

## ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

### АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Е.В. Демченко

Научный руководитель – доцент Н.А. Антропова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Проблема обеспечения надежной и безопасной работы подводных переходов магистральных нефтегазопроводов на сегодняшний день является достаточно актуальной. Это связано, прежде всего, с большим количеством водных преград, пересекаемых трубопроводами, а также сложностью проектирования, строительства и проведения ремонтно-восстановительных и диагностических работ. На участках подводных переходов в значительно большей степени возможна опасность повреждения трубопровода от гидродинамического воздействия потока, ледохода, а также якорями и волокушами судов и плотов.

На основе данных, полученных по результатам анализа причин аварий на подводных участках трубопроводов, было выявлено, что в 70 % случаев аварии происходили вследствие деформации русла водоема, что приводило к последующему размыву грунта и оголению металла труб. Оставшиеся 30 % аварий произошли из-за механических повреждений якорями судов (12 %), потери устойчивости и выхода трубопровода из проектного положения (7 %), брака в процессе сварки монтажных стыков (3,5 %), а также коррозии металла труб, осадки набережной, нарушения правил эксплуатации [2]. При этом большая часть повреждений происходила вследствие смещения оси трубопровода относительно проектного положения.

Среди основных причин потери стабилизации положения подводного участка магистрального трубопровода можно выделить следующие факторы: размыв грунта засыпки и его излишнее обводнение, меандрирование реки, неверные и неполные данные гидрологических, инженерно-геологических и топографических изысканий, а также недоучет различных сил и воздействий и нарушение технологии выполнения строительно-монтажных работ.

Преждевременное размывание грунта зачастую связано с неправильным выбором створа подводного перехода, что в свою очередь может быть связано с недостаточной изученностью руслового процесса реки, а также неточностью данных по результатам предпроектных изысканий. Особого внимания в данном случае заслуживают реки со свободным меандрированием, для которых створ подводного перехода должен выбираться с учетом характеристик смещения русла на основании данных прошлых лет, а также прогнозирования изменения русла реки на период рассчитываемого срока эксплуатации. При этом при выборе створов переходов необходимо избегать следующих участков рек: ниже слияния основного русла и притока реки, с широкой зоной блуждания русла на низкой пойме, в местах возможного прохождение по руслу «критических» расходов воды, ниже зоны искусственного сужения русла дамбами мостов, с ярко выраженными и сложными русловыми процессами [4]. Для профилактики размыва грунта засыпки возможно применение каменной наброски, а также осуществление своевременной подсадки трубопровода.

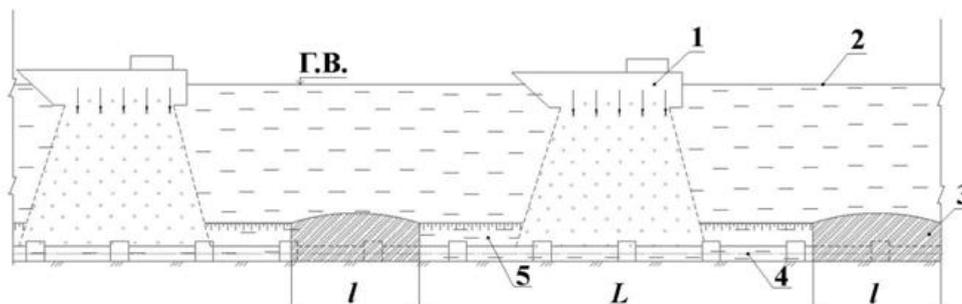
После выбора створа подводного перехода нефтегазопровода необходимо определить его профиль и величину заглубления в грунте, которая не должна приводить к оголению трубопровода как в русловой, так и в береговой зонах. При этом в расчетах необходимо учитывать возможное обводнение грунта и при необходимости увеличить вес трубопровода за счет дополнительных пригрузов.

Нарушение естественного состояния грунта при производстве земляных работ также способствует преждевременному оголению участков трубопровода, так как при разрыхлении происходит разрыв структурного сцепления и органических связей почвы, что приводит к тому, что в течение первых трех лет после окончания строительства грунт осыпается и уносится течением. Решением данной проблемы является учет угла внутреннего трения разрыхленного грунта засыпки при планировании профиля траншеи, а также берегоукрепление с помощью различных средств (установка железобетонных плит, высадка растений и пр.) [1].

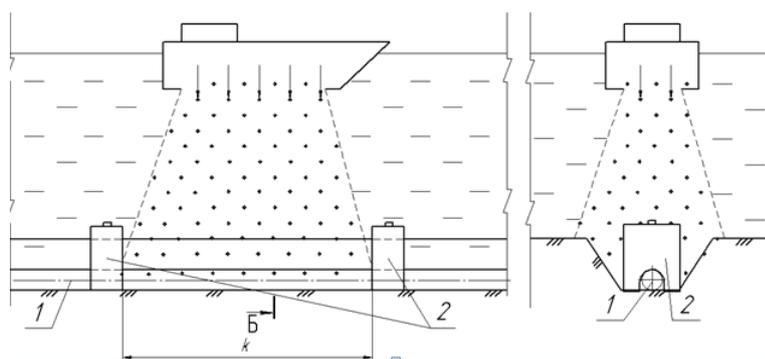
Вышеприведенные факторы относятся к обеспечению безопасности подводных переходов магистральных трубопроводов на стадии проектирования и по большей части связаны с данными, полученными по результатам изысканий. Очевидно, что неполные или неверные данные способны послужить причиной возникновения ошибок в процессе проектирования подводного перехода, что может привести к возникновению аварийной ситуации. Во избежание этого необходимо обеспечить тщательный контроль качества предпроектных изысканий.

Выход подводного трубопровода за границы допустимых значений во время строительно-монтажных работ также является достаточно распространенной причиной возникновения аварий и неисправностей. Такие проблемы, как брак отдельных видов работ или изменение проектных решений при производстве работ возможно решить за счет ужесточения строительного контроля, однако помимо этого существуют более сложные факторы, влияющие на стабилизацию положения трубопровода. Одной из таких причин является увеличение выталкивающей силы, действующей на трубопровод, за счет образования разжиженного грунта. Это связано с тем, что стандартные методы засыпки подводных трубопроводов (такие как последовательное рефулирование грунта земснарядами по пульпопроводу, сброс грунта саморазгружающимися шаландами и пр.) предполагают последовательную засыпку траншеи, при этом зачастую не учитывается тот факт, что грунт, попадая в воду, вызывает увеличение ее плотности, за счет чего возрастает выталкивающая сила, под действием которой трубопровод поднимается выше проектной отметки, что приводит к его последующему всплытию. При этом изменение плотности воды будет зависеть не только от вида грунта, предназначенного для засыпки, но и от способа обратной засыпки. Также одним из важнейших факторов, способствующих распространению взвешенного грунта в воде, является наличие течения, приводящего к увеличению зоны действия повышенной выталкивающей силы.

В качестве решения данной проблемы может быть предложена схема предотвращения выхода трубопровода из проектного положения в процессе обратной засыпки, при которой трубопровод в первую очередь засыпается закрепляющими грунтовыми перемычками, ограничивающими возможность его всплытия и изменения проектного положения, после чего осуществляется дальнейшая засыпка участков между перемычками (рис. 1). Протяженность грунтовых перемычек  $l$  и расстояние между ними  $L$  определяются расчетным путем. Помимо грунтовых перемычек также возможно использование железобетонных или металлических пригрузов на забалластированном трубопроводе, которые устанавливаются временно, на период проведения работ по засыпке трубопровода, после чего демонтируются. Применение таких пригрузов носит многоразовый характер (рис. 2) [3].



**Рис. 1** Схема засыпки уложенного в подводную траншею трубопровода закрепляющими грунтовыми перемычками: 1 – саморазгружающаяся шланда; 2 – вода; 3 – закрепляющая грунтовая перемычка; 4 – забалластированный трубопровод; 5 – траншея;  $l$  – длина закрепляющей перемычки;  $L$  – расстояние между закрепляющими перемычками



**Рис.2** Схема засыпки трубопровода, уложенного в подводную траншею, с использованием временных пригрузов: 1 – уложенный в траншею и забалластированный трубопровод; 2 – временные железобетонные или металлические пригрузки;  $k$  – расстояние между временными пригрузами

Таким образом, можно сделать вывод, что для предотвращения потери стабилизации положения подводного перехода магистрального трубопровода и выхода его из проектного положения, необходимо обеспечить тщательный контроль качества предпроектных изысканий, направленных, прежде всего, на прогнозирование поведения русла реки, а также учитывать возможную обводненность грунта в период проектирования. Также была приведена рациональная схема обратной засыпки подводного трубопровода, которая не позволяет трубопроводу изменять свое положение вследствие увеличения выталкивающей силы за счет разжижения грунта и последующего увеличения плотности воды.

#### Литература

1. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы (проектирование и строительство). – М.: Недра, 1982. – 384 с.
2. Гумеров А. Г., Азметов Х. А., Гумеров Р. С. Техническая эксплуатация подводных переходов трубопроводов. – М.: НЕДРА, 2003.
3. Кожаева К.В. Обеспечение стабилизации проектного положения подводных переходов газонефтепроводов: дис. ... канд.техн.наук. – Уфа, 2017. – 139 с.
4. Вайншток С.М., Новоселов С.М., Прохоров А.Д., Шаммазов А.М. и др Трубопроводный транспорт нефти / Учеб. для вузов: В 2 т. – 2-е стер. изд. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – Т. 2. – 621 с.:ил.