

УДК 621.643.053 - 192

СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ МЕТОДОМ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

А.Г. КУЛЬБЕЙ

(Полоцкий государственный университет),

Г.Г. ГОЛУБ, Н.Н. САВИЦКИЙ

(ИП «Классикстройкомплект», Минск)

Рассматривается применение новейшей технологии сооружения переходов через естественные и искусственные препятствия методом горизонтально направленного бурения в Республике Беларусь и на примерах мирового опыта. Показаны преимущества предлагаемого метода, а также недостатки существующей нормативной базы.

При строительстве линейно протяжённых объектов (трассы газопроводов, нефтепроводов, водопроводов, продуктопроводов, а также линии связи) часто приходится пересекать искусственные и естественные препятствия в виде рек и озёр, автомобильных и железных дорог, сосредоточения ранее уложенных коммуникаций, участки с высоким историческим либо экологическим значением. Сооружение подводных переходов является одним из факторов, оказывающим наиболее неблагоприятное влияние на экологичность водоёма. Поэтому ведению строительных работ в подводной экосистеме уделяется особо пристальное внимание [2, 3].

Традиционные траншейные способы строительства [1] предусматривают разработку открытой траншеи - происходит нарушение верхнего почвенного слоя; прекращение передвижения людей, транспорта и животных в зоне ведения работ; смена темпа строительства и техники при пересечении коммуникаций и использование спецоборудования и спецтехнологий при сооружении переходов через водные объекты. Кроме того, имеется ряд других недостатков:

- сложность обхода препятствий по предполагаемой трассе, в том числе ранее проложенных коммуникаций;
- необходимость восстановления нарушенного верхнего слоя, участков дорог, предметов городской инфраструктуры;
- большой объем земляных работ, в том числе дорогостоящих подводных земляных работ;
- длительные сроки строительства; Поэтому проблема повышения экологической безопасности (с сопутствующим экономически выигрышным эффектом) является неоспоримо актуальной.

Пути поиска решений этих задач привели к появлению нового прогрессивного конструктивного решения [5]. Так, в Китае при сооружении трубопроводного перехода через реку Янг из-за сильных деформаций русла от воздействия течения реки пришлось отказаться от традиционного способа сооружения перехода открыто траншейным способом. Было принято решение *методом продавливания* под дном реки проложить стальной кожух, в котором затем разместить нефтепровод и водопровод. Потребовался кожух длиной 580 м с внутренним диаметром 2600 мм и толщиной стенки 24 мм. Его продавливание выполнялось из рабочей шахты диаметром 16 м, заранее сооруженной на берегу реки.

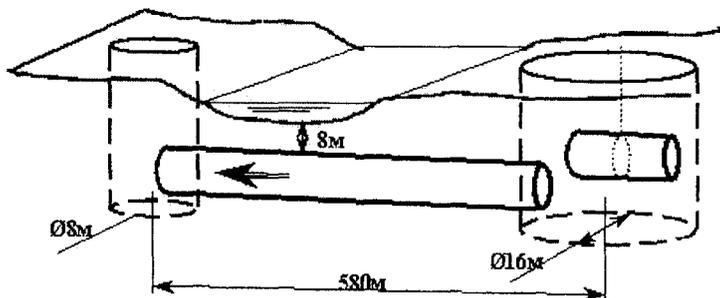


Рис. 1. Сооружение подводного перехода методом продавливания

На противоположном берегу была устроена приемная шахта диаметром 8 м. Глубина расположения оси продавливаемого кожуха составляла 16 м относительно берега и 8 м относительно дна реки. Стальные трубы длиной по 4,5 м сваривались попарно, и затем сваренные секции опускались в шахту,

где производилась ручная сварка плетей по мере продавливания кожуха с помощью 6 гидравлических домкратов, каждый из которых создавал усилие в 30 кН. Для уменьшения трения между продавливаемым кожухом и грунтом нагнетался раствор бентонитовой глины.

Однако такое решение оказалось слишком энергоёмким. Избежав большого объёма подводных земляных работ, строители столкнулись с немалым объемом земляных работ при разработке рабочего и приёмного котлованов и необходимостью создания огромного усилия для проталкивания кожуха. Кроме того, нужно отметить, что направление продавливания осуществлялось «вслепую».

Дальнейшее развитие инженерной мысли привело к созданию технологии прокладки методом горизонтально направленного бурения (ГНБ), которая была лишена всех вышеперечисленных недостатков.

Для создания метода был позаимствован опыт буровиков нефтяных и газовых месторождений, которые к тому времени умели изменять направление буровой колонны с пульта бурильной установки.

Впервые метод был применен для сооружения нефтепровода под дном реки в штате Калифорния в 1971 г., где трубопровод длиной 180 м и диаметром 100 мм был уложен в предварительно пробуренную скважину.

Рабочее положение трубопровода абсолютно исключало возможность влияния русловых деформаций на работоспособность перехода.

Далее метод нашел широкое применение при строительстве переходов газонефтепроводов под естественными препятствиями. В США за период, начиная с 1971 г., построено свыше 150 речных переходов трубопроводов общей протяженностью более 80 км. Наибольшая длина пробуренной под дном реки скважины - 1800 м, а наибольший диаметр уложенного таким способом трубопровода длиной 535 м составляет 1000 мм.

Сначала метод применялся в основном в нефтегазовой промышленности, а так как наиболее проблемным местом при строительстве трубопроводов всегда являлось сооружение переходов через водные преграды, то именно здесь метод получил наиболее активное внедрение.

Например: В штате Алабама (США) при строительстве газопровода диаметром 254 мм наибольшие трудности возникли при пересечении реки Алабама, ширина которой на участке перехода составляет 210 м, глубина - 12 м, а высота обоих берегов достигает 6...9 м. Из-за бурного течения реки, вызывающего сильный размыв нарушенного донного грунта, производство земляных работ по устройству подводной траншеи считалось нежелательным, поэтому было принято решение о прокладке перехода способом горизонтального бурения.

Проходка пионерного направляющего ствола скважины под дном реки потребовала применения специальных бурильных труб и долот с алмазной коронкой. Контроль направления движения бурильных труб и управлением всем технологическим процессом осуществлялся с помощью ЭВМ.

В ходе бурения направляющее долото диаметром 100 мм перемещалось с одного берега на другой на расстояние около 300 м. Наибольшая глубина тоннеля ниже дна реки составила без малого 6 м.

Для разработки пионерного ствола буровое долото приводилось в движение находящимся в самой скважине гидравлическим двигателем, смонтированным на конце неподвижной буровой колонны

Вслед за наращиванием очередной бурильной трубы осуществлялся контроль местоположения бурильной головки с помощью специального аппарата, включающего кинокамеру для получения стоп-кадров (рис. 2).

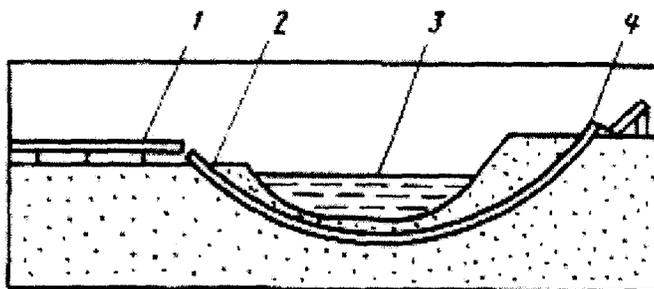


Рис. 2. Схема сооружения подводного перехода:

- 1 - подготовленная нитка трубопровода для протаскивания в пробуренную скважину;
2 - конечная точка выхода ствола скважины; 3 - уровень воды; 4 - начальная точка скважины

После выхода направляющей бурильной трубы на противоположный берег к ней присоединялась вращающаяся расширительная режущая фреза диаметром 305 мм, которая с помощью шарнирного со-

единения прикреплялась к предварительно сваренной в единую нитку секции рабочего трубопровода диаметром 254 мм длиной около 300 м (рис. 3).

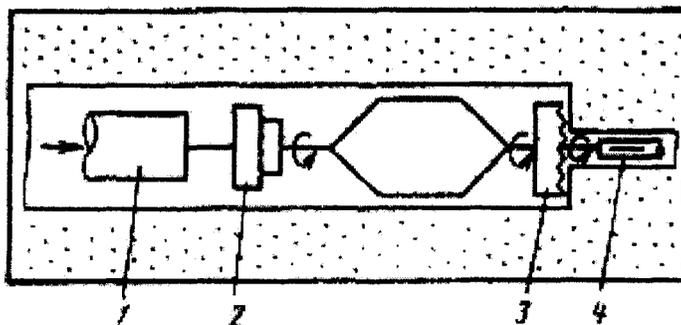


Рис. 3. Схема узла соединения:

- 1 - трубопровод диаметром 100 мм; 2 - шарнирное соединение; 3 - режущая фреза диаметром 305 мм;
4 - направляющая буровая труба

После протаскивания рабочего трубопровода под дном реки свободное кольцевое пространство между наружной поверхностью трубопровода и стенкой скважины заполнили цементным раствором, а концы трубопровода закрыли герметическими заглушками. Затем произвели гидравлическое испытание трубопровода в соответствии с установленными требованиями.

Весь технологический процесс по строительству перехода длился в течение двух недель, к тому же работы велись только в дневное время.

Для сравнения можно отметить, что на сооружение подводного перехода по традиционной траншейной схеме прокладки потребовалось бы около 10 недель при круглосуточном графике производства работ. Стоимость земляных работ по заглублению трубопровода в траншею дна реки превысила бы в 3 раза расходы на выполнение буровых работ.

Принципиально, что в процессе строительства переходов с помощью наклонно направленного бурения дно и берег реки Алабама не подвергались никаким неблагоприятным внешним воздействиям.

Далее необходимо выделить сооружение системы трубопроводов в Колумбии, при переходе через реку Магдалена, характеризующуюся резкими сезонными колебаниями низких и высоких уровней воды с заполнением обширных земель, где трубопровод диаметром 600 мм и длиной около 670 м был проложен на глубине 35 м, что составляет более 10 м ниже самой глубокой точки русла. Все работы по строительству перехода были завершены за 14 дней.

В Венесуэле при прокладке подводного перехода диаметром 560 мм с толщиной стенки 25,4 мм через главную водную артерию страны реку Ориноко был выбран метод направленной проходки ствола из-за высокой плотности судоходства реки. Весь строительный цикл по сооружению речного перехода, начиная от бурения пионерной скважины и кончая протаскиванием трубопровода, длился 42 календарных дня.

Интенсивное строительство подводных переходов наблюдалось в 1985 г. в Бангладеш, где в течение 13 недель были пробурены скважины суммарной протяженностью около 5 км для пяти речных переходов диаметром 400 и 500 мм. Переход испытывался при давлении 10 МПа.

В Дании впервые метод наклонного бурения был опробован в 1986 г. при пересечении системы проливов Лим-Фьорда, соединяющего Северное море и пролив Каттегат. Ширина озеровидных проливов в местах сооружения трех подводных переходов вблизи населенных пунктов Ольборг, Саллингсунн и Вальпсунн составляет соответственно 1025 м, 1300 м и 920 м. Здесь первоначально предполагалась прокладка переходов по широко применяемой в Дании традиционной схеме протаскивания трубопровода в заранее подготовленную донную траншею. Однако вследствие ряда специфических особенностей условий строительства окончательный выбор был сделан в пользу метода направленного бурения. Для подводного перехода в районе важнейшего морского порта Ольборга специфика условий заключалась в интенсивном судоходстве, а также в том, что здесь регулярно проводятся дноуглубительные работы. Кроме этого, из-за напряженного судоходства резко возрастает вероятность повреждения якорями судов подводного газопровода, уложенного в донной траншее.

В Голландии построен переход трубопровода длиной 860 м для питьевой воды через канал методом горизонтального бурения. Скважина для трубопровода проходит на глубине 18 м в трехметровом слое глины. Буровой метод прокладки позволил сократить протяженность водовода на 5 км в районе

строительства с высокой плотностью сети подземных действующих коммуникаций. После двухнедельного бурения направляющей скважины ее диаметр сначала расширили до 660 мм, а затем до 1066 мм.

В Великобритании построен трубопровод диаметром 250 мм из Олтона (Гэмпшир) к Перфлигу (Эссекс) для последовательной перекачки различных видов нефтепродуктов. Трасса трубопровода пересекает реку Темзу. Сравнительные технико-экономические расчеты различных способов прокладки перехода показали, что при строительстве методом направленного бурения вместо традиционной траншейной схемы укладки достигается экономия ресурсов примерно на 40 %, учитывая, что в целях обеспечения сохранности береговой зоны начальная и конечная точки проходки ствола выбраны были на некотором расстоянии от берегов. Поэтому общая протяженность перехода значительно превысила ширину реки и составила около 1,5 км. Учитывалось также, что обычные методы строительства перехода связаны с помехами судоходству.

Известны примеры прокладки многониточных речных переходов, выполненных методом направленного бурения.

В штате Луизиана (США) при пересечении нефтепродуктопроводной системой реки Миссисипи три нитки трубопроводов диаметром 200 мм каждая были уложены в одной предварительно пробуренной скважине. Также в США с помощью наклонно направленного бурения осуществлена одновременная прокладка 5 трубопроводов диаметром от 150 до 400 мм и длиной 850 м.

В Нидерландах этим способом сооружен многониточный подводный переход длиной 450 м с совместной укладкой трех трубопроводов соответственно диаметром 75, 200 и 500 мм.

Отдельно необходимо отметить сооружение подводного перехода через реку Западная Двина, осуществленное в г. Полоцке в октябре - ноябре 2004 г. компанией «Классикстройкомплект». Нитка трубопровода диаметром 219 мм проложена в кожухе длиной 426 м, проходящем на 5 метров ниже дна реки, что исключает возможность влияния каких-либо русловых деформаций на тело трубы. Максимальный перепад высот между верхней береговой и наиболее низкой русловой отметкой трубопровода составил 19 м.

Данный переход первоначально планировалось сооружать стандартным траншейным способом. На проведение этих работ согласно расчётам проекта потребовалось бы 6 месяцев. Применение передового метода горизонтально направленного бурения позволило на $\frac{1}{3}$ снизить капитальные затраты на строительство и выполнить работы за 25 рабочих дней.

Технико-экономический анализ, выполненный в ГАНГ им. И.М. Губкина [5], результаты которого представлены в таблице, подтверждает преимущества новых конструкций и методов сооружения подводных трубопроводов. Сравнительные расчеты выполнены для трубопровода диаметром 1020 мм при длине перехода в границах подводно-технических работ 500 м. Диаметр внутреннего рабочего трубопровода в двухтрубных конструкциях принят 1020 мм, наружной трубы - 1420 мм.

Сравнение технико-экономических показателей различных конструктивных решений

Конструктивное решение	Технико-экономические показатели, %				
	Металлоёмкость	Сметная стоимость	Продолжительность строительства	Объём земляных работ	Затраты труда
Традиционная двухниточная однострунная схема	100	100	100	100	100
Двухтрубная конструкция с цементно-песчаным заполнителем	117,2	72	75	60	40,5
Подводный переход, сооружаемый методом направленного бурения (двухтрубная конструкция)	125,1	52,5	65	1,5	38,5

Таким образом, применение метода направленного бурения для сооружения подводных трубопроводов позволяет существенно сократить сроки строительства и объём земляных работ, создает предпосылки для круглогодичного строительства и не оказывает отрицательного воздействия на состояние водоема, наземной и подземной инфраструктуры. Метод позволяет не принимать во внимание фактор подземных вод, что создает уникальную возможность прокладки коммуникаций в грунтах с высоким их уровнем, через природные образования, под реками, озерами, а также в местах, где отсутствует возможность внешних экскаваций.

В настоящее время в России разработана целевая программа создания механизированных комплексов машин для бестраншейной прокладки подводных трубопроводов диаметром свыше 500 мм. В ГАНГ им. И.М. Губкина совместно с СКВ «Газстроймашина» разработан проходческий комплекс, предназначенный для сооружения подводных переходов диаметром до 1420 мм методом направленного бурения.

В Республике Беларусь лидером по производству работ методом направленного бурения является ИП «Классикстройкомплект». Компания предлагает четыре класса установок [6, 7] позволяющих прокладывать линии связи (в том числе оптико-волоконные), новые газо-, нефте- и нефтепродуктопроводы, напорные, самотечные и ливневые канализации, электрические и телефонные кабели. Мощность располагаемых установок позволяет прокладывать коммуникации диаметром до 800 мм при максимальной длине скважины до 2000 м. Глубина погружения прокладываемой коммуникации может достигать 35 м. Степень крутизны траектории определяется упругой деформацией буровых штанг, что позволяет для пилотной скважины на 90-метровом участке изменить направление на 90 градусов. Опытность машиниста позволяет производить выход на поверхность с точностью до 0,5 м. Технология дает возможность протаскивать стальные трубы, трубы из полиэтилена и полипропилена без теплоизоляции.

В заключение нужно отметить, что существующая в Беларуси нормативная база существенно отстаёт от новейших технологий, что сдерживает развитие прогрессивных технологий, одной из которых является метод ГНБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по строительству подводных переходов магистральных трубопроводов. ВСН 2-118-80. - М., 1980.
2. Мазур И.И. Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1991.
3. Мазур И.И., Иванцов О. М., Молдаванов О.И. Конструктивная надёжность и экологическая безопасность трубопроводов. - М.: Недра, 1992. - 254 с.
4. Методические указания по инженерным изысканиям сооружений подводных переходов магистральных трубопроводов. ВСН 1-55-74. - М.: ЦНТИ ВНИИСТ, 1974.
5. Сооружение подводных трубопроводов / Б.В. Самойлов, Б.И. Ким, В.И. Зоненко, В.И. Кленин: Учеб. пособие для вузов. - М.: Недра, 1995.
6. Технологическая карта на бестраншейную прокладку трубопроводов диаметром от 100 мм до 150, свыше 150 до 200, свыше 200 до 250, свыше 250 до 300, свыше 300 до 400, свыше 400 до 500, свыше 500 до 600, свыше 600 до 700, свыше 700 до 800 мм методом горизонтального направленного бурения с применением бурильной установки «Robbins HDD». CMS4510TMSK.НТКУП«Оргстрой», 2003.
7. Технологическая карта на подводные земляные работы при строительстве магистральных трубопроводов. Ч. 1. - М.: Изд. НИПИоргнефтегазстрой, 1983.