

УДК:624.0

DOI 10.21661/r-463758

Д.М. Бенин

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ НА ОПОРАХ

Аннотация: данная статья посвящена вопросу прокладки трубопроводов на опорах и методике расчета вертикальных и горизонтальных нагрузок, действующих на эти опоры. В качестве трубопроводов могут выступать трубопроводы систем водоснабжения, тепловые сети, нефтепроводы, мазутопроводы, конденсатопроводы, паропроводы и др. В статье описаны расчеты опор для трубопроводов, прокладываемых надземно, в проходных каналах, помещениях, на эстакадах, в непроходных каналах, на подвесных опорах и др. Даются рекомендации по расстановке опор на трассе трубопроводов, расчету нагрузок на скользящие и неподвижные опоры трубопроводов; проверке напряжений в металле труб, возникающих в результате удлинений трубопроводов от температурного от температурных расширений металла в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: прокладка трубопроводов, опоры под трубопроводы, вертикальная нагрузка, горизонтальная нагрузка.

D.M. Benin

THE METHOD OF CALCULATION OF PIPELINES LAID ON SUPPORTS

Abstract: this article focuses on the issue of laying pipelines on supports and the method of calculation of vertical and horizontal loads acting on the support. As pipelines can be water piping systems, heat networks, oil and mazout lines, condensate lines, steam lines, etc. this article describes the calculations of supports for pipelines laid above ground, in crowded channels, premises, on racks, in impassable channels, hanging supports, etc. The paper explores recommendations for placement of the supports on the route of the pipelines, calculation of loads on rotating and stationary supports of pipelines; inspection of stresses in the metal pipe, resulting from elongation of

the piping from the temperature from the thermal expansion of the metal during operation.

Keywords: *piping, supports of pipelines, vertical load, horizontal load.*

Расчет трубопроводов, прокладываемых на опорах или каналах, включает в себя:

- расстановку скользящих и неподвижных опор под трубопроводы с учетом возможной самокомпенсации;
- расчет нагрузок на скользящие и неподвижные опоры трубопроводов;
- проверку напряжений в металле труб, возникающих в результате удлинений трубопроводов от температурного от температурных расширений металла в процессе эксплуатации.

Для компенсации теплового удлинения технологических трубопроводов и теплотрасс используются повороты трассы (самокомпенсация с помощью Г-образных или Z-образных компенсаторов) или устанавливаются П-образные, линзовые или сальниковые компенсаторы.

Для обеспечения правильной работы компенсаторов и самокомпенсации, трубопроводы делятся неподвижными опорами на участки, независимые один от другого в отношении теплового удлинения. Для опирания труб между неподвижными опорами устанавливаются скользящие опоры. На каждом участке трубопровода, ограниченном двумя смежными неподвижными опорами, предусматривается установка компенсатора или самокомпенсация [2].

Самокомпенсация теплового удлинения трубопроводов применяется при величине угла, образуемого трубой не более 150°C .

Для определения теплового удлинения принимается сварка трубопровода, произведенная при температуре $T = -20^{\circ}\text{C}$.

При угле более 150° , а также в том случае, когда по расчетам поворот трассы не может быть использован для самокомпенсации трубопроводы в точке поворота крепятся неподвижными опорами. Линзовые и сальниковые компенсаторы могут применяться для трубопроводов, прокладываемых в местах повышенной застройки, при невозможности применить П-образные компенсаторы. При этом

для технологических трубопроводов должны применяться линзовые компенсаторы, а для тепловых сетей сальниковые и линзовые компенсаторы.

Расстояния между «мертвыми» опорами должны быть приняты из условия не провисания трубопроводов. Длины плеч трубопроводов на участках с самокомпенсацией не должны превышать 25 м.

Определение нагрузок на скользящие (подвижные) опоры включает в себя расчет вертикальной и горизонтальной нагрузок:

1. Вертикальная нагрузка, действующая на скользящую опору равна:

$$P_B = 1,5 \cdot q \cdot L \quad (1)$$

где q – вес одного погонного метра трубы или пучка труб с учетом веса трубы (труб), изоляции и воды, заполняющей трубы при испытании;

L – расстояние между опорами. Расстояние принимается в соответствии с таблицей 1.

Для пучках труб, идущих в самостоятельной изоляции или без изоляции расстояние принимается для наименьшего диаметра трубы. Для пучка труб, идущих в общей изоляции расстояние для наименьшей трубы может быть увеличено в 1,5 раза, но оно не должно превышать расстояния для наибольшей трубы.

Коэффициент 1,5 принимается из расчета проседания одной из опор.

При проседании опоры, расстояние между ближайшими работающими опорами в этом направлении увеличится в 2 раза.

2. Горизонтальная нагрузка на скользящую опору равна:

$$P_T = P_B \cdot \mu \quad (2)$$

где μ – коэффициент трения скольжения металла трубы о скользящую опору. $\mu=0,3$;

P_B – вертикальная нагрузка, действующая на опору.

Определение нагрузок на неподвижные опоры, как и на подвижные, включает в себя расчеты вертикальной и горизонтальной нагрузок.

1. Вертикальная нагрузка определяется так же, как и для скользящих опор.

2. При определении горизонтальных нагрузок учитывается:

а) *при гибких компенсаторах и самокомпенсации:*

сила трения в подвижных опорах:

$$P_{\text{тр}} = q \cdot \mu \cdot L_1 \quad (3)$$

где L_1 – длина трубопровода от неподвижной опоры до компенсатора или до поворота (при самокомпенсации);

q и μ – также, как и при расчете скользящих опор;

б) *при сальниковых компенсаторах:*

сила трения в подвижных опорах определяется по формуле 3.

Неуравновешенные силы внутреннего давления:

$$P_{\text{вн}} = P \cdot F \quad (4)$$

где P – максимальное давление, которое может возникнуть в трубопроводе, кг/см²;

F – площадь сечения трубы (внутренняя), см².

Сила трения в сальниках сальниковых компенсаторов определяется по формуле [1]:

$$P_c = \frac{400}{f_H} \cdot B \cdot D_{\text{ск}} \cdot n \cdot \mu \quad (5)$$

где B – длина слоя набивки по оси компенсатора, см;

$D_{\text{ск}}$ – наружный диаметр стакана сальникового компенсатора, см;

μ – коэффициент трения набивки о металл;

μ принимается равным 0,15 при резиновой набивки;

n – число болтов компенсатора;

f_H – площадь поперечного сечения набивки, см². Определяется по формуле:

$$f_H = 0.785(D_k^2 - D_{\text{сн}}^2) \quad (6)$$

D_k – внутренний диаметр корпуса сальникового компенсатора.

Список литературы

1. Бенин Д.М. Расчет толщины стенки технологических трубопроводов / Д.М. Бенин // Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно-практической конференции // Под ред. Г.Г. Бубнова, Е.В. Плужника, В.И. Солдаткина. – 2015. – С. 189–191.
2. Бенин Д.М. Трубопроводные и слаботочные системы городов и населенных мест: Учебное пособие / Д.М. Бенин. – М.: Русайнс, 2016. – 192 с.

Бенин Дмитрий Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных технологий в строительстве ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», Россия, Москва.

Benin Dmitrij Mihajlovich – candidate of technical sciences, associate professor at the department of information technology in construction of FSBEI of HE “Russian Timiryazev State Agrarian University”, Russia, Moscow.
