

DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-2-69-79

УДК 622.692.4

К.В. Кожаева, Д.Р. Губайдуллин (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДНОГО ОСНОВАНИЯ НА БОЛОТАХ И ОБВОДНЕННЫХ УЧАСТКАХ

Kseniya V. Kozhaeva, Danil R. Gubaidullin (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

MODERNIZING THE DESIGN AND INSTALLATION TECHNOLOGY OF PIPELINE BASE IN SWAMPS AND WATERED AREAS

Введение

Эксплуатируемые на сегодняшний день магистральные трубопроводы на значительном протяжении пересекают болота и обводненные участки. В частности, по болотам III типа построено значительное количество магистральных трубопроводов, что в дальнейшем подразумевает их ремонт, который в настоящее время весьма затруднительно, а порой и невозможно осуществлять в разное время года. В связи с этим встает вопрос о совершенствовании существующих конструкций и технологий прокладки магистральных трубопроводов на болотах и обводненных участках с учетом их несущей способности для обеспечения круглогодичного доступа к телу трубы и возможности осуществления оперативного и эффективного ремонта.

Цели и задачи

Решение основных проблем, возникающих при осуществлении строительномонтажных и ремонтных работ на болотах и обводненных участках с помощью модернизации конструкции и технологии монтажа трубопроводного основания с расчетом технико-экономической эффективности применения предлагаемой конструкции.

Background

The main pipelines are currently in operation in swamps and watered grounds for considerable lengths. In particular, a significant number of main pipelines have been built along the III type marshes implying further repair which is currently very difficult, and sometimes impossible, to carry out at different seasons of the year. This raises the challenge of improving existing structures and technologies for pipeline laying in swamps and watered areas, taking into account their carrying capacity to ensure all-year-round access to pipe body and the possibility of rapid and effective repair.

Aims and Objectives

Solving the main problems of construction and repair work in swamps and watered areas by modernizing the design and installation technology of the pipeline base with calculating the feasibility efficiency of the proposed design.

Результаты

Смоделирована конструкция устройства композитного трубопроводного основания с помощью программного комплекса ANSYS Workbench с учетом силовых воздействий и нагрузок, которым подвергается конструкция в условиях эксплуатации.

Получены основные закономерности для трубопроводов различных диаметров по деформациям искусственного основания и трубопровода и рассчитаны максимальные напряжения, возникающие в опасных сечениях, максимальные значения которых не превысили предельно допустимых.

Разработана на уровне полезной модели конструкция устройства композитного трубопроводного основания.

Разработана технология монтажа конструкции устройства композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках.

Приведены показатели технико-экономической эффективности применения предлагаемой конструкции трубопроводного основания в условиях болот с учетом природно-климатических условий и сезонных изменений.

Результаты исследований в работе дают предпосылки для внедрения в практику строительства разработанной конструкции устройства композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках.

Results

The design of the composite pipeline base device has been modeled by the ANSYS Workbench software package, taking into account the force action and loads sustained by the construction under operation.

The main regularities for pipelines of different diameters on deformations of the artificial base and the pipeline have been obtained and the maximum stresses arising in dangerous sections, the maximum values not exceeding the maximum permissible ones have been calculated.

The design of the composite pipeline base device as a utility model has been developed.

The technology of installation of the composite pipeline base structure in swamps and watered areas has been developed.

The article shows the indicators of feasibility efficiency of the proposed design of the pipeline base in swamp conditions, taking into account natural and climatic conditions and seasonal changes.

The results of the research provide prerequisites for the implementation of the developed design of the composite pipeline base device in marshes and watered areas.

Ключевые слова: магистральный трубопровод; модернизация; конструкция трубопроводного основания; болота и обводненные участки; технология монтажа; ANSYS Workbench; сезонные изменения

Key words: main pipeline; modernization; design of the pipeline base; swamps and watered areas; installation technology; ANSYS Workbench; seasonal changes

Введение

Строительство и ремонт магистральных трубопроводов на протяженных болотистых и обводненных участках производится преимущественно в зимнее время после промер-

зания верхнего торфяного слоя. При этом предусматривают комплекс мер по ускорению промерзания грунта на монтажной полосе для передвижения машин, а также выполняют мероприятия по уменьшению промерзания грунта на полосе разработки траншеи.

Ускорение промерзания осуществляется путем расчистки снега, проминки болот, поливки водой. В этом случае технология строительства предусматривается такой же, как и в нормальных условиях.

В остальные времена года в технологию будут вноситься существенные изменения в зависимости от типа болота, его параметров и характеристик укладываемых труб.

Из многолетнего опыта эксплуатации магистральных трубопроводов прослеживаются существенные недостатки в технологии строительства и ремонта магистральных трубопроводов на болотах III типа, обусловленные следующим: сезонностью проведения работ и практической сложностью; зачастую невозможностью их проведения в летнее время; высокой трудоемкостью, малой скоростью и эффективностью проведения работ [1].

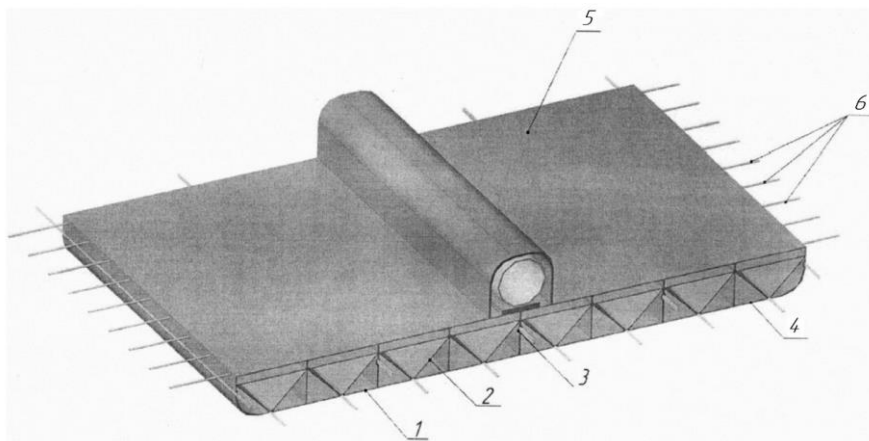
На сегодняшний день особое внимание должно уделяться совершенствованию технологий строительства и ремонта трубопроводов на болотах, что без разработки математических моделей, описывающих сложные процессы взаимодействия конструкции трубопровода и грунтов основания, не представляется возможным [2]. Даже при наличии опытного образца проведение натуральных экспериментов по оценке эффективности и применимости конструкций в сложных природных условиях или близких к ним условиях по-

лигонов-бассейнов связано со значительными экономическими затратами, а зачастую невозможно.

Все вышеприведенные аргументы служат основанием для разработки и анализа новых технологических решений при проектировании и выборе наиболее совершенных и эффективных способов прокладки и ремонта трубопроводов на болотах с целью обеспечения их надежной работы. Актуальность работы заключается в разработке и исследовании нового метода сооружения и ремонта магистральных трубопроводов, прокладываемых в условиях болот на искусственных основаниях.

Расчетные модели

Основываясь на изобретении (рисунок 1) [3], как на прототипе, данная конструкция была модернизирована с целью осуществления возможности строительства магистральных трубопроводов без нарушения экологического равновесия в природе и обеспечения их ремонтпригодности на слабонесущих грунтах следующим образом: предусмотрено жесткое соединение понтонов между собой; оснащено опорными устройствами под магистральный трубопровод, теплоизолированным и шарнирно-закрепленным кожухом, устанавливаемом на несущее плавучее основание - композитный понтон.



1- центральный понтон; 2- силовая рама двутаврового сечения; 3- продольные пазы; 4- боковой понтон; 5- палубная листовая часть; 6- композитные тросы

Рисунок 1. Устройство композитного понтона под основание трубопроводной трассы на болотах

Результаты построения модели усовершенствованной конструкции и ее составных частей в системе комплексной автоматизации проектирования и подготовки производства SolidWorks для дальнейших расчетов приведены на рисунке 2.

Композитное трубопроводное основание состоит из связки центральных понтонов 1, боковых понтонов 2, связанных между собой и в дорожку соединением «шип - паз» 3-4 с помощью пропуска в отверстия 5 продольных и поперечных фиксирующих стержней из базальтоуглеродопластика, натянутых на железобетонные пирамидальные якоря высокопрочными композитными грузофиксирующими тросами 6, расположенными по периметру сборного трубопроводного основания в проушинах 7, а также трубопровод 8, уложенный на опорные устройства 9, закрепленные болтовым соединением 10 на композитном основании.

Задачей исследования является совершенствование устройства композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках с достижением следующего технического результата: повышение прочности и устойчивости конструкции к нагрузкам и воздействиям, возникающим во время эксплуатации трубопровода и во время его возможного ремонта.

Решение поставленной задачи заключается в том, что в модернизированном устройстве композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках (рисунок 2, а), включающем составные элементы в виде центральных (рисунок 2, б) и боковых понтонов (рисунок 2, в), имеющих металлическую силовую раму двутаврового сечения и оболочку из базальтоуглеродопластика, стянутых высокопрочными композитными грузофиксирующими тросами, составные элементы трубопроводного основания соединены между собой и в дорожку соединением по типу «шип - паз» (рисунок 2, г). Через отверстия в соединении «шип - паз» протягиваются стержни цилиндрической формы из базальтоуглеродопластика.

Составные элементы трубопроводного основания расположены в шахматном порядке.

На дорожке из центральных понтонов установлены опорные устройства под трубопровод. По периметру трубопроводного основания натянуты высокопрочные композитные грузофиксирующие тросы.

Расположение составных элементов трубопроводного основания в шахматном порядке придает прочность и устойчивость к деформациям в местах соединений при неравномерно распределенной нагрузке на трубопроводное основание, что, в свою очередь, увеличивает срок службы не только трубопроводного основания, но и самого трубопровода.

Установленные на дорожке из центральных понтонов на расчетном расстоянии друг от друга опоры позволяют обеспечить правильное распределение действующих на трубопровод нагрузок и их передачу на понтоны, а также сохранить проектное положение трубопровода во время его эксплуатации.

Натяжение на железобетонные пирамидальные якоря, установленные на дневной поверхности, высокопрочных композитных грузофиксирующих тросов, расположенных по периметру композитного трубопроводного основания, обеспечит устойчивость всей конструкции в целом при самом неблагоприятном сочетании нагрузок и воздействий.

Параметры составных элементов трубопроводного основания подбираются в зависимости от характеристик трубопровода и условий строительства. Ширина центрального понтона B_c равняется 2 м и более, а ширина бокового понтона B_b равняется 4 м и более.

Длины центрального L_c и бокового L_b понтонов составляют до 12 м.

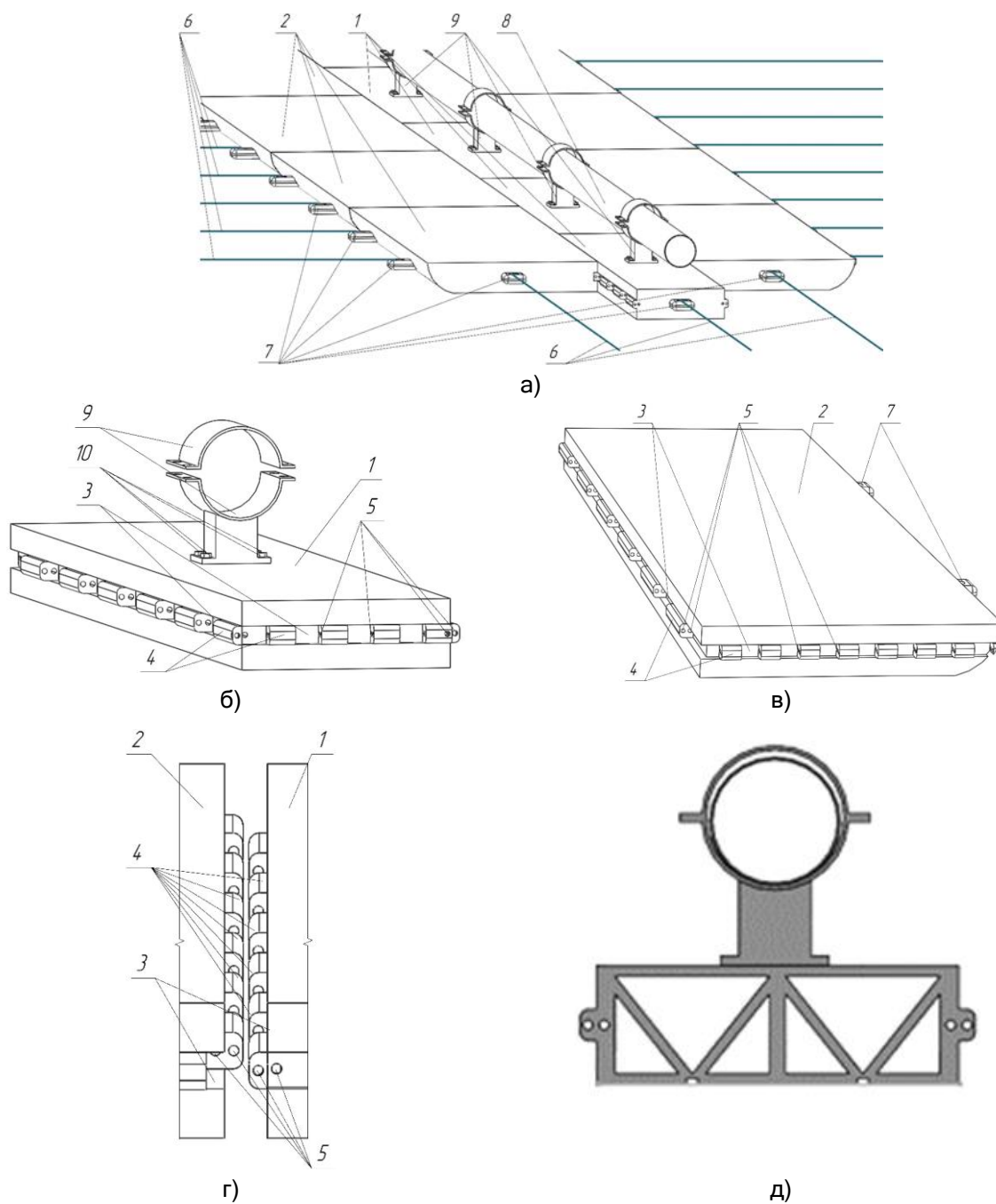
Опорные устройства подбирают для каждого трубопровода согласно нормативным документам и располагают на расчетном для конкретного трубопровода расстоянии.

Поперечное сечение боковых понтонов аналогично поперечному сечению центральных понтонов, но имеет более развитую конфигурацию (рисунок 2, д).

Длина каждого понтона составляет 12 м.

Ширина центральных понтонов - 2 м, боковых - 4 м.

Высота понтонов - 0,66 м.



1- центральные понтоны; 2- боковые понтоны; 3, 4- соединение «шип - паз»;
5- отверстия продольных и поперечных фиксирующих стержней; 6- грузофиксирующие тросы;
7- проушина; 8- трубопровод; 9- опорные устройства; 10- болтовое соединение

а) расчетная модель конструкции основания под трассу магистрального трубопровода;
б) устройство центральных понтонов; в) устройство боковых понтонов;
г) соединение «шип - паз» составных элементов трубопроводного основания в дорожку
и между собой; д) поперечное сечение центральных понтонов

Рисунок 2. Расчетные модели конструкции основания под трассу магистрального трубопровода и ее составных частей

Для проведения дальнейших расчетов с использованием универсальной программной системы конечно-элементного анализа и применения инструментов визуализации необходимо соединить элементы в единую конструкцию.

В качестве примера задаемся длиной конструкции 144 м, что составит 12 центральных понтонов и 24 боковых понтона соответственно.

Соединение элементов конструкции в единую секцию длиной 12 м с применением продольных стержней представлено на рисунке 2, г.

Аналогично соединяются 12 секций между собой с применением поперечных стержней. Путем добавления в качестве расчетной модели трубопровода (720 x 15 мм) получаем готовую расчетную модель композитных понтонов в качестве основания под трассу магистрального трубопровода (рисунок 2, а) [4].

Результаты расчета

После импорта в программный комплекс ANSYS расчетной модели конструкции основания под трассу магистрального трубопровода был проведен инженерный анализ силовых воздействий и нагрузок [5], которым подвергается конструкция в условиях эксплуатации, к ним относятся: собственный вес понтонной конструкции, вес опор под магистральный трубопровод, собственный вес трубопровода, вес перекачиваемого продукта (в качестве примера принят природный газ), внутреннее давление перекачиваемой среды 9,8 МПа, температурное воздействие окружающей среды (разность температур при замыкании сварного стыка и эксплуатации трубопровода) 40 °С и выталкивающая сила воды, действующая на понтонную конструкцию снизу.

В качестве исходных данных были приняты трубопроводы диаметрами 530-1420 мм с толщиной стенки 15 мм.

В результате расчета программным комплексом ANSYS для трубопровода

диаметром 720 мм с толщиной стенки 15 мм получены следующие результаты:

- деформации конструкции происходят в направлении оси OY (рисунок 3);
- максимальные деформации, возникающие в конструкции, составляют 0,31 м в точке, находящейся посередине рассматриваемого участка на удалении 72 м от начала координат по оси OZ (рисунок 4);
- максимальные напряжения, возникающие в конструкции, составляют 686 МПа в точке, находящейся в сечении второго понтона на удалении 13 м от начала координат по оси OZ (рисунок 5).

По результатам расчетов модели основания из композитных понтонов под трассу магистрального трубопровода в программном комплексе ANSYS видно, что максимальные напряжения 686 МПа возникают в теле понтонной конструкции, а максимальные напряжения в теле трубопровода составляют 196 МПа.

Сравнивая полученные напряжения с механическими характеристиками используемых материалов (предел прочности базальтоуглероднановинил волокон (БУНВ) 1900 МПа; предел прочности принятой трубной стали 592 МПа), можно сделать вывод о достаточном запасе прочности совместной конструкции «труба - понтон» и отсутствии недопустимых пластических деформаций. Максимальные деформации равные 0,31 м (по вертикали) на 144 м длины также входят в допустимые значения радиусов упругого изгиба трубопровода.

Результаты расчетов для трубопроводов других диаметров сведены в таблицу 1.

Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением диаметра трубопроводов деформации конструкции увеличиваются, но весьма незначительно.

Напряжения, возникающие в стенке трубопровода и в соединениях понтонов, возрастают, но остаются в пределах допустимых значений, и недопустимых пластических деформаций не возникает.

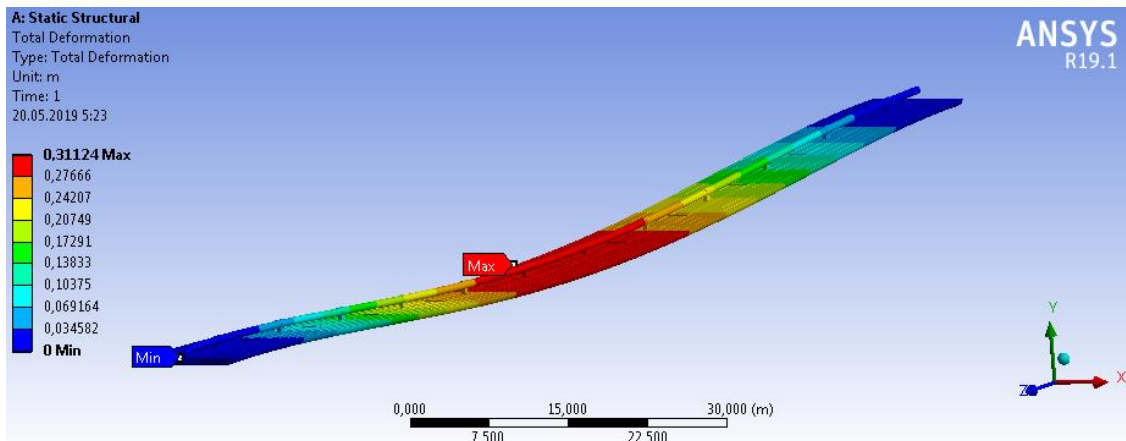


Рисунок 3. Деформации анализируемой конструкции (в масштабе 2x по оси OY)

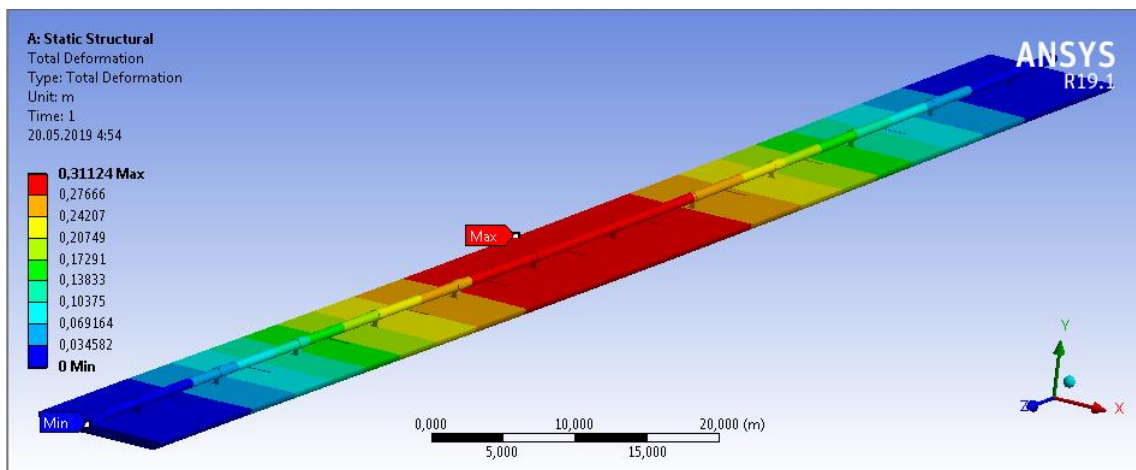


Рисунок 4. Общие деформации анализируемой конструкции

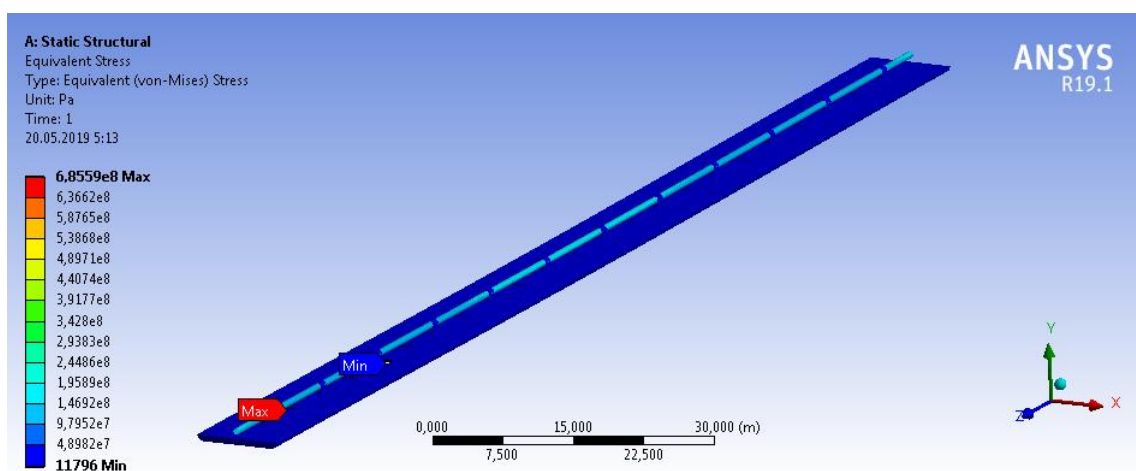


Рисунок 5. Общие напряжения анализируемой конструкции

Таблица 1. Результаты расчетов для трубопроводов других диаметров

Диаметр трубопровода, мм	Максимальные деформации, м	Максимальные напряжения в трубопроводе, МПа	Максимальные напряжения в понтонах, МПа
530	0,27	155,5	606,1
630	0,29	166,3	648,2
720	0,31	176,0	686,0
820	0,33	186,8	728,7
920	0,35	197,6	770,2
1020	0,37	208,4	812,4
1220	0,40	229,0	892,5
1420	0,44	250,6	976,8

Технология монтажа

Строительство композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках осуществляют следующим образом.

Устраивают зафиксированную стартовую площадку с укрытием от непогоды. Устанавливают по периметру композитного трубопроводного основания на дневной поверхности земли железобетонные пирамидальные якоря. Натягивают высокопрочные композитные грузофиксирующие тросы *б* от якоря к стартовой площадке. Закрепляют грузофиксирующие тросы *б* на центральном *1* и боковых *2* понтонах с помощью проушин *7*. Объединяют центральные *1* и боковые *2* понтоны между собой соединением типа «шип - паз» *3-4*, пропуская в отверстия *5* продольные фиксирующие стержни из базальтоуглеродопластика. Последовательно наращивают трубопроводное основание в дорожку, скрепляя секции между собой поперечными фиксирующими стержнями с помощью отверстий для поперечных фиксирующих стержней *5*.

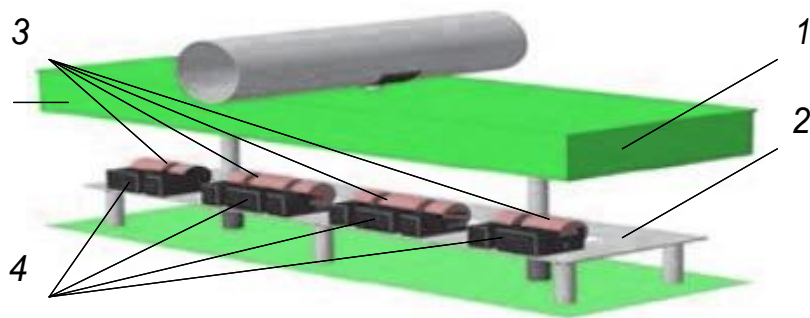
Операции последовательно выполняются с помощью монтажно-укладочного комплекса.

Параллельно на трубопроводное основание монтируют полками вверх швеллеры

для обеспечения проезда по этой колее требуемой техники, при этом по построенной из центральных и боковых понтонов дорожке возвратно-поступательно перемещается монтажно-укладочный комплекс, несущий в подбрюшной части опорные устройства под трубопровод *9* и секции трубопровода *8* для обеспечения возможности последовательного наращивания строящегося наземного трубопровода методом «на себя» [4].

При расчете конструкции на прочность и жесткость она представляет собой стержневую систему, как правило, многократно статически неопределимую [6, 7]. Эта система может быть плоской или пространственной, состоящей из ряда участков, границами которых служат неподвижные опоры или технологические колодцы.

В условиях сезонных перемен при смерзании болот необходимо предусматривать через заданное расстояние специальные технологические колодцы, предназначенные для регулирования положения трубопровода при изменении уровня грунтовых вод [8]. Тросы, проходящие сбоку понтонов *1*, входят в колодец *2* и наматываются на барабаны *3* с помощью двигателя с редуктором *4* (рисунок *б*), это позволяет регулировать положение конструкции в пространстве.



1 - понтон; 2 - колодец; 3 - барабаны; 4 - двигатель с редуктором

Рисунок 6. Технологический колодец с установленной автоматической системой регулирования тросов

Технологические колодцы доставляются на трассу в виде цельных, укомплектованных оборудованием герметичных блок-боксов.

При монтаже блок-боксов технологических колодцев (ББТК) необходимо обеспечивать их целостность, предотвращать попадание внутрь блок-боксов воды, грязи и т.д.

Технико-экономические показатели

Понтоны изготавливаются из базальтоуглеродопластика при низкой стоимости базальтоуглеродонановинил волокон.

Выбор базальтоуглеродового волокна в качестве армирующего материала осуществлен по показателям прочности, жесткости, стойкости к агрессивным средам, теплостойкости и морозостойкости, указанный материал превосходит другие композитные материалы и сталь по прочности.

Базальтоуглеродопластика - это композитный материал, в состав которого входят базальтовое углеволокно и полимерное связующее.

По характеристикам БУНВ успешно конкурирует с изделиями как из металла, так из стеклопластика, и превосходит их по коррозионной стойкости и кислотной стойкости.

Самое актуальное в настоящее время - это высокая прочность БУНВ даже в сравнении с базальтопластиком.

Благодаря этому свойству БУНВ изделия в 3,5 раза прочнее изделий из стали и при этом в 4,5 раза их легче.

В отличие от прочих материалов БУНВ остаются неизменными в течение 100-200 лет, термо- и огнестойкими и водонепроницаемыми.

При заданных размерах понтонов - ширина центрального понтона V_c равняется 2 м, ширина бокового понтона V_b равняется 4 м, длины центрального L_c и бокового L_b понтонов составляют 12 м, высоты центрального h_c и бокового h_b понтонов составляют 0,66 м, - получаем объем необходимого для их изготовления материала: $6,98 \text{ м}^3$ - для изготовления одного центрального понтона; $12,5 \text{ м}^3$ - для изготовления одного бокового понтона; итого для изготовления секции понтонов длиной 12 м потребуется $31,98 \text{ м}^3$ материала [9, 10].

При стоимости БУНВ завода-изготовителя ООО «Гален» в 88 тыс. руб. за 1 м^3 материала получаем стоимость одной понтонной секции из центрального и двух боковых понтонов длиной 12 м, равную 2 814 тыс. руб.

На первый взгляд, предлагаемая конструкция трубопроводного основания, изготовленная из базальтоуглеродопластика, с экономической точки зрения является невыгодной. Однако не стоит забывать, что с использованием данной конструкции нет необходимости строить дорогу.

Строительство дороги в заболоченной местности требует очень больших финансовых затрат, которые будут тем выше, чем ниже несущая способность поверхности болот. К тому же, следует учесть ее размыв и постоянное обслуживание в ходе эксплуатации.

Выводы

1. В результате инженерного анализа смоделирована конструкция устройства композитного трубопроводного основания с помощью программного комплекса ANSYS Workbench с учетом силовых воздействий и нагрузок, которым подвергается конструкция в условиях эксплуатации.

2. Получены основные закономерности для трубопроводов различных диаметров по деформациям искусственного основания и трубопровода и рассчитаны максимальные напряжения, возникающие в опасных сечениях, максимальные значения которых не превысили предельно до-

пустимых. Установлено, что с увеличением диаметра трубопроводов деформации искусственного основания увеличиваются, но весьма незначительно. Напряжения, возникающие в стенке трубопровода и в соединениях частей искусственного основания, возрастают, но остаются в пределах допустимых значений, и недопустимых пластических деформаций не возникает.

3. Разработана на уровне полезной модели конструкция устройства композитного трубопроводного основания.

4. Разработана технология монтажа конструкции устройства композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках.

5. Приведены показатели технико-экономической эффективности применения предлагаемой конструкции трубопроводного основания в условиях болот с учетом природно-климатических условий и сезонных изменений.

Результаты исследований в работе дают предпосылки для внедрения в практику строительства разработанной конструкции устройства композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках.

Список литературы

1. Бородавкин П.П., Таран В.Д. Трубопроводы в сложных условиях. М.: Недра, 1968. 304 с.
2. Никифорова Н.С. Магистральные трубопроводы в условиях болот и обводненной местности // Газовая промышленность. 2010. № 6 (647). С. 31.
3. Пат. 2630939 РФ, МПК Е 01 С 3/04. Устройство композитного понтона под основание трубопроводной трассы на болотах и вечномерзлых грунтах / А.Ф. Закураев, В.А. Иванов, А.В. Рябков, С.А. Плотников. 2016116360, Заявлено 26.04.2016; Оpubл. 14.09.2017. Бюл. 26.
4. Пат. 192586 РФ, МПК Е 01 С 3/04. Устройство композитного трубопроводного основания на болотах и обводненных участках / К.В. Кожаева, Д.Р. Губайдуллин, И.Ф. Кантемиров. 2019121814, Заявлено 09.07.2019; Оpubл. 23.09.2019. Бюл. 27.
5. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: СамГТУ, 2010. 271 с.
6. Дерцакян А.К., Васильев Н.П. Строительство трубопровода на болотах и многолетне-

References

1. Borodavkin P.P., Taran V.D. *Truboprovody v slozhnykh usloviyakh* [Pipelines in Difficult Conditions]. Moscow, Nedra Publ., 1968. 304 p. [in Russian].
2. Nikiforova N.S. *Magistral'nye truboprovody v usloviyakh bolot i obvodnennoi mestnosti* [Trunk Pipelines in Wetlands]. *Gazovaya promyshlennost' - GAS Industry of Russia*, 2010, No. 6 (647), pp. 31. [in Russian].
3. Zakuraev A.F., Ivanov V.A., Ryabkov A.V., Plotnikov S.A. *Ustroistvo kompozitnogo pontona pod osnovanie truboprovodnoi trassy na bolotakh i vechnomerzlykh gruntakh* [Composite Pontoon Device for the Base of the Pipeline Route in Swamps and Permafrost Soils]. Patent RF, No. 2630939, 2017. [in Russian].
4. Kozhaeva K.V., Gubaidullin D.R., Kantemirov I.F. *Ustroistvo kompozitnogo truboprovodnogo osnovaniya na bolotakh i obvodnennykh uchastkakh* [The Construction of a Composite Pipeline Base in Swamps and Waterlogged Areas]. Patent RF,

мерзлых грунтах. М.: Недра, 1978. 167 с.

7. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. М.: Физматгиз, 1959. 568 с.

8. Рябков А.В., Шиповалов А.Н., Сероштанов И.В. Всесезонное строительство трубопроводов // Деловой журнал «Neftegaz.RU». 2015. № 11-12. С. 30-33.

9. Кожаева К.В., Губайдуллин Д.Р. Метод строительства и ремонта магистральных трубопроводов на болотах III типа // Трубопроводный транспорт - 2019: тез. докл. XIV Междунар. учеб.-науч.-практ. конф. Уфа: УГНТУ, 2019. С. 223.

10. Губайдуллин Д.Р., Кожаева К.В. Совершенствование технологий сооружения и ремонта магистральных трубопроводов на болотах III типа // Научные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: матер. IX Междунар. молодежн. науч. конф. Уфа: БашГУ, 2019. С. 32-35.

No. 192586, 2019. [in Russian].

5. Bruyaka V.A. *Inzhenernyi analiz v ANSYS Workbench* [Engineering Analysis at ANSYS Workbench]. Samara, SamGTU Publ., 2010. 271 p. [in Russian].

6. Dertsakyan A.K., Vasilev N.P. *Stroitel'stvo truboprovoda na bolotakh i mnogoletnemerzlykh gruntakh* [Pipeline Construction in Swamps and Permafrost]. Moscow, Nedra Publ., 1978. 167 p. [in Russian].

7. Vlasov V.Z. *Tonkostennye uprugie stержni* [Thin-Walled Elastic Rods]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1959. 568 p. [in Russian].

8. Ryabkov A.V., Shipovalov A.N., Seroshchanov I.V. *Vsesazonnoe stroitel'stvo truboprovodov* [Year-Round Pipeline Construction]. *Delovoi zhurnal «Neftegaz.RU» - Business Magazine «Neftegaz.RU»*, 2015, No. 11-12, pp. 30-33. [in Russian].

9. Kozhaeva K.V., Gubaidullin D.R. *Metod stroitel'stva i remonta magistral'nykh truboprovodov na bolotakh III tipa* [The Method of Construction and Repair of Trunk Pipelines in Type III Swamps]. *Tezisy dokladov XIV Mezhdunarodnoi uchebno-nauchno-prakticheskoi konferentsii «Truboprovodnyi transport - 2019»* [Abstracts of the XIV International Educational-Scientific-Practical Conference «Pipeline Transport - 2019»]. Ufa, UGNTU Publ., 2019, pp. 223. [in Russian].

10. Gubaidullin D.R., Kozhaeva K.V. *Sovershenstvovanie tekhnologii sooruzheniya i remonta magistral'nykh truboprovodov na bolotakh III tipa* [Improving the Technology of Construction and Repair of Trunk Pipelines in Type III Swamps]. *Materialy IX Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii «Naukoemkie tekhnologii v reshenii problem neftegazovogo kompleksa»* [Materials of the IX International Youth Scientific Conference «High-Tech in Solving the Problems of the Oil and Gas Complex»]. Ufa, BashGU Publ., 2019, pp. 32-35. [in Russian].

Авторы

• Кожаева Ксения Валерьевна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: msjealous@mail.ru

• Губайдуллин Данил Рамилович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: rfrb@bk.ru

The Authors

• Kozhaeva Kseniya V., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Gas and Oil Pipelines
and Storage Facilities Construction and Repair
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: msjealous@mail.ru

• Gubaidullin Danil R.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Gas and Oil Pipelines and Storage
Facilities Construction and Repair Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: rfrb@bk.ru