



# ЗАО «ДИГАЗ»



Оценка напряженно-деформированного состояния  
трубопроводов на оползневых склонах  
с использованием программного комплекса ANSYS

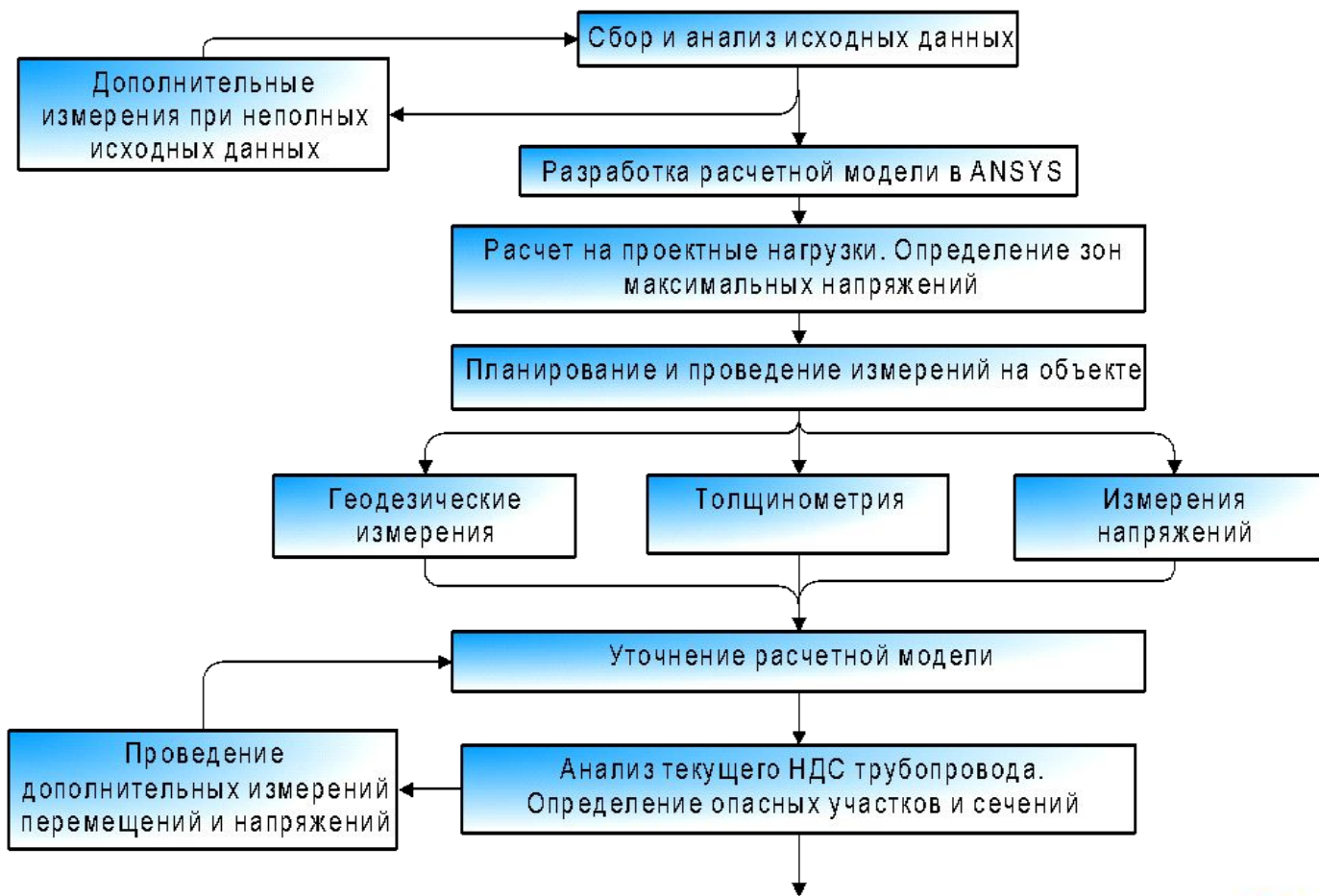


## Общий вид оползневых участков



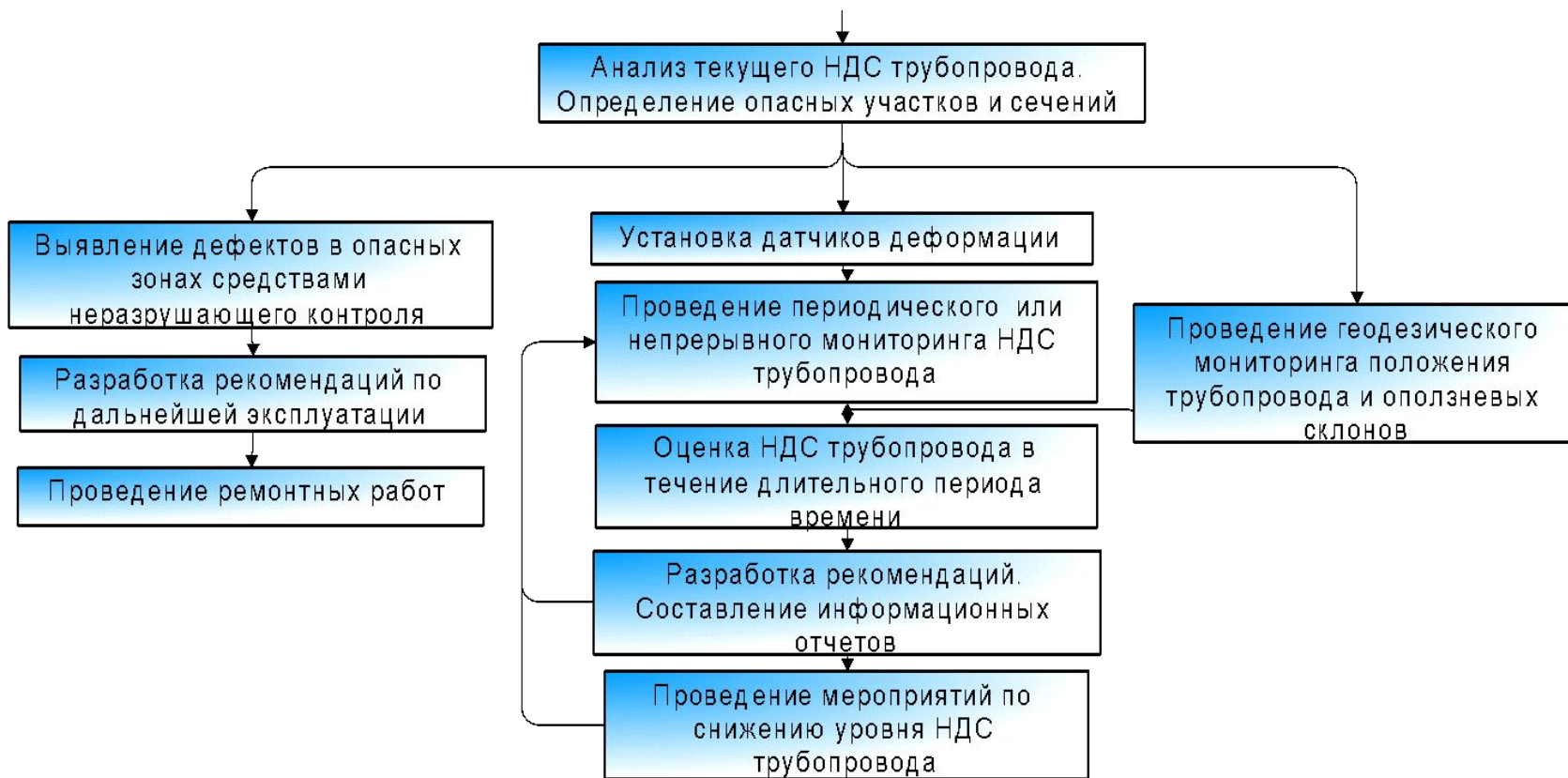


# Функциональная схема проведения диагностических работ по оценке напряженно-деформированного состояния оползневого участка газопровода

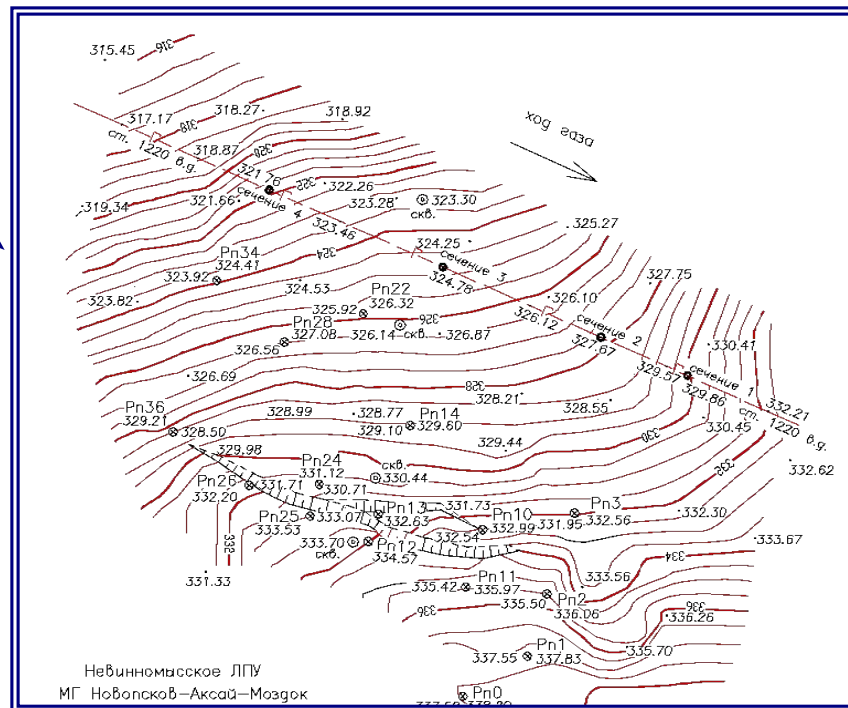




# Функциональная схема проведения диагностических работ по оценке напряженно-деформированного состояния оползневого участка газопровода



# Рельеф местности

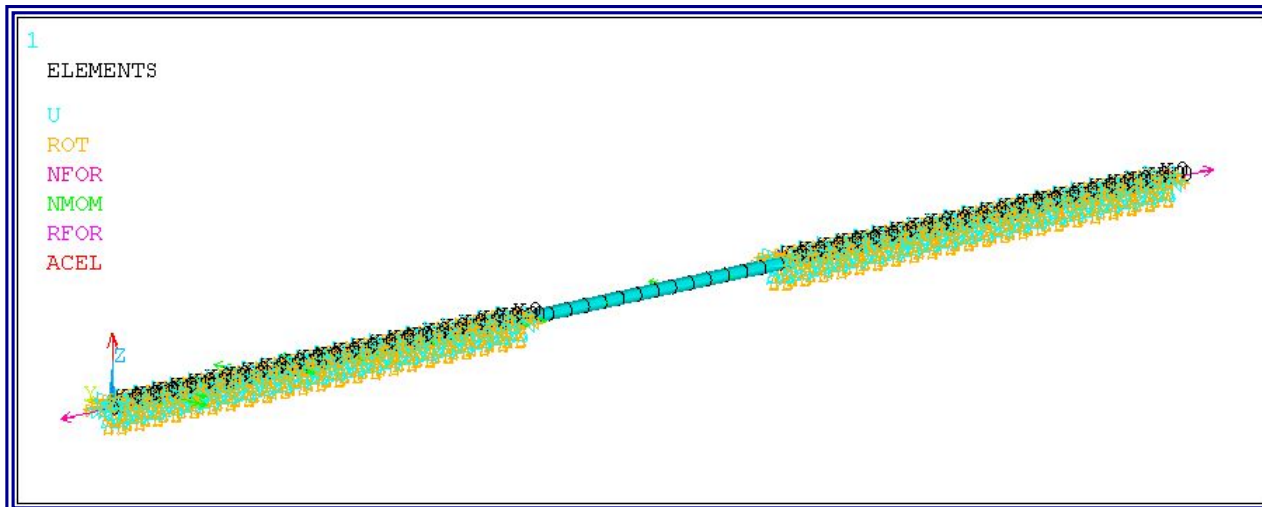
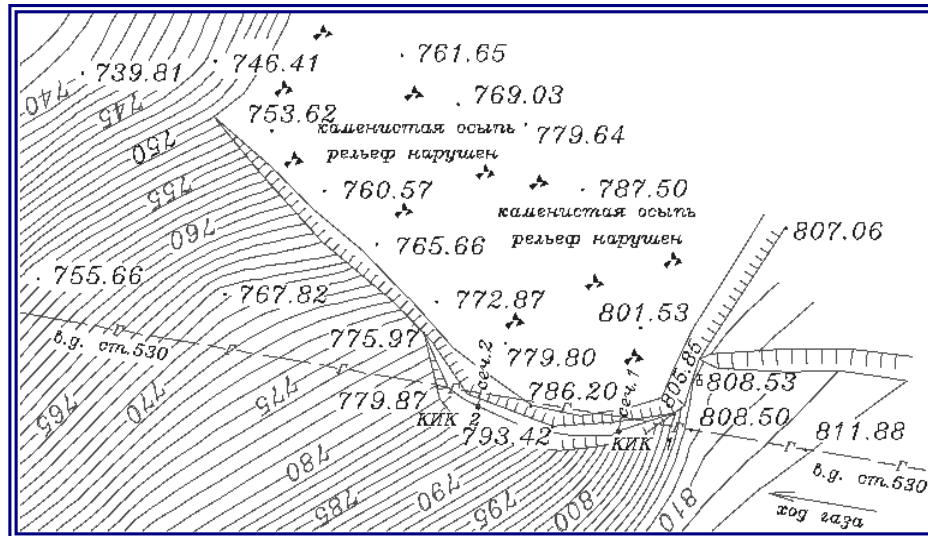


По данным геодезической съемки строится  
схема участка



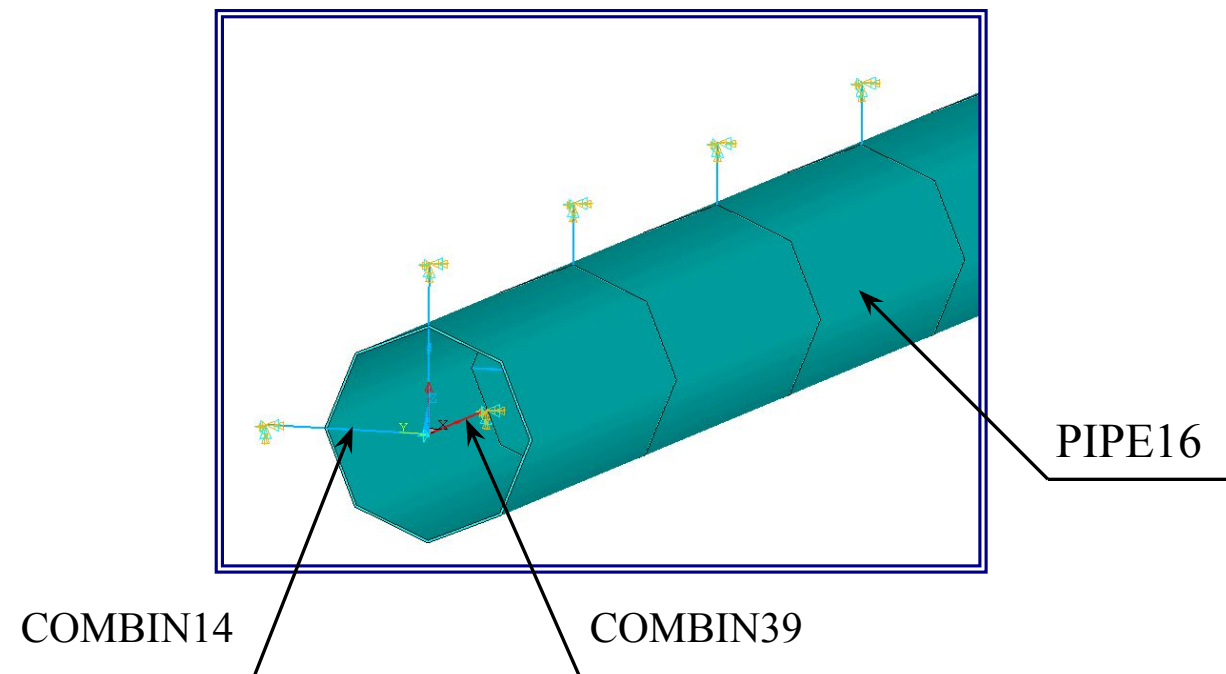


# Построение конечно-элементной сетки





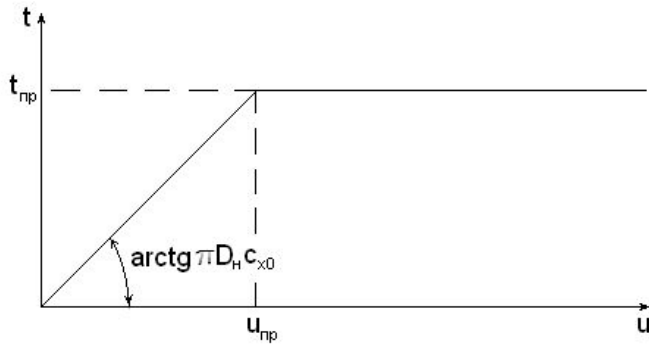
## Построение конечно-элементной сетки



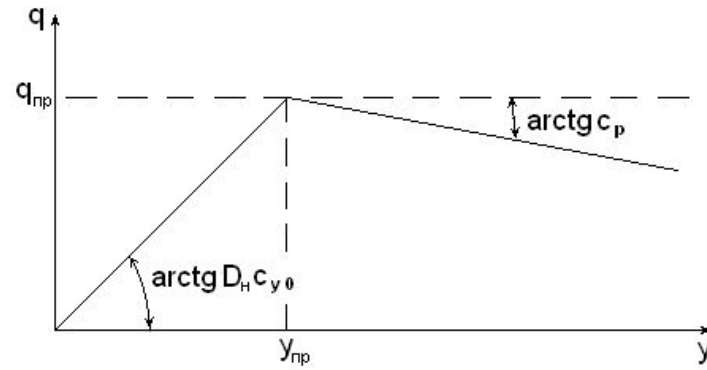
Трубопровод разбивается элементами PIPE16. Для учета воздействия грунта каждый узел подземного трубопровода подвешивается на трех пружинках (элементы COMBIN14 и COMBIN39) с соответствующими свойствами.



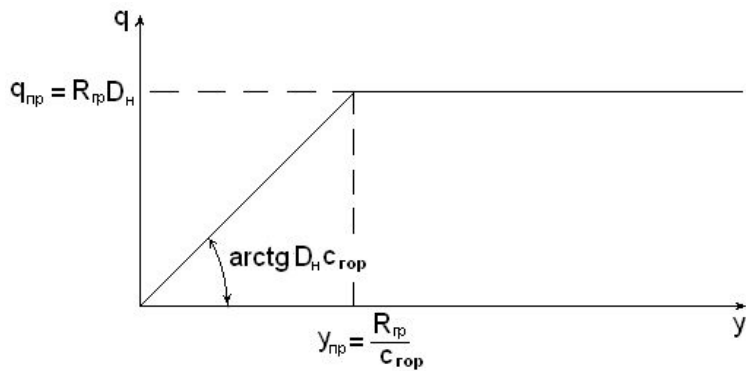
# Задание свойств элементов, моделирующих грунт



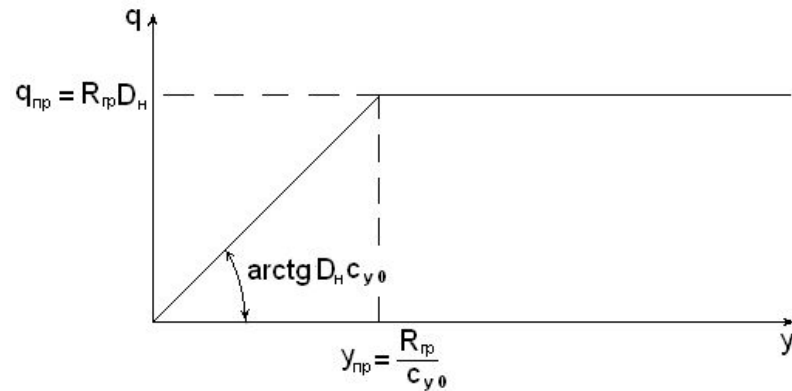
Зависимость погонной силы сопротивления грунта от продольных перемещений трубопровода



Зависимость погонной силы сопротивления грунта от вертикальных перемещений трубопровода вверх



Зависимость погонной силы сопротивления грунта от горизонтальных перемещений трубопровода



Зависимость погонной силы сопротивления грунта от вертикальных перемещений трубопровода вниз



Свойства элементов, моделирующих грунт, рассчитываются с учетом модели грунта А.Б. Айнбиндера и геометрических характеристик трубопровода





## Приложение нагрузок к КЭ-модели



В расчетах учитываются следующие виды нагрузок (проектных и непроежных):

- Давление газа.
- Гравитационные нагрузки: собственный вес трубопровода и вес газа.
- Температурные нагрузки.
- Непроежные кинематические нагрузки, вызванные смещением трубопровода от проектного положения





## Виды расчетов



Для анализа НДС трубопроводов производятся следующие виды расчетов:

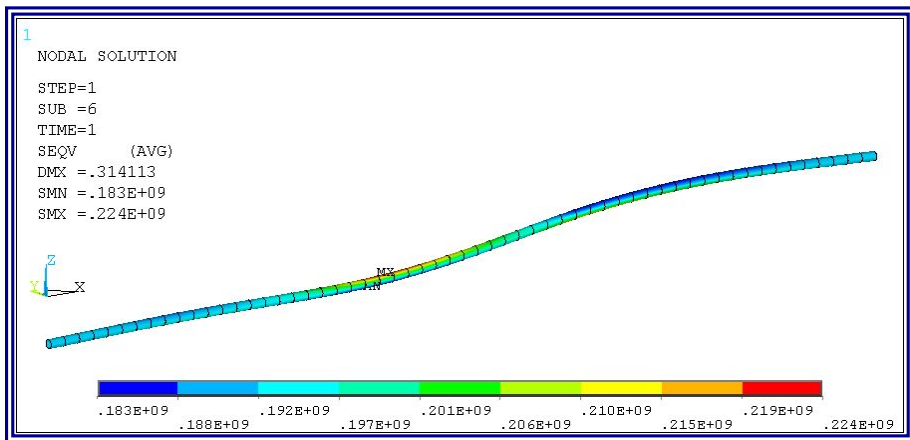
- Проектный расчет. Нагрузки аналогичны проектным данным. Смещение трубопровода не учитываются.
- Расчет с учетом температурных воздействий. Расчет производится при максимальной и минимальной температурах, характерных для данного региона.
- Расчет на текущие нагрузки. В этом расчете учитываются нагрузки, которые были на момент обследования трубопровода. Положение трубопровода задается по данным геодезической съемки.

Допускаемые напряжения определяются согласно СНиП 2.05.06-85\*

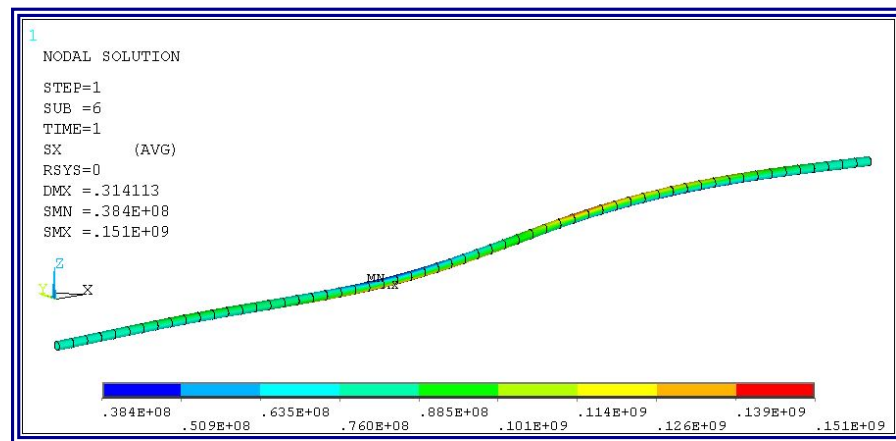




# Результаты расчета. Распределение напряжений



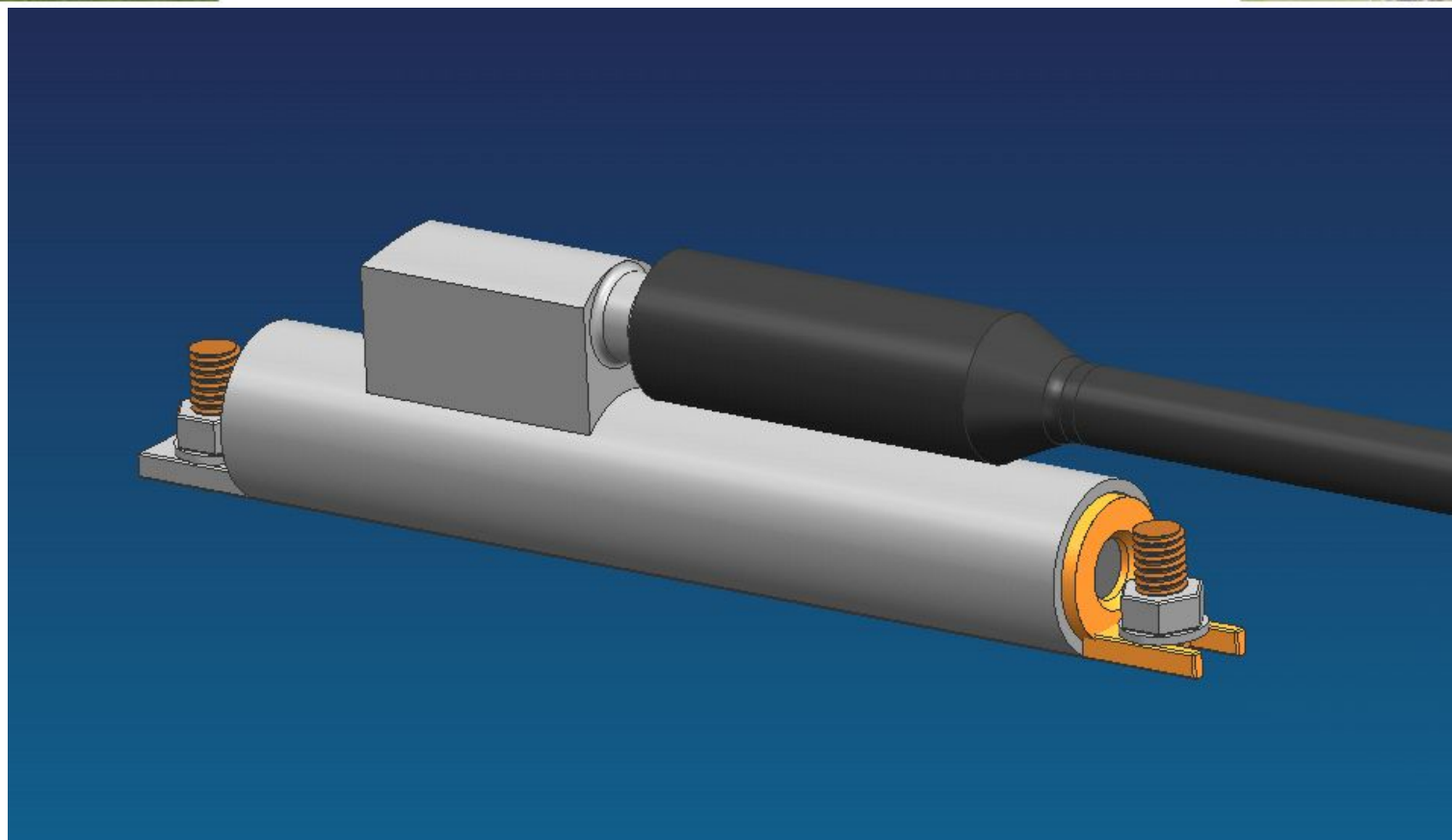
Распределение эквивалентных напряжений



Распределение продольных напряжений



## Струнный датчик деформаций

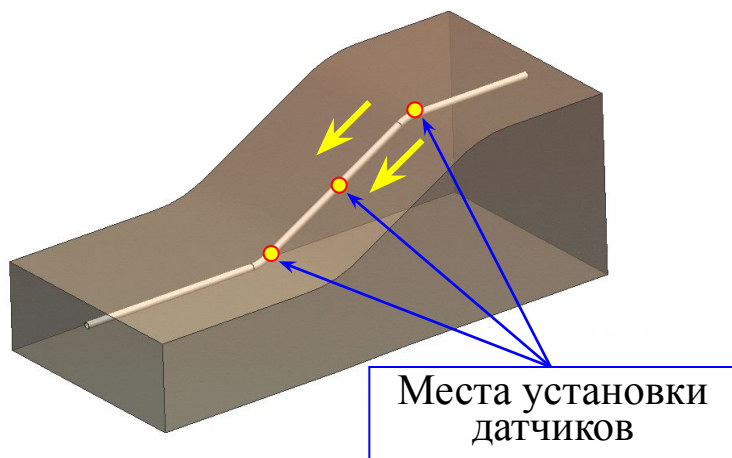


Преобразователь линейных деформаций струнный (ПЛДС) предназначен для измерения относительных линейных деформаций на наружных поверхностях металлоконструкций при контроле их напряженно-деформированного состояния.

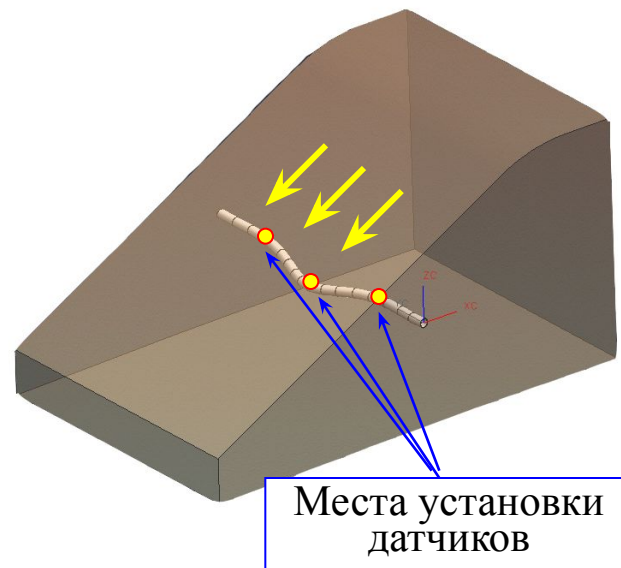




## Типичные примеры размещения датчиков



Движение оползня вдоль  
трубопровода

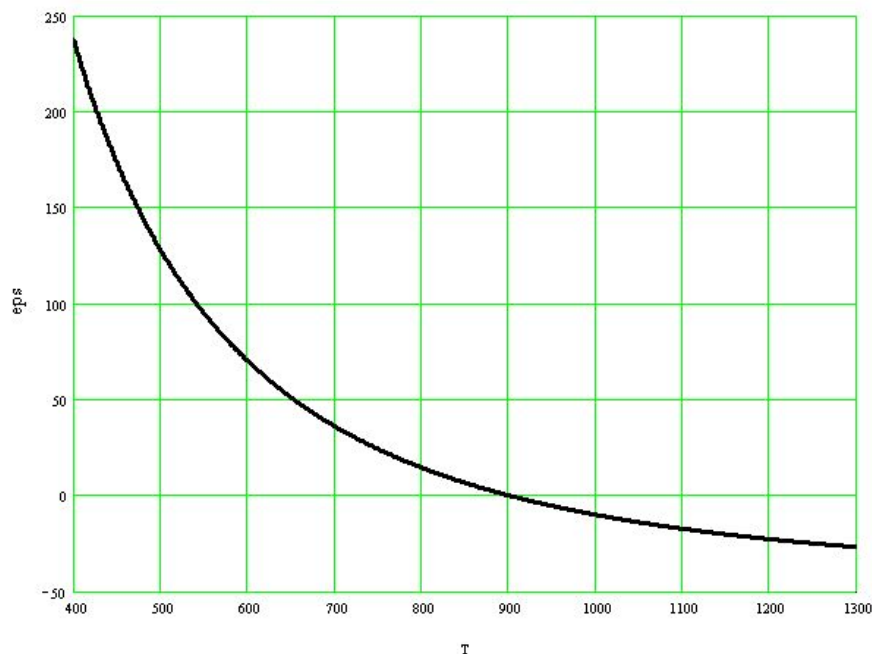


Движение оползня поперек  
трубопровода





## Расчет продольной деформации по периоду колебания струны



$$\varepsilon = \frac{A}{T^2} + \frac{B}{T} + C \quad - \text{зависимость деформации от показаний датчика}$$

$$\Delta\varepsilon = A\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2}\right) + B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right) \quad - \text{изменение деформации относительно момента установки датчика}$$

Здесь  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – градуировочные коэффициенты датчика,

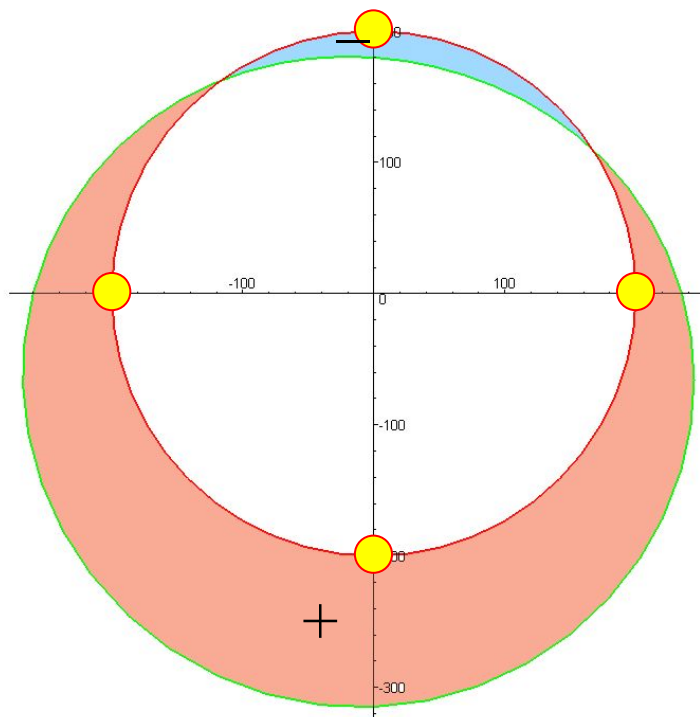
$T$  – измеренное значение периода колебаний струны датчика

$T_0$  – начальное значение периода колебаний струны датчика





## Расчет продольных напряжений по изменению деформации



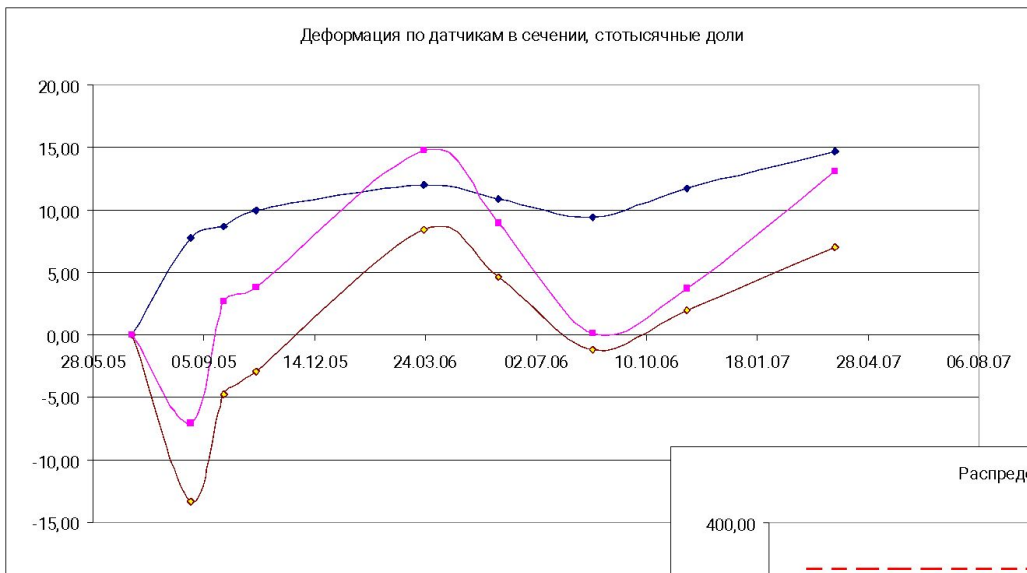
$\sigma = \sigma_0 + E \Delta \varepsilon + f(D, \Delta p, \Delta T)$  - расчет напряжений в местах установки датчиков

$\sigma(\varphi) = \frac{N_z}{F} - \frac{M_x}{J} \frac{D}{2} \sin(\varphi) - \frac{M_y}{J} \frac{D}{2} \cos(\varphi)$  - пересчет напряжений во всем сечении

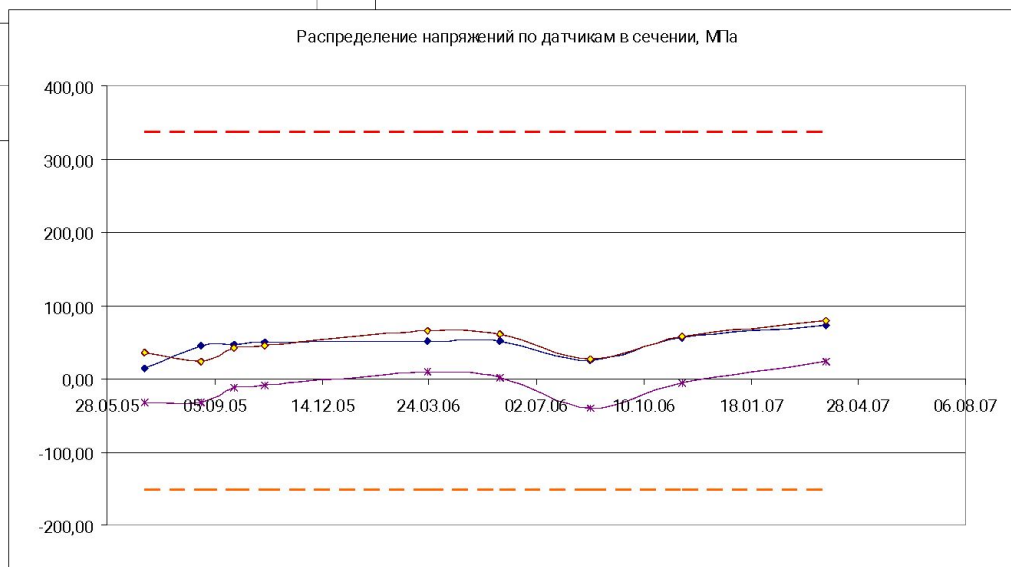




# Результаты мониторинга НДС трубопровода



Если оползневые процессы малоактивны, то изменения деформаций носят преимущественно периодический характер







## Расширенное диагностическое обследование трубопроводной обвязки газокомпрессорной станции





## Расширенное диагностическое обследование трубопроводной обвязки газокompрессорной станции, находящейся в зоне просадочных процессов грунта

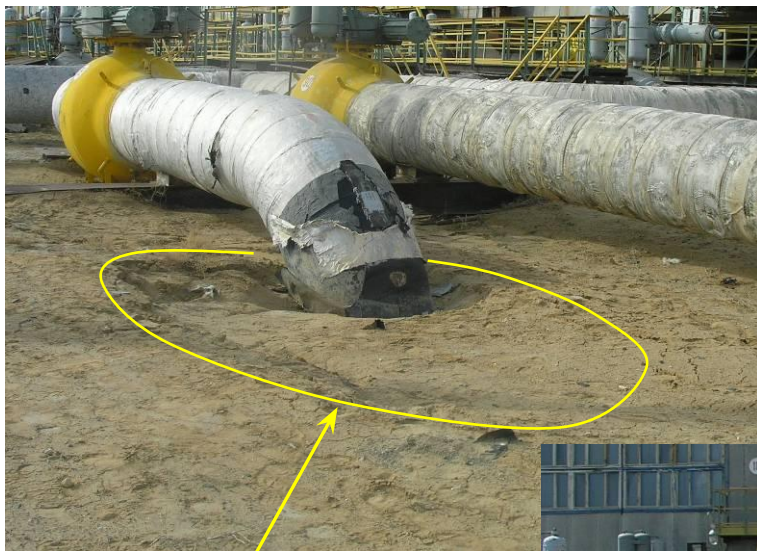


Цель исследований : оценка НДС и прочности элементов ТПО, определение степени опасности внешних воздействий на трубопровод и работоспособности трубопровода при продолжении эксплуатации





Расширенное диагностическое  
обследование трубопроводной обвязки  
газокомпрессорной станции, находящейся  
в зоне просадочных процессов грунта



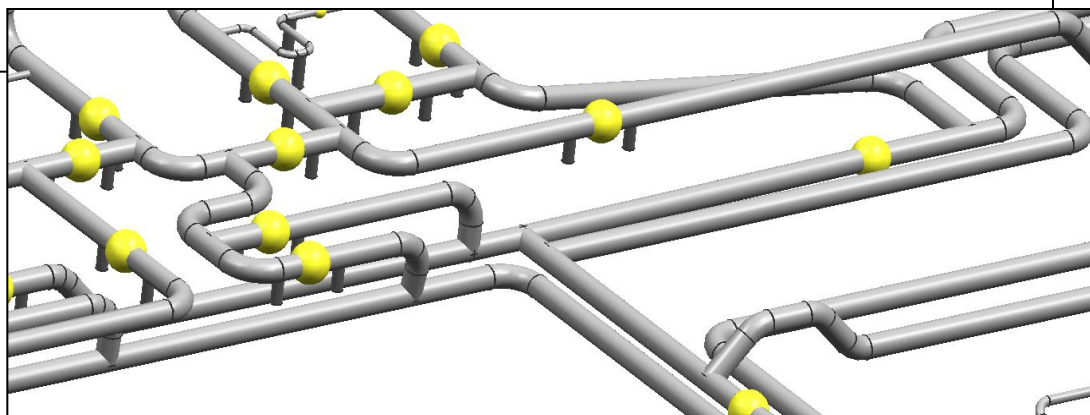
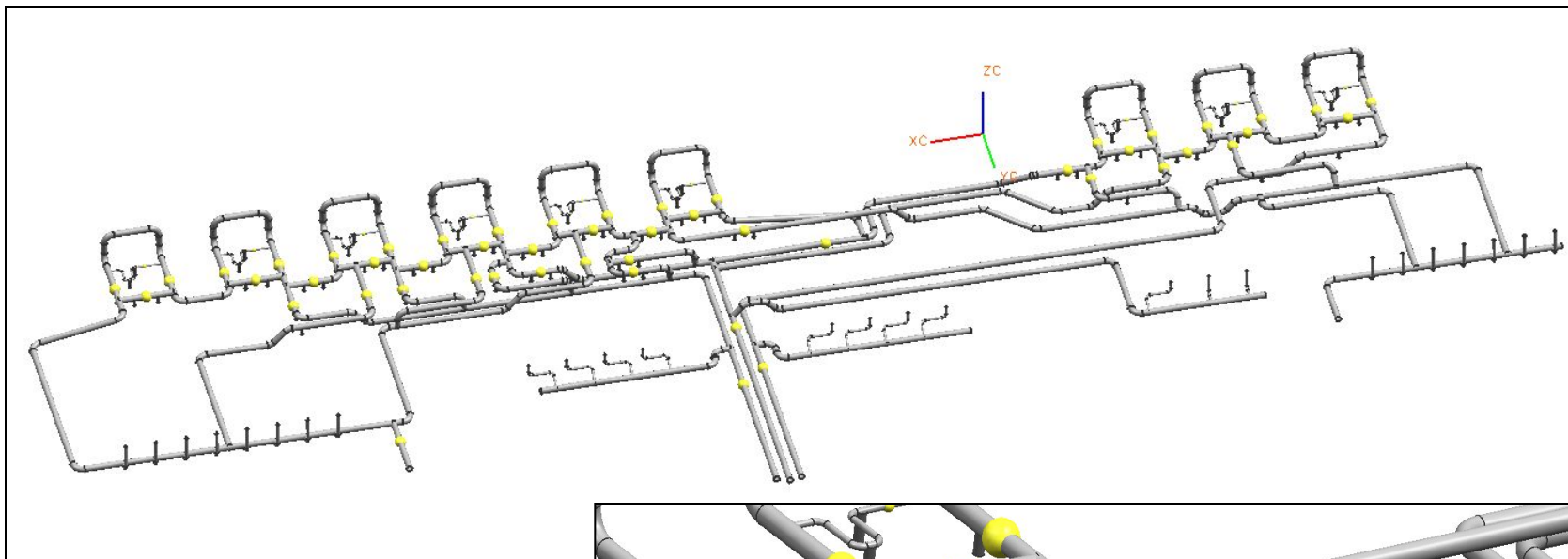
Просадка грунта

Недопустимый уклон



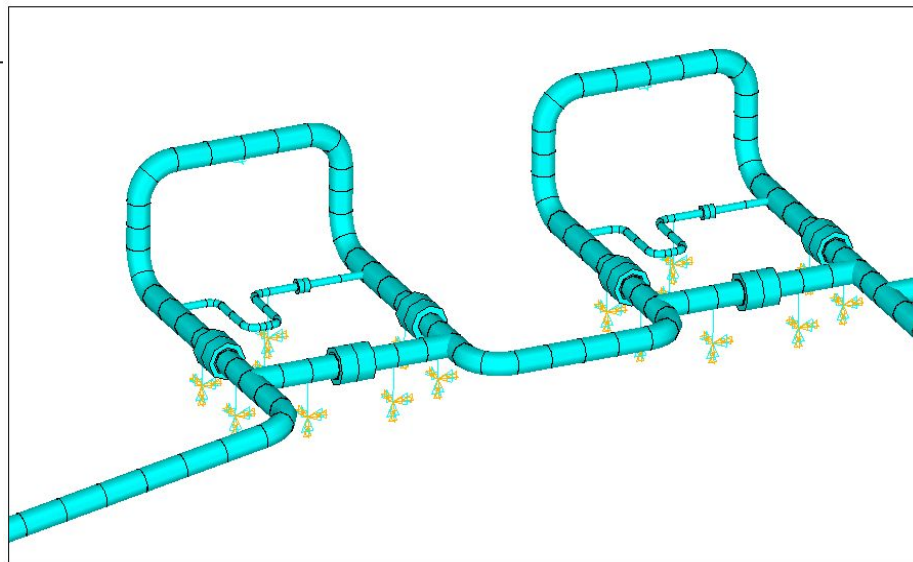
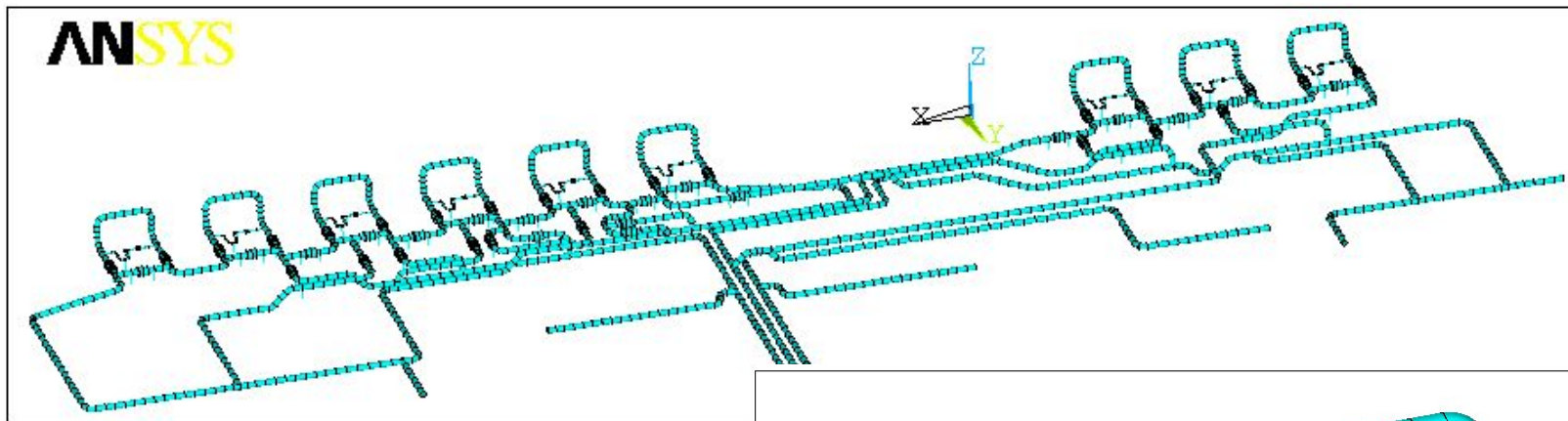


# Разработка математической модели трубопроводной обвязки газокомпрессорных станций



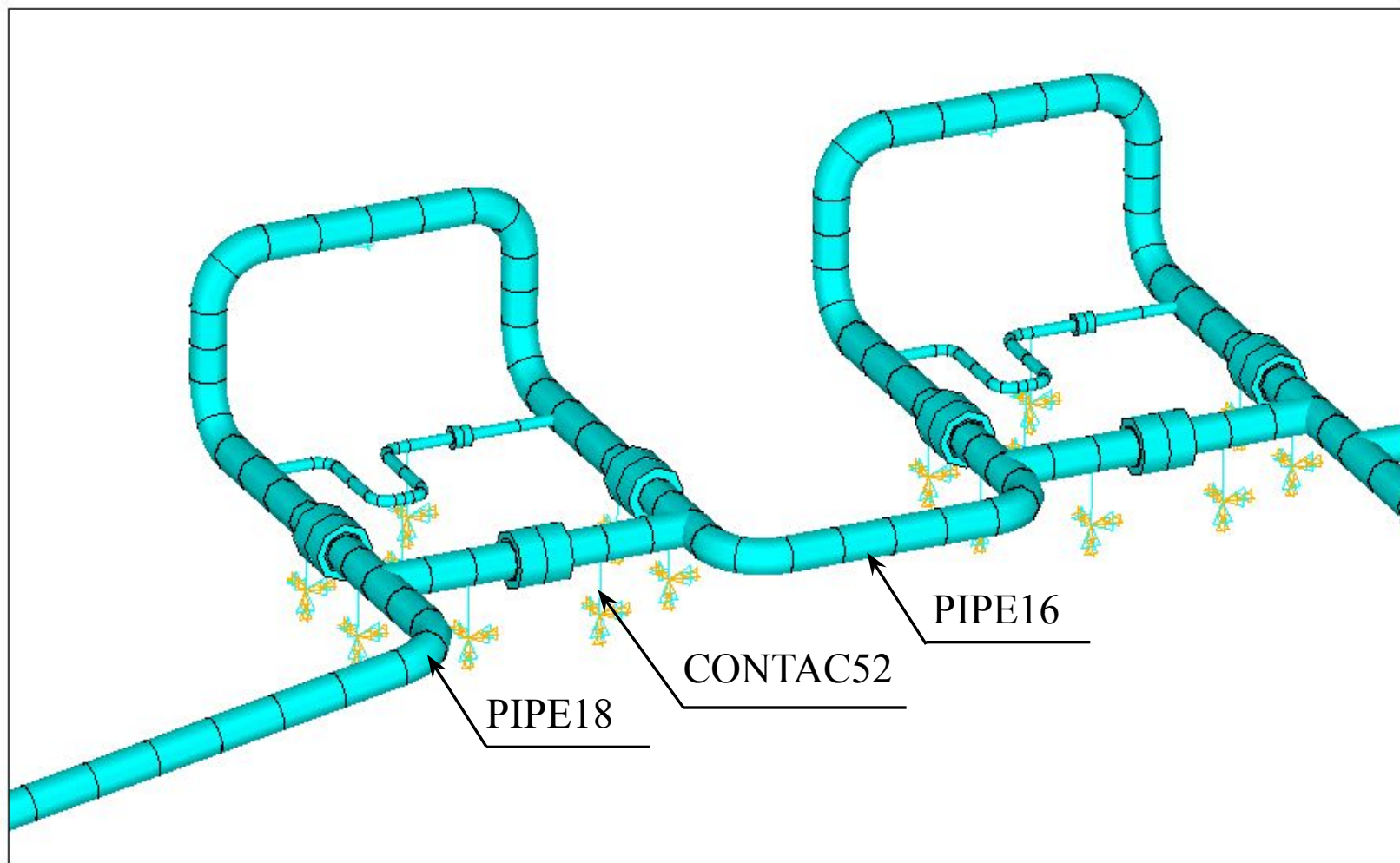


# Анализ напряженно-деформированного состояния трубопроводной обвязки газокomppressorных станций



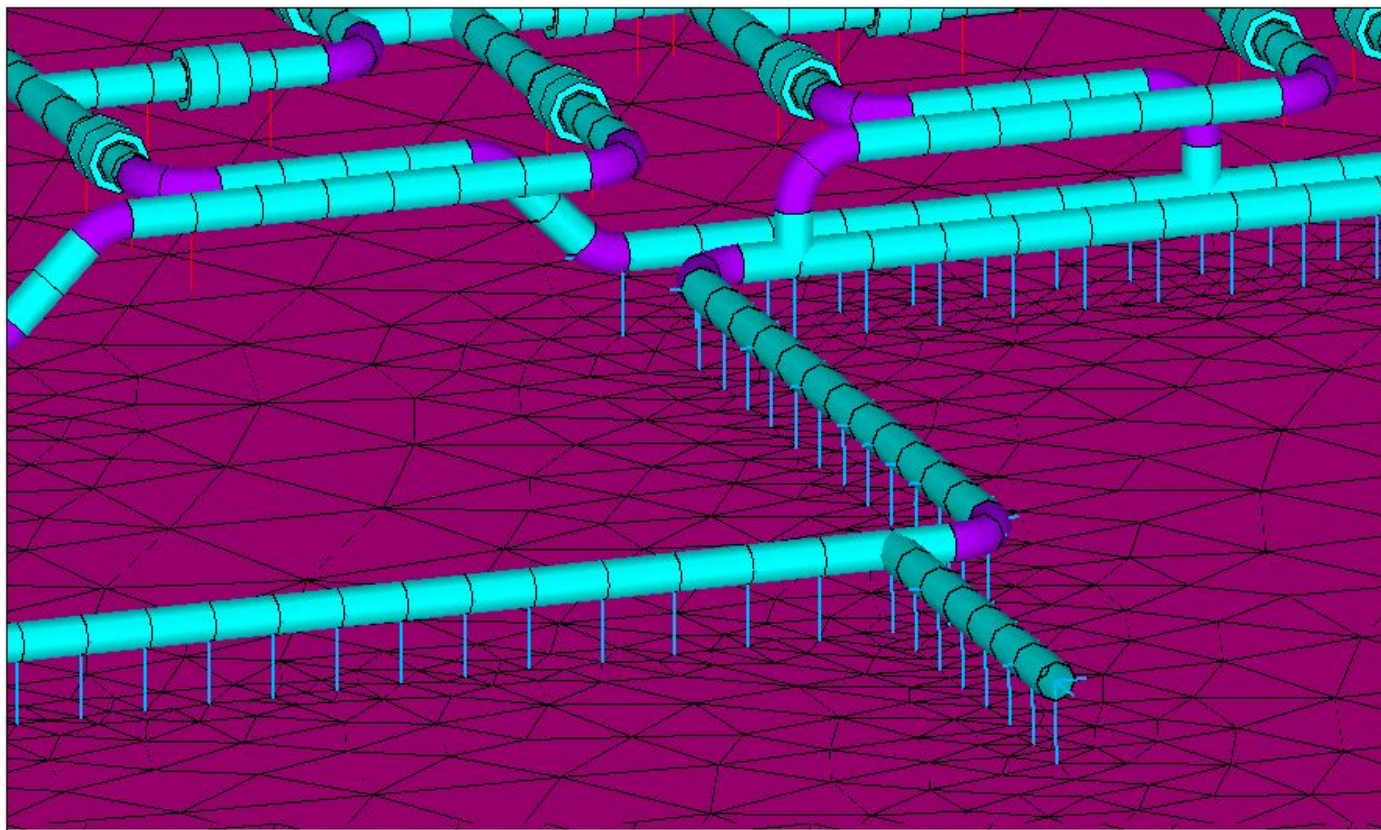


## Построение конечно-элементной сетки





## Приложение нагрузок к КЭ-модели

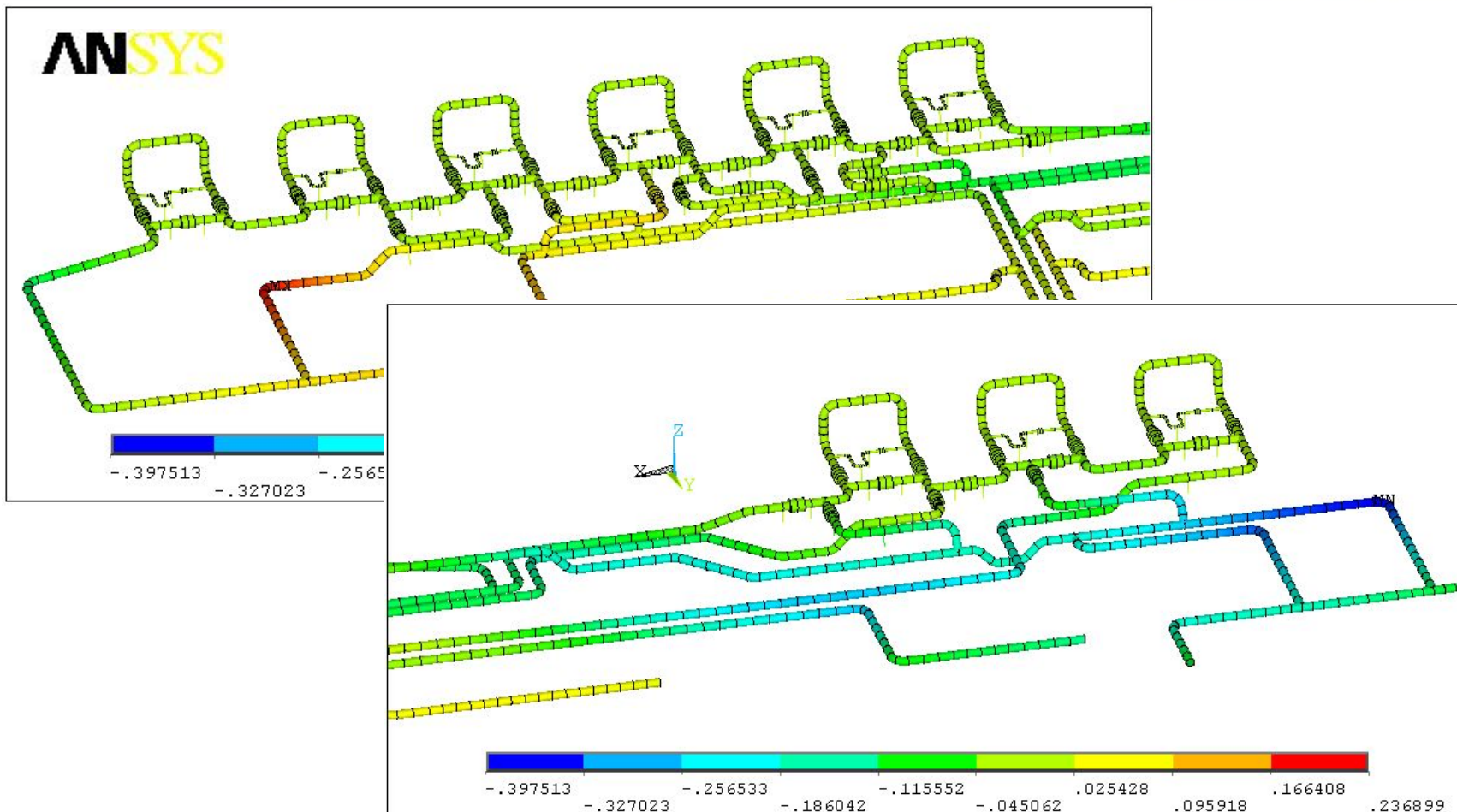


Для учета непроецированных кинематических нагрузок применяется следующий способ: Смещения трубопровода задаются на плоскость, в результате чего при расчете подземная часть ТПО принимает положение в соответствии с данными геодезической съемки





# Анализ напряженно-деформированного состояния трубопроводной обвязки газокomppressorной станции



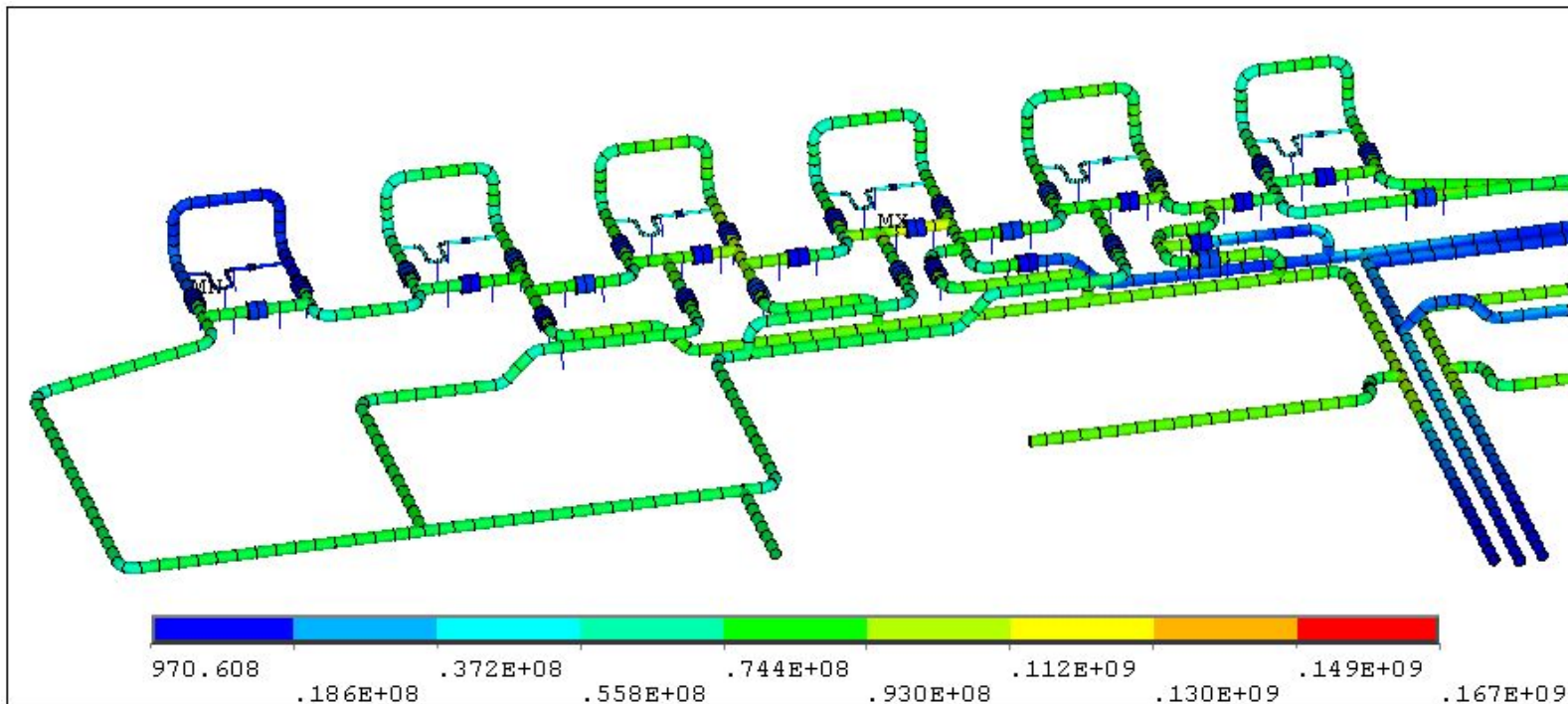
Распределение вертикальных перемещений ТПО







## Результаты расчета

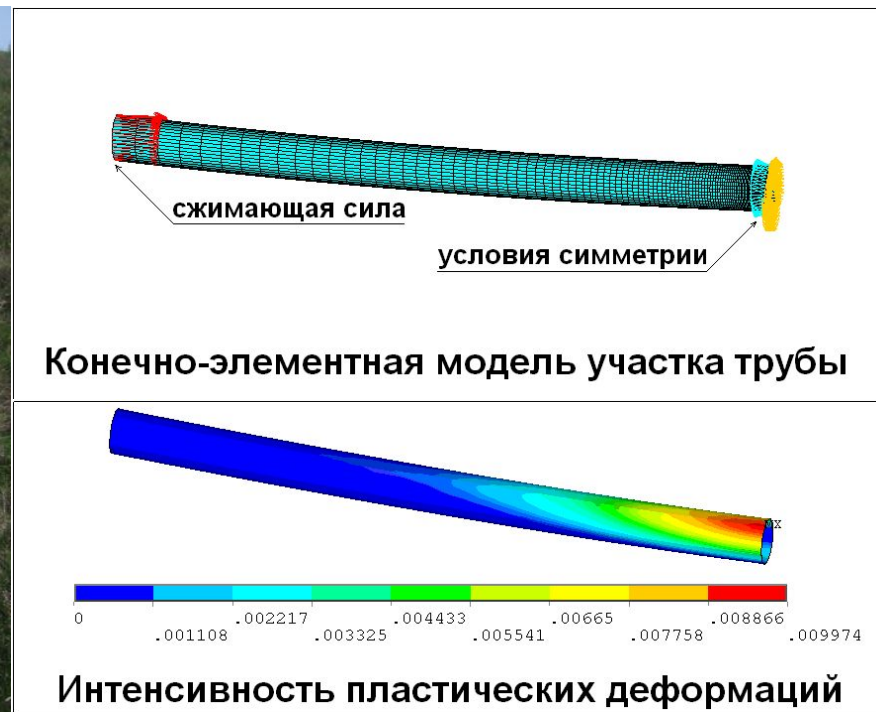


Распределение эквивалентных напряжений





# Моделирование напряженно-деформированного состояния дефектного участка трубопровода



Расчет несущей способности трубы от действия сжимающих нагрузок, возникающих в результате оползневых явлений вдоль оси трубы.





ЗАО  
“ДИГАЗ”

Москва, Профсоюзная,  
125,  
офис 118

тел/факс: 995-5802,

[info@digaz.ru](mailto:info@digaz.ru)  
[www.digaz.ru](http://www.digaz.ru)



Диагностирование и экспертиза нефтегазового оборудования и трубопроводов

ДИГАЗ