_{qd-el} и a_{qi-el} допустимо применять до тех пор, пока максимальный изгибающий момент в стенке трубы в направлении вдоль окружности m_{yq} равен m_r . Формула для a_{c-el} действительна для искривлений до C_e^* .

А.2.4.7 Если на поперечное сечение воздействуют непосредственное давление грунта и косвенное давление грунта, то максимальный изгибающий момент следует из

$$m_{yq} = k_{md} \cdot Q_{di} \cdot r \cdot \left(1 + \frac{a}{r}\right) \cdot f_{rr} + k_{mi} \cdot Q_{in} \cdot r \cdot \left(1 + \frac{a}{r}\right) \cdot f_{rr} \quad (\text{A.50})$$

А.2.4.8 Пластическую часть a_{pl} можно вычислить следующим образом.

$$a_{pl} = (a_{qd-pl} + a_{qi-pl} + a_{c-pl}) \cdot \left(1 + \frac{3a}{r}\right) \quad (\text{A.51})$$

где a_{qd-pl} — пластическая часть потери круглой формы, вызванная непосредственной нагрузкой грунта, включая восстановление первоначальной конфигурации.

a_{qi-pl} — пластическая часть потери круглой формы, вызванная косвенной нагрузкой грунта, включая восстановление первоначальной конфигурации.

a_{c-pl} — пластическая часть потери круглой формы, вызванная оказываемым искривлением, включая восстановление первоначальной конфигурации.

А.2.4.9 В большинстве случаев нагрузки грунта будут таковыми, что результирующие напряжения будут ниже напряжения текучести, так, что a_{qd-pl} и a_{qi-pl} равны нулю. В противном случае необходим пластический статический анализ для определения a_{qd-pl} и a_{qi-pl} .

ПРИМЕЧАНИЕ Руководство можно получить из: Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986, NEN3650, и из других публикаций.

А.2.4.10 Для a_{c-pl} допустимо применять следующую приближенную формулу.

$$a_{c-pl} = -2 \frac{r^3}{t} \cdot \psi \cdot (C - C_e^*) \quad (\text{A.52})$$

где

$$\psi = 1 - \left(\frac{0.5 \cdot c_2}{g}\right)^2 \quad (\text{A.53})$$

ПРИМЕЧАНИЕ Так как c_2 и g зависят от искривления и потери круглой формы, то необходима итерационная процедура.

Таблица А.1 — Коэффициенты отклонения и момента для непосредственного и косвенного давления
(также смотри Рисунок А.2)

Коэффициент отклонения k_{yd} и коэффициент момента k_{md} для непосредственного давления грунта				Коэффициент отклонения k_{yi} и коэффициент момента k_{mi} для непосредственного давления грунта			
α (градусы)	β (градусы)	k_{yd}	k_{md}	α (градусы)	γ (градусы)	k_{yi}	k_{mi}
180	0	0.116	0.294	—	0	0.074	0.239
180	30	0.113	0.235	—	30	0.071	0.179
180	60	0.105	0.189	—	60	0.064	0.134
180	90	0.096	0.157	—	90	0.055	0.102
180	120	0.089	0.138	—	120	0.048	0.083
180	150	0.085	0.128	—	150	0.043	0.073
180	180	0.083	0.125	—	180	0.042	0.070
0	0	0.149	0.318				
30	30	0.143	0.257				
60	60	0.122	0.207				
90	90	0.110	0.169				
120	120	0.096	0.143				
150	150	0.086	0.129				

А.2.5 Вычисление деформаций

А.2.5.1 Максимальную деформацию в продольном направлении можно вычислить по

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{xc} + \varepsilon_{xN} \quad (\text{А.54})$$

где $\varepsilon_{xc} = \pm C \cdot r$ (А.55)

$$\varepsilon_{xN} = \frac{N}{AE} \quad (\text{А.56})$$

A — площадь поперечного сечения.

А.2.5.2 Максимальную деформацию $\varepsilon_{y-\max}$ в направлении вдоль окружности можно вычислить из следующего приближенного метода

$$\varepsilon_{y-\max} = \varepsilon_{y-el} + \varepsilon_{y-pl} \quad (\text{А.57})$$

А.2.5.3 Для упругой части ($\varepsilon_{y-el} \leq \varepsilon_{yield} = f_y / E$):

$$\varepsilon_{y-\max} = \varepsilon_{y-el} = \pm \frac{k_{md}}{k_{yd}} \cdot \frac{t}{r^2} \cdot a + \frac{k_{mi}}{k_{yi}} \cdot \frac{t}{r^2} \cdot a + \frac{p \cdot r}{E \cdot t} \quad (\text{А.58})$$

ПРИМЕЧАНИЕ Потерю круглой формы при ε_{yield} называют a_{yield} .

А.2.5.4 Для пластической части ($\varepsilon_{y-pl} > \varepsilon_{yield} = f_y / E$):

$$\varepsilon_{y-pl} = \pm \left(\frac{a}{a_{yield}} \right)^2 \cdot \varepsilon_{yield} + \frac{p \cdot r}{E \cdot t} \quad (A.59)$$

А.3 Анализ изгибов

А.3.1 Ссылаются на соответствующие стандарты, на которые приведена ссылка, и на:

— Греснигт А.М. «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций», HERON, том 31, вып.4, 1986.

Приложение В
(справочное)

Библиография к национальным стандартам и руководствам по проектированию

[1] BS 8010 (1989-1993) Практическое руководство для трубопроводов. Британский институт стандартов.

Часть 1: Трубопроводы наземные: общие положения.

Часть 2: Трубопроводы наземные: проектирование, сооружение и установка.

Часть 3: Трубопроводы подводные: проектирование, сооружение и установка.

Часть 4: Трубопроводы наземные и подводные: техническое обслуживание и эксплуатация.

[2] Греснигт А.М. (1986) «Расчет подземных трубопроводов с учетом пластических деформаций в областях оседания», HERON, том 31, вып.4, Технологический университет г. Дельфт.

[3] NEN 3650 (2003) «Требования к транспортировочным системам стальных трубопроводов», Институт стандартизации Нидерландов (Нидерландский институт стандартизации), Дельфт (на голландском; по запросу предоставляется неофициальный перевод).

[4] BS 7910 (1999) «Руководство по методам оценки приемлемости дефектов в металлических конструкциях, с поправками за октябрь 2000», Британский институт стандартов.

[5] API-5L: Технические условия для трубопровода.

[6] API-5LX: Технические условия для отвечающего высоким требованиям трубопровода.

[7] API-5LS: Технические условия для спирально-шовного сварного трубопровода.

[8] API-1104: Технические условия для сварки трубопроводов при монтаже.

[9] API-1105: Практические рекомендации по сооружению стальных трубопроводов.

[10] СНиП РК 3.05-01-2010 «Магистральные трубопроводы».

УДК

МКС

КПВЭД*

Ключевые слова: трубопроводы, воздействия и влияния, свойства материалов, сварные швы, расчет, монтаж.

НТП РК 03-04-3.1-2011

Ресми басылым

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҮРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ**

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**ҚР НТҚ 03-04-3.1-2011
ҚҰБЫР ЖОЛДАРЫН ЖОБАЛАУ
1-8 бөлімі. Болат құбыр жолдарын жобалау**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

**КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НТП РК 03-04-3.1-2011
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ
Часть 1-8. Проектирование стальных трубопроводов**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная