Научная статья
Original article
УДК 622.276.8

ОБЗОР ПАТЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОУКЛАДОЧНЫХ СУДЕН S-МЕТОДОМ

REVIEW OF PATENT TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF DESIGN OF PIPE-LAY VESSELS BY THE S-METHOD

Рахматуллина Ю.А., студент 4 курс, факультет Трубопроводного транспорта, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, г. Уфа

Rakhmatullina Yu.A., 4th year student, Faculty of Pipeline Transport, Ufa State Oil Technical University, Russia, Ufa

Аннотация: Укладка нефтепроводов S-методом в предполагаемых районах добычи нефти предполагает изменение конструкции трубоукладочных суден с целью достижения наиболее безопасного процесса сооружения трубопроводов при воздействии интенсивной силы ветра и длительной ледовой обстановкой. Целью исследования является обзор патентных технологий, которые были созданы с целью устранения недостатков предполагаемой технологии укладки.

Annotation: The laying of oil pipelines by the S-method in the proposed oil production areas involves changing the design of pipe-laying vessels in order to achieve the safest pipeline construction process under the influence of intense wind and prolonged ice conditions. The purpose of the study is to review patent

technologies that were created in order to eliminate the shortcomings of the proposed stacking technology.

Ключевые слова: трубоукладочные судна; вертикальное положение; добыча на шельфе; углеводороды; технология монтажа; профилирование; нагрузки.

Key words: pipelaying vessels; vertical position; production on the shelf; hydrocarbons; installation technology; profiling; loads.

К концу XX века одной из главных сырьевых баз добычи нефти и газа стал континентальный шельф морей и океанов [1], где к указанному моменту времени добывалось более 700 млн т нефти и 340 млрд $м^3$ газа, что составляло более 28% добываемых углеводородов в мире. Вопрос развития добычи нефти и газа на шельфе морей крайне актуален для энергетики Российской Федерации, где содержится четверть запасов углеводородов страны. Перспектива добычи столь существенного объема сырья предполагает перенос приоритета строительства нефтепроводов с суши на море.

В настоящее время существует множество методов укладки нефтепроводов в глубоководных зонах, выбор которых определяется такими параметрами, как конструктивные характеристики нефтепровода, границы проектирования, наличие существующих газопроводов и морских сооружений, границы зон морских судоходных путей и зон рыболовства и другими факторами. Монтаж морских глубоководных магистральных нефтепроводов с использованием трубоукладочных судов, оборудованных для плавного схода трубопровода специальным спусковым устройством – стингером, предполагает использование двух основных методов укладки трубопровода, получивших свои названия от принимаемой участком укладываемой трубы формы: S-метод (горизонтальное или слабонаклонное положение труб) и J-метод (вертикальное положение труб) [2]. В России до 2035 г. запланировано строительство около 9 тыс. км морских подводных

трубопроводов, в том числе около 6 тыс. км для эксплуатации в ледовых условиях на глубинах 50–380 м преимущественно S-методом [3].

J-метод, также называемый монтажом в вертикальном положении, применяется при монтаже трубопроводов на большой глубине и ограничивается минимально допустимой глубиной. Схема укладки трубопровода J-методом представлена на рисунке 1.

Технология монтажа трубопроводов J-методом позволяет использовать оборудование малых габаритных размеров для направления секции трубопровода за пределами судна и снятия напряжений на интервале укладки. Это обусловлено тем, что напряжения, возникающие в трубопроводе при его монтаже J-методом, практически полностью направлены вертикально, за счет чего достигается минимальное значение горизонтальной реакции оборудования трубоукладочного судна и устраняется перегиб трубопровода сверху.

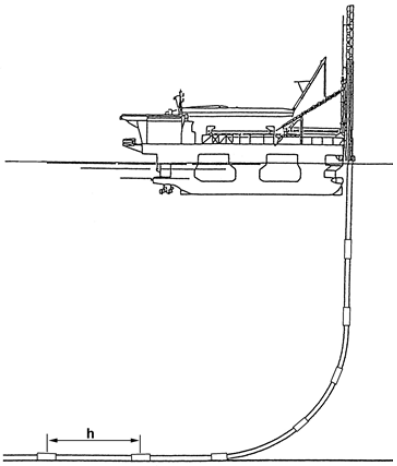

Рисунок 1. J-метод укладки трубопровода

S-метод, также называемый монтажом в горизонтальном или слабонаклонном положении, является наиболее распространенным методом, применяемым при укладке труб нефтепроводов с применением судов-трубоукладчиков.

В данном случае судно также должно быть оборудовано стингером, при этом труба в отличие от J-метода принимает горизонтальное положение. Схема укладки трубопровода S-методом представлена на рисунке 2.

Монтаж морского нефтепровода S-методом осуществляется в следующем порядке:

– предварительно складированные на судовой склад трубы при помощи судового передвижного крана транспортируются на вспомогательную монтажную линию;

– производится демонтаж защиты торцов, очистка внутренней полости, зачистка кромок, внутренний контроль торцов, центрирование, деовализация кромок трубы на вспомогательной монтажной линии перед сваркой в секции из двух или трех труб;

– осуществляется сварка секции с трубопроводом на основной монтажной линии; качество сварных швов производится при помощи методов неразрушающего контроля сварных соединений;

– по ходу дальнейшего движения судна по трассе стык секции и трубопровода переходит на пост неразрушающего контроля, пост очистки и изоляции стыка и пост обетонирования (если предусмотрено технологией) стыка;

– производится спуск трубопровода под воду.

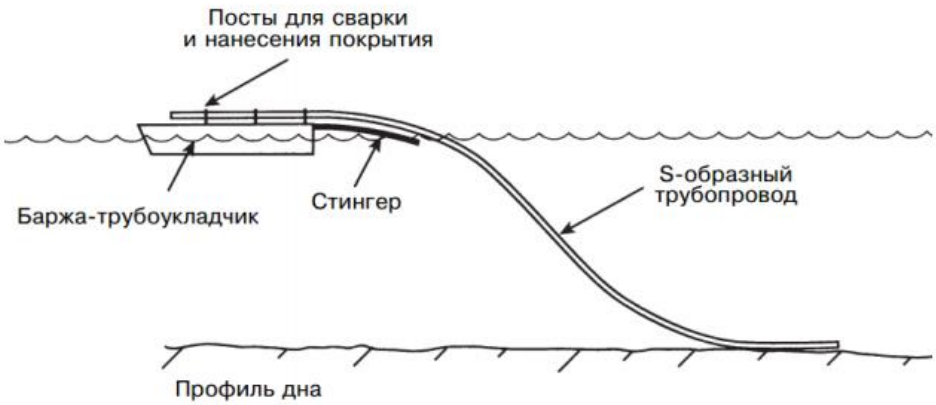

Рисунок 2. S-метод укладки трубопровода

Вспомогательная монтажная линия включает такое оборудование, как грузоподъемные машины для перемещения труб и секций, станки подготовки кромок под сварку, специальное оборудования контроля качества покрытия, центратор, сварочное оборудование, устройства контроля сварных

соединений, оборудование для нанесения изоляции на стык секции трубопровода, устройства ремонта дефектов сварного шва.

В свою очередь, основная монтажная линия дополнительно включает натяжное устройство и оборудование для обетонирования стыка. В состав оборудования, из которого состоит основаная монтажная линия, входит оборудование вспомогательной монтажной линии, а так же оборудование для обетонирования (изоляции слоем битума, термоусадочной муфтой или полиэтиленовой лентой) стыка.

Преимущества:

– возможность применения метода на водах различной глубины;

– меньшее влияние на процесс укладки погодных условий в сравнении с буксирами и лебедочными баржами;

– более высокая по сравнению с J-методом производительность за счет использования автоматизированных сварных установок, осуществляющих сварку с внутренней поверхности трубы;

– наименьшие затраты на транспорт трубоукладочных судов по причине их большей распространенности.

Недостатки:

– влияние погодных условий (удар волны) на техническое состояние стингера;

– высокая стоимость оборудования обеспечения укладки по сравнению с буксиром или лебедочной баржей;

– применение метода ограничено максимальной глубиной, при которой возможно создание требуемого напряженно-деформированного состояния трубопровода.

Научные исследования, направленные на усовершенствование существующей технологии, направлены в первую очередь на изменение конструктивных особенностей трубоукладочных суден.

На этапе проектирования судна перед конструкторами встает вопрос о его профилировании под S-метод или J-метод укладки, в противном случае

стоимость многопрофильного судна и его габариты с большой вероятностью не будут являться экономически и технически рациональными. С конструктивной точки зрения трубоукладочные судна для укладки S-методом делятся на однокорпусные и двухкорпусные. Одна из первых конструкций двухкорпусного полупогруженного судна представлена в патенте [4]. Недостатки данного метода, среди которых выделялись большая ширина по сравнению с однокорпусными суднами с большое водоизмещение, превалировали над возможностью укладки трубы в условиях меньшего крена. В свою очередь, описание однокорпусного судна, лишенного недостатков бортовой качки, описано в патенте [5]. Его конструктивные особенности предполагают расположение сварочных станций на борту вблизи оси бортовой качки, что вызывает лишь малые колебательные движения на сварочных станциях, а также наличие натяжных устройств на кормовом конце для придания натяжения трубопроводу между судном и морским дном. Наличие концевого узла позволяет контролировать изгиб трубопровода за пределами горизонтали.

Вышеописанная конструкция трубоукладочного судна предполагает наличие открытой для окружающей среды части трубопровода, укладываемого по концевому узлу и приложение нагрузки трубопровода на судна к концу концевого узла, существенно удаленного от центра масс по сравнению с кормой судна. Данные недостатки существенно могут осложнить укладку трубопроводов при работе во льдах. Среди иностранных изобретений можно рассматривать модель судна для укладки стальных труб в ледяных условиях [6], которая обладает малой глубиной погружения носовой секции стингера, что, как показали испытания прототипов в ледовом бассейне, не позволяет обеспечить должную безопасность его технического состояния, а также не имеет защиту стингера и технологического оборудования при их транспортировке и работе в экстремальных погодных условиях.

Таким образом, на сегодняшний день для создания наиболее эффективной и безопасной укладки трубопроводов в ледовых условиях

приоритетной задачей ученых является конструктивная модернизация экономически выгодных однокорпусных суден, предназначенных для укладки трубопровода S-методом, а также многопрофильных суден, с помощью которых возможно использовать оба (S- и J- метод) варианта укладки. Для каждого из представленных вариантов в последние годы были разработаны соответствующие изобретения.

В патенте [7] описывается однокорпусное судно, которое включает натяжные устройства, расположенные вдоль маршрута укладки трубопровода, который включает противоположную от направления укладки часть, расположенную на высоте, значительно превышающую ось бортовой качки трубоукладочного судна. Данное конструктивное решение создает большой рабочий диапазон глубин для судна, но создает ослабление натяжения с противоположной направления укладки стороны, которое компенсируется наличием одного или более прижимных роликов. Защита трубопровода обеспечивается большим значением угла наклона к горизонтали и достижения водной поверхности до момента касания края корпуса судна, что уменьшает риск повреждения в районе водной или ледяной поверхности.

Модель судна, которая позволяет работать на различных глубинах и использовать как S-метод, так и J-метод укладки трубопровода, представлена в патенте [8]. Носовая секция стингера имеет возможность изменения угла наклона к горизонтали до 60°, что позволяет обеспечить необходимую глубину погружения секции с целью защиты от возможных повреждений в ледовых условиях. Среди других конструктивных особенностей судна выделяется размещение взлетно-посадочной площадки на кормовой части судна на крыше рубки, за счет чего обеспечивается наименьшее обледенение места посадки вертолета в сравнении со случаем расположения взлетно-посадочной площадки в носовой части. Помимо этого, судно обладает барабаном с вертикальной осью вращения для обеспечения хранения гибких технологических трубопроводов, что является наиболее оптимальным вариантом перед их укладкой непосредственно на месторождении.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее эффективное начало строительства и запуска шельфовых месторождений зависит в том числе и от повышения уровня безопасности и надежности оборудования трубоукладочных суден, применяемых при строительстве трубопроводов. Тяжелые природные условия, характеризующие данные районы, не должны стать преградой на пути к освоению новых нефтегазовых запасов.

Использованные источники:

1. Хасанов, И.И. Состояние трубопроводного транспорта в конце XX века и начало системного анализа параметров транспорта нефти / И.И. Хасанов, Е.А. Логинова // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. — 2017. - № 4. — С. 43—46.
2. Васильев, Г.Г. Сооружение морских трубопроводов: Учеб. Для вузов / Г.Г. Васильев, Ю.А. Горяинов, А.П. Беспалов. — М.: Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. — 200 с.
3. Вальдман, Н. А. Снижение рисков при проектировании, строительстве и эксплуатации морских трубопроводов / Н. А. Вальдман, Г. В. Грудницкий, К. И. Тешуков // Трубопроводный транспорт:теория и практика. – 2011. — № 4 (26). — С. 28—30.
4. Pat. US 4257718A United States. Semi-submersible pipelaying craft equipped for laying pipes on sea beds, including deep beds, and the method of operation [Electronic resource] / G. Rosa, P. Brando ; Pat. Assignee Saipem SpA. – Pub. date 1981.03.24. — 29 p.: 18 Claims, 39 Drawing Figures.
5. Pat. US 5823712A United States. Method and installation for laying a pipeline on a surface located under water [Electronic resource] / P. Kalkman, J. Roodenburg, A. Klaas de Groot; Pat. Assignee Allseas Group SA. — Pub. date 1998.10.20. — 19 p.: 8 Claims, 39 Drawing Sheets.

6. Pat. US 20100080657A United States. Undersea pipe-laying [Electronic resource] / S. Blanchi; Pat. Assignee Saipem SpA. — Pub. date 2010.08.01. — 12 p.: 4 Drawing Sheets.
7. Пат. 2490163 Российская Федерация, МПК B63B 35/03, F16L 1/12. Однокорпусное судно для укладки трубопровода (варианты) и способ укладки трубопровода с однокорпусного судна (варианты) [Текст] / Бьянки С.; патентообладатель Сайпем С.П.А. — № 2009136972/11; заявл. 20.04.2011; опубл. 20.08.2013, Бюл. N 23. — 19 с.
8. Пат. 2509677 Российская Федерация, МПК B63B 35/03, F16L 1/12. Морское судно для укладки стальных труб, гибких элементов и подводных конструкций в ледовых условиях [Текст] / Вальдман Н.А., Карташев А.Б., Кильдеев Р.И., Немзер А.И., Платонов В.Г., Тимофеев О.Я., Труб М.С., Фомичев Э.Н.; патентообладатель Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. — № 2012135804/11; заявл. 21.08.2012; опубл. 20.03.2014, Бюл. N 8. — 14 с.

Used sources:

1. Khasanov, I.I. The state of pipeline transport at the end of the 20th century and the beginning of a system analysis of the parameters of oil transport / I.I. Khasanov, E.A. Loginova // Transport and storage of oil products and hydrocarbons. - 2017. - No. 4. - S. 43-46.
2. Vasiliev, G.G. Construction of offshore pipelines: Proc. For universities / G.G. Vasiliev, Yu.A. Goryainov, A.P. Bespalov. - M .: Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkina, 2015. - 200 p.
3. Waldman, N. A. Reducing risks in the design, construction and operation of offshore pipelines / N. A. Waldman, G. V. Grudnitsky, K. I. Teshukov // Pipeline transport: theory and practice. - 2011. - No. 4 (26). - S. 28-30.
4. Pat. US 4257718A United States. Semi-submersible pipelaying craft equipped for laying pipes on sea beds, including deep beds, and the method of operation [Electronic resource] / G. Rosa, P. Brando ; Pat. Assignee Saipem SpA. – Pub. date 1981.03.24. — 29 p.: 18 Claims, 39 Drawing Figures.

5. Pat. US 5823712A United States. Method and installation for laying a pipeline on a surface located under water [Electronic resource] / P. Kalkman, J. Roodenburg, A. Klaas de Groot; Pat. Assignee Allseas Group SA. — Pub. date 1998.10.20. — 19 p.: 8 Claims, 39 Drawing Sheets.
6. Pat. US 20100080657A United States. Undersea pipe-laying [Electronic resource] / S. Blanchi; Pat. Assignee Saipem SpA. — Pub. date 2010.08.01. — 12 p.: 4 Drawing Sheets.
7. Pat. 2490163 Russian Federation, IPC B63B 35/03, F16L 1/12. Single-hull vessel for laying pipelines (options) and method of laying pipeline from a single-hull vessel (options) [Text] / Bianchi S.; patent holder Saipem S.P.A. — No. 2009136972/11; dec. 04/20/2011; publ. 20.08.2013, Bull. N 23. - 19 p.
8. Pat. 2509677 Russian Federation, IPC B63B 35/03, F16L 1/12. Marine vessel for laying steel pipes, flexible elements and underwater structures in ice conditions [Text] / Valdman N.A., Kartashev A.B., Kildeev R.I., Nemzer A.I., Platonov V.G., Timofeev O.Ya., Trub M.S., Fomichev E.N.; patentee Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. — No. 2012135804/11; dec. 08/21/2012; publ. 03/20/2014, Bull. No. 8. - 14 p.

© Рахматуллина Ю.А. 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.

Для цитирования: Рахматуллина Ю.А. ОБЗОР ПАТЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБОУКЛАДОЧНЫХ СУДЕН S-МЕТОДОМ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №6/2022.