

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, что трубопровод выдержит воздействующие при просадке нагрузки. Наибольшее напряжение испытывают участки на границах трубы (начало области просадки). Однако, коэффициент запаса прочности, который и определяет устойчивость конструкции к разрушению, превышает минимальное значение равное 1. Таким образом, просадка грунта не повлияет на техническое состояние и безопасную эксплуатацию трубопровода.

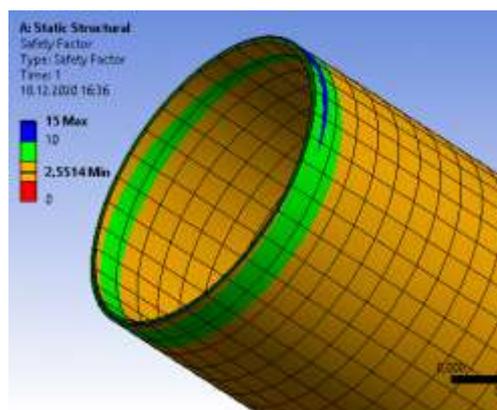


Рис.5. Распределение значений коэффициента запаса прочности

Литература

1. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095052>
2. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>
3. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* (с Изменениями N 1, 2)» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>
4. ТУ 1381-012-05757848-2005 Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 508-1420 мм для магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа. Технические условия.
5. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]: Сталь марки 65. – metallicheskiy-portal.ru 2009- 2019. – Режим доступа: http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/65
6. Чужинов С.Н., Новиков П.А., Ларионов Ю.В. Анализ прочности трубопровода на участках просадки грунта// Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – №4(90) – С. 92-99.

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ И ПЕРСПЕКТИВНОМУ РАЗВИТИЮ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Рюмкин К.К., Овчаренко Д.М.

Научный руководитель доцент О.В. Брусник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Трубопроводный транспорт Российской Федерации является стратегическим видом перекачки углеводородов в различных агрегатных состояниях. Ввиду того, что общая доля грузооборота газа по магистральным трубопроводам составляет 100 %, нефти 99 % и 50 % – продуктов их переработки, то важным является периодический осмотр состояния объектов трубопроводной системы для предотвращения аварийных ситуаций. На основании нормативной документации осмотр трубопровода воздушным путем должен проводиться не менее одного раза в неделю, наземным – один раз в 3 дня в соответствии с планом-графиком. Способы, которые применяются, на сегодняшний день, с этой целью, считаются дорогостоящими, рискованными и в какой-то мере могут нанести вред окружающей среде. Кроме того, существуют определенные условия, при которых человек не может визуализировать отклонения невооруженным глазом. Поэтому становится актуальным внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при мониторинге трубопроводных систем [2].

Целью работы является разработка комплекса технических мероприятий для эффективного мониторинга состояния объектов магистрального трубопровода.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- Проанализировать существующие недостатки используемых способов осмотра объектов трубопроводной системы;
- Привести характеристику объекта исследования и предлагаемого беспилотного летательного аппарата;
- Разработать схему передачи данных и передвижения беспилотного летающего аппарата вдоль полосы земледохода;
- Оценить эффективность применения беспилотного летательного аппарата по сравнению с воздушным патрулированием с использованием вертолета;

В ходе анализа текущего подхода к осмотру магистральных трубопроводов был выявлен ряд недостатков (табл. 1).

Таблица

Анализ недостатков существующих способов осмотра объектов трубопроводной системы

Недостаток	Предпосылки	Последствия
Несвоевременное обнаружение изменения технического состояния объектов МТ	1. Воздействие агрессивной окружающей среды на металл 2. Воздействие геологических процессов на полосу отвода: оползневые процессы, селевые потоки, землетрясения, подмывы, оттаивание грунтов	1. Износ оборудования 2. Разрушение металла 3. Возникновение аварийных ситуаций
Большие временные и денежные затраты на осмотр трубопровода в процессе эксплуатации и при внештатных ситуациях	1. Использование вертолетов для патрулирования трассы МТ воздушным путем 2. Необходимость в вызове бригады при возникновении внештатной ситуации	1. Потеря продуктов 2. Экономический ущерб 3. Нарушение непрерывного процесса перекачки продукта 4. Нанесение вреда окружающей среде
Невозможность удаленного контроля в режиме реального времени за состоянием объекта, за выполнением ремонтных работ со стороны руководства и заинтересованных лиц	1. Прокладка трубопроводов в удаленных и труднодоступных районах 2. Воздействие сложных природно-климатические условий	1. Снижение качества мониторинга состояния трубопроводов 2. Невозможность контроля строительных и ремонтных работ 3. Несанкционированные врезки

Объектом исследования является газопровод, проложенный по сейсмически опасной зоне Российской Федерации. Основные характеристики объекта: протяженность - 295 км, диаметр - 1220 мм, срок эксплуатации - 14 лет. Трасса трубопровода имеет множество потенциально опасных участков, которые требуют систематического контроля. К ним относятся: пересечения с активными тектоническими разломами, малые водотоки и автодороги, заболоченные, оползневые участки местности и др. Ввиду того, что большинство из данных участков расположены в труднодоступных и отдаленных районах, то существует проблема своевременного контроля за данными объектами [1].

На сегодняшний день, для управления целостностью трубопроводов нефтегазовыми компаниями используются специализированные дроны зарубежной компании-производителя под названием "DJI". Для оценки использования БПЛА были рассмотрены действующие предложения данной компании и выбран дрон "Matrice 300 RTK". К основным характеристикам относятся: максимальное время полета - 50 мин, максимальная скорость снижения - 7 м/с, высота полета - 7000 м, допустимая скорость ветра - 12 м/с, максимальная скорость - 23 м/с, максимальная передача сигнала - 15 км, рабочая температура от - 20 до 50 градусов, трехканальная передача видео - 1080 p, защита уровня IP45. Данный БПЛА с использованием дополнительного оборудования способен выполнять следующие задачи: обнаружение утечек нефти и газа, 3D визуализация участка трассы трубопровода, а также ведение фото/видео съемки с параллельной прямой трансляцией. Кроме этого возможно использование цифровой системы FPV DJI, благодаря которой инженеры смогут просматривать качественное изображение от первого лица во время инспекции ремонтных работ.

Для обеспечения непрерывной работы дрона была сформирована схема передачи данных, его передвижения и расположения вспомогательных элементов вдоль полосы землеотвода. Для подзарядки дрона рекомендуется использовать беспроводные зарядные станции, которые будут располагаться на действующих объектах трубопроводной системы: крановые узлы, камеры приема и пуска средств очистки и диагностики, а также другие производственные площадки. Передача данных будет осуществляться по беспроводному каналу связи.

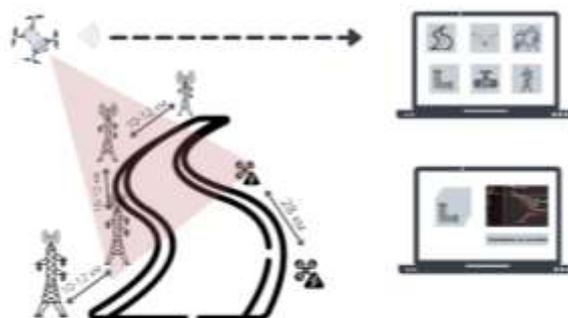


Рис. Схема передачи данных от БПЛА и их обработка

В соответствии с характеристиками БПЛА был проведен расчет времени на облет всей трассы трубопровода. Исходя из средней скорости дрона, равной 50 % от максимальной допустимой, Matrice 300 RTK может пролететь 28 км на одном заряде батареи. Суммарное время облета всей трассы составляет 7 часов и 17 часов без учета и с учетом подзарядки соответственно. На основе проведенных расчетов было выявлено, что общее количество беспроводных станций должно составлять 10 штук, а количество передатчиков управляющих сигналов - 30 штук. Для обоснования экономической целесообразности использования БПЛА были приведены такие показатели, как стоимость дрона Matrice 300 RTK - 1590 тыс. руб., беспроводной зарядной станции для дрона - около 200 тыс. руб., передатчика управляющих сигналов - 100 тыс. руб., аренды вертолета Ми-8Т - 170 тыс. руб в сутки, средняя зарплата линейного трубопроводчика - 40 тыс. руб. и др. Исходя из этих данных сделан вывод, что срок окупаемости одного дрона исходя из требований нормативной документации о периодичности инспекций составляет 6 месяцев.

Использование БПЛА в качестве современной технологии осмотра объектов трубопроводной системы является эффективным и перспективным развивающимся направлением множества нефтегазовых компаний. Выявлено, что дрон DJI Matrice 300 RTK подходит для выполнения поставленных задач, а также является наиболее экономически эффективным по сравнению с воздушным патрулированием на вертолете.

Литература

1. ГОСТ 34182-2017 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200146117?section=status>
2. Marathe S. Leveraging drone based imaging technology for pipeline and RoU monitoring survey //SPE Symposium: Asia Pacific Health, Safety, Security, Environment and Social Responsibility. – OnePetro, 2019.

ОЦЕНКА ДОПУСТИМОСТИ КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рюмкин К.К., Зарубин А.Г.

Научный руководитель доцент Н.В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Ввиду интенсивного старения значительного фонда системы магистральных трубопроводов Российской Федерации оценка технического состояния объекта с использованием современных методов обработки больших объемов данных становится первостепенной задачей в современной нефтегазовой отрасли. В данной работе проведено исследование с целью выявления потенциально-опасных дефектов и прогнозирования условного коэффициента ремонта, который определяет необходимость восстановления целостности нефтепровода с обнаруженным дефектом по данным ВТО. Исследование выполнено путем применения метода главных компонент, а также решения регрессионной задачи на языке программирования R. Аналитическая часть исследования основана на международных методиках оценки прочности: B31G, B31G mod., Shell 92 и RSTRENG.

Ключевые слова: трубопровод, коррозионный дефект, разрушающее давление, оценка, условный коэффициент ремонта, метод главных компонент, нейронная сеть, среднее квадратическое отклонение.

Трубопроводный транспорт углеводородного сырья является наиболее эффективным способом перекачки больших объемов нефти, газа и продуктов их переработки во многих отраслях промышленности. Однако данный способ имеет ряд недостатков, связанных, в основном, с изменением первоначального технического состояния объекта. В первую очередь, трубопровод подвергается разрушению под воздействием коррозионно-активных веществ, которые создают локальные коррозионные дефекты как на внутренней, так и на внешней поверхностях труб. Это нарушает целостность трубопровода и увеличивает вероятность инцидента или аварии. Для минимизации данного риска эксплуатирующие организации проводят внутритрубное обследование (ВТО) с целью выявления наиболее потенциально опасных дефектов и принятия по каждому из них управляющих решений. На основе вышесказанного, определение необходимости восстановления целостности участков труб с выявленными аномалиями по результатам ВТО является актуальной задачей каждой нефтегазовой компании.

Целью работы является прогнозирование допустимости коррозионных дефектов магистрального нефтепровода с использованием методов машинного обучения.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- провести аналитический расчет коэффициента ремонта на основе международных методик оценки прочности коррозионных дефектов;
- выявить наиболее значимые переменные в массиве исходных данных методом главных компонент;
- определить группу дефектов, подлежащих особому контролю со стороны эксплуатирующей организации;
- сформировать матрицу данных для последующего решения регрессионной задачи;
- подготовить конфигурацию искусственной нейронной сети;
- построить и сравнить диаграммы производительности линейной модели и нейронной сети;
- визуализировать диапазон среднее квадратическое отклонение модели машинного обучения.

Главным критерием, по которому производилась оценка выявленного дефекта, является условный коэффициент ремонта (ERF). Он равен отношению максимально допустимого рабочего давления, которое регламентируется проектной документацией, к разрушающему давлению, при котором происходит сквозное