

насоса. Показано что двухпоточные центробежные насосы обладают уникальными свойствами, которые не описываются известными уравнениями и которые могут представлять практическую ценность для нефтяных компаний.

Литература

1. Донской Ю.А., Пекин С.С. ЭЦН с частотно-регулируемым приводом // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2010. – № 3. – С. 68 – 69.
2. Дроздов Н.А. Исследование фильтрационных характеристик при вытеснении нефти водогазовыми смесями и разработка технологических схем насосно-эжекторных систем для водогазового воздействия на пласт: Автореферат. Дис. ...канд. тех. наук. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012г. – 24 с.
3. Быков И.Ю., Бочарников В.Ф., Ивановский В.Н., Цхадая Н.Д., Мордвинов А.А., Бобылев Т.В. Техника и технология добычи и подготовки нефти и газа. Т.2. – М: ООО РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2015. – 420 с.
4. Ивановский В.Н., Сазонов Ю.А., Соколов Н.Н. Перспективные конструкции ступеней центробежных насосов для добычи нефти // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2007. - № 1. -С.55 – 56.
5. Ивановский В.Н. Анализ перспектив развития центробежных насосных установок для добычи нефти // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 4. – С. 64 – 67.
6. Сазонов Ю.А., Деговцов А. В., Казакова Е.С., Клименко К.И. Многопоточный эжектор и новое направление для развития струйной техники // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2012. – № 4. – С. 75 – 77.
7. Сазонов Ю.А. Математическое моделирование перспективных динамических насосов и машин // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – М.: ВНИИОЭНГ, 6/2009. –С. 35 – 38.
8. Сазонов Ю.А. Варианты преобразования уравнения Эйлера и математическая модель первого уровня для центробежного насоса // Бурение и нефть. – 2008. – № 10. – С. 33 – 35.
9. Сазонов Ю.А., Мохов М.А., Мищенко И.Т., Туманян Х.А., Франков М.А. Разработка эжекторных систем для месторождений с трудноизвлекаемыми и нетрадиционными запасами углеводородов // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 110 – 112.
10. Сазонов Ю.А., Мохов М.А., Мищенко И.Т., Туманян Х.А., Франков М.А. Перспективы использования двухкамерных насосно-компрессорных установок для перекачки многофазных сред // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 11. – С. 137 – 139.
11. Пат. 112960. Россия 2011139823. Струйная насосная установка Заявка на полезную модель. Сазонов Ю.А., Ивановский В.Н., Заякин В.И., Казакова Е.С., Димаев Т.Н. Опубл. 27.01.2012. – Бюл. №3.
12. United States Patent 2315656. Dual pressure pumping system. // Ralph, Rhoda. – Publication Date: 04/06/1943 - <http://www.freepatentsonline.com/2315656.pdf>

**УСТАНОВКА МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Р.Р. Хайруллин**

Научный руководитель – ассистент С.С. Васенин

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

Природный газ – смесь метана, бутана, пропана и многих других газов, образовавшихся в недрах земли при разложении органических веществ. Является полезным ископаем. Добывается не только на газоконденсатных месторождениях, но и на нефтяных [1].

Для использования газа в прямом назначении, т.е. горении, он проходит множество производственных объектов. А если требуется из газа сделать полиэтилен и прочие вещи, которыми мы так привыкли пользоваться, то газ проходит еще несколько серьезных установок и только потом превращается в пластиковый пакетик. В настоящее время основным видом транспортировки природного газа является трубопроводный, который можно применять не только на суше, но и на воде. Несмотря на особенности прокладки труб на земле и под ней, укладка труб на морском дне представляет собой ряд проблем, особенно на большой глубине.

Плавуемость влияет на процесс трубопровода, как положительным, так и отрицательным образом: в воде труба весит меньше, если она заполнена газом/воздухом что снижает нагрузку на трубоукладочное судно. Если газ в трубопроводе находится под давлением, то его подъёмная сила много больше, чем просто газа без давления. Но находясь на морском дне, труба должна быть устойчивой и находиться на одном месте. Это может быть обеспечено весом жидкости, проходящего через трубопровод, но газ не дает такого эффекта, чтобы труба оставалась не плавучей, в фиксированном положении на дне. В случае небольших глубин трубы бетонируют, для поддержания статичности, когда трубопровод располагается на большой глубине, количество изоляции и толщины труб обычно достаточно, чтобы обеспечить статичность [2, 4].

Существует три основных способа укладки труб на морском дне: S-lay, J-lay и tow-in.

**Tow-in** – буксировки плетей. Здесь труба подвешена в воде с помощью модулей плавучести, а одно или два буксировочные судна доставляют трубы до пункта назначения. По достижению указанного места, модули плавучести удаляются или заливаются водой, и трубы опускаются к морскому дну [3].

Существует четыре основных видов буксировки трубопровода.

Поверхностная буксировка представляет собой буксировку трубопровода по поверхности воды. В этом методе судно тянет трубы по поверхности воды, а модули плавучести помогают удерживать ее на поверхности воды.

Применение меньших модулей плавучести, чем буксировке по поверхности, реализовано в Приповерхностной буксировке. Плетей труб подвешены на цепях между двумя буксирами, один из которых тянет плетень, второй создает натяжение. Величина провисания ограничена глубиной воды.

## СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

Придонная буксировка использует дополнительные утяжелители в виде цепей. Когда последние касаются поверхности дна, их вес уменьшается, и погружение плети прекращается.

И последний способ – донная буксировка. Данный способ применим только для мелководья с мягким и ровным дном. Реализуется путем затопливания труб, после чего волоком перемещают по дну.

**S-Lay** – укладка по S-образной кривой. При выполнении установки трубопровода монтаж труб производится на месте укладки, на борту судна-трубоукладчика, где находится все необходимое оборудование для сварки, модули дефектоскопии, оборудование для нанесения покрытий в местах стыков труб и тому подобное. Трубы на судне, находящиеся в горизонтальном положении, после наращивания, опускаются на дно при помощи специальной направляющей конструкции – стингера, образует кривую, по форме напоминающую букву «S». Правильное натяжение является неотъемлемой частью процесса установки труб, которое достигается при помощи натяжных роликов и управляемой тяги. Укладка по S-образной кривой производится на глубинах до двух километров (6500 футов) и до шести километров (4 мили) протяженностью в день. В случае, когда необходимо остановить укладку трубопровода, к уже готовой к спуску плети приваривают заглушку, добиваясь герметичности, со специальными захватами, и опускают на дно. При возобновлении работ трубоукладчик цепляет заглушку и вытягивает плеть наверх [6].

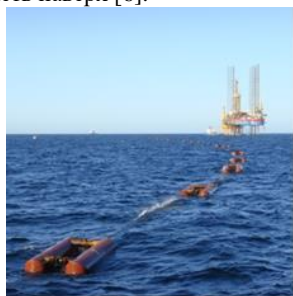


Рис. 1 Tow-in

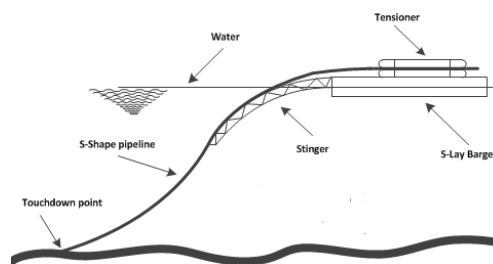


Рис. 2 S-lay

**J-lay** – укладка по J-образной кривой. Данный метод опускания труб снижает сосредоточенные нагрузки и сильного натяжения плеть, путем постановки трубопровода почти в вертикальное положение. Снижение напряжения на трубах, позволяет укладывать трубопровод на больших глубинах, в сравнении с S-образным способом. К тому же в ходе прокладки трубопровод может выдержать сильные течения вод и значительные колебания трубоукладчика. Однако, в отличие от системы S-lay, где сварка труб может осуществляться одновременно в нескольких местах вдоль палубы судна, в данном случае можно установить только один сварочный пост, что замедляет работу.

Каждому методу укладки трубопровода требуется необходимы специальные суда, отвечающие всем требованиям той или иной системе укладки. Существует три основных типа трубоукладочных судов.

Для систем J-lay и S-lay применяют суда, которые включают в себя сварочную станцию и подъёмный кран на борту корабля. 12- или 24-метровые секции труб свариваются в специальных закрытых от ветра и воды помещениях. На таких типах судов плеть укладывается по одной секции за раз.

Также есть альтернатива судам с однозаходной укладкой труб – Reel barge - корабли, оснащенные вертикальным или горизонтальным барабаном, около 20 метров в диаметре и 6 метров, вокруг которого намотана плеть трубопровода. Горизонтальные барабаны применимы только для S-образной укладки труб, когда вертикальный барабан позволяет выполнять установку для систем обеих систем. При использовании барабанных судов сварочные работы происходят на суше, что снижает затраты на установку.

Катушечная труба поднимается с погрузочной станции на судно, и труба выкатывается при движении судна. Как только вся труба на барабане уложена, корабль либо возвращается на берег для погрузки другой катушки, либо судно оснащено кранами, способными устанавливать новые катушки из труб с транспортного судна и возвращать использованную [5].

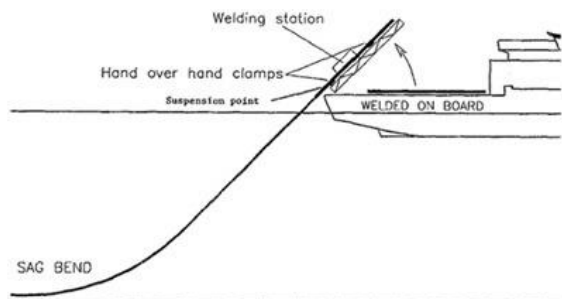


Рис. 3 J-lay



Рис. 4 Судно с системой Reel-lay

На данный момент существует три способа укладки труб: S-lay, J-lay и Tow-in. Выбор системы укладки зависит от природных и экологических условий, наличия оборудования и финансов, глубины в месте укладки, длины и диаметра трубопровода. Самым свежим примером сооружения подводного трубопровода стал знаменитый

проект «Северный поток», пролеглий по балтийскому дну и соединивший российскую и немецкую газотранспортные системы.

Литература

1. Бородавкин П. П., Березин В. Л. Сооружение магистральных трубопроводов. – Недра, 1977.
2. Бородавкин П. П., Подводные трубопроводы. – М.: Недра, 1979.
3. Капустин К. Я., Камышев М. А. Строительство морских трубопроводов // М.: Недра. – 1982.
4. Светлицкий В. Механика гибких стержней и нитей. – М.: «Машиностроение», 1978.
5. Грудницкий Г.В., Шадрин О.Б. Сезин А.И. Опыт и проблемы строительства морских трубопроводов // Строительство трубопроводов. – 1988. – № 7.
6. Пат. 2229053 РФ, Судно-трубоукладчик и способ прокладки трубопроводов. Бьянки С., Синьяролди Т. Заявлено. 21. 07.1999; Опубл. 20.05.2004.

**ВРЕЗКА ПОД ДАВЛЕНИЕМ В МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРУБОПРОВОД**

**М.А. Хрящев**

Научный руководитель – доцент В.Г. Крец

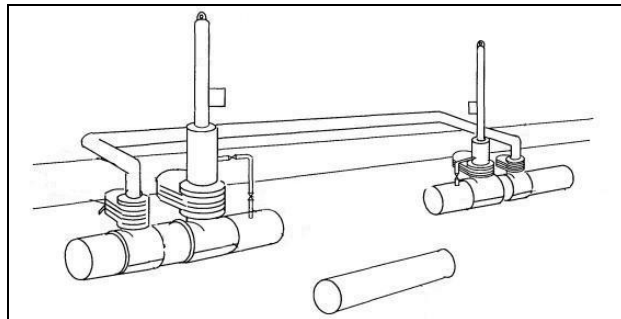
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

При современных огромных объёмах добычи и потреблении нефти и газа создаётся необходимость создания большой сети магистральных трубопроводов, которые транспортируют данные виды продуктов от места добычи, переработки и хранения к потребителям. Бесперебойность и непрерывность поставок нефтепродуктов является важной функцией магистральных трубопроводов. Зачастую эксплуатирующие организации выполняют ремонт трубопроводных сетей путём отключения участка трубопровода и приостановлением транспортировки. В ходе таких работ необходимо отключение потребителей, понижение и восстановление давления транспортируемой среды, а также ее сброс, продувка трубопровода и переподключение потребителей. Такой простой ведет к гораздо большим временным и денежным затратам, чем сами ремонтные работы. Альтернативой такого традиционного способа является врезка в трубопровод под давлением без потери давления и остановки перекачки транспортируемого продукта.

Метод врезки под давлением используется в двух вариантах: при ремонте участка трубопровода и его реконструкции, например, для прокладки автомагистралей, а также для подключения отдельных потребителей. Врезку можно проводить при любых климатических условиях и на любой местности. Ключевыми принципами этого метода являются: безопасность, быстрота, эффективность.

В настоящее время существуют две, хорошо зарекомендованные себя, технологии, позволяющие выполнять работы по ремонту, реконструкции, замене и подключению новых трубопроводов без прекращения транспортировки продукта: технология компании “T. D. Williamson” (США, Бельгия) [3]; технология “Ravetti” (Италия) [1]. Обе технологии подходят для работы в стесненных условиях, что очень удобно при ремонтных работах в котловане при условии подземной прокладки трубопровода, а также обладают рядом преимуществ и недостатков.

Технология компании “T. D. Williamson” предусматривает перекрытие трубопровода для ремонта с помощью оборудования “STOPPLE” по следующим этапам: монтаж четырёх разрезных тройников на магистральную часть трубопровода; установка временных “SANDWICH” задвижек на тройники; монтаж сверлильной установки; сверление отверстия в трубопроводе через задвижку и переходное устройство при помощи фрезы с центрирующим сверлом; удаление фрезы с вырезанным купоном и закрытие “SANDWICH” задвижки; сверление отверстий на остальных трёх тройниках; монтаж байпаса и его заполнение транспортируемой средой; перекрытие участка трубопровода с помощью запорных головок механизма “STOPPLE” и стравливание давления в этом участке [2].



**Рис. 1 Врезка временного байпаса и перекрытие полости газопровода с использованием четырех фитингов по технологии “T. D. Williamson”**

Технология компании “Ravetti” предусматривает перекрытие трубопровода для ремонта с помощью оборудования «СТОП-СИСТЕМА» по следующим этапам: приварка двух разрезных тройников (фитингов) на участок трубопровода с последующей установкой на них сендвич-клапанов; установка на сендвич-клапан машины для врезки с последующей врезкой под давлением в действующий трубопровод; изымание через сендвич-клапан