

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ДИАГНОСТИКЕ  
СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ УЗЛОВ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

# Команда



Штагер Елена Васильевна

1. Лидер команды
2. Координация работы
3. Построение структуры решения

Усуи Саша

1. Генератор идей
2. Анализ технологий
3. Обработка информации

Мун София

1. Аналитик данных
2. Дизайн проекта
3. Критическое мышление

Храмцова Анастасия

- Владимировна
1. Копирайтер текста
  2. Экономика проекта
  3. Концепция проекта

# Проблема

Приоритетным направлением развития топливно-энергетического комплекса страны объявлено освоение углеводородных ресурсов Восточной Сибири и Дальнего Востока.

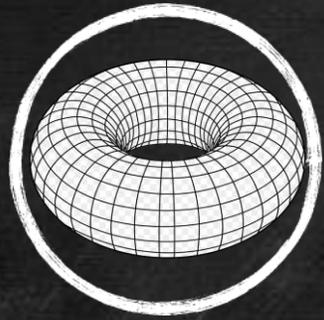
Характерной особенностью данного региона являются специфические природно-климатические условия (вечная мерзлота, обводненность и заболоченность почв), требующие проектирования и строительства магистральных трубопроводов как наземных сооружений, уложенных на специальные эстакады.

При таких условиях устойчивость равновесия конструктивных узлов может быть нарушена, поэтому проблемой данного проекта является проблема диагностики состояния этих конструктивных узлов магистрального трубопровода



# Исследование теории

Метод  
математического  
моделирования  
исследуемых явлений



В качестве  
общенаучной базы  
используется  
фундаментальное  
знание

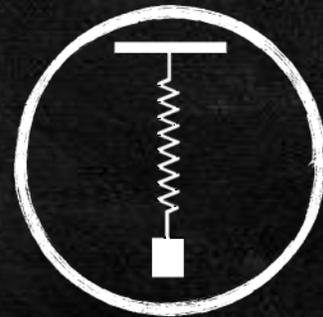


Базовые  
представления об  
устойчивости  
равновесия  
несвободного  
твёрдого тела

Теорема Лагранжа  
— Дирихле как  
универсальное  
условие устойчивости  
состояния покоя  
механической  
системы с одной  
степеню свободы



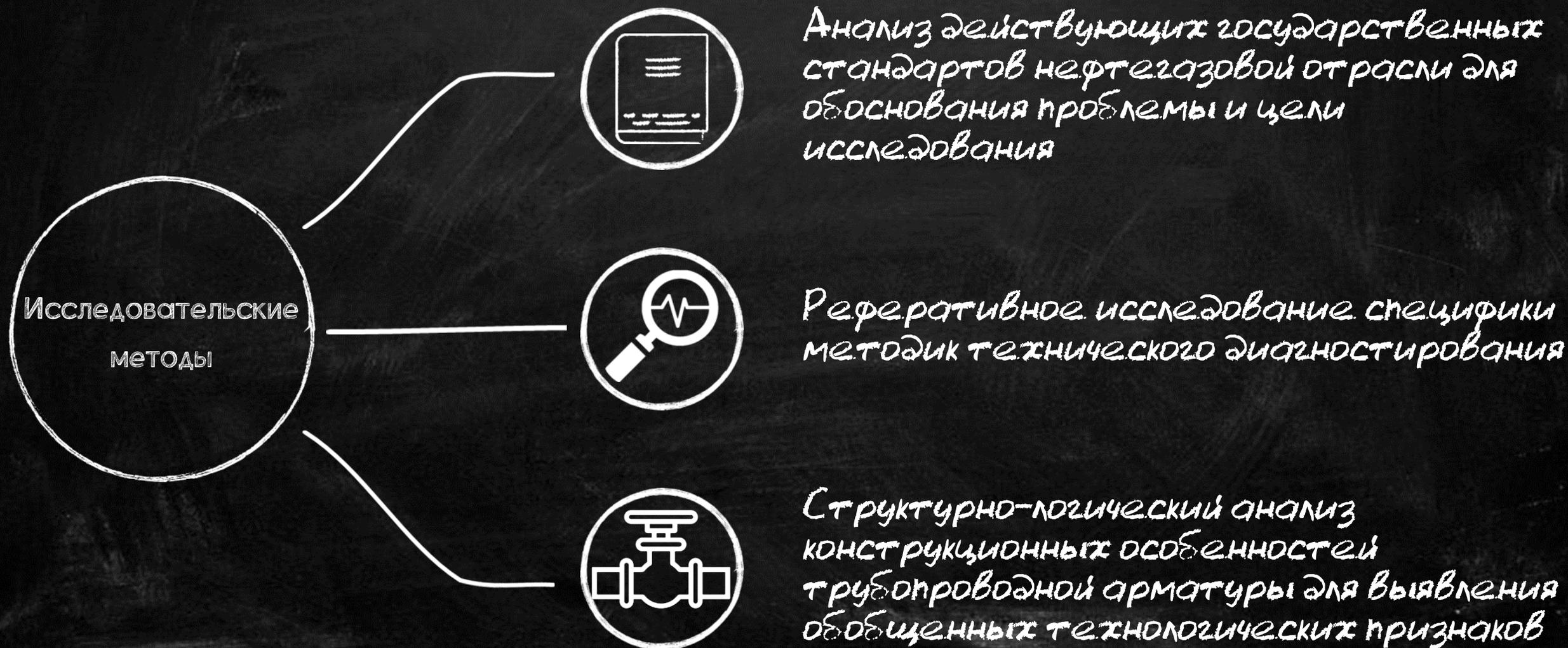
теоретической  
механики, а  
именно:



Принцип Ле Шателье  
— Брауна как  
фундаментальный  
принцип подвижного  
равновесия,  
применяемый к  
равновесию любой  
природы

# Исследование теории

■ В обосновании предлагаемого подхода используются следующие исследовательские методы:



# Математическая модель

- Для построения математической модели проведен анализ, классификация и обобщение принципов проектирования и технологических условий включения в трубопроводную систему следующих арматурных узлов:

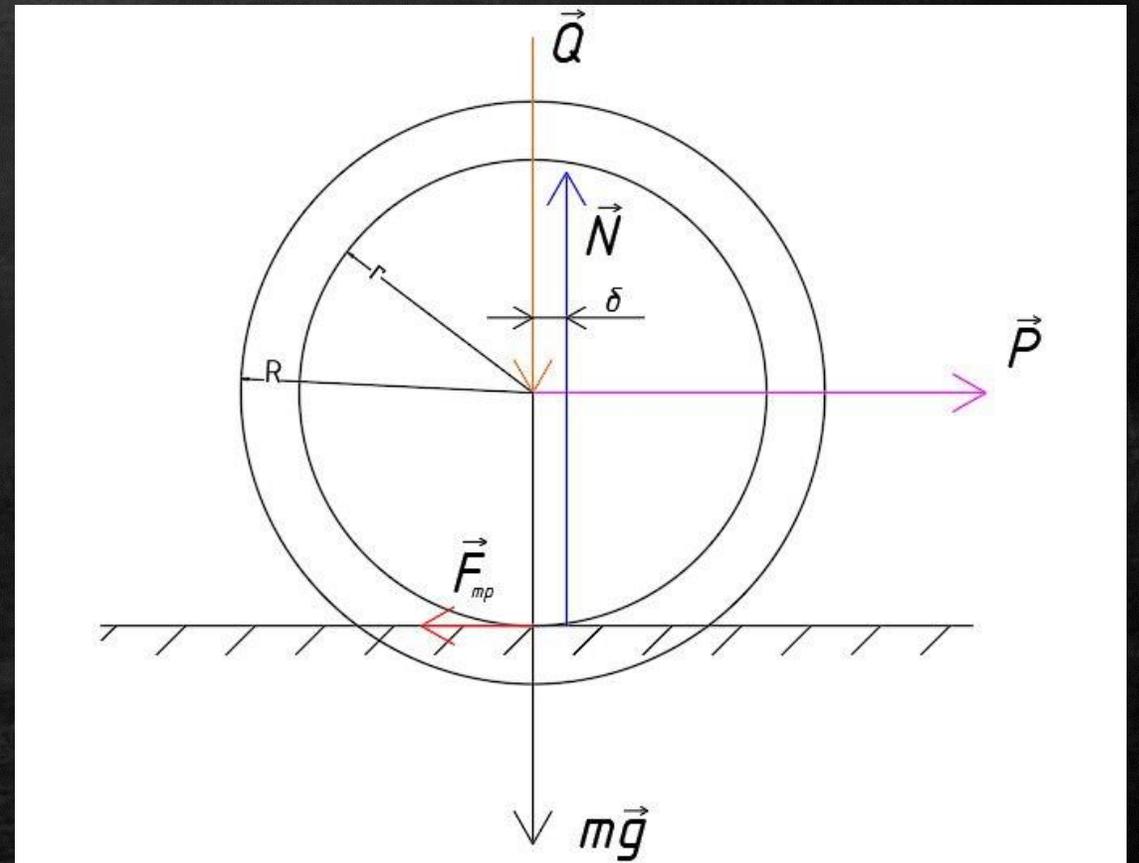
- неподвижные и скользящие поворотные опоры;
- трубчатые опоры;
- пружинные опоры;
- высоковязкий демпфер;
- сильфонный компенсатор.



# Математическая модель

В результате сделан вывод, что системным обобщающим признаком большинства технологических узлов выступает принцип конструирования «по типу ступенчатого цилиндра».

Значит задача исследования устойчивости равновесия таких инженерных систем сводится к прикладной задаче обеспечения «условий не движения» ступенчатого цилиндра.



# Этапы формирования математической модели

1. Формируется система внешних силовых факторов, представляющие собой равнодействующую внешнюю динамическую нагрузку, приложенную к оси цилиндра и направленную в сторону возможного движения, и вертикальная нагрузка, также приложенная к оси цилиндра.

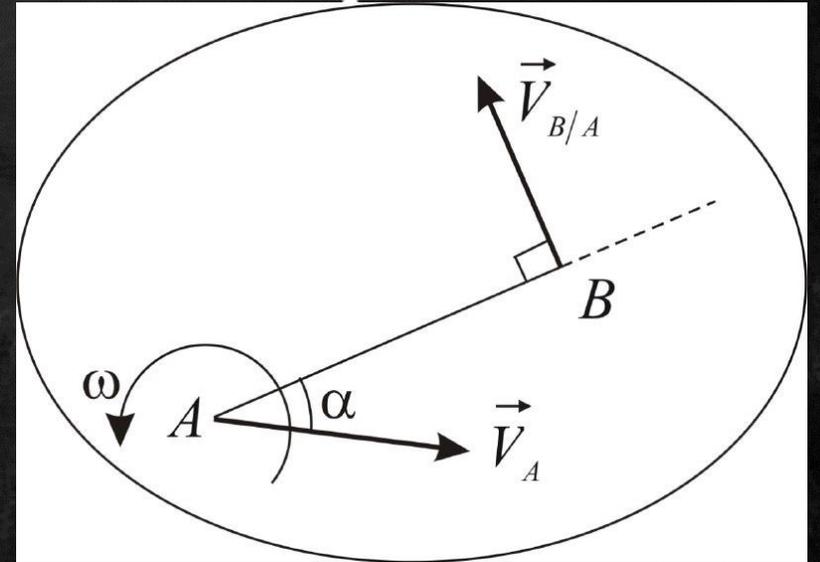
2. Формируется система внутренних силовых факторов. Здесь учитываются нормальные реакции поверхностей, а также соответствующие им силы трения скольжения.



# Решение проблемы

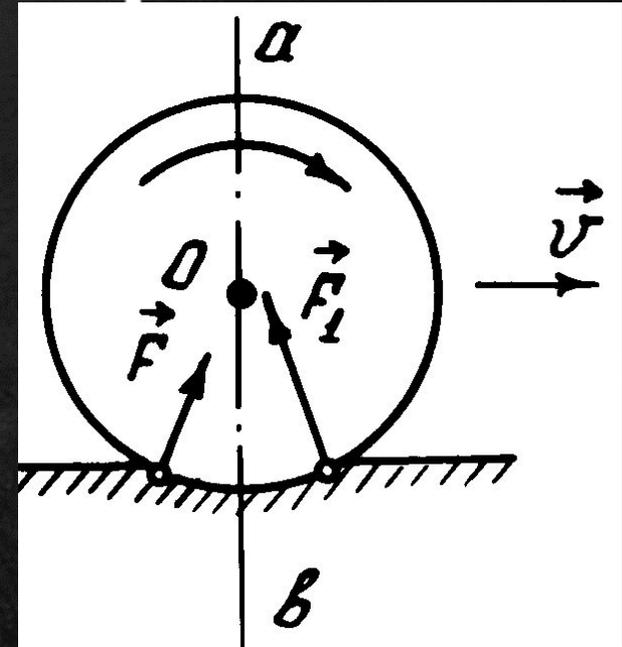
1 Движение цилиндра по неподвижной поверхности — яркий образец плоскопараллельного перемещения объекта, особенностью которого является возможность его приведения к наглядной универсальной геометрической картине как движения мгновенно вращательного, осуществляемого по отношению к оси, проходящей через мгновенный центр скоростей тела. Тем самым, задача исследования сведена к поиску  $\underline{B}$  математической модели точки, через которую проходит мгновенная ось вращения.

2 Величина движущей силы напрямую зависит от положения мгновенной оси вращения цилиндра, фиксируемой расстоянием между поверхностями цилиндра ( $y$ ). При этом «руководящую» смысловую роль в данном выражении играет коэффициент  $B$ , используемый в расчетах.



# Решение проблемы

3 Задачу поиска критического значения  $V$  решается с помощью теоремы Лагранжа – Дирихле: устойчивое состояние покоя системы находится в положении минимума ее потенциальной энергии. При этом предлагается модифицировать данную теорему и составить условие устойчивости состояния покоя исследуемого объекта по отношению к величине движущей силы, а не по отношению к потенциальной энергии конструкционного узла, поскольку потенциальная энергия объекта, расположенного на горизонтальной поверхности стационарного трубопровода, является величиной постоянной.



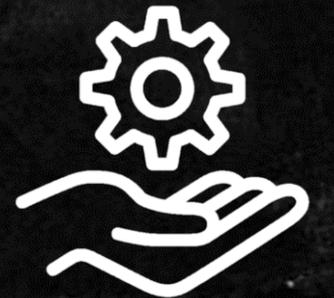
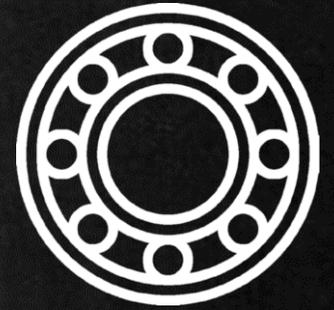
4 Задачу выяснения границ проявлений  $\gamma$  предлагается решить с помощью принципа Ле. Чателлье – Брауна: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в направлении, при котором эффект внешнего воздействия уменьшается; при возможном перемещении цилиндра затраты энергии на движение должны быть наименьшими, т.е. качение будет возможно при наименьшей величине движущей силы

# Заключение

- Полученные результаты показали, что определяющими параметрами диагностики состояния конструктивных узлов трубопроводов выступают характеристики эффектов трения скольжения и трения качения.

- Задача обеспечения устойчивости конструктивных узлов магистральных трубопроводов напрямую связана с необходимостью изучения всех особенностей явления трения, проявляющихся в данных инженерных системах.

- Такой подход позволит сформировать комплекс научно обоснованных рекомендаций по техническим условиям изготовления большинства арматурных узлов



# Список литературы

- Кожевникова Н.В. Применяемые технологии при строительстве трубопровода в сложных геокриологических условиях // Нефть, газ, бизнес. 2008. № 10. С. 68–70.
- Узакова Л.П. Современные методы и средства технического диагностирования // Молодой ученый. 2014. № 9 (68). С. 216 – 218.
- ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах. ООО «НТТТ Трубопровод», Россия, 2015. 120 с.
- Промышленное газовое оборудование: справочник. 6-е изд., перераб. и доп. Саратов: Газовик, 2013. 1280 с.
- Магалиф В.Я. Теоретические основы конструирования трубопроводов. М.: Трубопровод, 2017. 416 с.
- Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов: руководство по безопасности. Серия ОЗ. Выпуск 67. М.: ЗАО Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2013. 194 с.
- Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: учебник для вузов. 13-е изд., исправленное. М.: Интеграл-Пресс, 2006. 608 с.

Спасибо за внимание!

