

УДК 624.15

О.В. Костина, Т.М. Бочкарева**O.V. Kostina, T.M. Bochkareva**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ АНКЕРОВАНИЯ
ФУНДАМЕНТОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
НА РАЗУПЛОТНЕННЫХ ГРУНТАХ****ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF ANCHOR FASTENING
THE FOUNDATIONS OF TRUNK PIPELINES
ON LOOSENED SOILS**

Объектом исследования являются фундаменты магистральных трубопроводов, расположенные на разуплотненных основаниях. Представлена классификация, отображающая причины разуплотнения грунтов, основные способы решения данных проблем. Составлена блок-схема исследования, отражающая мероприятия по предотвращению деформаций фундаментов. Выявлены недостатки описанных мероприятий, по которым сделан вывод о необходимости создания бездеформационных конструктивных решений фундаментов трубопроводов. Произведен патентный поиск по известным анкерным системам крепления фундаментов, выявлены недостатки их конструкций. В связи с этим данная проблема остается актуальной и обуславливает необходимость дальнейшего исследования характера совместной работы грунтовых оснований и системы анкеров фундаментов.

Ключевые слова: фундамент, трубопровод, анкер, разуплотнение основания, пучение грунтов.

The object of research is foundations of the main pipelines located on the grounds of loosened. The article presents classification, showing the reasons for the decompaction of soils, the main ways of solving these problems. According to the results of the classification revealed two major causes of decompaction. The authors made a block diagram of the study showing prevention of deformations of foundations. Identified disadvantages of the described events, which concluded on the need to create constructive solutions undeformation anchor fastening systems foundations of pipelines. In this regard, this problem remains urgent and causes the need for further studies on the nature of the joint work of soil bases and system anchors foundations.

Keywords: foundation, tubing, anchor, the decompression of the ground, heaving of soils.

На сегодняшний день мелкозаглубленные фундаменты применяются достаточно часто и во многих областях строительства – от промышленного до индивидуального. В связи с большими объемами добычи нефти и газа в России строятся и эксплуатируются сотни километров сетей трубопроводов, большинство из которых имеют мелкозаглубленный фундамент. С экономической точки зрения этот вид фундамента привлекателен, однако он

имеет и свои недостатки, которые особенно очевидны при его работе в сложных грунтовых условиях. В данной статье исследован характер работы мелкозаглубленных фундаментов на разуплотненных грунтах и определена актуальная область исследования, а именно характер работы анкеров усовершенствованного конструктивного решения.

На значительной территории России, особенно в северной части, залегают пучинистые грунты. Явление пучения свойственно сильно увлажненным пылевато-глинистым, насыщенным водой пылеватым и мелким песчаным грунтам, а также заболоченным основаниям [1]. Данным грунтам свойственно размытие по причине обильных осадков и паводков. Эти факторы приводят к разуплотнению и опущению основания, вызывая большие поперечные силы в конструкции трубопровода, тем самым деформируя его, что может приводить к авариям.

Авторами разработана классификация причин разуплотнения основания и способов решения данной проблемы, представленная в таблице.

На основании классификации сделаем выводы:

- 1) основными причинами разуплотнения грунтов являются морозное пучение и деятельность как поверхностных, так и грунтовых вод;
- 2) многие существующие способы решения данной проблемы не полностью обеспечивают качественную работу мелкозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах, в связи с чем зачастую необходимо применение комплекса мероприятий по защите от морозного пучения.

Причины разуплотнения грунтов и способы предотвращения данного явления

Этап	Причины разуплотнения грунтов		Способы предотвращения данного явления
I. Котлован на период его разработки	1. Метеорологические воздействия	А. Морозное пучение	1) полная замена пучинистого грунта основания непучинистым; 2) обратная засыпка пазух фундамента непучинисто-опасным материалом
		Б. Размягчение и набухание пылевато-глинистых грунтов	1) искусственный отвод поверхностных вод; 2) оставление недобора грунта на дне котлована до непосредственного устройства фундамента
	2. Динамические воздействия механизмов	А. Нарушение природной структуры основания	1) использование легких механизмов, передвигающихся по краю котлована; 2) оставление недобора грунта на дне котлована до непосредственного устройства фундамента
	3. Неблагоприятное влияние подземных вод	А. Гидростатическое давление воды	1) понижение уровня грунтовых вод
		Б. Гидродинамическое давление воды	1) понижение уровня грунтовых вод; 2) шпунтовое ограждение котлована
4. Грубые ошибки строителей	А. Нарушение природной структуры основания	1) ведение работ в строгом соответствии с рабочей документацией; 2) усиление основания насыпным грунтом; 3) создание щебеночных подушек; 4) армирование грунтов	

Продолжение таблицы

Этап	Причины разуплотнения грунтов	Способы предотвращения данного явления	
II. Фундаменты зданий и сооружений	1. Изменение уровня подземных вод	А. Естественного характера	1) закрепление грунтов основания (цементация, смолизация и др.)
		Б. Техногенного характера	1) закрепление грунтов основания (цементация, смолизация и др.); 2) расположение зданий вне возможной воронки выноса и размыва грунта
	2. Ослабление основания выработками	А. Подземными выработками	1) устройство жестких оболочек туннелей и других технических сооружений
		Б. Котлованными выработками	1) устройство ограждения котлована с оставлением его на весь период эксплуатации возводимого объекта
	3. Динамические воздействия механизмов	А. Нарушение природной структуры основания	1) использование фундаментов, гасящих вибрации от оборудования
	4. Активность геологических процессов	А. Деятельность подземных вод	
		A1. Плывуны	1) дренажная система ниже уровня залегания пльвуна при его неглубоком расположении; 2) устройство мелкозаглубленного ленточного фундамента при залегании пльвуна ниже уровня промерзания грунта; 3) устройство свайного фундамента при залегании пльвуна малой мощности на глубине 0,5–1,0 м от поверхности земли при наличии вблизи устойчивых грунтов; 4) устройство плитного фундамента при залегании пльвуна малой мощности на глубине 1,0–1,5 м от поверхности земли при наличии устойчивых грунтов на глубине более 6 м
		A2. Суффозия	1) регулирование поверхностного стока воды; 2) перехват подземных вод дренажными системами; 3) методы закрепления грунтов
		Б. Деятельность поверхностных вод	
		Б1. Оползни	1) регулирование поверхностного стока воды; 2) перехват подземных вод дренажными системами; 3) методы закрепления грунтов
В. Деятельность подземных и поверхностных вод			
V1. Карст		1) регулирование поверхностного стока воды; 2) перехват подземных вод дренажными системами; 3) методы закрепления грунтов; 4) устройство фундаментов ниже карста; 5) создание искусственного водоупора и противофильтрационных завес	
V2. Просадочность	1) уплотнение грунта тяжелыми трамбовками; 2) предварительное замачивание грунта в пределах всей просадочной площади; 3) заглубление фундамента ниже просадочных грунтов; 4) водозащитные мероприятия		

Окончание таблицы

Этап	Причины разуплотнения грунтов	Способы предотвращения данного явления
	В3. Заболачивание	1) осушение территории (дренаж или открытые водоотводящие каналы)
	В4. Морозное пучение	1) покрытие боковых поверхностей фундамента битумом, растворенным в мазуте или соляровом масле; 2) расположение подошвы фундамента ниже уровня промерзания; 3) строительство тяжелых зданий; 4) устройство плитного фундамента; 5) устройство дренажных систем; 6) утепление фундамента; 7) утепление грунта возле фундамента; 8) анкеровка фундамента

Главную опасность при эксплуатации зданий и сооружений представляет не подъем основания, а его неравномерная осадка при оттаивании грунта. Данный процесс обуславливает появление большой сжимаемости грунтового основания, при этом осадки сооружения в разных его частях могут значительно отличаться. Также на разность осадок влияет положение фундамента. С южной стороны здания или сооружения грунты оттаивают быстрее, чем с северной, а в отапливаемых зданиях фундаменты под наружные стены испытывают влияние морозного пучения, в отличие от фундаментов под внутренние стены. Данное явление почти не сказывается на работе тяжелых зданий и сооружений (к тяжелым относятся здания от трех этажей и выше) [2]. Максимальное неблагоприятное воздействие разуплотнения основания фундаментов в результате морозного пучения оказывается на мелкозаглубленные фундаменты легких неотапливаемых зданий, сооружений, фундаментов магистральных трубопроводов.

Фундаменты магистральных трубопроводов испытывают деформации не только от пучения грунта, но также от «всплывания» сетей в период паводков или затяжных дождей.

Авторами статьи разработана классификация мероприятий, предотвращающих деформации мелкозаглубленных фундаментов магистральных трубопроводов, работающих в условиях пучинистых грунтов (рисунок).

Анализ существующих конструктивных решений и методов устройства фундаментов магистральных трубопроводов выявил ряд существенных недостатков. Используемые демпферы (домкраты) и устройство песчаного основания не полностью устраняют проблему поднятия и равномерной осадки сетей трубопровода в связи с ограниченностью их действия и неустойчивостью системы.



Рис. Блок-схема исследования

Используемые пригрузки в условиях пучения грунтов основания увеличивают давление на трубопровод, что приводит к нарушению его целостности, а следовательно, к авариям.

Сооружение трубопроводов на эстакадах подразумевает удорожание строительства, однако не решает полностью всех проблем деформации грунта. При поднятии или опущении эстакады в трубопроводе возникают максимальные поперечные силы, что также приводит к его деформациям или разрушению.

На основании анализа классификации мероприятий, предотвращающих деформации мелкозаглубленных фундаментов магистральных трубопроводов, следует вывод о необходимости разработки бездеформационного конструктивного решения их анкеровки, исключаяющей характерные деформации фундаментов в процессе работы на проблемных пучинистых грунтах (см. ри-

сунок). Известно, что системы анкеров предпочтительны в борьбе с отрицательным влиянием явления морозного пучения [3]. Анкер, заглубленный в вечномёрзлые грунты, способен удерживать конструкцию фундамента в проектном положении и при поднятии, и при осадках основания.

Анализ существующих анкерных систем крепления фундаментов выявил предпочтительность применения анкеров в виде свай, в том числе созданных в обсадных трубах, так как они наилучшим образом справляются с проблемой деформаций фундаментов трубопроводов. Существует несколько известных конструкций анкеров фундаментов магистральных трубопроводов. Одной из таких является система Н.П. Сигачева, П.П. Панкова, А.В. Егиазаряна и др. [4], которая применима в слабых грунтах или грунтах глубокого сезонного промерзания. Суть изобретения заключается в создании скважины глубиной больше глубины промерзания грунта, в которые погружаются анкеры в виде полимерных труб, перфорированных на концах, длина которых, в свою очередь, больше глубины скважины. В трубы под давлением нагнетают состав, проникающий в грунты на перфорированном участке анкера и образующий уширения вследствие затвердевания, усиливающие сцепление с грунтом. Выпуски труб на поверхности соединяются с фундаментом опоры трубопровода. Достоинством данного изобретения является применение полимерных труб, стойких к коррозии и сохраняющих повышенную упругость при отрицательных температурах. К недостаткам данной системы можно отнести большой расход материалов, что подразумевает высокую стоимость работ.

Существует конструкция анкерной свайки фундамента опор трубопроводов, предложенная А.Л. Лязгиным, А.П. Осиповым, С.В. Остробородовым и др. [5], применимая на пучинистых грунтах. Опора состоит из пустотелой сваи в виде решетчатого каркаса, заглубленного ниже глубины сезонного промерзания грунта, и противопучинистой оболочки из несмерзающего с грунтом полимерного материала, которые жестко соединены между собой. Достоинство данного изобретения заключается в исключении смерзания оболочки с грунтом. К недостаткам конструкции относятся трудоемкость ее устройства и дороговизна полимерного материала.

Изобретение Б.И. Кислова, А.Л. Лязгина, А.П. Осипова и др. [6], заключается в создании анкерной сваи, применимой в вечномёрзлых и слабых грунтах для опор трубопроводов. Анкерная свая представляет собой ствол, к боковой поверхности которого (по участку ствола ниже глубины промерзания грунта) частью кромки прикреплены анкерные элементы в виде одного или нескольких гибких сетчатых полотнищ длиной, не превышающей длину ствола, и свободно обернутых вокруг него с образованием слоев, получаемых при завинчивании сваи в грунт. Достоинством данного изобретения являются лопасти из гибких сетчатых полотнищ вокруг сваи, полученные в результате

ее завинчивания, которые соединяются с грунтом, образуя единый массив за счет заполнения грунтом пустот сетки. При этом силы морозного пучения не могут переместить сваю. Однако основным и существенным недостатком данной технологии является невозможность контроля размеров образующихся лопастей, от которых и зависит эффективность работы системы.

Анализ существующих конструктивных решений, направленных на снижение деформативности фундаментов специального назначения в условиях работы на пучинистых грунтах, выявляет завышенную трудоемкость их устройства и отсутствие гарантии качественной работы. Данная проблема остается актуальной и обуславливает необходимость дальнейшего исследования характера совместной работы грунтовых оснований и системы анкеров фундаментов.

Явление разуплотнения грунтов оснований фундаментов на территории России, особенно ее северной части, встречается часто. Данный геологический процесс отрицательно сказывается на эксплуатации зданий и сооружений, вызывая их неконтролируемую неравномерную осадку, угрожающую разрушением строительных объектов. Необходимость исследования данного вопроса в таких обстоятельствах становится очевидной. На сегодняшний день анкерные системы крепления фундаментов признаны наиболее совершенным методом борьбы с неравномерной осадкой основания при его разуплотнении. Предложенные конструкции анкеров фундаментов имеют право на существование и их применение при соответствующем обосновании, однако они несовершенны, поэтому дальнейший анализ совместной работы анкерных систем фундаментов и грунтов оснований остается актуальным.

Список литературы

1. Причины возникновения неравномерных осадок [Электронный ресурс]. – URL: <http://stroy-spravka.ru/article/prichiny-vozniknoveniya-neravnomernykh-osadok> (дата обращения: 30.09.2019).

2. Что такое пучинистые грунты, методы их определения, выбор типа фундамента [Электронный ресурс]. – URL: <http://glaver.ru/obshhestroj/geoizyskaniya/puchinistye-grunty.html> (дата обращения: 30.09.2019).

3. Чернышева И.А., Машенко А.В. К вопросу использования различных методов защиты от морозного пучения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – № 1. – С. 39–46.

4. Способ защиты свайного фундамента несущей опоры от воздействия сил морозного пучения грунта: пат. 2573145 Рос. Федерация / Н.П. Сигачев, П.П. Панков, А.В. Егизарян, Н.С. Ефименко, Н.А. Коновалова, В.И. Коннов, Н.В. Лашук, Я.В. Клочков. № 2015102041/03; заявл. 23.01.15; опубл. 20.01.16, Бюл. № 2. – 7 с.

5. Фундамент опоры: пат. 2054093 Рос. Федерация / А.Л. Лязгин, А.П. Осипов, С.В. Остробородов, В.Н. Миланич, Б.И. Кислов, К.П. Шевцов. № 93003692/33; заявл. 28.01.93; опубл. 10.02.96, Бюл. № 4. – 4 с.

6. Анкерная свая и способ ее возведения: пат. 2055115 Рос. Федерация / Б.И. Кислов, А.Л. Лязгин, А.П. Осипов, С.В. Остробородов, В.Н. Миланич, С.И. Занятин, К.П. Шевцов. № 93003693/33; заявл. 28.01.93; опубл. 27.02.96, Бюл. № 5. – 6 с.

Костина Ольга Вадимовна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: up.ovg@yandex.ru.

Научный руководитель – **Бочкарева Татьяна Михайловна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства и геотехники, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: btm-tsp.ru@mail.ru.