

УДК 621.644.07

Дж. Вольтеррани, А. Мания

Методика заглабления морских трубопроводов компании Saipem S.p.A.

Ключевые слова:

защита трубопроводов, заглабление труб, обратная засыпка траншеи, траншеекопательное оборудование, баржа, дистанционное управление.

Keywords:

pipeline protection, pipe burial, trench backfilling, barge, remote control.

В течение нескольких последних десятилетий нефтегазовый сектор проявляет все больший интерес к вопросам защиты трубопроводов [1]. Заглабление трубопровода при его прокладке обычно считается высокоэффективным способом сохранения целостности системы [2–5]. Потребность в использовании данной технологии обусловлена целым рядом причин. В жестких и холодных условиях окружающей среды заглабление обеспечивает защиту трубопроводов от повреждения дрейфующим льдом при вспахивании донного грунта. В мелководных акваториях серьезную угрозу могут представлять стихийные бедствия, например тайфуны. В этих же акваториях отрицательное воздействие судоходства и рыболовства (наиболее наглядный пример – протаскиваемые по грунту якоря) нейтрализуется аналогичным способом, т.е. трубопровод укладывается в предварительно вырытую траншею, а затем засыпается грунтом. Необходимо отметить, что помимо защиты от стихийных бедствий и результатов жизнедеятельности человека (большой частью безвредной) магистральные трубопроводы должны быть также ограждены от умышленных действий, совершаемых с целью повреждения системы.

Самый простой и распространенный по всему миру метод заглабления трубопроводов состоит в предварительном рытье траншеи вдоль трассы трубопровода, последующей укладке трубы внутри траншеи и (в качестве финального этапа процесса) обратной засыпке траншеи. Однако этот способ имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, использование данного метода негативно сказывается на гибкости графика монтажных работ, поскольку все три этапа должны выполняться в вышеизложенном порядке. Рытье траншеи под уже проложенной трубой – это достаточно сложное мероприятие, которое может привести к срыву критических сроков. Во-вторых, в каждом процессе рытья траншеи потеря грунта составляет в среднем 20 %. Иными словами, после удаления грунта, перемещения его в другое место, забора грунта и обратной засыпки траншеи теряется примерно 40 % первоначального объема грунта, что приводит к неполной обратной засыпке. Данный аспект, кажущийся на первый взгляд второстепенным, имеет большое значение в том случае, когда ограничения, обусловленные экологическими соображениями, требуют полной обратной засыпки (т.е. восстановления исходного профиля морского дна). Помимо потери 40 % грунта, вопросы экологии выходят на первый план также и в тех случаях, когда условия контракта оговаривают пределы распыления грунта, мутность воды, сохранение морской флоры и фауны и удаление грунта. Если работы должны проводиться в экологически защищенных районах, технические ограничения самого процесса рытья, например в части минимизации ширины траншеи, являющейся одним из основных условий, предполагают еще более строгое соблюдение экологических требований. Именно для таких случаев наиболее эффективным решением является заглабление трубопровода после укладки с одновременной обратной засыпкой.

Концепция совмещения процессов заглабления и обратной засыпки трубопровода

Одновременное выполнение работ по заглаблению и обратной засыпке уложенного трубопровода предполагает рытье траншеи, укладку трубы внутри траншеи и обратную засыпку траншеи в рамках одного и того же процесса, или, как обычно говорят, за один проход (т.е. проход системы по трассе трубопровода). Однако радикальным

новшеством концепции следует считать возможность выполнять перечисленные операции тогда, когда трубопровод уже уложен в морское дно. В этом случае работа по укладке трубы и заглублению трубопровода после укладки разбивается на два независимых этапа, и таким образом обеспечивается большая технологическая гибкость. Более того, технология позволяет успешно решать и такую насущную проблему, как обеспечение защиты уже действующих трубопроводов.

Более 15 лет назад разработкой соответствующих систем защиты трубопроводов начала заниматься фирма SONSUB. В настоящее время в составе компании Saipem S.p.A. она отвечает за работы в морском секторе. Основная концепция обеспечения безопасности заключается в эксплуатации дистанционно управляемого оборудования, способного копать грунт под трубопроводом. Такая техника, перемещающаяся на приводных колесах или по путям, закрепленным на траншеекопательном инструменте, может различаться по видам и формам с тем, чтобы идеально соответствовать характеристикам грунта и требуемому контуру траншеи. Вынутый грунт откачивается из-под режущего инструмента, передается по специальной линии на борт обеспечивающего судна и затем засыпается обратно в траншею за точкой касания дна трубы внутри траншеи.

Примером успешной реализации подобной технологии может служить применение на Кашаганском нефтегазовом месторождении в Каспийском море комплексной системы T-Crab. В 2009 г. в рамках проекта «Кашаган» систему T-Crab (разработана в 2005 г., функционировала до 2009 г.) установили на правом борту траншеекопательной баржи TRB, укомплектованной двумя одинаковыми траншеекопателями и одной резервной всасывающей установкой. Система достигала верхней точки трубы (расстояние 1,8 м) за один проход. Все оборудование крепилось хомутами на трубе. Вынутый грунт поступал на борт, а затем подавался через рукав для обратной засыпки.

Два режущих инструмента геликоидальной формы, установленные на TRM в V-образный профиль (рис. 1), двигались по трубе и рыли вокруг нее траншею, а резервная всасывающая установка обеспечивала требуемое расстояние до верхней точки трубы и выполняла локальные восстановительные действия. Все установки подавали вынутый морской грунт на борт, откуда

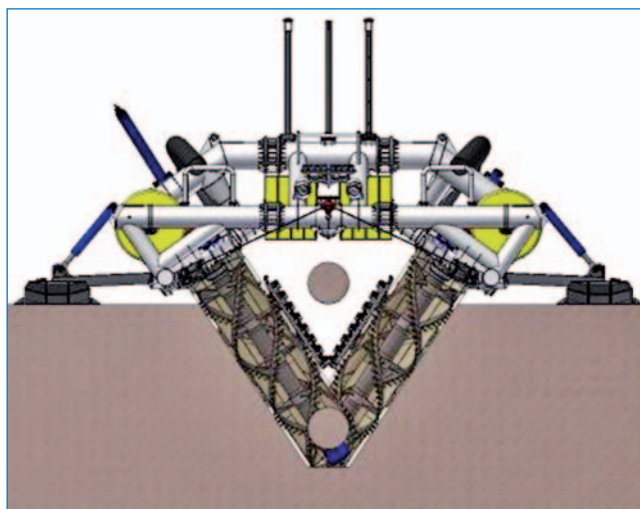


Рис. 1. Режущие инструменты траншеекопательного оборудования

он направлялся в рукав обратной засыпки, через который засыпался обратно в траншею за точку касания дна трубы внутри траншеи.

Модернизация системы одновременной выемки грунта для работы на мелководье

В дальнейшем проводились серьезные работы по оптимизации новой технологии выемки грунта. На замену барже TRB пришла новая специализированная траншеекопательная баржа Castoro 16 (рис. 2). На баржу установили один траншеекопатель на салазках с двумя режущими инструментами геликоидальной формы, предел досягаемости которых составляет 3,7 м (уровень дна траншеи). Перемещение траншеекопателя осуществляется при помощи приводной установки, специально разработанной с тем, чтобы обеспечить максимальное тяговое усилие на самом рыхлом грунте независимо от характеристик якорей баржи. Расчетные параметры тягового усилия были подтверждены на месторождении им. В. Филановского. Проходя по трубе и разворачивая свой режущий инструмент по сторонам трубы в V-образном профиле, траншеекопатель роет необходимую траншею за один проход. Другими словами, труба непрерывно укладывается в вырытую траншею. При этом для обеспечения целостности трубопровода и его загрузки в дальнейшем в пределах расчетных требований необходимо проводить анализ напряжений. Для соблюдения этих условий на барже Castoro 16 могут размещаться



Рис. 2. Траншеекопательное оборудование баржи Castoro 16

скользящие блоки плавучести, которые снижают напряжение вдоль троса до требуемого уровня.

За траншеекопателем идет всасывающая установка, которая представляет собой гусеничную машину, оборудованную двумя всасывающими рукавами для очистки дна траншеи. Кроме нее парк оборудования включает так называемую восстановительную установку, предназначенную для проведения ремонтных работ в случае обрушения стенок траншеи после прохода резервной всасывающей установки, для чего восстановительная установка определяет потенциально недостаточные расстояния до верхней точки трубы. Вынутый траншеекопателем грунт, откачанный резервной всасывающей установкой и восстановительной установкой, снова подается на борт с помощью трех грунтовых насосов общей производительностью 5000 м³/ч (разбавленный грунт) и направляется в рукав для обратной засыпки. После 2009 г. система обратной засыпки была существенно модернизирована: гидроуправляемая стрела-манипулятор теперь способна устанавливать диффузор непосредственно на верхней части траншеи, причем новый диффузор рассчитан таким образом, чтобы обеспечить низкую остаточную скорость частиц морского грунта для максимально возможного оседания грунта, снижения уровня выноса морского грунта за пределы траншеи и увеличения объема обратной засыпки. (На месторождении им. В. Филановского в 2013 г. (см. далее) объем обратной засыпки достиг 95 %.)

Последний агрегат, размещенный за восстановительной установкой в точке касания

и непосредственно перед диффузором рукава обратной засыпки, регистрирует в реальном времени глубину точки касания дна трубы. Система позволяет контролировать расстояние до верхней точки трубы и по необходимости мгновенно корректировать и настраивать рабочие параметры до начала обратной засыпки. Используя сложные алгоритмы, она способна прогнозировать и предлагать системные параметры для достижения целевых величин нижней точки трубы с учетом всех переменных данных, полученных на объекте.

Управление всеми рабочими параметрами установок и вспомогательного оборудования осуществляется дистанционно посредством человеко-машинного интерфейса. Кроме того, предусмотрено дистанционное управление режущим инструментом, конфигурациями всасывающих элементов и скоростью перемещения траншеекопателя и восстановительной установки.

В 2010 г. в Каспийском море началась эксплуатация обновленной технологии на базе Castoro 16. Система способна одновременно выполнять заглубление трубопроводов диаметром 0,3–0,71 м после их укладки и обратную засыпку на мелководье на глубине от 2 до примерно 20 м; максимальная производительность – более 2500 м/сут. Подача гидравлической энергии от системы на установки осуществляется с помощью 7 гидросиловых блоков общей мощностью 6,3 МВт. В системе используется 100%-но разлагаемое гидравлическое масло.

Аналогичная система на базе баржи Vautino 1 была создана в 2013 г. для работ на

мелководье глубиной от 1,3 м. Система комплектовалась одним траншеекопателем (аналогичным траншеекопателю системы T-Crab), одной восстановительной установкой и одной установкой для обратной засыпки. Рукав обратной засыпки не устанавливался на борту, а фиксировался на трубе. Система заглубляла трубопроводы за 2 прохода, достигая верхней точки трубы (расстояние 1,6 м) после 2-го прохода.

Рассматриваемые в настоящей статье системы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными системами предварительной выемки грунта. Несомненно, способность одновременно выполнять заглубление трубопровода после его укладки и обратную засыпку обеспечивает высокую технологическую гибкость проведения работ, поскольку второй процесс не зависит от первого. Кроме того, данные системы позволяют заглублять трубопроводы, уложенные традиционными системами.

С точки зрения защиты трубопроводов следует отметить, что при использовании нового подхода период нахождения трубы в незаглубленном состоянии значительно уменьшается. С момента начала работ труба остается в неза-

глубленном состоянии в течение крайне ограниченного периода времени. Кроме того, в данном случае траншея гораздо уже по сравнению с минимально достижимой шириной при использовании стандартной процедуры рытья траншей. В большинстве классических случаев минимальная ширина экскаватора находится в пределах 80 м, особенно если экскаватор должен рыть для себя канал, чтобы выйти в мелководные акватории, тогда как узкая траншея наряду с одновременной высокоскоростной обратной засыпкой обеспечивают в дальнейшем надежную работу трубопровода.

Профиль сечения особо важен в том случае, когда необходимо учитывать экологические ограничения. При заглублении трубопровода после укладки объем вынутого грунта минимален, а высокое процентное содержание объема обратной засыпки является непосредственным показателем сокращенного до минимума уровня распыления грунта. В итоге обеспечиваются низкие уровни мутности, суспензионного шлейфа и соответственно более низкий уровень негативного воздействия на окружающую среду. Исчезает необходимость выполнять расчеты грунта, обеспечивать одностороннее отвалообразование и создавать участки удаления отходов.

Список литературы

1. DNV RP-F107. Risk assessment of pipelines protection / Ed. 2010.
2. HSE OTH 561. Health and safety executive – offshore report: guidelines for trenching design of submarine pipes.
3. DNV RP-F110. Global buckling of submarine pipelines. Ch. 8: Buried pipes, pipe cover design / Ed. 2007.
4. DNV RP-F109. On bottom stability design of submarine pipelines / Ed. 2010.
5. Whitehouse R. Scour at marine structures: a manual of practical applications / R. Whitehouse. – London: Thomas Telford Publications, 1998.