

УДК 621.646:006

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НОРМАТИВНОЙ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*канд. техн. наук, доц. Л.М. СПИРИДЁНОК;  
Д.А. КИСЕЛЁВ; А.А. ГРИНЕВИЧ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Рассматривается проблема изменения пространственного положения трубопровода под действием эксплуатационных нагрузок и вследствие естественных изменений ландшафта. Показаны известные методы восстановления нормативной глубины залегания участков магистральных трубопроводов. Приведены технические операции для каждого метода по восстановлению глубины залегания трубопровода. Проведен анализ выбора метода заглубления трубопровода при ремонте. Выявлены факторы, влияющие на выбор метода по восстановлению глубины залегания трубопровода. Используя выявленные факторы, предложено оптимизировать выбор метода ремонта.*

**Ключевые слова:** *трубопровод, восстановление, залегание, грунт, засыпка, локальный участок.*

По территории Республики Беларусь трассы магистральных нефте- и продуктопроводов проложены в 6 технических коридорах общей протяженностью 1233 км. Общая протяженность всех магистральных нефтепроводов в однопутном исчислении составляет около 4000 км. Для магистральных нефтепроводов, которые проходят в северной и северо-восточной части республики (Унеча – Полоцк; Полоцк – Скрудалиена; Полоцк – Мажейкай; Сургут – Полоцк), характерно большое разнообразие ландшафтов, комплексность почвенного покрова и наличие значительного количества водных объектов. Для магистральных нефтепроводов в южной части республики (Унеча – Мозырь; Мозырь – Брест; Мозырь – Броды), характерно однообразие ландшафтов [1].

Республика Беларусь обладает также развитой системой магистральных газопроводов. В настоящее время поставку газа в Республику Беларусь и его транзит в третьи государства осуществляет ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». По территории страны проходят магистральные газопроводы, пересекающие страну с северо-востока на юго-запад. Газопроводы проходят по территории с разнообразным ландшафтом (болотные ландшафты, возвышенности, водные ландшафты) [2].

**Основная часть.** Предприятия по транспорту нефти и газа ежегодно осуществляют комплекс мер по диагностике, обслуживанию и реконструкции объектов газо- и нефтетранспортной системы, автоматизации и телемеханизации производственных процессов, что способствует их надежному и устойчивому функционированию. Надежность и безопасность эксплуатации объектов магистральных газонефтепроводов определяется комплексным подходом, основанным на взаимосвязи таких факторов, как обеспечение качества проектных работ; обеспечение качества строительства; организация системы в эксплуатации объектов. При этом следует отметить, что фактический срок эксплуатации большинства магистральных трубопроводов в Республике Беларусь приближается к тому периоду, когда значительно возрастает интенсивность отказов и аварий. По мере увеличения возраста трубопроводов усиливается тенденция к снижению их надежности и повышению вероятности аварий. Старение трубопроводов сопровождается как изменением пространственного положения самого трубопровода под действием эксплуатационных воздействий, так и изменением ландшафта, вследствие естественных и антропогенных воздействий. Следует учитывать, что для действующего трубопровода возможны отклонения эксплуатационных параметров от проектных, связанные с изменением его пространственного местоположения в результате взаимодействия с окружающим грунтом. Возникающие при этом напряженно-деформационные изменения способны привести к аварийным ситуациям и, как следствие, к губительному воздействию на окружающую среду и значительному материальному ущербу.

Трубопроводная система способна оказывать влияние на окружающий грунт посредством постоянно действующей нагрузки (вес трубы, давление и т.д.) либо переменных нагрузок, обусловленных продольной силой в трубопроводе и изменением температуры и давления перекачиваемого продукта по длине трубопровода. Следует отметить, что на стадии создания проекта подземных трубопроводов в основном учитывается только постоянное воздействие трубопровода на грунт, в то время как воздействие переменной составляющей учитывается не всегда либо в значительно меньшей степени. В то время как в сложных климатических, гидрогеологических либо геокриологических условиях не менее важным становится учет и переменных нагрузок при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных трубопроводов.

Существенное влияние на различные виды взаимодействия трубопроводов с грунтами оказывают следующие природные процессы [3]:

- промерзание талых грунтов в холодный период года;

- динамика изменения толщины снежного покрова в этот же период;
- оттаивание мерзлых грунтов в теплый период года;
- скорость и интенсивность паводковых явлений при таянии снега;
- характер и направление движения паводковых вод;
- осадки в виде дождя в теплый период времени;
- изменение уровня грунтовых вод.

Такие эксплуатационные характеристики, как изменение рабочего давления, объем перекачиваемой жидкости, температурный режим, изменение свойств перекачиваемых продуктов, оказывают влияние на характер взаимодействия грунтов с подземным трубопроводом и могут приводить к изменению его пространственного положения. Возникающие при этом дополнительные продольные напряжения изгиба могут вызывать перестройку напряженно-деформированного состояния стенки трубопровода с уменьшением его эксплуатационной надежности и долговечности.

В условиях эксплуатации магистрального трубопровода на территории Республики Беларусь наиболее актуальным является оценка указанного взаимного влияния при его пересечении с различными инженерными сетями и сооружениями, естественными препятствиями и при расположении трубопровода на землях с высокой хозяйственной деятельностью человека.

Таким образом, наиболее опасный вариант изменения пространственного положения трубопровода обусловлен таким изменением его пространственного положения, при котором трубопровод оказывается недостаточно заглубленным, что приведет к увеличению эксплуатационных и экологических рисков как для самого трубопровода, так и для окружающей среды.

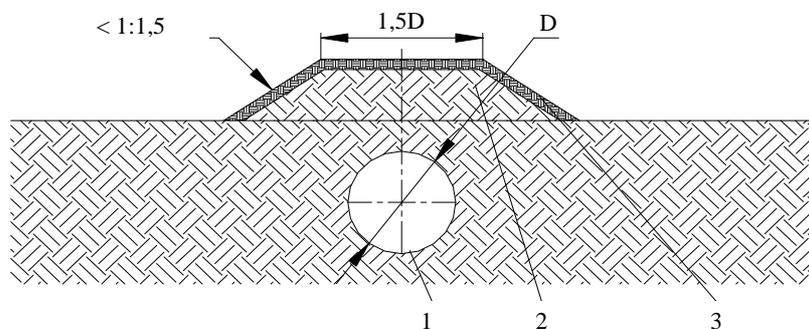
Республика Беларусь – транзитная страна по доставке нефтегазового сырья в Европу, поэтому проблема надежности эксплуатационных характеристик трубопроводных систем (в частности, оценка изменения их положения под влиянием природных и эксплуатационных процессов) является весьма актуальной.

Ремонт участков линейной части магистрального трубопровода с ненормативной глубиной залегания производится следующими способами:

- *ремонт без заглубления трубопровода* – отсыпкой грунтом с закреплением отсыпанного грунта;
- *ремонт с заглублением* – при совмещении с ремонтом трубопровода по замене изоляции;
- ремонт с заглублением, перекладкой в совмещенную (околотрубную) траншею, в зависимости от результатов расчета согласно приведенной методике;
- ремонт с заглублением трубопровода с использованием грунтовых перемычек (опор);
- ремонт с заглублением, с опорожнением трубопровода.

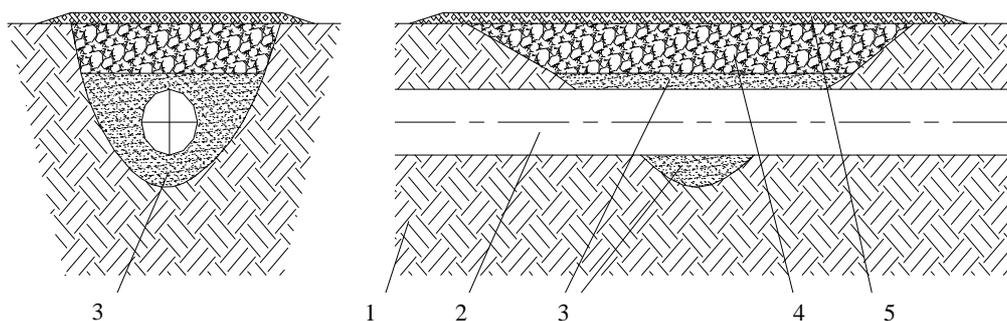
**Восстановление нормативной глубины залегания локальных участков магистрального трубопровода, без заглубления.** Данный способ восстановления нормативной глубины залегания может использоваться на необрабатываемых землях или локальных участках на обрабатываемых землях. К таким локальным участкам могут быть отнесены: участки, примыкающие к узлам запорной арматуры, пересечения с полевыми и лесными дорогами, локальные участки. Восстановление нормативной глубины производится отсыпкой привозным грунтом с последующим уплотнением и при необходимости укладкой железобетонных плит в соответствии с типовыми решениями.

Отсыпка грунтом выполняется в виде валика. Грунт отсыпки разравнивают и уплотняют. В качестве мягкого грунта подсыпки может применяться песок. В качестве насыпного грунта рекомендуется использовать минеральный грунт. Схемы отсыпки показаны на рисунках 1 и 2.



1 – магистральный трубопровод; 2 – грунт минеральный;  
3 – противэрозионные материалы и конструкции

**Рисунок 1. – Восстановление нормативной глубины залегания отсыпкой привозным грунтом на необрабатываемых землях**



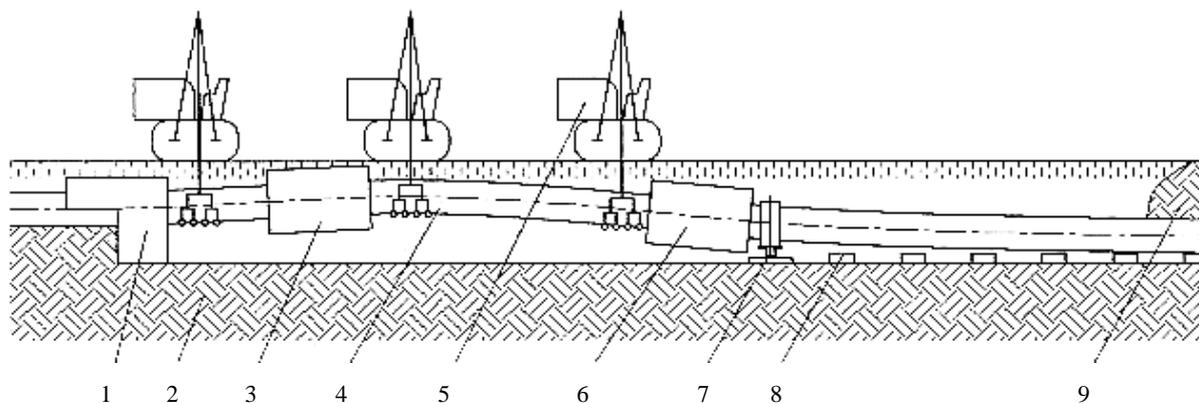
1 – грунт минеральный; 2 – магистральный трубопровод; 3 – мягкий грунт; 4 – насыпной грунт;  
5 – противозрозионные материалы и конструкции

Рисунок 2. – Восстановление нормативной глубины залегания  
на локальных участках магистрального трубопровода на обрабатываемых землях

**Восстановление нормативной глубины залегания локальных участков магистрального трубопровода с заглублением.** Данный способ восстановления нормативной глубины залегания используется при невозможности использования способа восстановления с засыпкой, например на обрабатываемых землях. В свою очередь, данный метод подразделяется на заглубление магистрального трубопровода с подкопом, заглубление с укладкой в совмещенную траншею и заглубление магистрального трубопровода с использованием грунтовых перемычек.

**Заглубление локальных участков магистрального трубопровода с подкопом.** Способ заглубления трубопровода с подкопом без остановки перекачки может применяться для трубопроводов всех диаметров, во всех грунтовых условиях, кроме скальных грунтов.

Заглубление с подкопом предусматривает укладку подкопанного магистрального трубопровода на опоры заданной высоты и его присыпку с подбивкой грунта после укладки трубопровода на опоры. В качестве опор заданной высоты могут использоваться мешки из негниющих материалов с наполнителем. Схема метода представлена на рисунке 3.



1 – подкапывающая машина или разработка грунта вручную; 2 – минеральный грунт;  
3 – очистная машина; 4 – магистральный трубопровод; 5 – трубоукладчик; 6 – изоляционная машина;  
7 – страховочная опора; 8 – опора заданной высоты; 9 – минеральный грунт засыпки

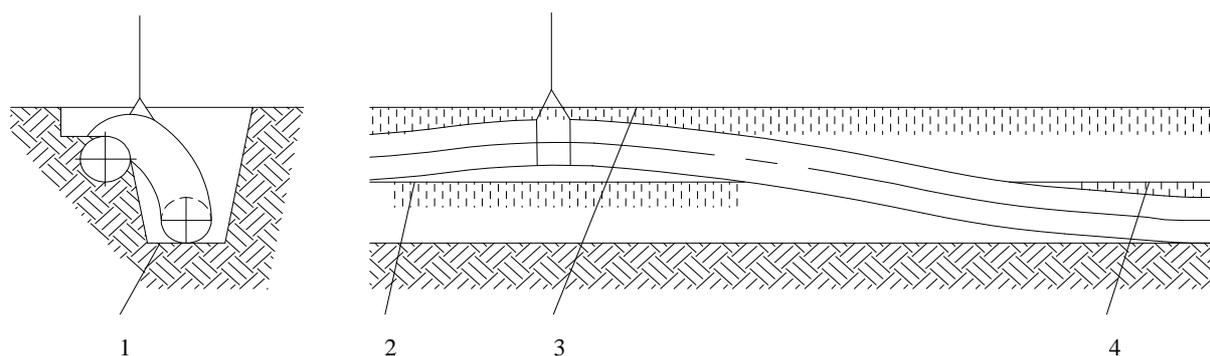
Рисунок 3. – Заглубление магистрального трубопровода с подкопом

*Технологические операции при заглублении магистрального трубопровода* выполняются в следующей последовательности:

- уточнение положения трубопровода и подземных коммуникаций в зоне производства работ и закрепление их на местности вешкованием, разбивка оси магистрального трубопровода с указанием на вешках фактической глубины залегания; снятие плодородного слоя почвы и откачка воды из траншеи;
- установка на магистральном трубопроводе ремонтных машин и страховочной опоры с мягкой прокладкой;
- разработка грунта под трубопровод с градацией грунтовых перемычек; поддержка и подъем вскрытого участка магистрального трубопровода трубоукладчиками;
- установка опор заданной высоты под трубопроводом;

- укладка магистрального трубопровода по мере непрерывного или циклического перемещения поддерживающих его трубоукладчиков на опоры заданной высоты;
- присыпка занявшего расчетное по глубине положение трубопровода с одновременной подбивкой грунта под нижнюю его образующую;
- откачка воды из траншеи, а также подготовка дна совмещенной траншеи;
- засыпка траншеи и уплотнение грунта засыпки.

**Заглубление локальных участков магистрального трубопровода с укладкой в совмещенную траншею.** Способ заглубления локальных участков магистрального трубопровода с укладкой в совмещенную траншею используется при отсутствии возможности заглубления протяженных участков линейной части и пойменных участков подводных переходов трубопровода. Данный метод состоит в укладке трубопровода в заранее выкопанную до нормативной глубины залегающую параллельную траншею. Схема метода представлена на рисунке 4.



1 – совмещенная траншея; 2 – магистральный трубопровод; 3 – бровка траншеи;  
4 – уровень залегания магистрального трубопровода до заглубления

**Рисунок 4. – Заглубление с укладкой в совмещенную траншею протяженных локальных участков магистральных трубопроводов**

Технологические операции при заглублении магистрального трубопровода укладкой в совмещенную траншею выполняются в следующей последовательности:

- уточнение положения магистрального трубопровода и коммуникаций и разбивка оси трубопровода с указанием глубины залегания;
- снятие плодородного слоя почвы и перемещение его в отвал хранения;
- разработка траншеи одноковшовым экскаватором в соответствии с параметрами, предусмотренными проектом на ремонт конкретного участка трубопровода;
- поддержка и подъем трубопровода трубоукладчиками по мере его вскрытия;
- укладка трубопровода на дно совмещенной траншеи и его присыпка;
- засыпка траншеи и уплотнение грунта засыпки.

**Заглубление линейной части магистрального трубопровода с использованием грунтовых перемычек.** Способ заглубления локальных участков трубопровода с использованием грунтовых перемычек используется при наличии деформации ремонтируемого трубопровода.

Заглубление участка **магистрального трубопровода** в проектное положение производится путем разборки вручную высоты грунтовых перемычек (опор), с равномерным удалением и постепенным опуском магистрального трубопровода на грунт. Разборку грунтовых опор выполняют равномерно по обе стороны от опускаемой точки трубы, очень плавно с медленным удалением грунта из-под трубопровода;

Технологические операции при заглублении магистрального трубопровода с использованием грунтовых перемычек (опор) выполняются в следующей последовательности:

- уточнение положения трубопровода и коммуникаций, разбивка его оси с указанием глубины залегания;
- снятие плодородного слоя почвы и перемещение его в отвал хранения;
- разработка траншеи до нижней образующей трубопровода;
- разработка грунта под магистральный трубопровод с градацией грунтовых перемычек;
- предварительный осмотр технического состояния трубопровода, определение мест расположения дефектов, обнаруженных внутритрубным инспекционным прибором (ВИП) и другими методами контроля, ремонт трубопровода при необходимости;
- очистка трубопровода от старого изоляционного покрытия;

- определение мест расположения дефектов и выполнение работ по устранению дефектов стенки трубы;
- зачистка трубопровода в местах ремонта дефектов;
- нанесение нового изоляционного покрытия, контроль качества изоляционного покрытия;
- заглубление участка магистрального трубопровода в проектное положение путем разборки вручную высоты грунтовых перемычек (опор) с равномерным удалением и постепенным опуском трубопровода на грунт. При процессе заглубления участка трубопровода не должно создаваться излишних напряжений на трубопровод;
- заглубление участка магистрального трубопровода выполняется, максимально соблюдая меры предосторожности по сохранности изоляции. После заглубления участка в проектное положение выполняется подбивка грунта под трубопровод [4].

Выбор перечисленных способов восстановления глубины залегания зависит от ряда факторов. Проведенный анализ показал, что выбор метода заглубления трубопровода, в первую очередь, зависит от месторасположения трубопровода – на обрабатываемых или необрабатываемых сельскохозяйственных землях. Следующим фактором, влияющим на выбор способа восстановления глубины залегания, является прочностное состояние трубопровода (наличие деформаций и коррозионных дефектов) и наличие дефектов изоляционного покрытия.

Разработка ведомостей выбора методов заглубления трубопровода в зависимости от перечисленных факторов позволит оптимизировать процесс ремонта, повысив тем самым эксплуатационную и экологическую безопасность магистрального трубопровода.

**Заключение.** Для магистральных трубопроводов, расположенных на территории Республики Беларусь, наибольшую опасность представляет изменение напряженно-деформированного состояния в стенке трубы в совокупности с приближением тела трубы к естественным, искусственным препятствиям и зоне хозяйственной деятельности человека.

Разработка оптимальных методов ремонта трубопроводов сократит затраты на ремонт магистральных трубопроводов и повысит их эксплуатационную безопасность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Защита водных объектов при аварийных разливах нефти / Д.П. Комаровский [и др.]; под ред. В.К. Липского. – Новополоцк : ПГУ, 2008. – 220 с.
2. ПАО «Газпром трансгаз Беларусь» [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://belarus-tr.gazprom.ru>. – Дата доступа: 25.09.2016.
3. Горковенко, А.И. Основы теории расчета пространственного положения подземного трубопровода под влиянием сезонных процессов : дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.19. – Тюмень, 2006. – 305 с.
4. Технология ремонта трубопроводов в местах недостаточной глубины залегания. Методика расчета технологических параметров заглубления трубопроводов : РД-75.200.00-КТН-015-09. – М. : ОАО «ВНИИСТ», 2008.

Поступила 17.05.2016

#### THE METHODS OF NORMATIVE DEPTH OCCURRENCE RECONSTRUCTION OF TRUNK PIPELINES ANALYSIS

*L. SPIRIDENOK, D. KISIALIOY, A. GRINEVICH*

*The problem of change position of pipelines as a result of performance loads and natural changes of landscape are examine in this article. The known methods of normative depth occurrence reconstruction of trunk pipelines are shown in the article. The technical operations for depth occurrence reconstruction of pipelines are brought. The analyze of method deepening pipeline choosing at repair are brought. The factors influencing the method deepening pipeline choosing are discovered. The authors suggest to optimize choosing of repair method to use ascertained facts.*

**Keywords:** pipeline, renewal, bedding, soil, backfill, local area.