УДК 622.691.4

РАСЧЕТЫ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ГАЗОПРОВОДА НА УЧАСТКАХ ПРИМЫКАНИЯ К КАМЕРАМ ПУСКА И ПРИЕМА СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДИАГНОСТИКИ

CALCULATIONS TO REDUCE THE INFLUENCE OF LONGITUDINAL DEFORMATIONS OF THE GAS PIPELINE AT THE SECTIONS ADJACENT TO THE RECEIVING/ LAUNCHING CHAMBERS OF PIG AND DIAGNOSTIC EQUIPMENT

Закирова Гульнур Сагдатовна
кандидат технических наук,
доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
gulnur-live@mail.ru

Густов Алексей Андреевич
аспирант кафедры транспорта и хранения нефти и газа,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
s212646@stud.spmi.ru

Суслова Алёна Витальевна
студентка 3 курса,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
suslova-a.v@mail.ru

Мурин Владимир Дмитриевич
студент 3 курса,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
murinvd@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается установка компенсатора-упора на узлах камер приёма/пуска системы очистки и диагностики, предложена его конструкция. Сделан расчет продольных перемещений подземного трубопровода без компенсатора-упора и с компенсатором-упором.

Ключевые слова: средства очистки и диагностики, трубопровод, продольные перемещения.

Zakirova, Gulnur Sagdatovna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Oil and Gas Transportation and Storage
St. Petersburg Mining University
of Empress Catherine II
gulnur-live@mail.ru

Gustov Aleksey Andreevich
Postgraduate Student of the Department
of Oil and Gas Transportation and Storage,
St. Petersburg Mining University
of Empress Catherine II
s212646@stud.spmi.ru

Suslova Alena Vitalievna
Student of the Department of Oil
and Gas Transportation and Storage
St. Petersburg Mining University
of Empress Catherine II
suslova-a.v@mail.ru

Murin Vladimir Dmitrievich
Student of the Department of Oil
and Gas Transportation and Storage
St. Petersburg Mining University
of Empress Catherine II
murinvd@gmail.com

Annotation. The article considers the installation of a expansion joint at the nodes of the receiving/ launching chambers of pig and diagnostic equipment, its design is proposed. The calculation of longitudinal deformations of the underground pipeline without and with the expansion joint is made.

Keywords: pigs and diagnostic equipment, pipeline, longitudinal deformations.

Участки примыкания газопроводов испытывают большие напряжения, возникающие от действия внутреннего давления и от температурных напряжений [1].

Продольные перемещения способны вызвать недопустимые напряжения и деформации в газопроводе, его элементах, а также в оборудовании. Расчет продольных перемещений претерпевал изменения с учетом устойчивости отдельных участков трубопроводов.

В современной практике для уменьшения величины продольных перемещений используются стабилизирующие устройства – компенсаторы, позволяющие частично воспринять и погасить в себе продольные перемещения, собирающиеся к концу линейной части газопровода.

Компанией ЗАО «Трубодеталь» предложено использовать в качестве замены компенсаторам-упорам стабилизирующие устройства [2]. Оно может быть использовано на линейной части магистральных газопроводов в узлах приема и запуска средств очистки и диагностики трубопровода и предназначено для предотвращения продольных перемещений от температурных перепадов и внутреннего давления в трубопроводе. Недостатком данного технического решения является отсутствие механических расчетов подобных систем.

В работе авторами предлагается использовать компенсаторы-упоры, которые по своему устройству обеспечивают частичную компенсацию продольных перемещения трубопровода (рис. 1).

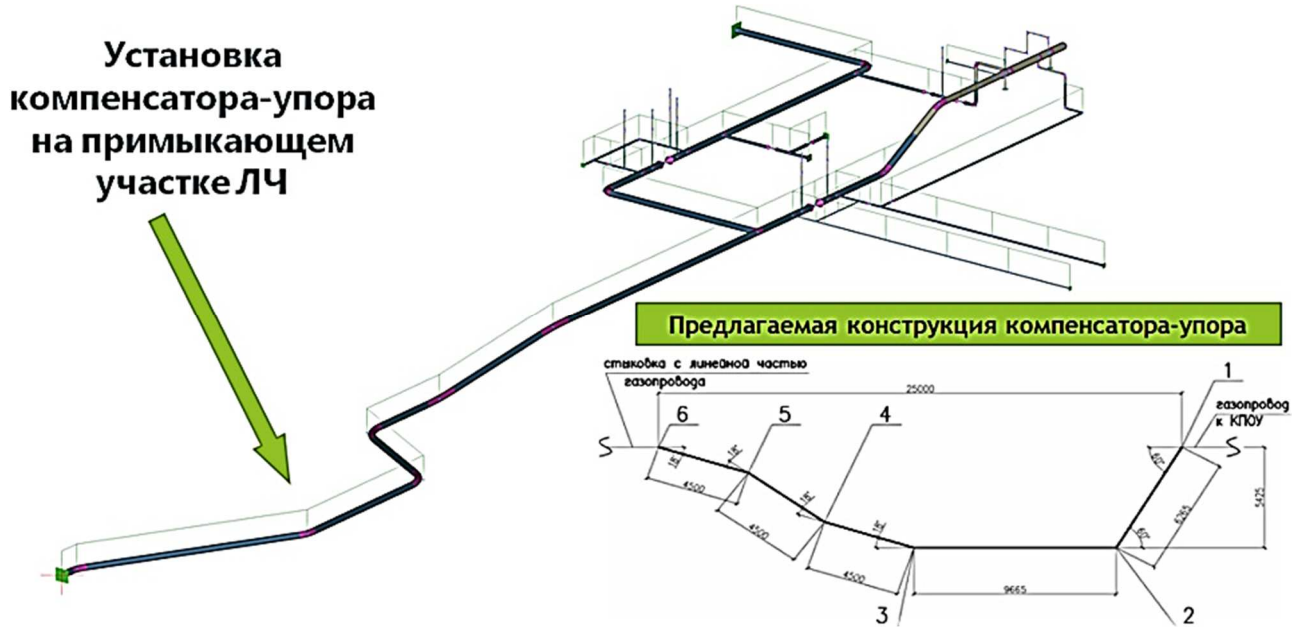

Рисунок 1 – Компенсатор-упор на местах подключения линейной части магистрального газопровода к камере приема СОД

Исходными данными для расчета продольных перемещений газопровода приняты характеристики грунтов на участке трубопровода, свойства материалов труб, характеристики трубопроводов, нагрузки и воздействия на участок трубопровода, особенности прокладки участка газопровода.

Расчет продольных перемещений подземного трубопровода произведен по формулам, описанным в работах [3, 4] для случая примыкания участка трубопровода к конструкции (коэффициент жесткости конструкции принят равным 0).

Кольцевые напряжения

$$\sigma_{\text{кц}} = \frac{n \cdot P \cdot (D_{\text{н}} - 2 \cdot \delta)}{2 \cdot \delta}, \quad (1)$$

где n – коэффициент надежности по нагрузке давлением; P – рабочее давление в газопроводе под давлением, МПа; $D_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубы, м; δ – толщина стенки трубы, м.

Эквивалентное усилие:

$$S = \left(\alpha \cdot \Delta t \cdot E + 0{,}2 \cdot \sigma_{\text{кц}}\right) \cdot F, \quad (2)$$

где α – коэффициент линейного расширения стали; Δt – температурный перепад, ºС; E – модуль Юнга стали, МПа; F – площадь сечения стенок трубы, м^2.

Параметр упругой работы грунта:

$$\gamma = \sqrt{\frac{\pi \cdot D_{\text{н}} \cdot C_{\text{ox}}}{E \cdot F}}, \quad (3)$$

где C_{ox} – обобщенный коэффициент касательного сопротивления грунта, МПа/м.

Проверка критерия равновесия грунта по длине трубопровода:

$$K = \frac{S \cdot \gamma}{t_{\text{пр}} \cdot 10^{-6}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{пр}}$ – предельное сопротивления грунта сдвигу, Н/м.

Продольное перемещение конца газопровода:

$$u_0 = \frac{1}{2 \cdot (E \cdot 10^6 \cdot F)} \cdot \left(\frac{S \cdot 10^6}{t_{\text{пр}}} + \frac{t_{\text{пр}}}{\gamma^2}\right). \quad (5)$$

Длина участка, с которого собираются температурные перемещения к его началу:

$$L = \frac{3}{\gamma} + \frac{S \cdot 10^6}{t_{\text{пр}}}. \quad (6)$$

В таблицах 1 и 2 представлены результаты расчетов продольных перемещений газопровода на проектируемых узлах запуска и приема без компенсатора-упора и с компенсатором-упором.

Таблица 1 – Без компенсатора-упора

Номер узла	Перемещение вдоль глобальной оси, (мм)		
	X	Y	Z
1	**–9,3**	–0,7	–2,2
2	–30,3	0	0
3	–0,6	0,2	13,2

Таблица 2 – С компенсатором-упором

Номер узла	Перемещение вдоль глобальной оси, (мм)		
	X	Y	Z
1	**–0,8**	0	–0,7
2	–30,3	0	0
3	0,2	0	1,7

Применение компенсатора предлагаемой конструкции позволяет значительно сократить воздействие продольных перемещений газопровода на проектируемых узлах запуска и приема.

Список литературы:

1. Султанмагомедов Т.С. Исследование перемещений трубопровода в многолетнемерзлых грунтах / Т.С. Султанмагомедов, Р.Н. Бахтизин, С.М. Султанмагомедов // SOCAR Proceedings. – 2020. – № 4. – С. 075–083.
2. Жук М.В. Патент № 103884106, ЗАО «Металлоконструкция». Стабилизирующее устройство магистрального трубопровода: № RU103884U1: заявл. 01.10.2010: опубл. 27.04.2011. – 12 с.
3. Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов : учеб. пособие / Л.И. Быков [и др.]. – СПб. : Недра, 2006. – 824 с.
4. Айнбиндер А.Б. Расчет магистарльных трубопроводов на прочность и устойчивость. Справочное пособие / А.Б. Айнбиндер, А.Г. Камерштейн. – М. : Недра, 1982. – 341 с.

List of references:

1. Sultanmagomedov, T.S. Investigation of pipeline displacements in permafrost soils / T.S. Sultanmagomedov, R.N. Bakhtizin, S.M. Sultanmagomedov // SOCAR Proceedings. – 2020. – № 4. – P. 075–083.
2. Zhuk M.V. Patent № 103884106, CJSC Metallokonstruktsiya. Stabilizing device of the main pipeline: № RU103884U1: avt. 01.10.2010: published on 27.04.2011. – 12 p.
3. Typical calculations for construction and repair of gas and oil pipelines : textbook / L.I. Bykov [et al.]. – SPb. : Nedra, 2006. – 824 p.
4. Ainbinder A.B. Calculation of the main pipelines for strength and stability. Reference manual / A.B. Ainbinder, A.G. Kamerstein. – M. : Nedra, 1982. – 341 p.