

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

Алексеев А.Г., к.т.н., НИИОСП им. Н.М. Герсевича - АО
«НИЦ «Строительство», доцент МГСУ, г. Москва, e-
mail: adr-alekseev@yandex.ru

Балашов Д.В., инж., ООО «Гебау», г. Электросталь, МО,
e-mail: balashov@gebau.ru

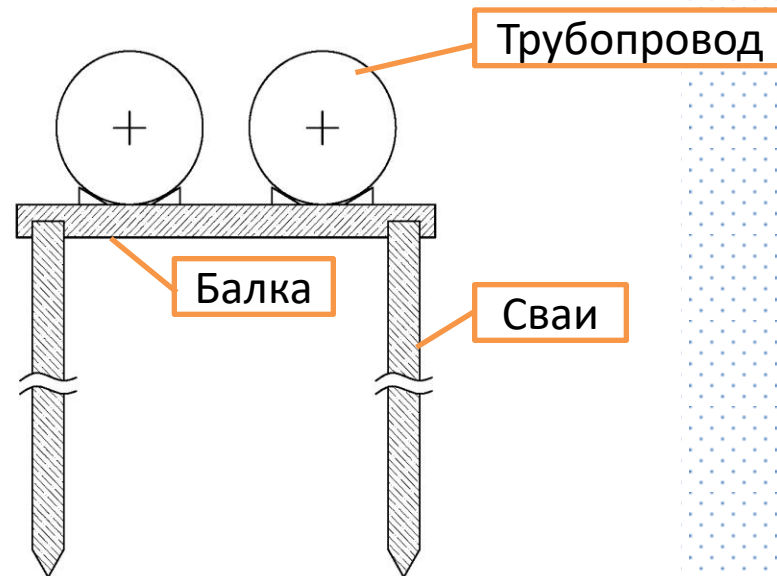
Моденов С.В., к.т.н., ООО «Гебау», г. Электросталь, МО,
e-mail: moser2707@gmail.com

Михалдыкин Е.С., инж.

Шишкин В.Я., к.т.н., АО «НИИГрафит», ГК Росатом,
г.Москва e-mail 7922044@mail.ru

в соответствии с требованиями ТЗ на магистрали
диаметром 500 – 1420 мм в скальных грунтах
и как инвентарные опоры

Свайные фундаменты трубопроводов – универсальное решение, но высокие трудозатраты на строительной площадке и при перевозке



Существующая технология монтажа трубопроводов

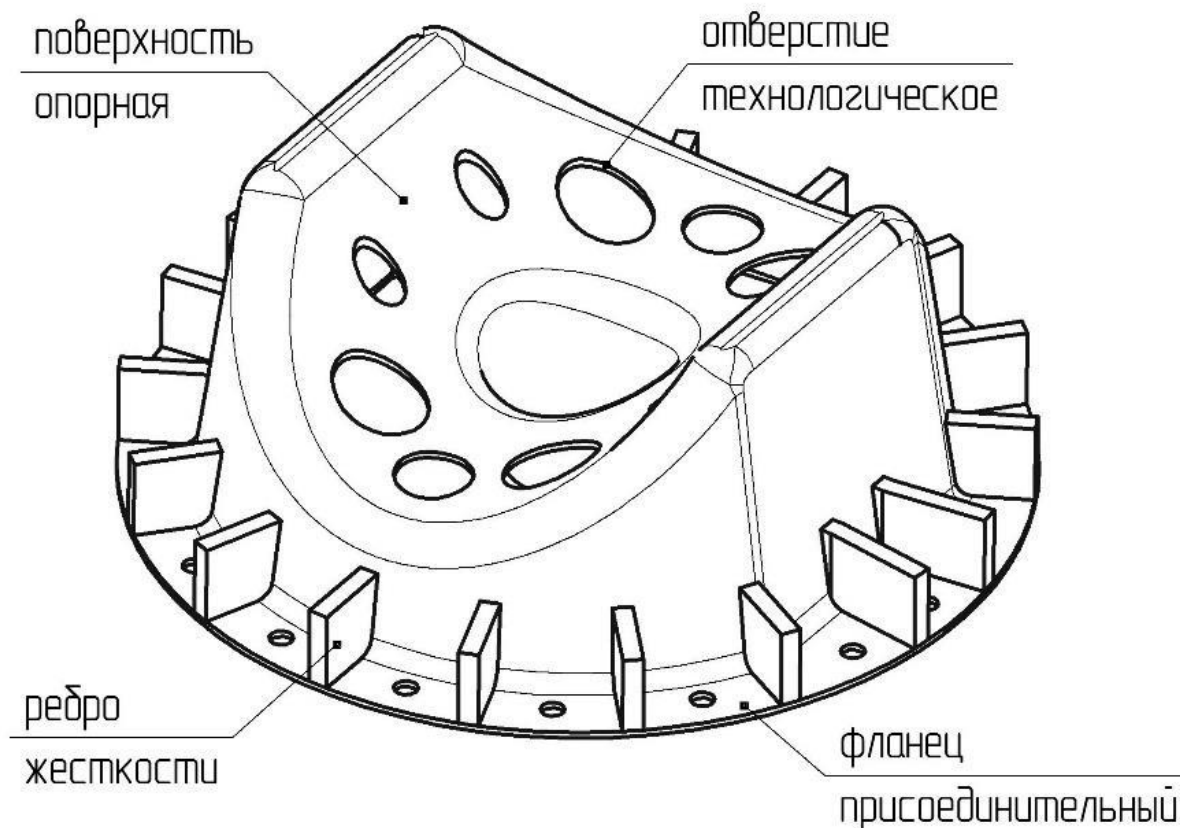


Земляная подсыпка



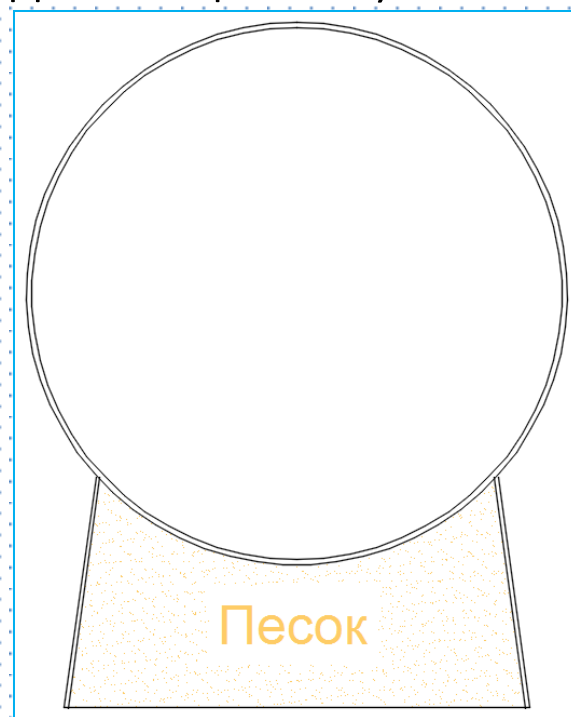
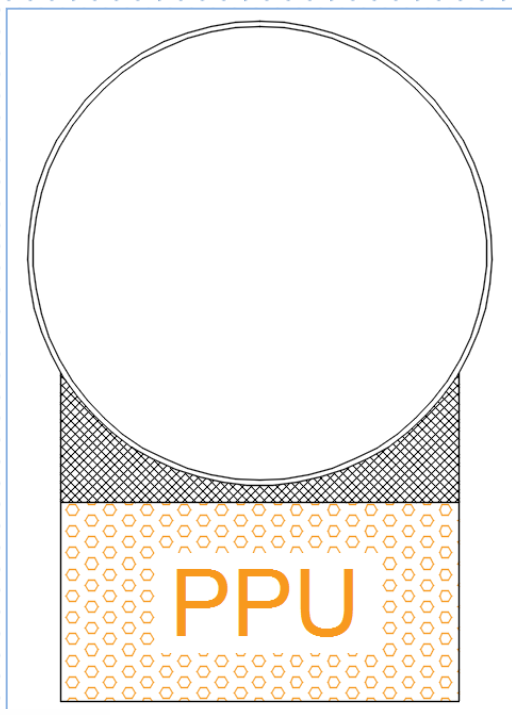
Ж/б подставка

Зарубежное решение – пластиковая опорная часть

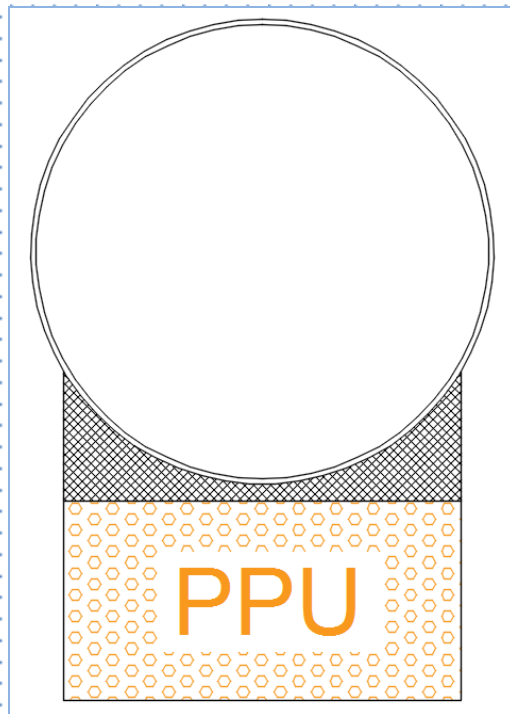


Предлагаемое решение

- Для скальных грунтов и грунтов, содержащих крупные включения
- Для песчаных и глинистых грунтов (кроме слабых водонасыщенных)

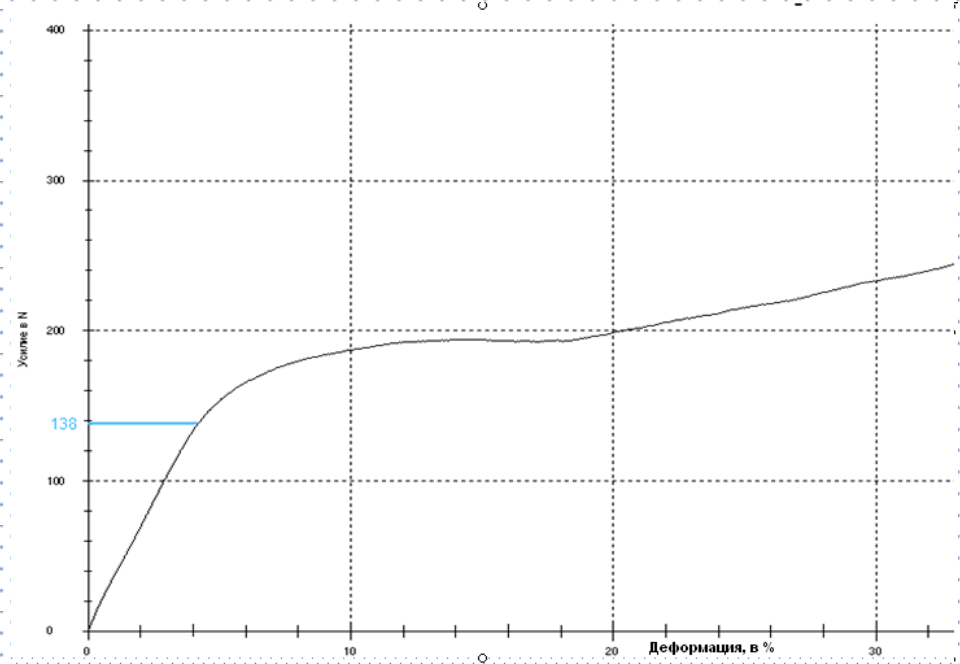


ППУ для скальных грунтов



Полимерная подушка универсальная, легкий, химически стойкий, имеющий стабильные механические свойства, опора для трубы д.1220 мм

Испытания ППУ



Условия испытаний согласно ГОСТ 4651-2014

Скорость испытания 2 мм/мин.

Температура испытаний 20° С

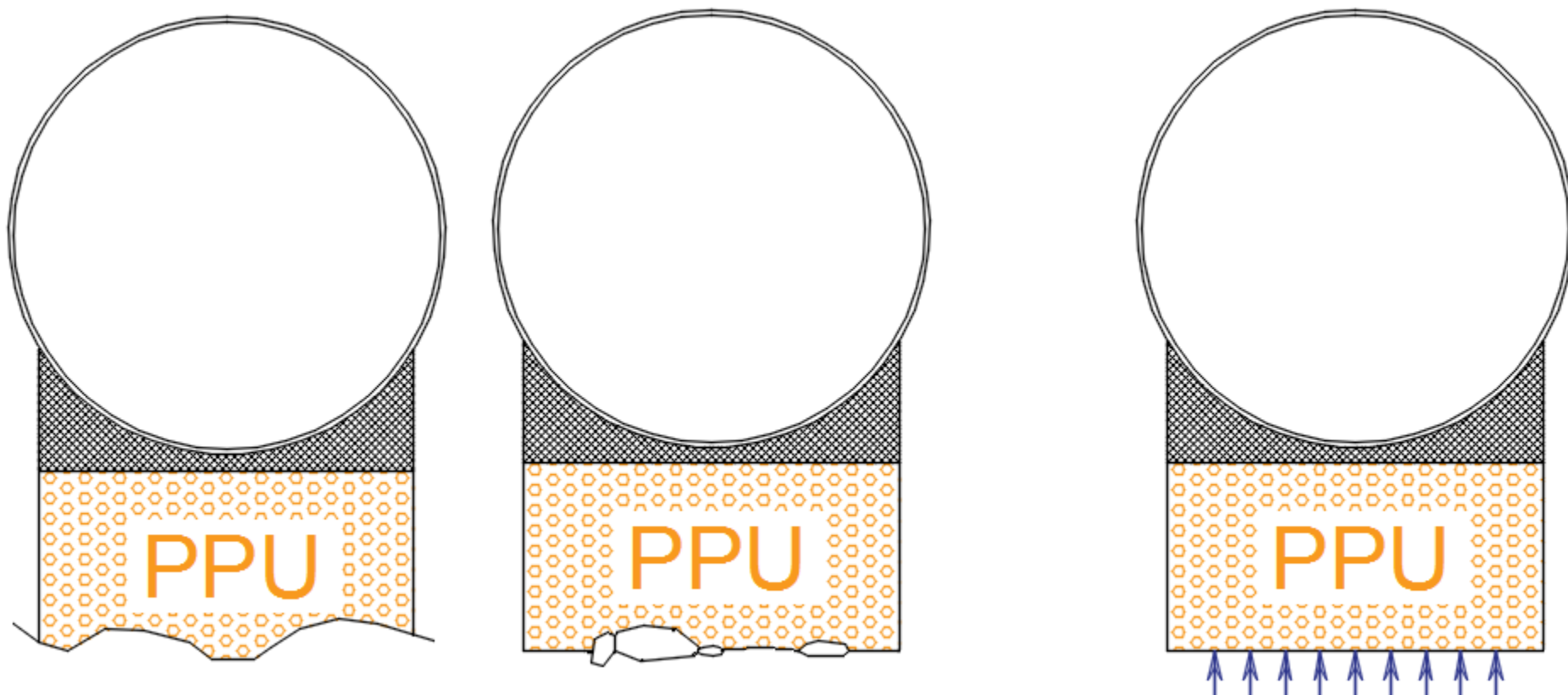
Форма образцов: 10,0 X 10,0 x 10,0мм.

Образцы изготовлены на фрезерном станке с программным управлением.

Максимальная нагрузка исходя из ТЗ на Полимерные Подушки
 $P_{\text{макс}}=452,5$ кН. (что составляет 400 кПа, при пересчете на ПП Ø 1,2м.)

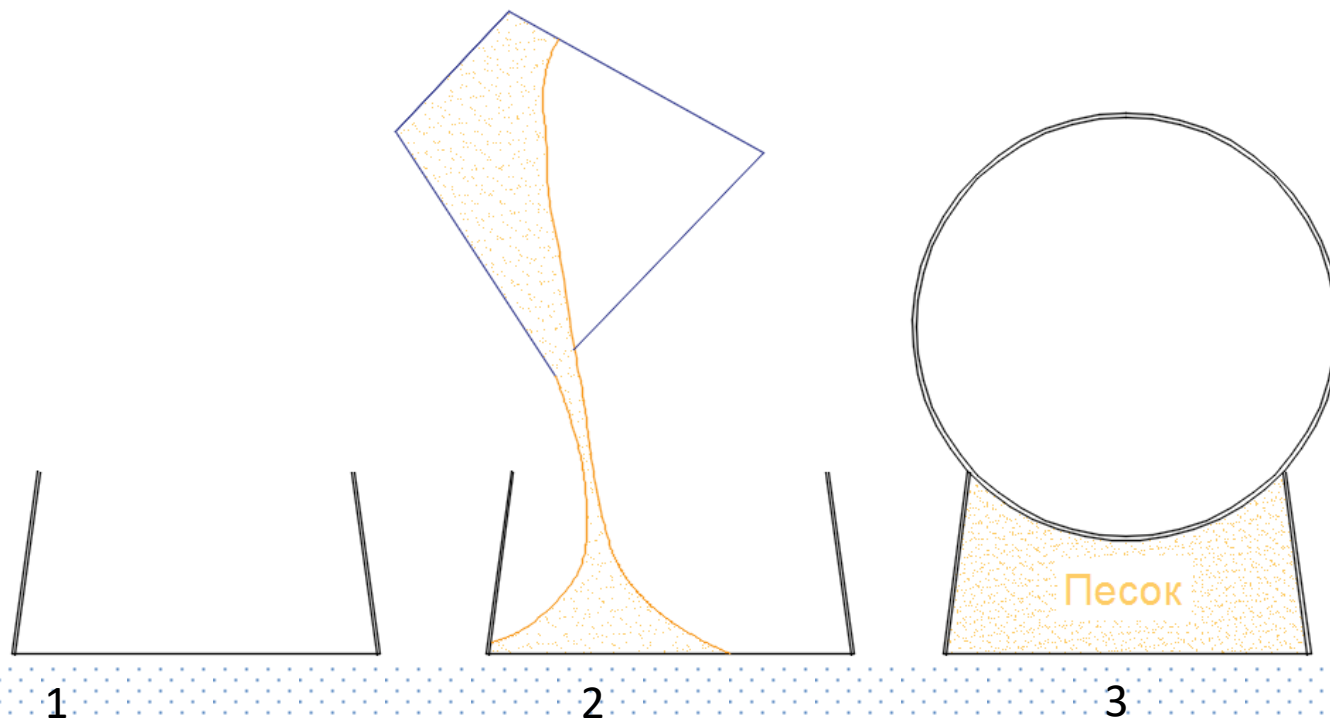
Таким образом запас прочности ППУ составляет более чем в 3 раза.

ППУ для скальных грунтов



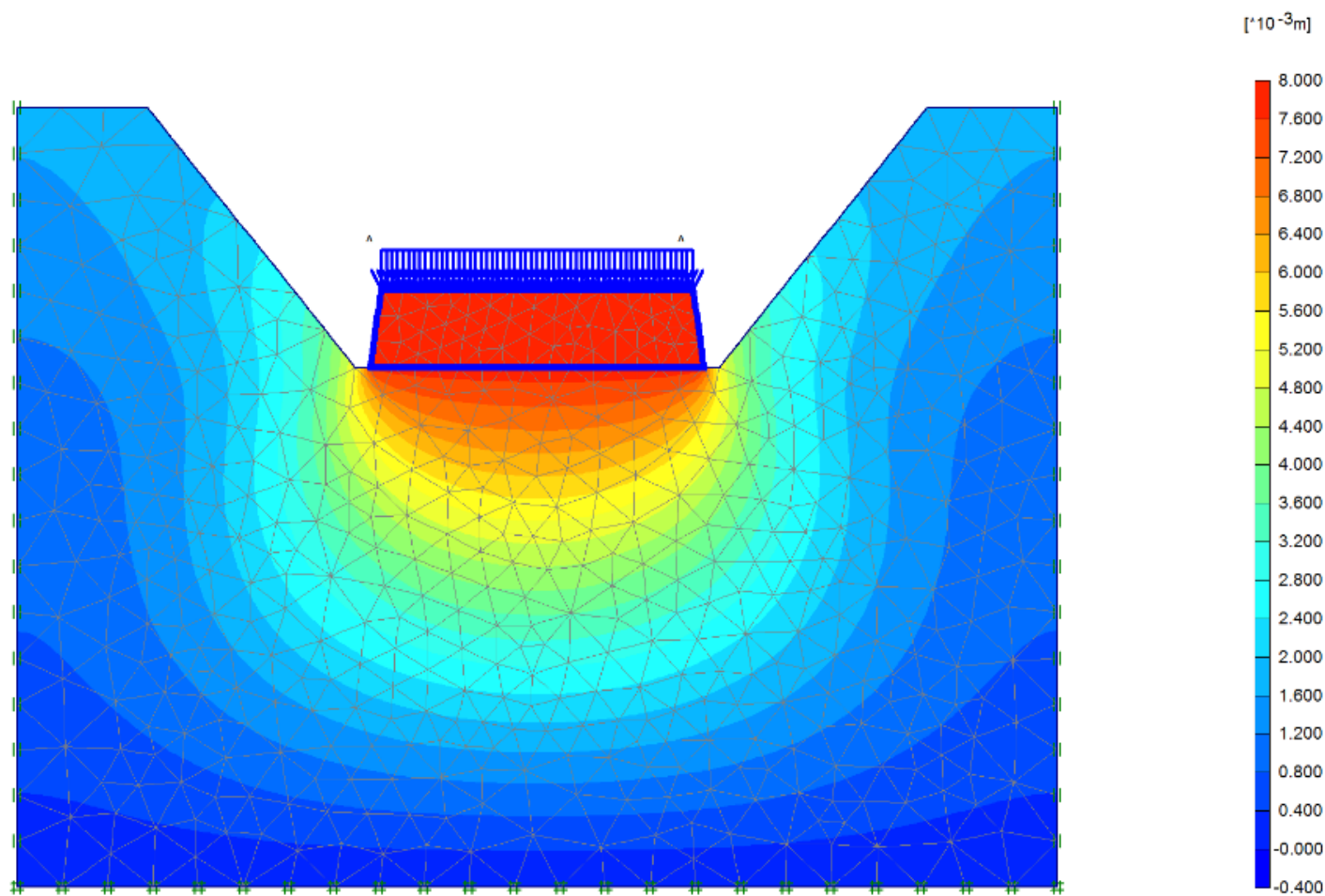
ППУ способна деформироваться, подстраиваясь под рельеф основания и обеспечить стабильное положение трубы. ППУ способна воспринимать вертикальные деформации грунтов от пучения, что может быть использовано в условиях многолетнемерзлых грунтов.

Опора из полимерных конусов для песчаных и глинистых грунтов в отсутствии подземных вод



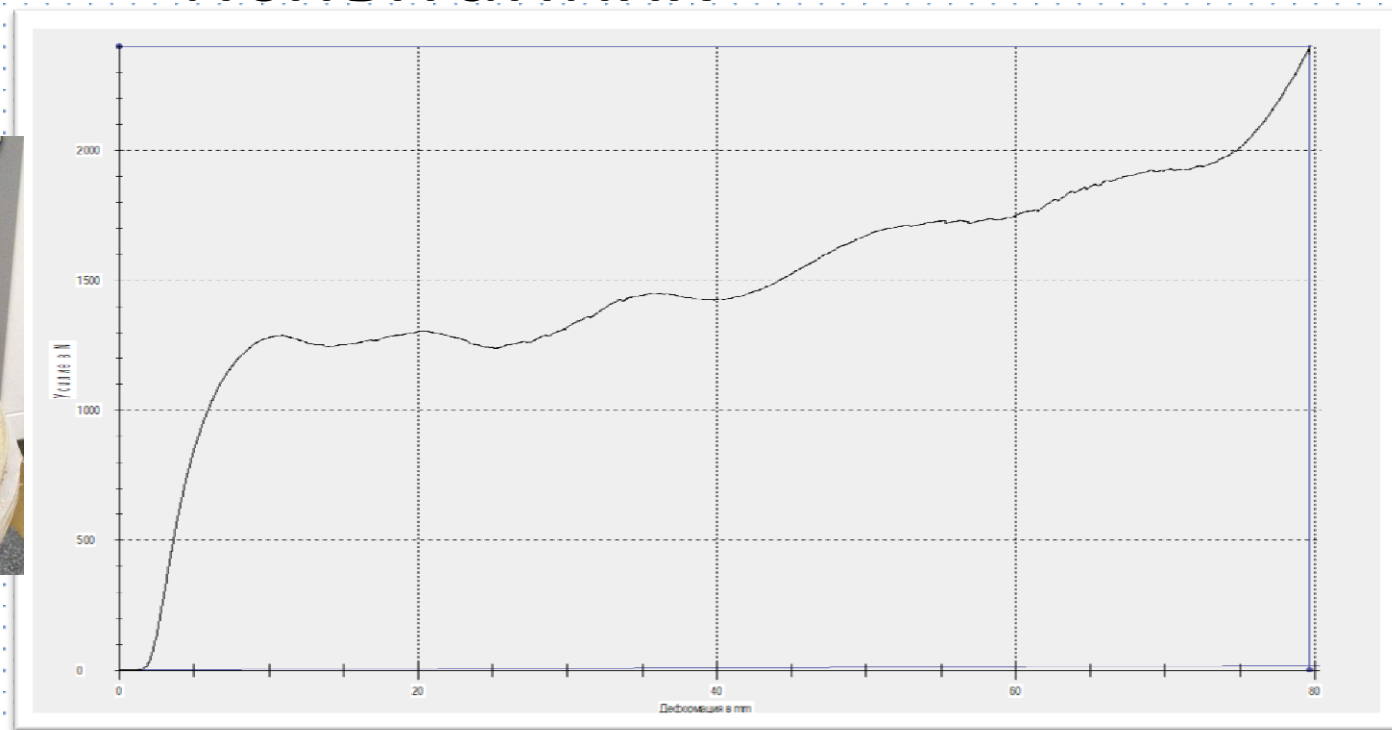
Обечайка изготовлена из легкого полимера, который просто доставлять на строительную площадку. Конусообразная форма позволяет вкладывать корпуса один в другой. Заполняется опорная часть местным песком, что дает значительный экономический эффект. 15000р опора для трубы д.1220

Схема передачи нагрузки на грунт



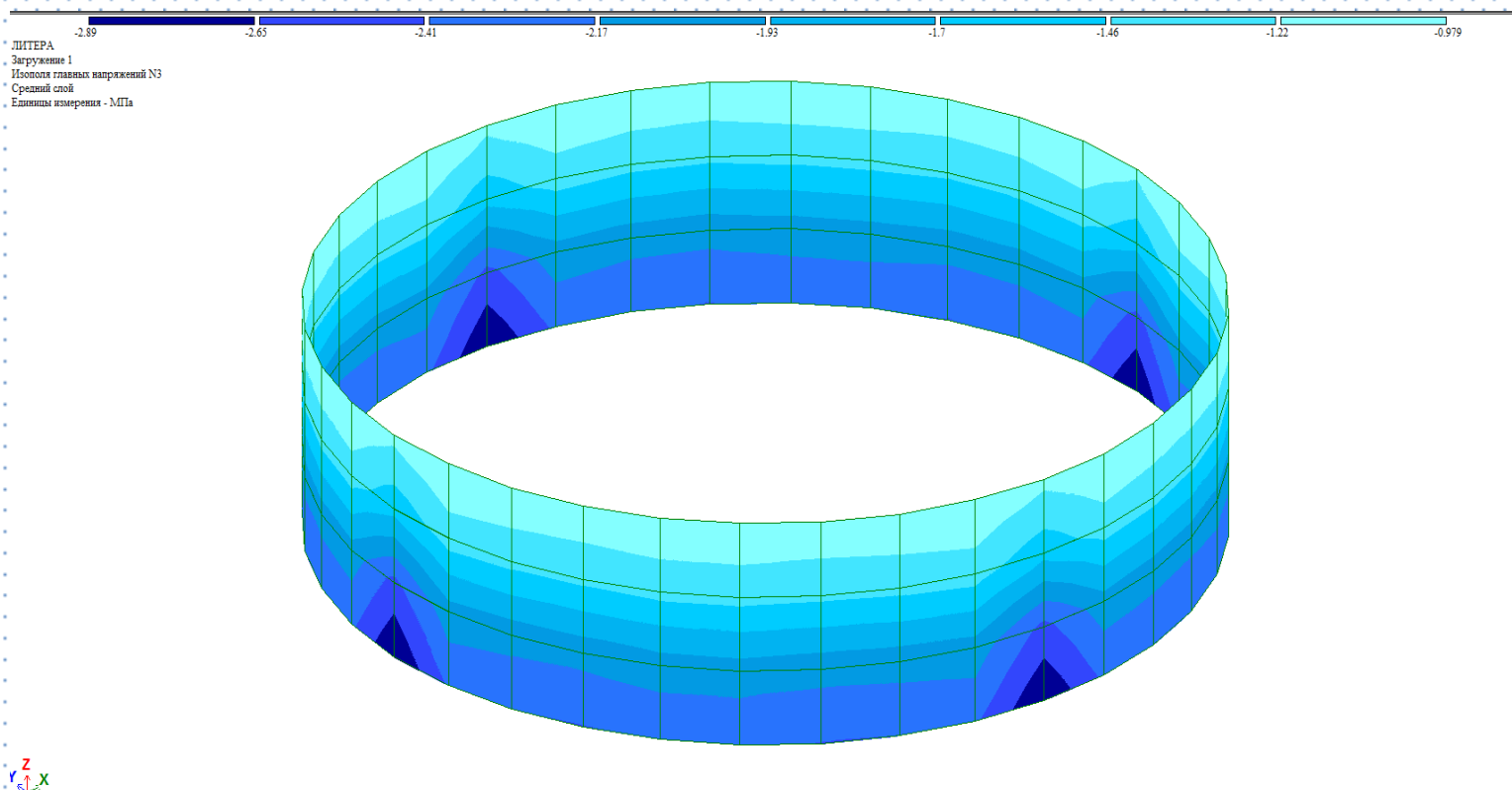
Total displacements (U_{tot})
Extreme U_{tot} 7.85×10^{-3} m

Моделирование опоры трубопровода при лотковых испытаниях



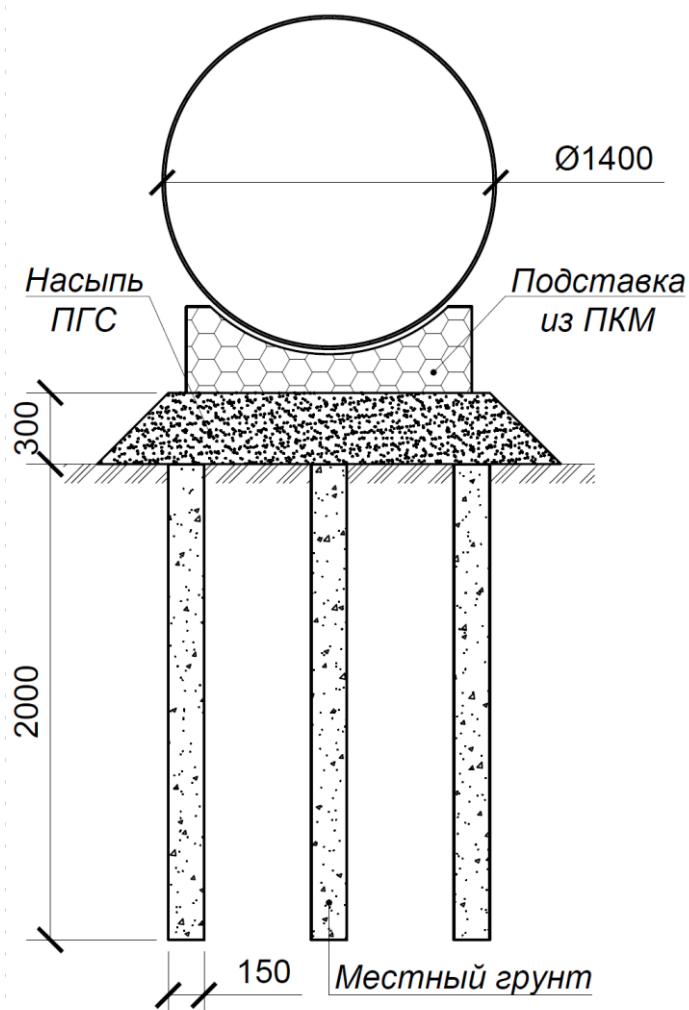
Диаметр масштабной модели равен 50 мм. Испытания показали, что граница несущей способности составляет 0.61 МПа, что составляет 70т при диаметре опорной части 1.2 м

Расчет оболочки



Расчет показал, что пропилен имеет 10-ти кратный запас прочности

Щелевые фундаменты для водонасыщенных заболоченных грунтов

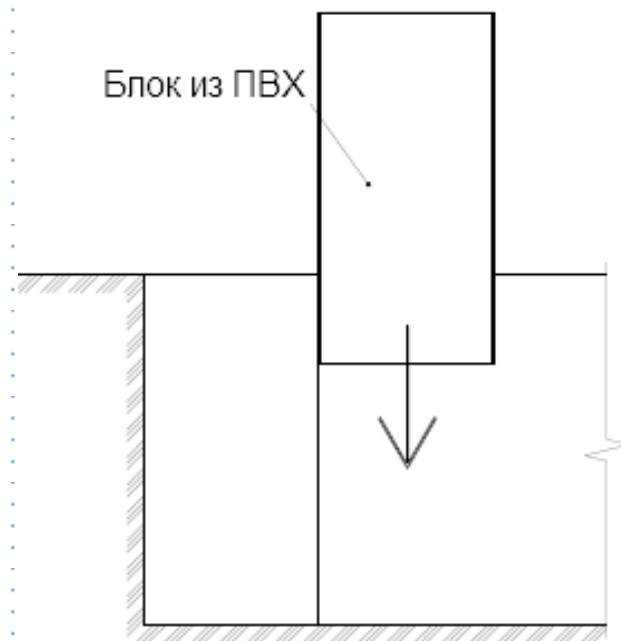
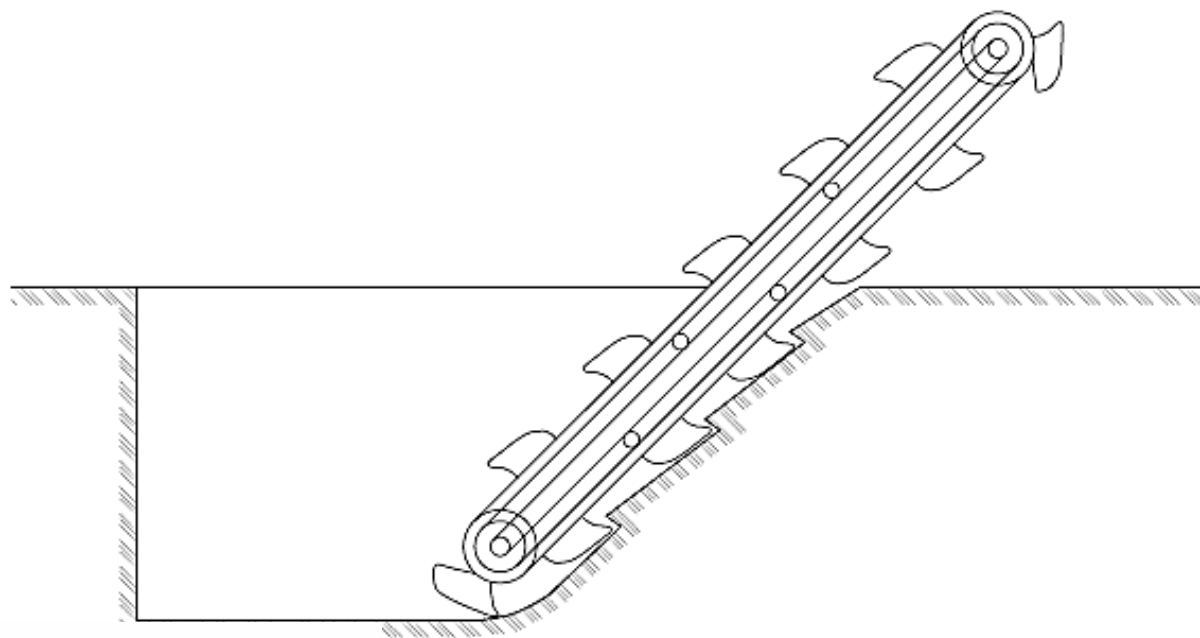


Конструкция представляет собой щелевой фундамент, состоящий из отдельных блоков ПВХ. Благодаря равномерному распределению нагрузки через композитную подставку и слой ПГС, нагрузка передается на основание в уровне низа щелей как фундамент глубокого заложения. Гладкая боковая поверхность блоков предупреждает поднятие фундамента от пучения, а заполнение блоков местным грунтом снижает конечную стоимость до 15000р за пог. м фундамента.

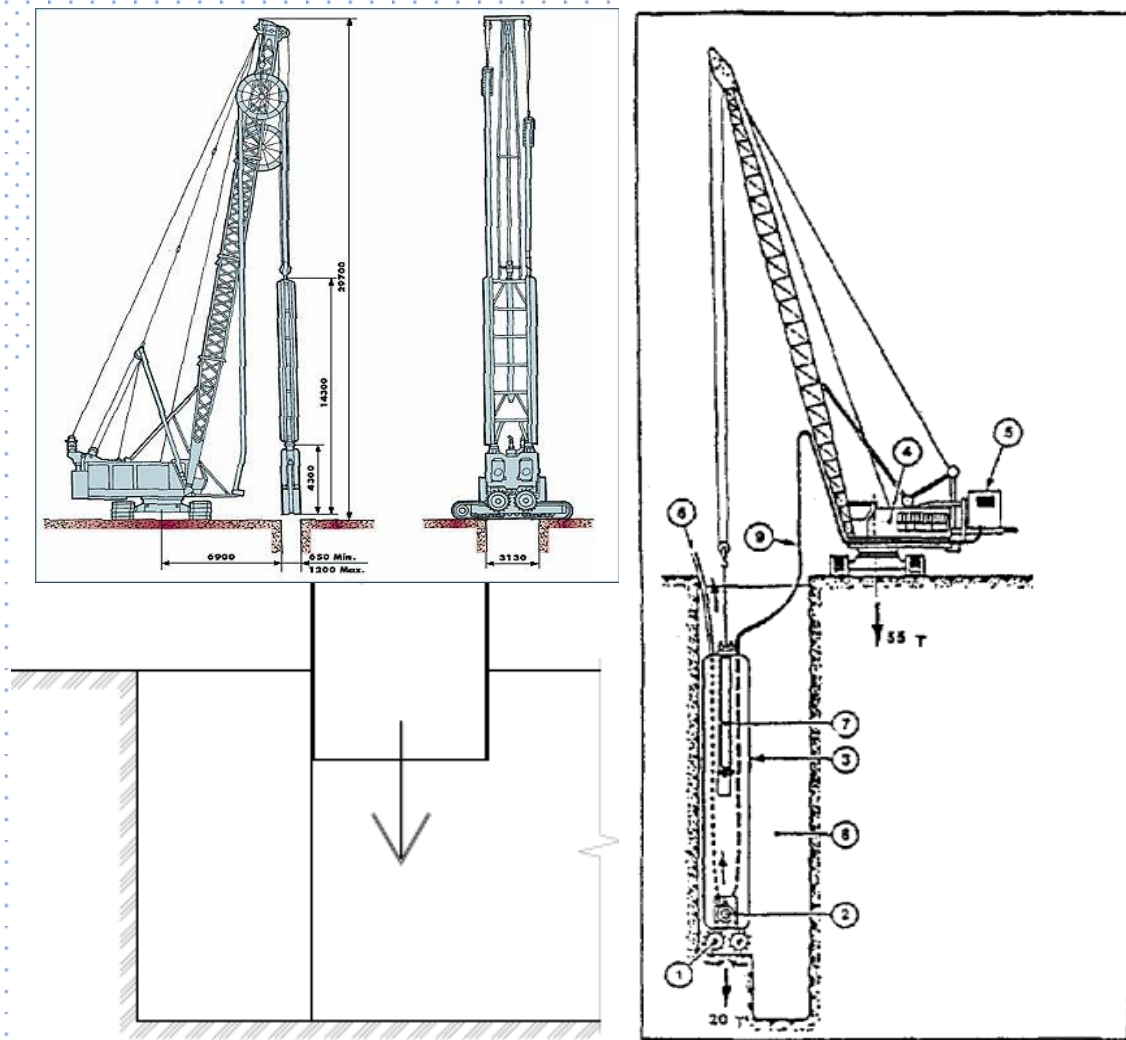
Патент АО НИИГрафит
№ 2633626

Технология устройства щелевого фундамента с помощью барровой установки

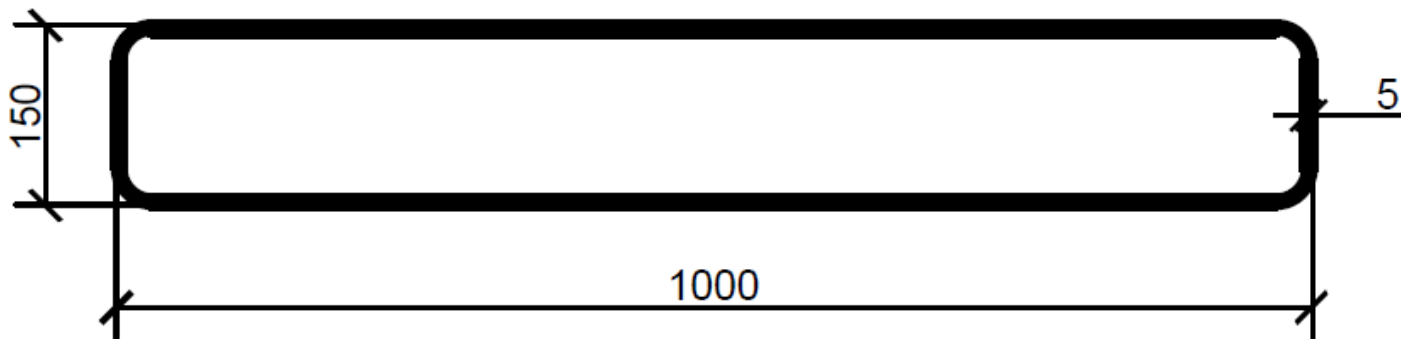
1. Откопка траншеи цепным экскаватором
2. Погружение блоков из ПВХ
3. Заполнение блоков местным грунтом с послойным уплотнением



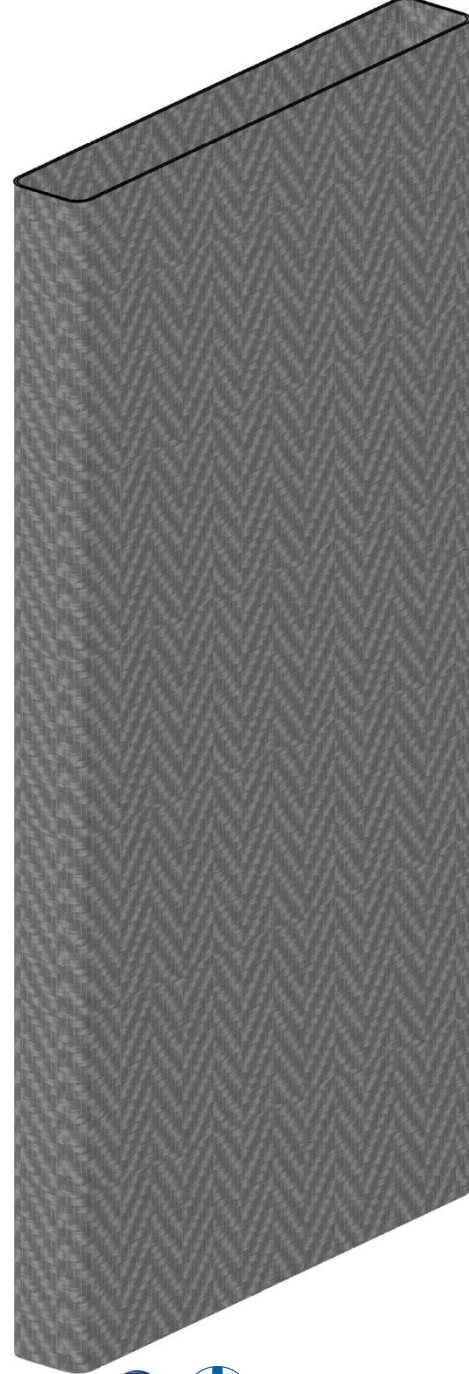
Технология устройства щелевого фундамента с помощью роторной гидравлической фрезы навесного типа



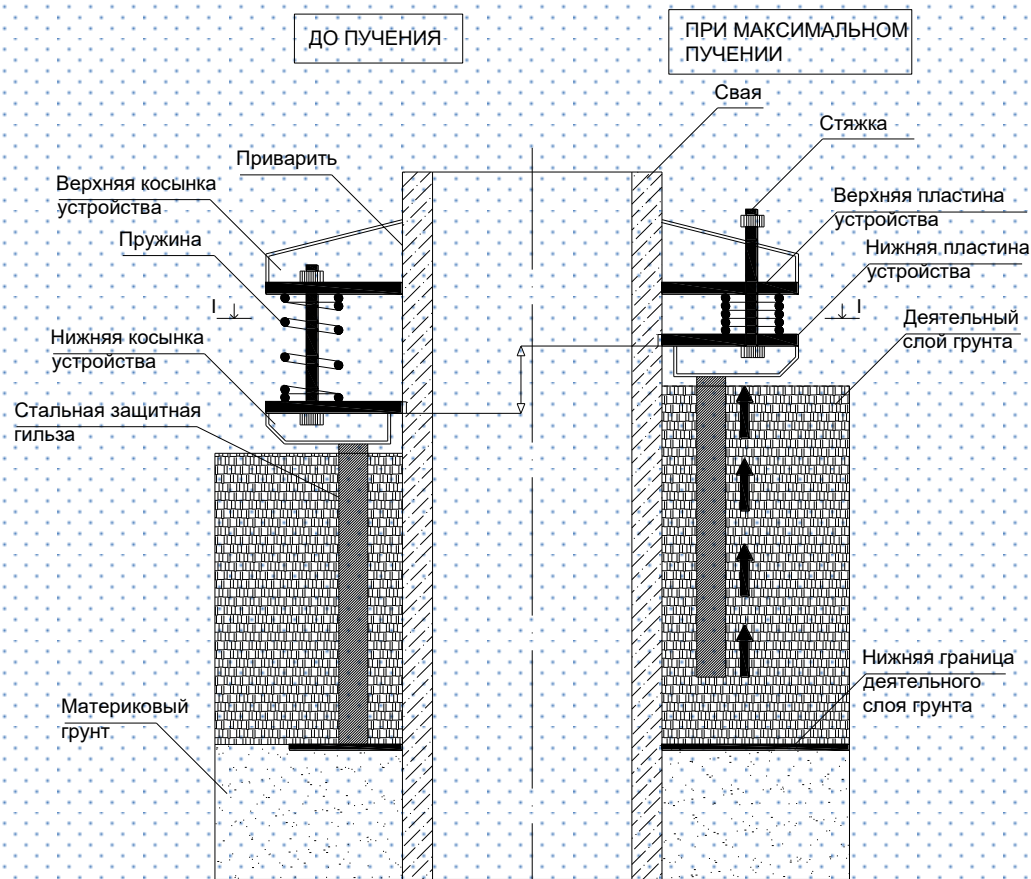
Характеристики блоков заполнения щелей в грунте



Показатель	Значение
Габариты, мм	2000x1000x150
Масса, кг	40,6
Материал	ПВХ
Стоимость блока, руб.	20000
Стоимость погонного метра фундамента, руб.	40000



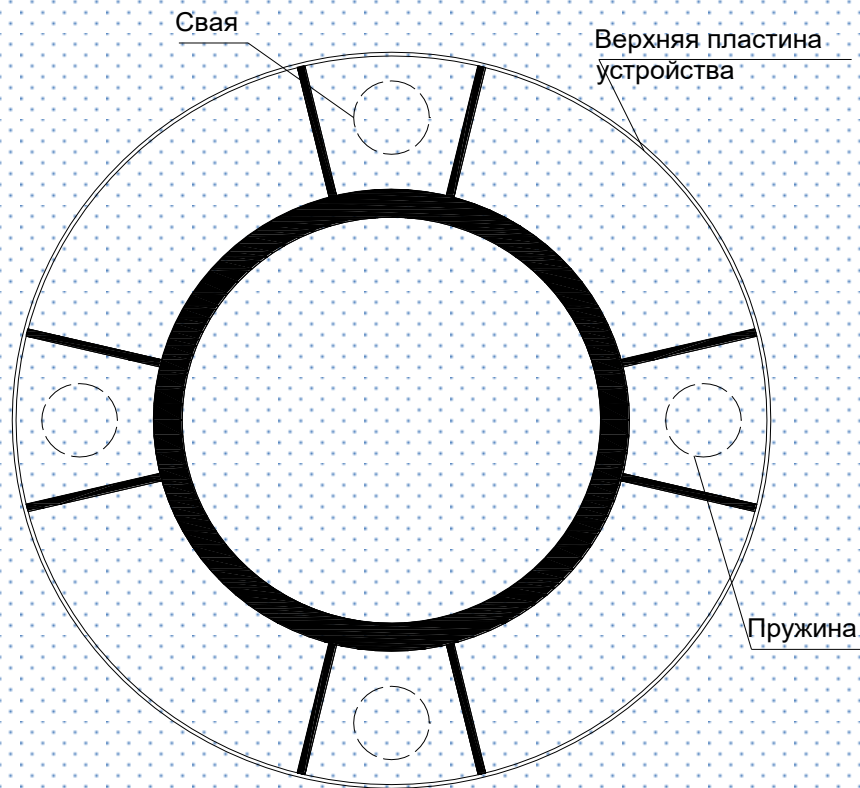
Пружинное противопучинное устройство.



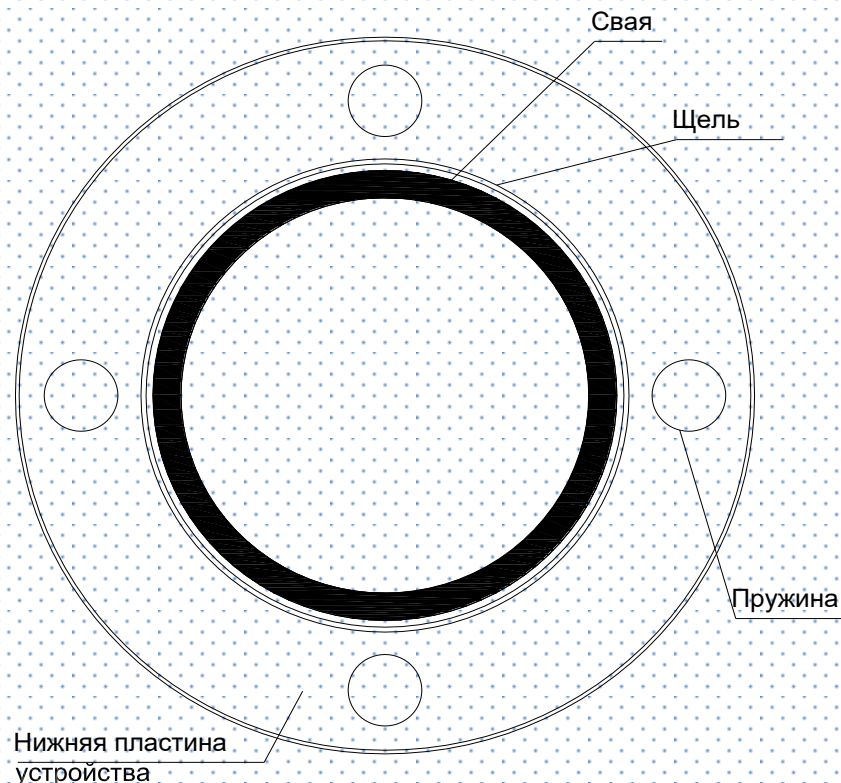
Устройство представляет собой две пластины связанных между собой пружинами. При возникновении пучения грунта происходит сжатие пружин. По окончании пучения пружины возвращаются в спокойное состояние.

Виды на нижнюю и верхнюю пластины пружинного устройства

ВИД СВЕРХУ



РАЗРЕЗ I-I

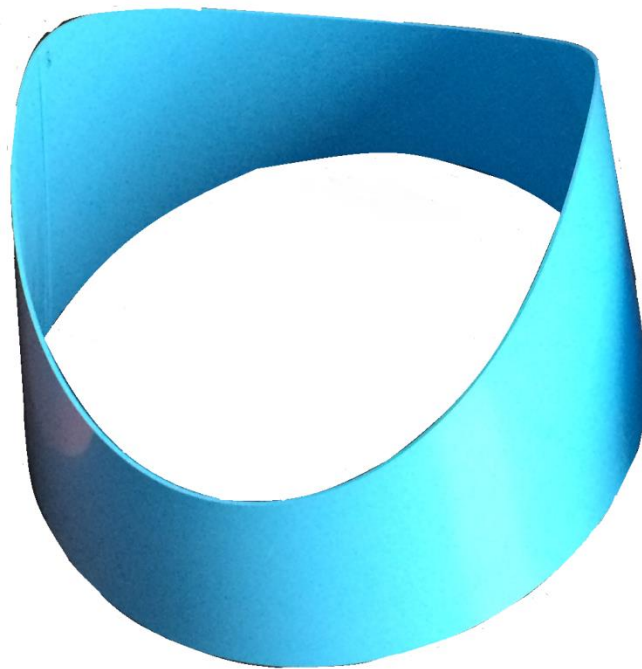


Демпферное противопучинное устройство.

Готовая демпферная смесь.



Форма для демпферной смеси.

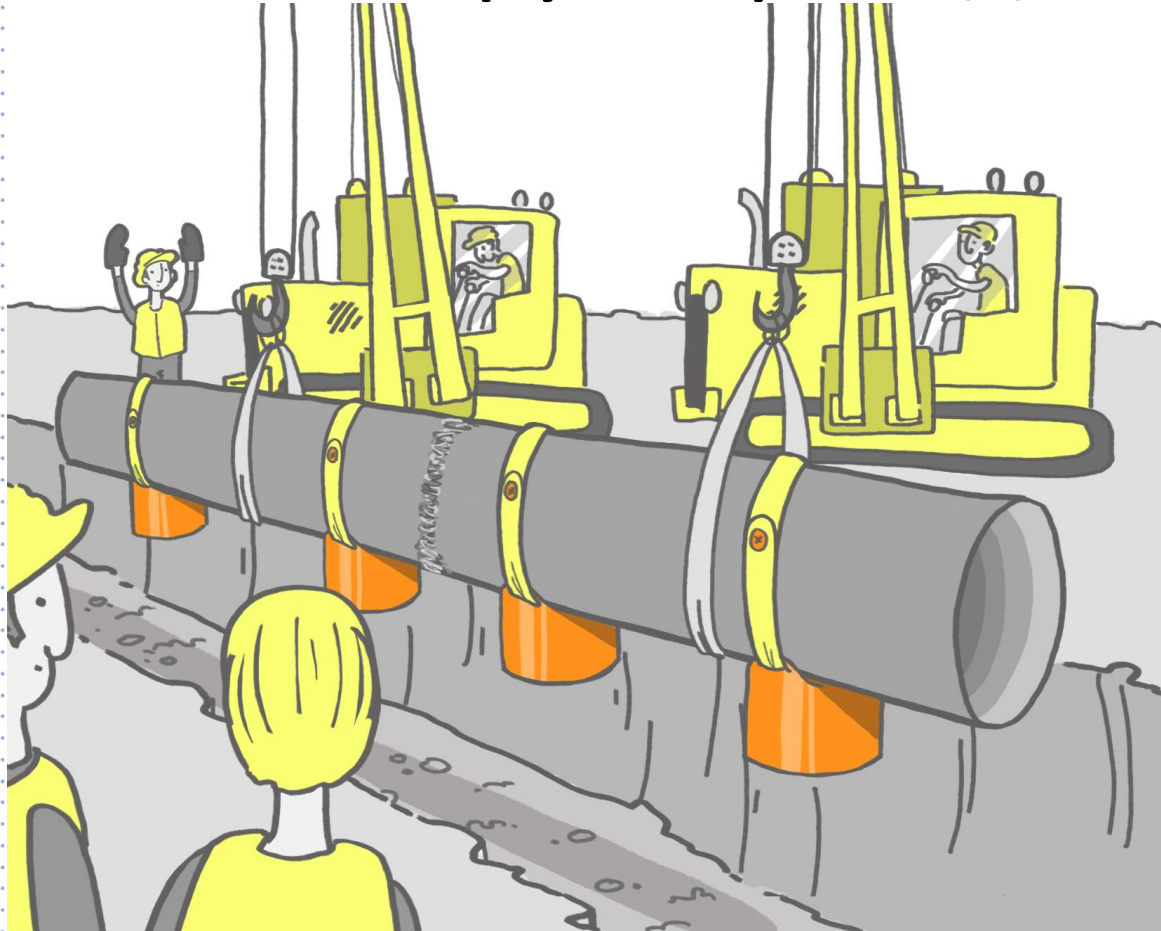


Готовая смесь способна деформироваться, менять свои размеры под действием пучения грунтов и обеспечить стабильное положение трубы. Одно из достоинств этой смеси –это легкость ее использования. Эти показатели позволяют использовать его в условиях многолетнемерзлых грунтов.

Фундамент весом 13 кг под нагрузку 24 тонны. Патент №2653193



Инвентарные опоры на период монтажа трубопроводов



Стоимость таких опор под газопровод диаметром 1420 мм составляет менее 8 000 руб.

Определение пучения грунта .

Деформация пучения ненагруженной поверхности грунта

при $W > W_{pr}$

$$h_f = d_f \frac{\rho_d}{\rho_w} \left\{ 0,09[W - K_w W_p] + 1,09 K_b J_t \psi \sqrt{\frac{T_{up}}{T_0}} \eta \frac{(W - W_{cr})^2}{W_p} \right\}$$

при $W \leq W_{pr}$

$$h_f = 1,09 d_f \frac{\rho_d}{\rho_w} K_b J_t \psi \sqrt{\frac{T_{up}}{T_0}} \eta \frac{(W - W_{cr})^2}{W_p}$$

Величина пучения

$$h_{fi} = h_f \left(1 - \frac{d + h_{\pi}}{d_f} \right)^{3/2}$$

Деформация пучения грунта с учетом давления под подошвой фундамента

$$h_{fp} = h_{fi} \left(1 - \beta \frac{p_i}{p_r} \right)$$

Для определения классификации грунтов по степени пучинистости используем таблицу

Наименование грунта	Степень пучинистости грунта				
	практически непучинистый $f \leq 0,01$	слабопучинистый $0,01 < f \leq 0,035$	среднепучинистый $0,035 < f \leq 0,07$	сильнопучинистый $0,07 < f < 0,12$	Чрезмерно пучинистый $f > 0,12$
	Значение параметра R_f				
Супеси с $0,02 < J_p \leq 0,07$	0,0014	0,0014-0,0049	0,0049-0,0098	0,0098-0,0169	0,0169
Супеси пылеватые с $0,02 < J_p \leq 0,07$	0,0009	0,0009-0,003	0,003-0,006	0,006-0,0103	0,0103
Суглинки с $0,07 < J_p \leq 0,17$	0,001	0,001-0,0035	0,0035-0,0071	0,0071-0,0122	0,0122
Суглинки пылеватые с $0,07 < J_p \leq 0,13$	0,0008	0,0008-0,0027	0,0027-0,0054	0,0054-0,0093	0,0093
Суглинки пылеватые с $0,13 < J_p \leq 0,17$	0,0007	0,0007-0,0023	0,0023-0,0046	0,0046-0,0079	0,0079
Глины с $J_p > 0,17$	0,0012	0,0012-0,0043	0,0043-0,0086	0,0086-0,0147	0,0147

Параметр R_f

$$R_f = 0,012(W - 0,1) + \frac{W(W - W_{cr})^2}{W_L W_p \sqrt{M_0}}$$

Теоретические предпосылки расчетов на выпучивание

верхности и перемещается на величину ω . Если ω имеет одинаковое перемещение h , то в свае с вертикальным перемещением ω величина выпучиванию сваи (на рис. 8.4.

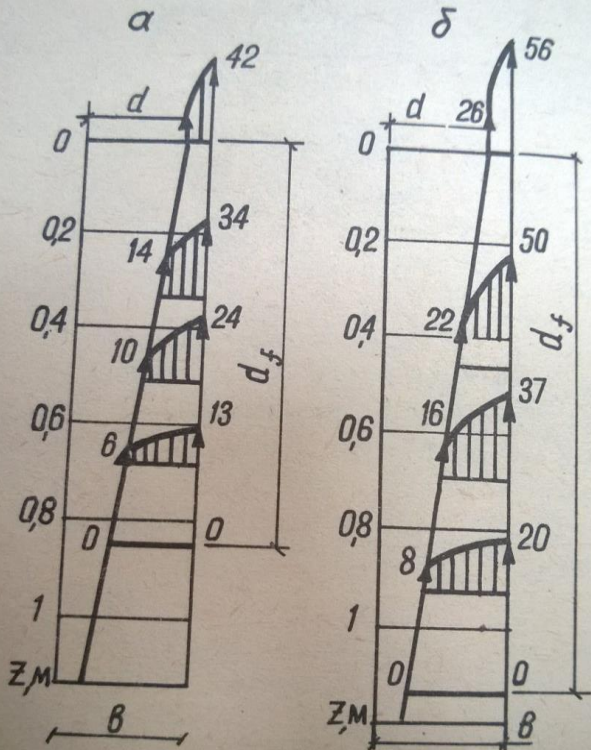


Рис. 8.3. Эпюры расчетных вертикальных перемещений, мм, мерзлого грунта вокруг свай: а) при $d_f = 0,85$ м; б) при $d_f = 1,13$ м

Существующая методика расчета гарантирует отсутствие превышения напряжений в трубопроводе при деформациях морозного пучения грунта и неравномерных просадок при его оттаивании

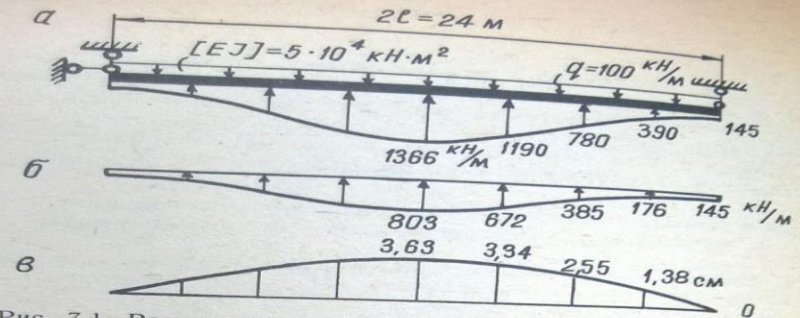


Рис. 7.1. Расчет стены здания на неравномерный подъем основания: а) расчетная схема; б) эпюра давления пучинистого грунта после достижения равновесия системы балка-основание; в) эпюра перемещений балки

$$\left. \begin{aligned} y_1(x) &= \operatorname{ch} kx \cdot \cos kx \\ y_2(x) &= \operatorname{ch} kx \cdot \sin kx \\ y_3(x) &= \operatorname{sh} kx \cdot \cos kx \\ y_4(x) &= \operatorname{sh} kx \cdot \sin kx \end{aligned} \right\} \text{— частные решения уравнения (7.29) без правой части, образующие фундаментальную систему; } c_i \text{— произвольные постоянные, определяемые из граничных условий:}$$

$$\left. \begin{aligned} y'(0) &= y'''(0) = 0; \\ y(\pm 1) &= y''(\pm 1) = 0. \end{aligned} \right\} \quad (7.32)$$

Так как граничные условия однородны, то частное решение уравнения (7.29) удобно искать отдельно для $F_1(x)$ и $F_2(x)$.

Согласно методу Коши, частное решение $F_1(x)$ ищем в виде:

$$z_1(x) = \int_0^x F_1(t) y(x-t) dt, \quad (7.33)$$

где $y(x)$ — линейная комбинация частных решений уравнения (7.29) без правой части, удовлетворяющая условиям

$$\left. \begin{aligned} y(0) &= y''(0) = 0; \\ y'''(0) &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (7.34)$$

Для удобства выполнения дальнейших выкладок функции и их производные выпишем вместе:

$$\left. \begin{aligned} y_1(x) &= \operatorname{ch} kx \cdot \cos kx; & y_2(x) &= \operatorname{ch} kx \cdot \sin kx; & y_3(x) &= \operatorname{sh} kx \cdot \cos kx; \\ y_4(x) &= \operatorname{sh} kx \cdot \sin kx; & y_5(x) &= k(y_1 + y_4); & y_6(x) &= k(y_1 - y_4); \\ y_1'(x) &= -2k^2 y_4; & y_2'(x) &= 2k^2 y_3; & y_3'(x) &= -2k^2 y_2; \\ y_4'(x) &= -2k^3(y_2 + y_3); & y_5'(x) &= 2k^3(y_1 - y_4); & y_6'(x) &= -2k^3(y_1 + y_4); \\ y_1''(x) &= -4k^4 y_2; & y_2''(x) &= -4k^4 y_3; & y_3''(x) &= -4k^4 y_1; \\ y_4''(x) &= -4k^4 y_4; & y_5''(x) &= -4k^4 y_4; & y_6''(x) &= -4k^4 y_4; \end{aligned} \right\} \quad (7.35)$$

$$\int y_1 dx = \frac{1}{2k} (y_2 + y_3); \quad \int y_2 dx = \frac{1}{2k} (y_4 - y_1); \quad \int y_3 dx = \frac{1}{2k} (y_1 + y_3);$$

$$\left. \begin{aligned} y_4(x) &= \operatorname{sh} kx \cdot \sin kx; & y_4''(x) &= 2k^3(y_3 - y_2); \\ y_4'(x) &= k(y_2 + y_3); & y_4''(x) &= -4k^4 y_4; \end{aligned} \right\}$$



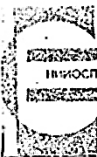
РОСАТОМ



В. С. Сажин, В. Я. Шишкин,
А. С. Волох

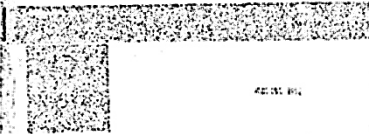
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ФУНДАМЕНТОВ СООРУЖЕНИЙ НА ПУЧИНИСТЫХ ГРУНТАХ

1



ОБЪЕКТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА
ИЛИ ОБЪЕКТ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА
ИЛИ ОБЪЕКТ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И СТРОИТЕЛЬСТВУ
ЩЕЛЕВЫХ ФУНДАМЕНТОВ



400000

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ,
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ И ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ ПО СЕЛЬСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ
МИНСЕЛЬСТРОЯ СССР

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
им. Н. М. ГЕРСЕВАНОВА ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО
по проектированию
мелкозаглубленных
фундаментов на
пучинистых грунтах

МОСКВА—1982

P-1

ВЫВОДЫ

1. При проектных нагрузках и циклическом нагружении – разгрузке выявлена стабилизация свойств через 2-3 цикла.

2. Из построенных гистерезисов сжатия - разгрузки образцов из разработанного материала ППУ следует, что при высоте опоры 20 см остаточные деформации составляют 0,4-0,6 мм в год. При сроке эксплуатации 50 лет возможные деформации трубопровода от первоначального состояния составят менее 3 см.

ВЫВОДЫ

3. Напряжения в магистральном трубопроводе будут значительно меньше предельно допустимых значений в соответствии с требованиями СП 36.13330.2012 "СНиП 2.05.06-85* "Магистральные трубопроводы».

4. Применение опор ППУ для нефтегазопроводов позволит снизить транспортные затраты на доставку из-за их малого веса и возможности изготовления опор непосредственно в полевых условиях тайги и тундры.

ВЫВОДЫ

5. Имея низкую теплопроводность, ППУ существенным образом снижают тепловое влияние от трубопроводов на мерзлые грунты основания и открывают новые возможности для использования на пучинистых грунтах.

6. Предлагаемые опоры возможно использовать на объектах Газпрома, нефтепроводах а так же в малоэтажном строительстве.