

УДК 621.311

**ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, ПРОЛОЖЕННЫХ В ТРУБАХ
EFFECTIVE WAYS TO INCREASE THE RELIABILITY OF CABLE LINES
LAYED IN PIPES**

С.Г. Сидорович, Ю.П. Гловацкая

Научный руководитель – Е.А. Дерюгина, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

S. Sidarovich, Y. Hlavatskaya

Supervisor – E. Deryugina, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы проектирования кабельных линий в трубах, учитывая различные аспекты и особенности данного способа прокладки кабеля. В век высоких технологий человеческий фактор до сих пор играет важную роль в правильности и безопасности проведения проектных и строительных работ.

Abstract: The article discusses the problems of designing cable lines in pipes, taking into account various aspects and features of this method of cable laying. In the age of high technology, the human factor still plays an important role in the correctness and safety of design and construction work.

Ключевые слова: кабельные линии, трубы, горизонтальное направленное бурение, тринг, инерциально-измерительная система.

Keywords: cable lines, pipes, horizontal directional drilling, triing, inertial measurement system.

Введение

Развитие энергосистемы и повышение ее надежности требует усовершенствования кабельных линий (КЛ) и прокладки новых. Новые КЛ в условиях плотной застройки пересекают инженерные коммуникации, которыми застроены городские и промышленные зоны.

В соответствии с ТКП 339-2022[2], стандартами кабели должны прокладываться в трубах в следующих условиях:

- при пересечении КЛ подземных коммуникаций;
- при выполнении проходов под водными преградами;
- при выполнении проходов под автомобильными и железными дорогами;
- при стеснённых условиях прокладки.

В настоящее время всё чаще встречаются проекты, где прокладка кабелей в трубах составляет 60% длины всей кабельной трассы, превосходя по расстоянию траншейную прокладку. Также существуют КЛ, где прокладка в трубах достигает 90% протяженности всей линии[1].

Основная часть

Самый распространенный вид прокладки кабелей в условиях плотной городской застройки – прокладка в трубах.

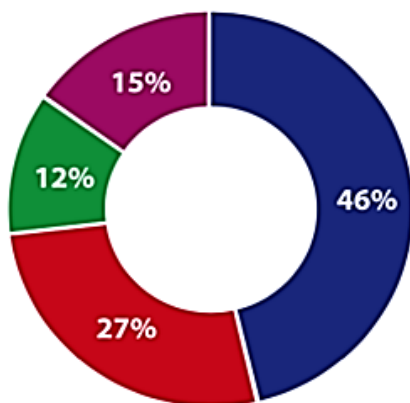
Множество кабелей выходят из строя именно из-за ошибок при монтаже КЛ – более 45%. При несоблюдении технологии выполнения работ по прокладке КЛ часто происходят нарушения оболочки кабеля. Это могут быть дефекты, которые вызваны внешними механическими воздействиями, превышением усилий тяжения кабеля, несоблюдением радиусов изгибов и температурных режимов, халатностью персонала, актами вандализма и т. д. (рисунок 1, рисунок 2, рисунок 3) [1].



Рисунок 1 – Отсутствие возможности своевременно определить места повреждений кабелей из-за высокого электрического сопротивления стенки трубы



Рисунок 2 – Повреждение КЛ из-за воздействия сторонних лиц ввиду отсутствия достоверных данных о расположении трубного кабельного канала, проложенного методом горизонтальное направленное бурение (ГНБ)



- Повреждения в ходе монтажа и строительства
- Повреждения, вызванные воздействием посторонних лиц и строительных организаций
- Повреждения, вызванные природными воздействиями и ошибками эксплуатации
- Заводской брак

Рисунок 3 – Основные причины повреждений кабелей в трубах

Чтобы вовремя обнаружить данные повреждения, в соответствии с п.4.4.29 ТКП 339-2022[2], а также с инструкциями заводов-изготовителей кабелей, после прокладки и монтажа КЛ производят испытания оболочки выпрямленным напряжением 10 кВ в течение 1 минуты. Данные тестирования имеют высокую эффективность, когда кабель находится в контакте с землей, так как в месте повреждения оболочки ток от испытательной установки без препятствий выходит в грунт и подтверждает тем самым наличие отклонения.

В том случае, когда кабель проложен в трубе, складывается другая ситуация. Практически все трубные кабельные каналы выполняются из обычных полимерных труб. Их стенки имеют высокое электрическое сопротивление, тем самым изолируют кабели от земли. В таком случае, при испытании оболочки невозможно выявить даже серьезные повреждения кабелей, проложенных в данных трубах.

Если суммарная длина данных участков КЛ, как описано в начале статьи, составляет 60% от всей длины трассы, то КЛ начинают эксплуатировать без проверки более чем наполовину.

Из этого следует, что возможные повреждения кабелей, находящихся в трубах, не могут быть обнаружены вовремя, что повышает аварийность КЛ и приводит к снижению её надежности. Это связано с попаданием воды в трубу в процессе строительно-монтажных работ. Со временем она проникает через поврежденную оболочку в изоляцию кабеля, образуя водные триинги, что приводит к пробоям кабеля. Стоит отметить, что возникновение водных триингов – продолжительный процесс. В зависимости от условий эксплуатации он может протекать до нескольких лет.

Трубы нового поколения дают возможность определить существующее повреждение оболочки кабеля, проложенного в трубе, и точно локализовать его место еще на этапе приемо-сдаточных испытаний. Это дает возможность заметно сократить сроки и стоимость ремонтно-восстановительных работ. При проведении испытаний оболочки кабеля постоянным напряжением 10 кВ токопоисковые трубы ПРОТЕКТОРФЛЕКС®ОМП [1] не препятствуют выходу испытательного тока через повреждение оболочки и далее через стенку трубы в окружающий грунт вне зависимости от глубины залегания линии.

Такой результат достигается за счет снижения электрического сопротивления стенки трубы. Это позволяет обеспечить нужную точность поиска места повреждения.

Также присутствует проблема повреждений КЛ из-за отсутствия актуальных данных о расположении трубного кабельного канала, который проложен методом ГНБ.

Причина отклонения трассы КЛ при выполнении ГНБ: неточность систем локализации буровой головки при выполнении работ в условиях большого количества коммуникаций. В результате наличия активных и пассивных помех, создаваемых пересекаемыми коммуникациями, и воздействующих на системы локализации, реальный маршрут канала ГНБ может иметь отклонения от проектных отметок до нескольких метров.

Помочь не допускать таких ситуаций призваны активно используемые в современном строительстве системы локализации. Суть метода заключается в том, что на бур устанавливается зонд, который подаёт сигналы, а их в свою очередь принимает локатор. Благодаря этому становится возможным определить глубину, угол наклона и поворота бурильной головки. Но у метода есть и недостатки:

- зависимость точности сигнала от глубины ГНБ-канала;

- система зависит от активных и пассивных помех;
- в тестной городской застройке насыщенной инженерными сетями и коммуникациями возможны неточности при определении маршрута ГНБ.

Во время ГНБ техника может попадать на непроходные грунты. Это значит, что геодезические исследования выполнены некачественно. Тогда подрядчик вынужден корректировать маршрут КЛ. В случае отклонения от проектных отметок исполнителю предстоит сложная процедура пересогласования проектной документации и согласования нового маршрута ГНБ с землепользователями. Понимая данную ситуацию, он не заинтересован во внесении актуальных данных о расположении канала.

Возможные пути решения проблем повреждения КЛ в трубных ГНБ - каналах:

- внести в нормативные документы требования об обязательной верификации выполненных ГНБ каналов путем проведения контрольно-геодезической съемки и внесения полученных результатов в исполнительную документацию
- при пересечении сложнопроходимых зон, а также зон, которые насыщены различными инженерными коммуникациями. Они могут создавать активные и пассивные помехи, задействовать системы, основанные на принципе инерциальных измерений.

Инерциально – измерительные системы (ИИС) применяются на практике давно, используются в кораблях, самолетах и даже смартфонах. В состав данных систем входят гироскоп и акселерометр.

ИИС применяются для картографирования трубопровода различных материалов, гироскопических систем для трехмерного картографирования трубопроводов.

Прибор ИИС заводится в трубу, предварительно измерив координаты начальной и конечной точки трубы. Затем система протягивается в трубе туда и обратно, таким образом, образуется график (рисунок 4, рисунок 5 [1])

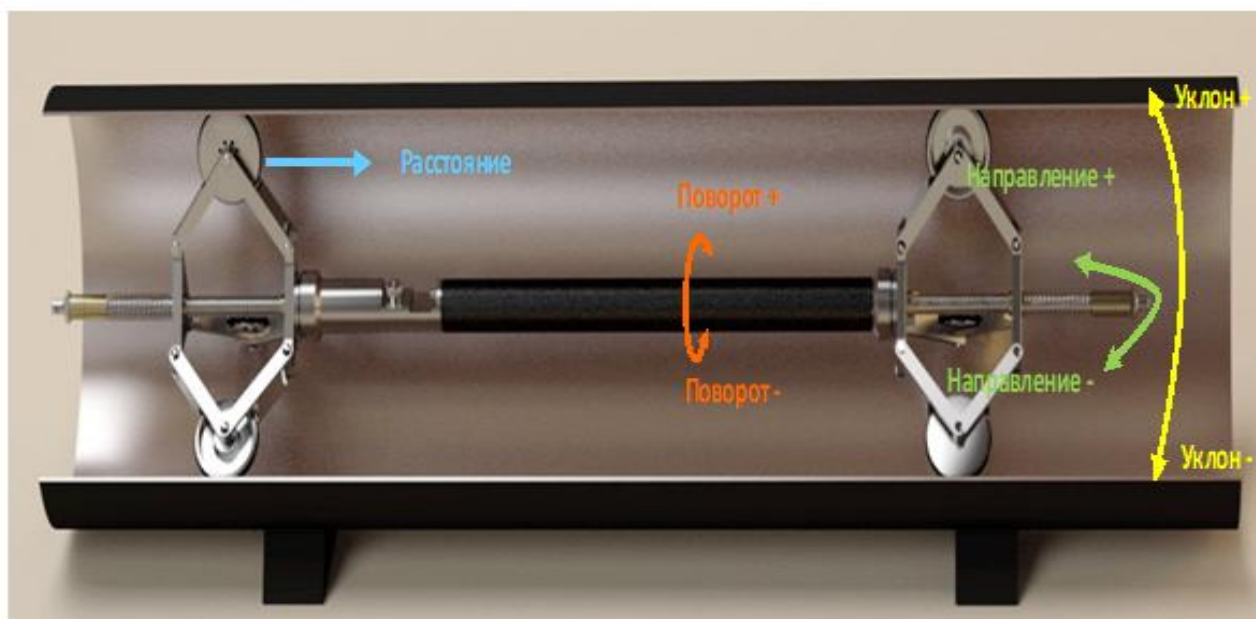


Рисунок 4 – Инерциально-измерительные системы (ИИС)

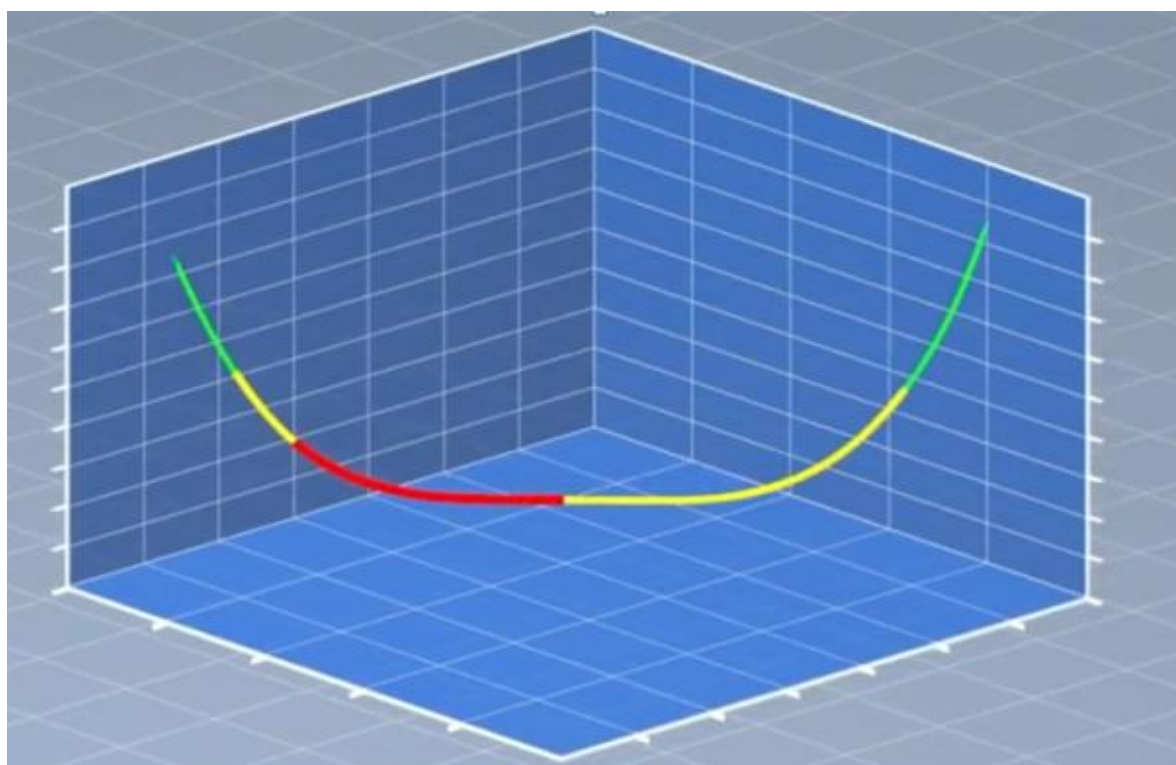


Рисунок 5 – График инерциально-измерительные системы (ИИС)

Литература

1. Энерготек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energotek.ru/info/biblioteka/povyshenie-nadezhnosti-kabeley-prolozhennykh-v-trubakh/>. – Дата доступа: 26.10.2023.
2. Энергетика Оборудования Документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forca.ru/knigi/arhivy/vybor-apparatury-dlya-ispytaniy-elektrooborudovaniya-4.html>. – Дата доступа: 29.10.2023
3. ТКП 339-2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/>. – Дата доступа: 26.10.2023.