**Приложение Л**

(рекомендуемое)

**Расчет подземных коммуникаций, расположенных в зоне влияния строительства, по предельным состояниям**

1. Существующие подземные коммуникации рассчитываются по двум группам предельных состояний: I – по несущей способности и II – по деформациям. Предельные состояния подземных коммуникаций, требующие поверочных расчетов на конкретном объекте, выбираются согласно табл. И.1 с учетом назначения коммуникаций, принципа транспортирования, материала и характера стыковых соединений. Расчет существующих подземных коммуникаций по предельным состояниям можно не выполнять, если максимальные дополнительные перемещения подземных коммуникаций не превышают:

- 4 мм – независимо от состояния (кроме аварийного) подземных коммуникаций;

- 10 мм – для подземных коммуникаций (кроме газопроводов) находящихся в удовлетворительном состоянии (при отсутствии данных о состоянии коммуникации срок ее эксплуатации не должен превышать 20 лет).

Расчеты по предельным состояниям подземных коммуникаций

коллекторов, каналов и других защитных конструкций включают: предельные состояния расположенных в них трубопроводов (если они имеются), предельные состояния конструкций непосредственно коллекторов.

1. (I.1) *Проверка прочности продольных сечений подземных коммуникаций* выполняется в результате проверки условий:

для стальных конструкций

, (Л.1)

где - продольное осевое растягивающее напряжение в конструкции коммуникации от расчетных нагрузок и воздействий, определяемое с учетом указаний данного приложения; – предел текучести стали, принимается равным минимальному значению предела текучести по государственным стандартам и техническим условиям на трубы (см. табл. Л.2); в случае отсутствия данных допускается принимать МПа; - коэффициент условия работы, учитывающий характер транспортируемой среды, принимается согласно табл. И.3; - коэффициент условия работы, учитывающий возможные перемещения и деформации трубопровода, полученные в период его эксплуатации, до начала строительства проектируемого объекта; при расположении трубопровода в плотной городской застройке и времени его эксплуатации: менее 10 лет , от 10 до 20 лет , более 20 лет ; при отсутствии вблизи трубопровода существующих зданий и сооружений, строительство или эксплуатация которых способны были бы негативно сказаться на техническом состоянии трубопровода ; – коэффициент надежности по материалу, принимается согласно табл. Л.4; при отсутствии данных о стальных трубах принимается ; – поправочный коэффициент надежности по материалу труб, учитывающий расчетную температуру эксплуатации подземной коммуникации, принимается согласно табл. Л.5; - коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимается по табл. Л.6.

Механические и геометрические параметры трубопровода подземной коммуникации при выполнении расчетов принимаются по данным (паспорту коммуникации) служб эксплуатации коммуникаций с учетом результатов их обследования. При отсутствии данных о фактической толщине стенки трубопровода для коммуникаций средней и простой геотехнических категорий толщину стенки трубопровода разрешается принимать с учетом скорости его коррозии, приведенной в табл. Л.7.

для полимерных конструкций

, (Л.2)

где – расчетная прочность полимера, принимаемая согласно табл. Л.8; – минимальная длительная прочность полимера, использованного для изготовления труб, (для полиэтилена ПЭ-80 – МПа, ПЭ-100 – МПа); – коэффициент надежности по материалу, для полимерных труб принимается ; - продольное осевое растягивающее напряжение в конструкции коммуникации от расчетных нагрузок и воздействий, определяемое с учетом указаний данного приложения; - коэффициент условия работы, принимается согласно табл. Л.3, для полимерных трубопроводов находящихся в эксплуатации более 20 лет табличные значения коэффициента условия работы снижаются на 20%; - коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимается по табл. Л.6.

1. (I.2) *Проверка прочности поперечных сечений жестких (бетонных и железобетонных) конструкций подземных коммуникаций* выполняется в соответствии с нормами на проектирование соответствующего вида конструкций путем проверки условия

, (Л.3)

где – усилие от нагрузок и воздействий в рассматриваемом сечении; – предельное усилие, которое может быть воспринято конструкцией.

1. (I.3) *Проверка потери устойчивости положения конструкций подземных коммуникаций в результате потери устойчивости вмещающего их массива грунта* выполняется в соответствии с СНиП 2.01.15.

Таблица Л.2 Нормативное сопротивление при растяжении стальных труб

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | ГОСТ или ТУ | Толщина стенки, мм | , МПа |
| ВСт3кп, ВСт3пс, ВСт3сп | ГОСТ 10705-80\* | До 10 | 225 |
| ВСт3пс, ВСт3сп | ГОСТ 10706-76\* | 5-15 | 245 |
| 20 | ГОСТ 8731-87 | 4-36 | 245 |
| 16Г2АФ | ТУ 14-3-567-76 | 6-9 | 440 |

Таблица Л.3 Коэффициент условий работы трубопровода

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика трубопровода | Коэффициент условий работы, |
| Газопровод | 0,55 |
| Нефтепровод, нефтепродуктопровод | 0,70 |
| Теплосеть | 0,80 |
| Напорная канализация, водопровод | 0,85 |

Таблица Л.5 Поправочный коэффициент надежности по материалу труб, учитывающий расчетную температуру эксплуатации подземной коммуникации

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трубы и соединительные детали из сталей | Поправочный коэффициент надежности по материалу труб , учитывающий расчетную температуру эксплуатации подземной коммуникации, С | | | | | |
| -40…+20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 450 |
| Углеродистые | 1,0 | 1,05 | 1,15 | 1,40 | - | - |
| Низколегированные | 1,0 | 1,10 | 1,15 | 1,25 | 1,60 | 2,20 |
| Легированные | 1,0 | 1,05 | 1,15 | 1,25 | 1,35 | 1,45 |

Примечание:

Знак «-» означает, что при таких температурах эксплуатации трубопровода углеродистые стали, как правило, не применяются.

Таблица Л.4 Коэффициент надежности по материалу труб и соединительных деталей

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика труб | Коэффициент надежности по материалу, |
| ГОСТ 20295-85 при наружном диаметре труб 530 мм | 1,05 |
| ГОСТ 550-75, холодно- и теплодеформированные группы А, группы Б с допусками по толщине по ГОСТ 8734-75; | 1,10 |
| ГОСТ 8733-74, группы В, Г, и Е; |
| ГОСТ 9941-81 при номинальной толщине стенки труб 7 мм; |
| ГОСТ 8696-74, группа В при номинальной толщине стенки труб 8 мм; |
| ГОСТ 1075-80, группы А и В при номинальной толщине стенки труб 8 мм; |
| ГОСТ 11068-81; |
| ГОСТ 20295-85, при наружном диаметре труб 530 мм |
| ГОСТ 8731-74,группы А,В,Г; | 1,15 |
| ГОСТ 9940-81; |
| ГОСТ 9941-81 при номинальной толщине стенки труб 7 мм; |
| ГОСТ 550-75 горячедеформированные группы А, группы Б с допусками по толщине по ГОСТ 8732-78; |
| ГОСТ 8696-74, группа В при номинальной толщине стенки труб 8 мм; |
| ГОСТ 10705-80, группы А и В при номинальной толщине стенки труб 8 мм; |
| ГОСТ 10706-76, группы А и В при номинальной толщине стенки труб 8 мм; |
| ГОСТ 17374-83 – ГОСТ 17380-83 |

Таблица Л.6 Коэффициент надежности по назначению трубопровода

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Транспортируемая среда и условный диаметр трубопровода | Коэффициент надежности по назначению трубопровода при нормативном давлении транспортируемой среды, МПа | | |
|  |  |  |
| Горючие газы мм | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Трудногорючие и негорючие (инертные) газы мм |
| Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости мм |
| Трудногорючие и негорючие жидкости (в том числе напорная канализация, водопровод, теплосеть) мм |
| Горючие газы мм | 1,00 | 1,00 | 1,05 |
| Трудногорючие и негорючие (инертные) газы мм |
| Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости мм |
| Трудногорючие и негорючие жидкости (в том числе напорная канализация, водопровод, теплосеть) мм |
| Горючие газы мм | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Трудногорючие и негорючие (инертные) газы мм |
| Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости мм |
| Горючие газы мм | 1,05 | 1,10 | 1,15 |

Таблица И.7 Скорость коррозии и истирания стенки стального трубопровода

|  |  |
| --- | --- |
| Назначение трубопровода | Скорость коррозии и абразивного износа стенки стального трубопровода, мм/год |
| Газопровод | 0,12 |
| Напорная канализация | 0,15 |
| Водопровод с горячей водой | 0,10 |
| Водопровод с холодной водой | 0,05 |
| Теплосеть | 0,13 |

Таблица Л.8 Расчетная прочность полимеров, применяемых при производстве труб

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика материала труб | Расчетная прочность полимера, , МПа |
| ПНД | 5,7-7,3 |
| ПВД (ПНД) | 2,9-3,7 |
| ПВХ | 11,5-14,4 |
| ПП | 5,7-7,3 |
| Сшитый полиэтилен | 7,3 |
| Хлорированный ПВХ | 11,5 |
| Стеклопластик | 11,5-34,5 |

(II.1) *Проверка условия самотечности сплошных или сборных конструкций подземных коммуникаций*.

Условие самотечности коммуникации обеспечено, если на участках, где строительство вызывает уменьшение наклона, выполняется следующее условие

, (Л.4)

где– значение фактического уклона коммуникации на рассматриваемом участке, определяемое по отметкам лотков колодцев; отметки лотков колодцев берутся либо с планов (М 1:500) участков либо путем прямых инженерно-геодезических измерений; - значение расчетного уклона коммуникации в вертикальной плоскости на рассматриваемом участке; - соответственно величины вертикальных перемещений в точках и ;  *–* длина интервала между точками и ; – наименьшие уклоны коммуникаций и каналов; для канализации принимаются по расчету в зависимости от допускаемых минимальных скоростей движения сточных вод, согласно СНиП 2.04.03, при отсутствии исходных данных для самотечной канализации нормального уровня ответственности допускается принимать ; для теплосети , для напорной канализации - .

1. (II.2) *Проверка герметичности неравнопрочных стыковых соединений между элементами сборных конструкций подземных коммуникаций* выполняется в результате проверки условия:

, (Л.5)

где - допускаемая осевая компенсационная способность податливого стыкового соединения труб, принимаемая согласно нормам на соответствующие виды коммуникаций либо техническим паспортам заводов-изготовителей труб, при отсутствии данных принимается по табл. Л.9;

- осевое раскрытие стыка в результате продольных деформаций грунта и изгиба коммуникации; - осевое раскрытие стыка в результате продольных деформаций грунта; – длина секции коммуникации; - величина относительного осевого горизонтального перемещения коммуникации (грунта вдоль оси трубопровода); - соответственно величины горизонтальных осевых перемещений в точках и ; - осевое раскрытие стыка в результате изгиба коммуникации; - наружный диаметр коммуникации; - общий радиус кривизны изгиба коммуникации в пространстве, учитывающий вертикальные и горизонтальные поперечные деформации; - радиус кривизны в вертикальной плоскости; – кривизна в вертикальной плоскости; - соответственно величины наклонов и интервалов в вертикальной плоскости, - средняя длина интервалов; - радиус кривизны в горизонтальной плоскости; – кривизна в горизонтальной плоскости; - соответственно величины наклонов и интервалов в горизонтальной плоскости; - наклон участков в горизонтальной плоскости, где - соответственно величины горизонтальных поперечных перемещений в точках и ; - величина оставляемого при строительстве зазора между концами труб в стыке, принимаемая в размере не менее 20% значения .

Таблица Л.9 Допускаемая осевая компенсационная способность податливого стыкового соединения труб

|  |  |
| --- | --- |
| Назначение трубопровода | Допускаемая осевая компенсационная способность стыков труб, мм |
| Безнапорная канализация1)   * чугунные раструбные трубы при условном диаметре труб   50 – 75 мм  100 – 250 мм  300 – 500 мм  600 мм   * асбестоцементные и железобетонные трубы на муфтах при условном диаметре труб   50 – 125  150 – 200  200 – 400 | 5  8  10  13  10\152)  15\20  20\25 |
| Водопровод, напорная канализация   * чугунные трубы * железобетонные раструбные трубы * асбестоцементные, хризотилцементные трубы | 2  3  15 |

Примечание:

1) - Принимается равной половине глубины щели раструбных труб или длины муфты стыковых соединений. 2) – при длине секций труб соответственно 3 и 4 м.

1. *Проверка образования продольных* (II.3.а) *и поперечных* (II.3.б) *трещин в сплошных конструкциях подземных коммуникаций* выполняется в соответствии с нормами на проектирование соответствующего вида конструкций путем проверки условия

, (Л.6)

где – усилие от нагрузок и воздействий в рассматриваемом сечении; - предельно усилие, которое может быть воспринято конструкцией без образования трещин.

1. *Расчет ширины раскрытия продольных* (II.4.а) *и поперечных* (II.4.б) *трещин в сплошных конструкциях подземных коммуникаций* выполняется в соответствии с нормами на проектирование соответствующего вида конструкций путем проверки условия

, (Л.7)

где – ширина раскрытия трещин от нагрузок и воздействий; – предельное значение ширины раскрытия трещин.

1. Все расчеты подземных коммуникаций должны проводиться на расчетные значения нагрузок, которые определяют путем умножения нормативных значений на соответствующий коэффициент надежности по нагрузке.

Коэффициент надежности по нагрузке принимают при расчете подземных коммуникаций: по первой группе предельных состояний с учетом табл. Л.10; по второй группе предельных состояний – равным единице.

1. При расчете подземных коммуникаций следует учитывать как основные (эксплуатационные), так и дополнительные (вызванные проектируемым объектом) нагрузки и воздействия.

К основным относятся нагрузки и воздействия, возникающие на стадии эксплуатации подземных коммуникаций до начала строительства проектируемого объекта, влияние от которого оценивается. В качестве основных нагрузок и воздействий рассматриваются внутреннее давление транспортируемой жидкости или газа, температурный перепад в стенках подземных коммуникаций, давление грунта.

К дополнительным относятся нагрузки и воздействия, возникающие после начала строительства проектируемого объекта, влияние от которого оценивается. В качестве дополнительных нагрузок и воздействий рассматриваются вертикальные и горизонтальные деформации грунта, а также увеличение давления грунта в результате строительных работ.

Таблица Л.10 Временные длительные эксплуатационные нагрузки и воздействия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характер нагрузки и воздействия | Нагрузка и воздействие | Коэффициент надежности по нагрузке |
| Временные  длительные | Внутреннее давление для газопроводов | 1,20 |
| Внутреннее рабочее давление для теплосети, напорной канализации, водопровода | 1,20 |
| Внутреннее давление для нефтепроводов и нефтепродуктопроводов диаметром 700-1200 мм с промежуточными НПС без подключения емкостей | 1,15 |
| Внутреннее рабочее давление для нефтепроводов диаметром 700-1200 мм без или с промежуточными НПС, работающими постоянно только с подключенной емкостью, а также для нефтепроводов и нефтепродуктопроводов диаметром менее 700 мм | 1,10 |
| Масса транспортируемого продукта или воды | 1,00 |
| Температурные воздействия от температурного перепада подземных коммуникаций во времени | 1,00 |

Примечание: Масса транспортируемого продукта или воды рассчитывается при полном заполнении поперечного сечения коммуникации.

1. При расчете коммуникации по предельным состояниям продольные осевые растягивающие напряжения в конструкции коммуникации от расчетных нагрузок и воздействий в общем случае определяются по формуле

(И.8)

где – растягивающие напряжения от вертикальных и горизонтальных перемещений грунта, перпендикулярных боковой поверхности коммуникации; для коммуникаций с кольцевым сечением допускается принимать ; - модуль упругости материала коммуникации; - наружный диаметр коммуникации; - общий радиус кривизны изгиба коммуникации в пространстве; – растягивающие напряжения от перемещений грунта вдоль боковой поверхности коммуникации, допускается рассчитывать исходя из билинейной зависимости (упругопластической контактной модели) между сопротивлениями и перемещениями грунта вдоль боковой поверхности коммуникации; – растягивающие напряжения от внутреннего давления транспортируемой среды в коммуникации; – растягивающие напряжения от температурного перепада в стенках коммуникации.

Внутреннее давление транспортируемой жидкости (газа), а также температурный перепад в стенках подземных коммуникаций при выполнении их расчетов по предельным состояниям рекомендуется учитывать согласно табл. Л.11.

Продольные осевые напряжения в коммуникации от внутреннего давления транспортируемой жидкости или газа, а также от температурного перепада определяются конструктивным решением коммуникации и особенностями ее взаимодействия с окружающим грунтом. Наибольшие продольные напряжения возникают при отсутствии возможностей поперечных и продольных перемещений коммуникации. Если коммуникация может свободно перемещаться в продольном и поперечном направлениях, температурные напряжения можно принимать равны нулю.

Продольное осевое напряжение от внутреннего давления транспортируемой жидкости (газа), температурного перепада сплошного трубопровода может быть учтено одним из двух способов: первый - совместно с влиянием перемещений и деформаций грунтового массива, в рамках численного моделирования в комплексе с другими нагрузками и воздействиями; второй – отдельно. В последнем случае суммарное продольное осевое напряжение рассчитывается по принципу суперпозиции.

Для прямолинейного трубопровода максимальные продольные осевые напряжения от внутреннего давления в коммуникации круглого сечения определяются по формуле:

, (Л.9)

где - давление в трубопроводе; – внутренний диаметр трубопровода; - толщина стенки трубопровода; - коэффициент Пуассона.

Для прямолинейного трубопровода максимальные продольные осевые напряжения от температурного перепада определяются по формуле:

-, (Л.10)

где – коэффициент линейного расширения материала трубы; - модуль упругости материала трубы; - температурный перепад трубопровода во времени, принимаемый положительным при нагревании.

При проверке прочности продольных сечений сплошных равнопрочных конструкций подземных коммуникаций (I.1) должен рассматриваться температурный перепад, соответствующий максимальному охлаждению трубопровода. Это соответствует расчетному случаю временного прекращения транспортирования жидкости (газа) по трубопроводу. Максимально возможный температурный перепад в этом случае составляет:

, (Л.11)

где – наиболее низкая среднемесячная температура окружающего грунта, принимается на основе данных многолетних наблюдений, при отсутствии данных наблюдений для условий г. Москвы можно принимать ; - температура трубопровода в период эксплуатации , принимается по данным служб эксплуатации коммуникаций либо по соответствующим нормам на их проектирование; при отсутствии данных для оценочных расчетов можно принимать: для водопровода с горячей водой - ; для подающей трубы тепловой сети - , обратной трубы - .

Таблица Л.11 Учет внутреннего давления транспортируемой жидкости (газа), а также температурного перепада в стенках подземных коммуникаций при выполнении их расчетов по предельным состояниям

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид поверочного расчета | Подземная коммуникация | | | | | |
| Напорная | | | | | Самотечная |
| Равнопрочный стык | | | | Неравнопрочный стык |
| Теплосеть | Напорная канализация | Водопровод | Газопровод |
| I группа предельных состояний | | | | | | |
| (I.1) Проверка прочности продольных сечений сплошных конструкций подземных коммуникаций |  |  |  |  | - | - |
| (I.2) Проверка прочности поперечных сечений жестких конструкций подземных коммуникаций |  |  |  |  | - | - |
| (I.3) Проверка потери устойчивости положения конструкций подземных коммуникаций в результате потери устойчивости (плоский сдвиг по подошве, глубинный сдвиг) их основания | - | - | - | - | - | - |
| II группа предельных состояний | | | | | | |
| (II.1) Проверка условия самотечности сплошных или сборных конструкций подземных коммуникаций | - | - | - | - | - | - |
| (II.2) Проверка герметичности неравнопрочных стыковых соединений между элементами сборных конструкций подземных коммуникаций | - | - | - | - | - | - |
| Проверка образования (II.3.а) и расчет ширины раскрытия (II.4.а) продольных трещин в сплошных жестких конструкциях подземных коммуникаций |  |  |  |  | - | - |
| Проверка образования (II.3.б) и расчет ширины раскрытия (II.4.б) поперечных трещин в сплошных жестких конструкциях подземных коммуникаций |  |  |  |  | - | - |

Примечания:

1.«+» - учитывается, «-» - не учитывается.

2. В числителе - учет внутреннего давления, в знаменателе – учет температурного перепада.

3. (1) – если конструкция коммуникации не содержит температурных компенсаторов