
ФОРМИРОВАНИЕ СТВОЛА СКВАЖИНЫ НА ГРАНИЦЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДОМ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

Шкарупило Александр Викторович

ООО «Тайфун» инженер ПТО

ООО "Тайфун" головной офис в Москве. Работы производятся в Ханты-Мансийском автономном округе, Коми, Саха

Аннотация

Статья посвящена изучению вопросов изменения траектории ствола скважины для протаскивания трубопровода на границе изменения физико-механических свойств разбуриваемых грунтов при строительстве магистральных трубопроводов методом наклонно-направленного бурения.

В данной работе рассмотрены вопросы взаимодействия пороодо-разрушающего инструмента при расширении пилотной скважины с разбуриваемыми грунтами.

Описан механизм образования уступов, изменяющих эффективный диаметр построенного ствола скважины и приводящих к увеличению тяговых усилий при протаскивании трубопровода в скважину.

Ключевые слова: подводный переход, наклонно-направленное бурение, магистральный трубопровод, геометрия и конструкция породоразрушающего инструмента, литологические границы, азимут падения, азимут скважины.

FORMATION OF THE WELLBORE AT THE BOUNDARY OF ENGINEERING-GEOLOGICAL ELEMENTS IN THE CONSTRUCTION OF PIPELINES BY DIRECTIONAL DRILLING

Alexander V. Shkarupilo

LLC "Tayfun" engineer, industrial engineering unit

ABSTRACT

The article is devoted to the study of changes in the trajectory of the wellbore to drag the pipeline at the boundary of changes in the physical and mechanical properties of the drilled soils in the construction of pipelines by directional drilling.

This paper deals with the interaction of rock-destroying tools in the expansion of the pilot well with the drilled soils.

The mechanism of the formation of ledges that change the effective diameter of the constructed wellbore and lead to an increase in traction when dragging the pipeline into the well is described.

Keywords: underwater crossing, directional drilling, main pipeline, geometry and design of rock-cutting tools, lithological boundaries, azimuth of the fall, azimuth of the well.

Введение

В технологии строительства переходов трубопроводов через естественные и искусственные преграды методом наклонно направленного бурения (ННБ) необходимо пробурить скважину большого диаметра (до 1800 мм), для протаскивания в нее дюкера. Выполнение буровых работ связано с решением сложных технических вопросов по стабилизации ствола скважины, удержанию геометрических параметров скважины в проектных размерах, обеспечению выноса выбуренного шлама, или его распределению в стволе скважины для успешного завершения строительства трубопровода [1].

В процессе строительства скважины необходимо уделять значительное внимание пространственному положению бурового инструмента, особенно при прохождении границ геологических элементов.

Это связано с тем, что траектория скважины определяется взаимоотношениями между тягово-толкающими усилиями, реализуемыми буровой установкой, прочностью пород, площадью взаимодействия породоразрушающего инструмента (расширителя) с породой, механической скоростью бурения при прохождении границ геологических элементов, веса бурового и породоразрушающего инструмента (расширителя и буровых труб) и т.д.

Механическая скорость бурения в свою очередь зависит от многих факторов, таких как: скорость подачи бурового инструмента и реализуемых силовых параметров в процессе бурения, реологических свойств бурового раствора, типа применяемого расширителя и т.д. [2].

Все указанные параметры должны быть взаимосвязаны с конструкцией породоразрушающего инструмента и прочностными свойствами проходимых пород. Изучение вопросов, связанных с геометрией и конструкцией породоразрушающего инструмента, а также геологических границ на траектории ствола скважины позволит избежать осложнений и аварий в строительстве подводных переходов, выполняемых методом наклонно-направленного бурения.

Материалы и методы: геометрические построения взаимодействия бурового инструмента и разбуриваемых грунтов

Объект исследования: скважины на границе инженерно-геологических элементов при строительстве трубопроводов

Результаты и обсуждение

Одной из основных проблем, возникающих при бурении скважин большого диаметра, является изменение пространственных размеров ствола.

Причины нарушения геометрии скважин могут быть разными, и они такие же, как и при бурении глубоких скважин на нефть и газ [3], но усугублены диаметром разрабатываемой скважины.

При нарушениях геометрии скважины меняется эффективное проходное сечение скважины, что приводит к силовому взаимодействию между протаскиваемым трубопроводом и стенками скважины, сопровождающееся увеличением тяговых усилий, нарушению изоляции трубопровода, а в некоторых случаях к аварийным ситуациям с заклиниванием дюкера.

В строительстве переходов возникали аварийные ситуации, связанные с неоднородностью геологического разреза. Так, в 2002 году, при строительстве перехода магистрального нефтепровода Сургут - Полоцк через реку Ока, на этапе расширения происходили заклинивания и затяжки расширителей, сопровождавшиеся сломом бурового инструмента. Геологический разрез перехода через р. Ока представлен чередованием суглинков, супесей, глин, песка, ангидритов, гипсов и доломитов различной твердости. Дополнительные затраты рабочего времени на ликвидацию последствий аварий привели к увеличению сроков строительства подводного перехода. Строительство перехода, в конечном итоге, было завершено траншейным методом, при этом затраты подрядной организации на строительство перехода были компенсированы только частично [4].

При строительстве перехода магистрального нефтепровода Сургут - Полоцк через р. Улейма в 2004 году наблюдались заклинивания расширителей в интервалах прохождения геологических границ. Заклинивание дюкера при протаскивании произошло в 120 м от точки выхода дюкера, на дистанции 410 м от входа дюкера в скважину. Строительство перехода завершено траншейным способом от точки заклинивания дюкера. Подрядная организация понесла дополнительные затраты на разработку котлована глубиной более 6 м и завершение работ траншейным способом.

Подобное техническое осложнение возникло и при строительстве подводного перехода через р. Белая нефтепровода УБКУА (0001-207-К-У03-01743-2018 14-ТЦИБ/РЭН/1-01.2018 МН Усть - Балык - Курган - Уфа - Альметьевск), выполненного в 2017 г с применением технологии цементации гравелистых грунтов.

Цементирование гравелистых грунтов проводилось с применением технологии струйной цементации [4]. Произведено 4 попытки протаскивания дюкера в скважину. Каждая попытка сопровождалась повышением тяговых усилий. После извлечения дюкера зафиксированы повреждения изоляции дюкера по окружности трубы в секторе $\sim 260^\circ \leftrightarrow 20^\circ$ по направлению протаскивания (рис. 1), свидетельствующие о нарушенной геометрии ствола скважины.

Заказчик и подрядная организация понесли дополнительные затраты на проектирование и строительство нового ствола, на привлечение дополнительных человеческих ресурсов и оборудования.



Рис. 1. - Нарушение изоляции трубопровода при нарушенной геометрии ствола скважины (УБКУА 0001-207-К-У03-01743-2018 14-ТСИБ/РЭН/1-01.2018 МН Усть - Балык - Курган - Уфа - Альметьевск)

Таким образом, отклонения пространственного положения скважины от проектного положения, создают дополнительные сопротивления, вызванные взаимодействием протаскиваемого трубопровода со стенками скважины, приводящие к увеличению тяговых усилий и нарушению изоляции трубопровода.

Для предотвращения подобных технических проблем, необходимо изучать условия и особенности работы бурового инструмента в строительстве горизонтальных скважин большого диаметра при сооружении подводных переходов магистральных трубопроводов. Изменение траектории ствола скважины при прохождении границ с разными физико-механическими свойствами грунтов (из менее прочных грунтов в более прочные) представлено на рисунке 2 [4].

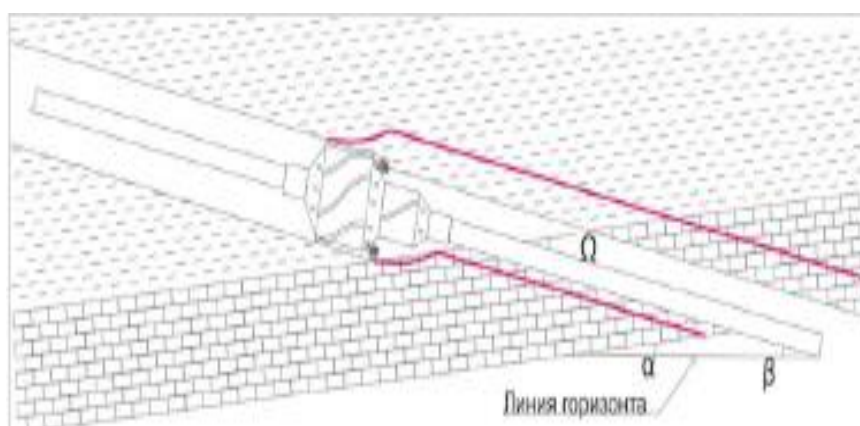


Рис. 2. - Изменение траектории ствола скважины при прохождении границ с разными физико-механическими свойствами грунтов (из менее прочных грунтов в более прочные)

Схема действующих сил при прохождении расширителем границы пород из мягких в твердые представлена на рисунке 3 [4].



Рис. 3. - Схема действующих сил при прохождении расширителем границы пород из мягких в твердые

При наличии на участке траектории ствола скважины литологической или геологической границы, например, перехода из мягкой породы (глины, пески, гравелистые грунты) в твердые грунты (известняки, аргиллиты), расширитель, двигаясь в разбуренной до промежуточного диаметра скважине, соприкасается с твердой породой в точке контакта расширителя с литологической границей и начинает скользить по границе с твердыми грунтами.

Не оптимально реализуемые параметры бурения (скорость подачи каретки, скорость вращения), нерациональное размещение и количество разрушающих элементов на расширителе, не оптимизированная компоновка бурильного инструмента, отсутствие центраторов в компоновке бурильного инструмента приведет к изменению траектории ствола скважины от проектных значений.

Чаще всего, причина изменения траектории ствола расширенной скважины заключается в отсутствии породо-разрушающих элементов в точке контакта расширителя с породой, их недостаточное количество или нерациональное размещение, осуществляемое без учета геометрических параметров и сил, действующих в месте контакта.

Но даже при наличии правильно подобранного вооружения и конструкции породоразрушающего инструмента увеличение тягово-толкающих усилий приводит к скольжению расширителя по границе геологических разностей, сопровождаемому увеличением крутящего момента во время прижимания компоновки рабочих элементов бурильной колонны к своду скважины вследствие возрастания сил трения и реакции от твердой поверхности. При прохождении расширителем литологической границы в направлении от твердых грунтов к мягким (рис. 4, 5) [3], также меняется пространственное положение ствола скважины.

При выходе расширителя из твердых пород в мягкие, в верхней точке соприкосновения расширителя с литологической границей образуется уступ. Распределение векторов сил показано на рис. 5 [3].

В конечном итоге расширенная скважина на участке прохождения литологической границы выглядит так, как показано на рис. 6. Расширенная скважина осложняется 2-мя уступами.

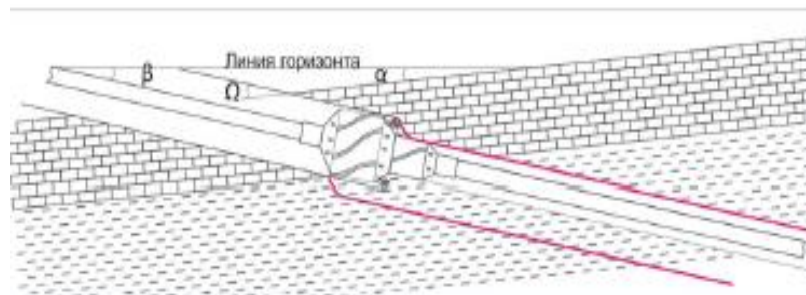


Рис. 4. - Изменение траектории ствола скважины при прохождении границ с разными физико-механическими свойствами грунтов (из более прочных грунтов в менее прочные)

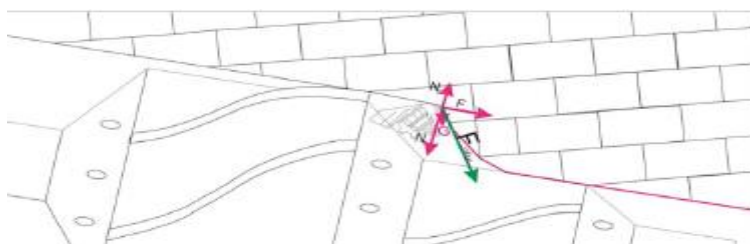


Рис. 5. - Схема действующих сил при прохождении расширителем границы пород из твердых в мягкие

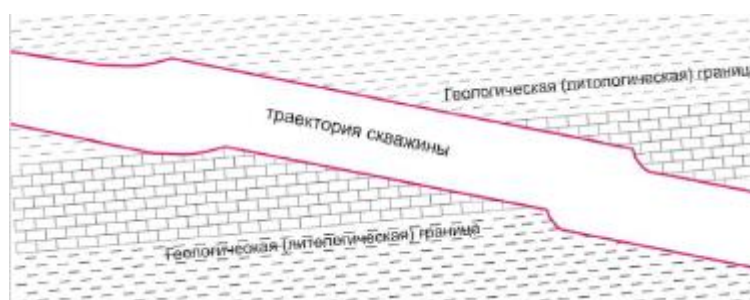


Рис. 6. - Траектория расширенной скважины на границе изменения литологии пород по оси скважины

Необходимо отметить, что на рис. 6 показан случай, когда азимут падения пластов совпадает с азимутом горизонтальной проекции скважины. В этом случае двумерный чертеж показывает конфигурацию скважины без искажений. В случае несовпадения азимута падения пластов и азимута вертикальной проекции скважины, двумерный чертеж будет искажать ее реальную конфигурацию.

Поэтому необходимо проводить трехмерные построения для определения поведения траектории скважины в пространстве. Наличие литологических границ на пути траектории скважины является одним из факторов, приводящих к нарушению геометрии ее ствола и осложнению для протаскивания дюкера.

Знания механизма образования уступов помогут при конструировании геометрических размеров расширителей, расположения породо-разрушающих элементов на их корпусе, а также в подборе элементов компоновки буровой колонны, что обеспечит ее жесткость при прохождении литологических границ.

Понимание физических процессов, происходящих при прохождении буровым инструментом литологических границ, имеет практическое значение для операторов

буровой установки для прогнозирования и предотвращения заклиниваний бурового инструмента, контроля траектории ствола скважины, а также при подборе режимов бурения и расширения скважины для протаскивания трубопровода.

Заключение

Выполненный анализ технологии строительства переходов методом ННБ показал, что во избежание возникновения уступов в процессе формирования ствола скважины необходимо выполнять некоторые предписания. А именно - проектировать конструкцию расширителя, место установки центраторов в компоновке бурильной колонны, оснащения расширителя вооружением, опираясь на силовые элементы взаимодействия бурильного инструмента с проходимыми грунтами, а также учитывая реальный угол взаимодействия расширителя и границы пород с различными физико-механическими свойствами.

При проведении инженерно-геологических изысканий необходимо обращать внимание на размещение геологических скважин для определения структурных элементов залегания горных пород по оси проектируемого перехода.

На сегодняшний день правила проведения инженерно-геологических изысканий не нормируют требования по определению элементов залегания литологических границ.

Список литературы

1. Лисин Ю.В., Сапсай А.Н., Шарафутдинов З.З. Эффективность применения расширителей при строительстве подводных переходов методом наклонно-направленного бурения // Экспозиция Нефть Газ. 2017. №6. С. 36.
2. Малинин А. Г., Малинин П.А. Цементация грунтов при строительстве наклонного ствола в зоне четвертичных отложений // Метро и тоннели. 2017. №2. С. 35-37.
3. Попов А.Н., Спивак А.И., Акбулатов Т.О., Мавлютов М.Р. и др. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 2017. - 509 с.
4. Шарафутдинов З.З., Комаров А.И., Голофаст С.Л. Расширение пилотной скважины в строительстве подводных переходов трубопроводов // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2016. № 5. С. 32-40.
5. Шарафутдинов З.З., Спектор Ю.И., Скрепнюк А.Б., Парижер В.И., Сорокин Д.Н. Строительство переходов магистральных трубопроводов через естественные и искусственные препятствия. Новосибирск: Наука, 2018. - 338 с.

References

1. Lisin, Yu. V., Sapsai, Sharafutdinov Z. Z. efficiency of expanders application in the construction of underwater crossings by directional drilling / / exposure Oil Gas. 2017. No. 6. P. 36 (In Russian).
2. Malinin, A g., Malin, a. soil Cementation in the construction of inclined shaft in the area of Quaternary deposits / / metro and tunnels. 2017. No. 2. P. 35-37 (In Russian).
3. Popov, A. N., Spivak A. I., Akbulatov T. A., Mavlyutov M. R., etc. Technology of drilling oil and gas wells. M.: Nedra, 2017. - 509 p (In Russian).
4. Sharafutdinov Z. Z., Komarov A. I., golofast S. L. expansion of the pilot well in the construction of underwater pipelines. / / Pipeline transport: theory and practice. 2016. No. 5. P. 32-40 (In Russian).
5. Sharafutdinov, Z, Spector, Yu. I., Skrepnyuk, A. Construction of crossings of main pipelines through natural and artificial obstacles. Novosibirsk: Science, 2018. - 338 p (In Russian).