

УДК 624.014.27:621.3.05

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОЙ ТРУБЫ (НКТ) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР ВЛ 6–10 КВ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Койнов Н.И., Коркишко А.Н.

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень,
e-mail: koynov93@gmail.com*

Настоящая статья посвящена оценке технической эффективности и экономической целесообразности применения насосно-компрессорной трубы (НКТ) в строительстве промежуточных опор воздушных линий электропередач (ВЛ 6–10 кВ) при обустройстве нефтегазоконденсатных месторождений в условиях Крайнего Севера. В статье рассматривается техническая возможность и экономическая целесообразность применения составного сечения промежуточной опоры ВЛ, состоящего из двух труб НКТ, сваренных между собой. При помощи программного обеспечения SCAD office был выполнен расчет прочности предлагаемого варианта сечения на предмет восприятия проектной нагрузки с учетом воздействия климатических факторов. Был выполнен сравнительный анализ стоимости строительства 1 км трассы ВЛ из традиционных материалов и из трубы НКТ. По результатам расчетов сделан вывод о целесообразности применения данного материала при строительстве ВЛ 6–10 кВ.

Ключевые слова: ВЛ 6–10 кВ, обустройство месторождений, насосно-компрессорная труба, безотходное производство

FEASIBILITY STUDY APPLICATION TUBING (NKT) IN CONSTRUCTION INTERMEDIATE SUPPORTS 6–10 KV OVERHEAD LINES WHEN FIELD DEVELOPMENT

Koynov N.I., Korkishko A.N.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: koynov93@gmail.com

This article is devoted to assessing the technical effectiveness and economic feasibility of the tubing (NKT) in the construction of piers air whether power-tions (6–10 kV) in the regeneration of oil and gas fields in the Far North. The article discusses the technical possibility and economic feasibility of the use of the composite of the intermediate support cross-section of overhead lines, consisting of two tubes tubing welded together. With SCAD office software has been calculated the strength of the proposed option section for the perception of the design load, taking into account the impact of cus-matic factors. comparative analysis of the cost of the construction was carried out 1 km of overhead lines of traditional materials and tubing from the pipe. The calculations concluded that the feasibility of using this material in the construction of 6–10 kV overhead lines.

Keywords: 6–10 kV overhead lines, field development, tubing, non-waste production

Обустройство нефтяных месторождений является достаточно дорогостоящим процессом, особенно для объектов, расположенных в условиях Крайнего Севера. Данное мероприятие включает в себя такие этапы, как: инженерная подготовка кустовых площадок [2], строительство автодорог и нефтесборных трубопроводов, строительство высоковольтных воздушных линий (ВЛ). Высокая стоимость строительно-монтажных работ (СМР) связана напрямую с суровыми погодными условиями и труднодоступностью объектов. Строительство высоковольтных воздушных линий является одной из основных статей расходов при обустройстве кустовых площадок. Поиск оптимальных решений в области применения нетрадиционных строительных материалов позволил бы значительно сократить расхо-

ды, тем самым повысить экономическую выгоду не в ущерб качеству производства СМР. Одним из таких решений является применение бывшей в употреблении насосно-компрессорной трубы (НКТ) в строительстве промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ.

В ходе процесса капитального ремонта скважины (КРС) образуются большие запасы отработанной трубы НКТ, требующей определенных мероприятий по восстановлению, либо утилизации [6]. Вариантом реализации данного вида материала может служить применение его при строительстве ВЛ.

Для оценки технической целесообразности и экономической эффективности применения данного вида материала необходимо:

– произвести предварительный теоретический расчет прочности на возможность

восприятия проектной нагрузки с учетом гололедно-ветровых воздействий, характерных для районов Крайнего Севера;

– рассчитать фактическую стоимость строительства 1 километра трассы промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ, выполненных из трубы НКТ с учетом операций, направленных на изготовление опоры;

– сравнить себестоимость производства данного вида работ с себестоимостью реализации типовых проектных решений при строительстве промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ.

В целях оценки несущей способности опоры из предложенного материала необходимо выполнить расчет стойки на предмет восприятия проектной нагрузки с учетом обледенения и ветрового воздействия, что является немалозначимым фактором для северных широт.

За исходные данные примем г. Ноябрьск, расположенный в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Данный город относится к подрайону строительства – 1Д с суровыми климатическими условиями. В нем расположено большое количество место-

рождений Российского топливно-энергетического комплекса. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92, составляет – минус 40 °С [5]. Расчетное значение веса снегового покрова для V района – 3,2 (320) кПа (кгс/м²). Нормативное значение ветрового давления для I района 0,23 (23) кПа (кгс/м²) [7].

Трубу НКТ примем диаметром 114,4 мм и длиной 10,5 м с толщиной стенки 7,0 мм [1].

В ходе расчета трубы, диаметром 114x7 мм на предмет использования ее в качестве одинарной стойки опоры ВЛ не выполняется условие гибкости [4]:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} = \frac{1050 \cdot 2}{3,791} = 553,94 > 350.$$

Далее рассмотрен вариант возможности применения составного сечения, состоящего из двух труб, сваренных между собой стальными пластинами с шагом 1 м по всей длине.

Общий вид опоры представлен на рис. 1. Определение геометрических характеристик составного сечения.

Сечение состоит из 2 труб 114x7 мм (рис. 2).

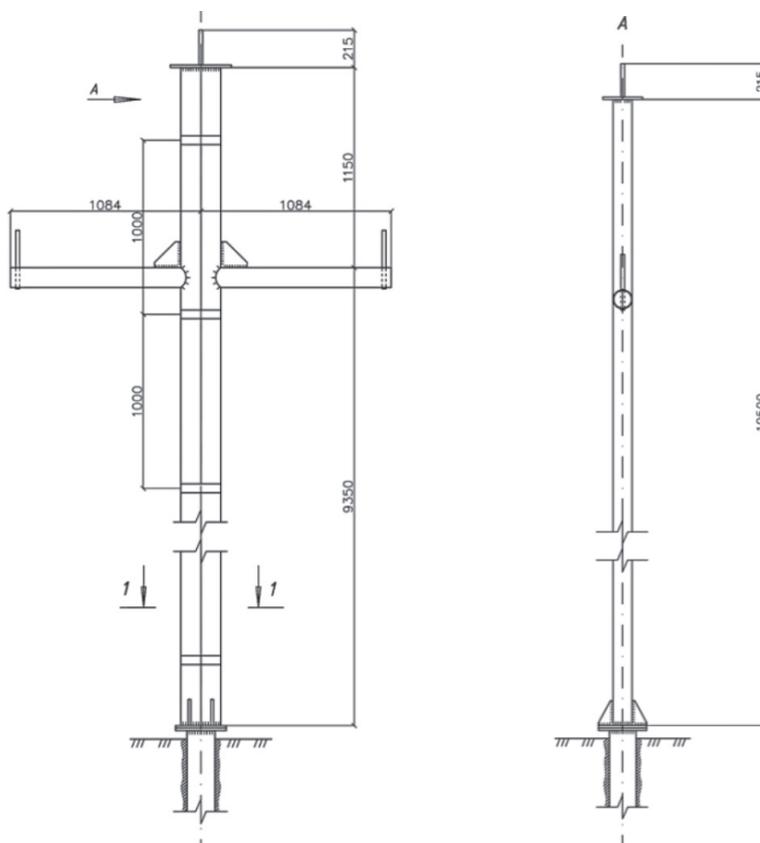


Рис. 1. Общий вид опоры

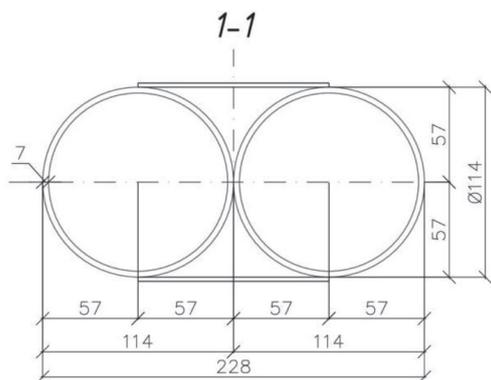


Рис. 2. Составное сечение опоры

Площадь составного сечения составляет:

$$A_{\text{сост}} = 2 \cdot A_1 = 2 \cdot 23,531 = 47,062 \text{ см}^2.$$

Момент инерции относительно оси X и Y сечения одной трубы составляет

$$I_{x1} = I_{y1} = 338,193 \text{ см}^4.$$

Момент инерции составного сечения относительно оси X составляет

$$I_{x\text{сост}} = 2 \cdot (I_{x1} + A_1 \cdot a^2) = 2 \cdot (338,193 + 23,531 \cdot 5,7^2) = 2205,43 \text{ см}^4,$$

где a – расстояние от центра сечения одной трубы до центра составного сечения равно $5,7$ см.

Момент инерции составного сечения относительно оси Y составляет

$$I_{y\text{сост}} = 2 \cdot I_{y1} = 2 \cdot 338,193 = 676,386 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления составного сечения относительно оси X составляет

$$W_x = I_{x\text{сост}} / d = 2205,43 / 11,4 = 193,46 \text{ см}^3,$$

где d – диаметр трубы, равный $11,4$ см.

Момент сопротивления составного сечения относительно оси Y составляет

$$W_y = I_{y\text{сост}} / r = 676,386 / 5,7 = 118,66 \text{ см}^3,$$

где r – радиус трубы, равный $5,7$ см.

Радиус инерции составного сечения относительно оси X составляет

$$i_{x\text{сост}} = \sqrt{\frac{I_{x\text{сост}}}{A_{\text{сост}}}} = \sqrt{\frac{2205,43}{47,062}} = 6,85 \text{ см.}$$

Радиус инерции составного сечения относительно оси Y составляет

$$i_{y\text{сост}} = \sqrt{\frac{I_{y\text{сост}}}{A_{\text{сост}}}} = \sqrt{\frac{676,386}{47,062}} = 3,79 \text{ см.}$$

В табл. 1 представлен сбор нагрузок, приходящихся на опору.

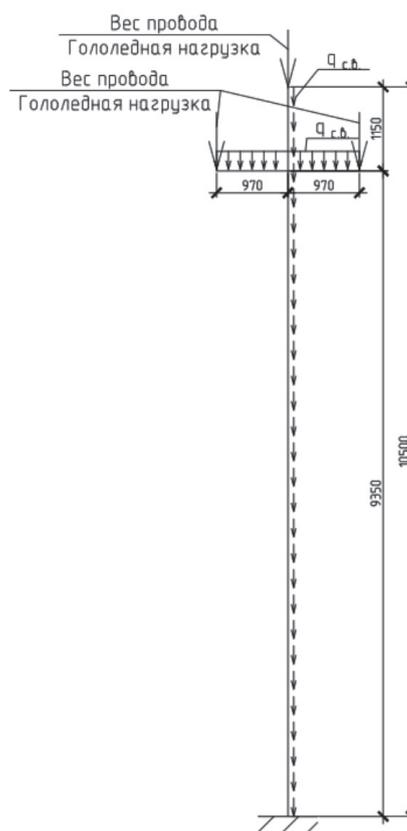


Рис. 3. Расчетная схема

Таблица 1

Сбор нагрузок

№ п/п	Наименование	Нагрузка	γ_c	Расчетная нагрузка
1	Собственный вес опоры из труб диаметром 114x7 мм	36,92 кг/м	1,05	38,766 кг/м
2	Гололедная нагрузка	0,275 кг/м	1,3	0,357 кг/м
3	Собственный вес силового кабеля АС-120	0,383 кг/м	1,3	0,4979 кг/м
4	Собственный вес монтажника с инструментом	0,1 т	1,3	0,13 т
5	Траверсы под провода (влево и вправо)	18,56 кг/м	1,05	19,383 кг/м
6	Ветровая нагрузка, действующая на опору			
6.1	С подветренной стороны	18,4 кг/м ²	1,4	25,76 кг/м ²
6.2	С наветренной стороны	13,8 кг/м ²	1,4	19,32 кг/м ²

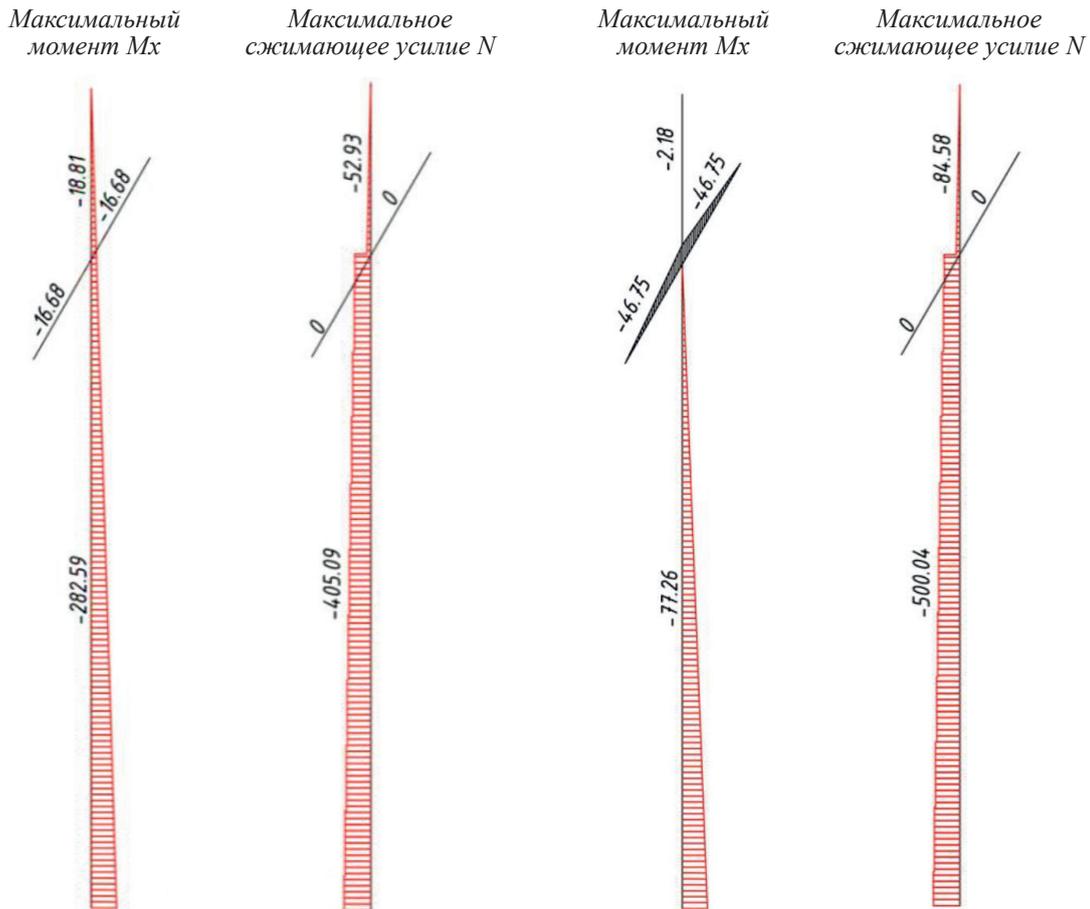


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов при обрыве проводов

Рис. 5. Эпюры изгибающих моментов без обрыва проводов

Для расчета использовано программное обеспечение SCAD office.

Расчетная схема опоры представлена на рис. 3.

Наибольший изгибающий момент возникает при обрыве проводов справа при совместном действии ветровой и гололедной нагрузки.

На рис. 4 представлены эпюры изгибающих моментов при худшем сочетании нагрузок с учетом обрыва проводов.

На рис. 5 представлены нагрузки при отсутствии обрыва проводов:

Выполним поверочный расчет прочности и устойчивости составного сечения при данных вариантах напряжений.

Согласно п. 9.3.2 СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» для сквозного сечения стойки при $m > 20$ расчет выполняется как для изгибаемого элемента:

$$e = \frac{M}{N} = \frac{28259}{405,09} = 69,75 \text{ см.}$$

где N – сжимающая сила,
 M – максимальный момент в сечении.

$$m = \frac{e \cdot Aa}{I} = \frac{69,75 \cdot 47,062}{118,66} = 27,66.$$

Расчет на прочность для первого сочетания нагрузок выполнен по формуле

$$\frac{M}{W_{n,min} R_y \gamma_c} \leq 1,$$

где A – площадь сечения,
 R_y – расчетное сопротивление стали,
 γ_c – коэффициент надежности по назначению.

$$\frac{28259}{(193,46 \cdot 118,66 \cdot 2450 \cdot 1)} = 0,005 \leq 1.$$

Исходя из выполненного расчета получаем, что условие прочности и гибкости стойки выполняется.

Таблица 2

Стоимость 1 км трассы ВЛ из трубы НКТ

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость единицы, рублей	Общая стоимость, рублей
1	ТЕР04-01-041-03	Шнековое бурение станками типа СО-2 глубиной бурения до 12 м в грунтах группы 3	100 м бурения скважины	0,4	7700,63	3080,25
2	ТЕР08-01-003-07	Покрытие подземных м/к свай (горячей) битумно-резиновой мастикой в 2 слоя	100 м ² изолируемой поверхности	0,12	586,7	70,4
3	СЦМ-101-2016	Мастика битумно-резиновая МБР изоляционная для защиты алюминиевой оболочки и брони от коррозии	кг	30	8,06	241,8
4	ТЕР05-01-095-06	Установка в скважины в мерзлых и вечномёрзлых грунтах стальных свай объемом до 0,2 м ³	1 м ³ свай	2,78	1386,45	3854,3
5	СЦМ-103-0534	Трубы бесшовные обсадные из стали группы Д и Б с короткой треугольной резьбой, наружный диаметр 194 мм, толщина стенки 10,9 мм	м	58	1031,3	59815,4
6	ТЕР05-01-009-01	Заполнение бетоном полых свай и свай-оболочек диаметром до 80 см	1 м ³ бетона полости сваи	2,78	866,54	2408,98
7	ТЕР05-01-063-01	Заполнение раствором пустот между стенкой скважины и телом сваи	1 м ³ конструктивного объема пустот	1,38	55,38	76,42
8	СЦМ-402-0004	Раствор готовый кладочный цементный, марка 100	м ³	1,38	378,78	522,71
9	ТЕР13-03-002-04	Огрунтовка надземных металлических поверхностей за один раз грунтовкой ГФ-021	100 м ² окрашиваемой поверхности	0,11	424,91	46,61
10	ТЕР13-03-004-26	Окраска надземных металлических поверхностей эмалью ПФ-115 в 2 слоя	100 м ² окрашиваемой поверхности	0,11	1336,73	147,04
11	ТЕР09-06-001-02	Монтаж лотков, решеток, загворов из полосовой и тонколистовой стали	1 т конструкций	0,0628	1214,74	76,28
12	ТСЦ-201-0768	Отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений с преобладанием толстолистовой стали, средняя масса сборочной единицы до 0,5 т	т	0,0628	10588,54	664,96
13	ТЕР33-04-003-01	Установка железобетонных опор ВЛ 0,38; 6–10 кВ с траверсами без приставок одностоечных	1 опора	20	199,26	3985,2
14	По цене приема металлолома	Б/У труба НКТ 114 мм, толщина стенки 7 мм	м	420	129,5	54390
15	ТЕР33-02-013-05	Установка деталей крепления опор, дополнительных ходовых скоб массой до 0,2 т	1 т конструкций	0,1792	1214,74	217,7
16	СЦМ-201-0764	Отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений с преобладанием гнутосварочных профилей, средняя масса сборочной единицы свыше 0,1 до 0,5 т	1 т конструкций	0,1792	9145,9	1638,94
17	ТЕР13-03-002-04	Огрунтовка металлических опор за один раз	100 м ² окрашиваемой поверхности	1,5	424,91	639,07
18	ТЕР13-03-004-26	Окраска эмалью ПФ-115 в 2 слоя	100 м ² окрашиваемой поверхности	1,5	1336,73	2005,1
Итого, прямые затраты по разделу в ценах 2001 г.						133881,16
В ценах на 4 квартал 2016 г. Постановление Правительства ЯНАО от 11 ноября 2016 года № 1072-П [3] 133881,16 * (7,3)						997332,47

Таблица 3

Стоимость 1 км трассы ВЛ из традиционных материалов

№ п/п	Обоснование	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость, рублей	Общая стоимость, рублей
1	ТЕР04-01-041-03	Шнековое бурение станками типа СО-2 глубиной бурения до 12 м в грунтах группы 3	100 м бурения скважины	0,4	7700,63	3080,25
2	ТЕР08-01-003-07	Покрытие подземных м/к свай (горячей) битумно-резиновой мастикой в 2 слоя	100 м ² изолируемой поверхности	0,12	586,7	70,4
3	СЦМ-101-2016	Мастика битумно-резиновая МБР изоляционная для защиты алюминиевой оболочки и брони от коррозии	кг	30	8,06	241,8
4	ТЕР05-01-095-06	Установка в скважины в мерзлых и вечномерзлых грунтах: стальных свай объемом до 0,2 м ³	1 м ³ свай	2,78	1386,45	3854,3
5	СЦМ-103-0534	Трубы бесшовные обсадные из стали группы Д и Б с короткой треугольной резьбой, наружный диаметр 194 мм, толщина стенки 10,9 мм	м	58	1031,3	59815,4
6	ТЕР05-01-009-01	Заполнение бетоном полых свай и свай-оболочек диаметром до 80 см	1 м ³ бетона полости сваи	2,78	866,54	2408,98
7	ТЕР05-01-063-01	Заполнение раствором пустот между стенкой скважины и телом сваи	1 м ³ конструктивного объема пустот	1,38	55,38	76,42
8	СЦМ-402-0004	Раствор готовый кладочный цементный, марка 100	м ³	1,38	378,78	522,71
9	ТЕР13-03-002-04	Огрунтовка надземных металлических поверхностей за один раз грунтовкой ГФ-021	100 м ² окрашиваемой поверхности	0,11	424,91	46,61
10	ТЕР13-03-004-26	Окраска надземных металлических поверхностей эмалью ПФ-115 в 2 слоя	100 м ² окрашиваемой поверхности	0,11	1336,73	147,04
11	ТЕР09-06-001-02	Монтаж лотков, решеток, затворов из полосовой и тонколистовой стали	1 т конструкций	0,0628	1214,74	76,28
12	ТСЦ-201-0768	Отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений с преобладанием толстолистовой стали, средняя масса сборочной единицы до 0,5 т	т	0,0628	10588,54	664,96
13	ТЕР33-04-003-01	Установка железобетонных опор ВЛ 0,38; 6–10 кВ с траверсами без приставок одноствоечных	1 опора	20	199,26	3985,2
14	Прайс-лист	Труба бесшовная 159x8 сталь 20	м	210	2076	435960
15	ТЕР33-02-013-05	Установка деталей крепления опор, дополнительных ходовых скоб массой до 0,2 т	1 т конструкций	0,1792	1214,74	217,7
16	СЦМ-201-0764	Отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений с преобладанием гнутосварочных профилей, средняя масса сборочной единицы свыше 0,1 до 0,5 т	1 т конструкций	0,1792	9145,9	1638,94
17	ТЕР13-03-002-04	Огрунтовка металлических опор за один раз	100 м ² окрашиваемой поверхности	1,5	424,91	639,07
18	ТЕР13-03-004-26	Окраска эмалью ПФ-115 в 2 слоя	100 м ² окрашиваемой поверхности	1,5	1336,73	2005,1
Итого, прямые затраты по разделу в ценах 2001 г.						435960
В ценах на 4 квартал 2016 г. Постановление Правительства ЯНАО от 11 ноября 2016 года № 1072-П 133881,16 * (7,3)						3182508

В целях оценки экономической целесообразности проведем сравнительный анализ сметной стоимости строительства 1 километра трассы ВЛ 6–10 кВ из предложенного материала и материала, применяемого в типовых проектных решениях без учета проводниковой продукции и крепежной арматуры.

За стоимость трубы НКТ примем стоимость скупки черного металлолома в г. Ноябрьск, т.к. данная труба уже принадлежит компании и необходимость в ее закупке и доставке отсутствует. Стоимость за 1 кг металлолома в среднем составляет 7 руб. Таким образом, цена 1 метра трубы НКТ составляет 129,5 руб.

В табл. 2 представлен предварительный сметный расчет стоимости строительства 1 км опор трассы ВЛ с пролетом 50 метров с применением составного сечения из трубы НКТ.

По итогам предварительного сметного расчета стоимости строительства 1 км трассы ВЛ по основным видам СМР без учета проводниковой продукции и крепежной арматуры с применением составного сечения из трубы НКТ составила 997332,47 рублей.

Стоимость выполнения СМР определена по единичным расценкам сборников ТЕР-2001. Расчет в ценах 2001 года индексируется в цены текущего периода (четвертый квартал 2016 года), с применением регионального индекса ЯНАО для 3 зоны, без учета накладных расходов и сметной прибыли для данных видов работ.

В табл. 3 представлен предварительный сметный расчет стоимости строительства 1 км опор трассы ВЛ с пролетом 50 метров с применением традиционных материалов.

По итогам предварительного сметного расчета стоимости строительства 1 км трассы ВЛ по основным видам СМР без учета проводниковой продукции и крепежной арматуры с применением традиционных материалов составила 3182508 рублей.

Таким образом, по результатам предварительных подсчетов можно судить о том, что применение трубы НКТ является технически возможным и на 69% удешевляет стоимость строительства промежуточных опор ВЛ.

В целях внедрения данной технологии в производство необходимо:

- разработать проектное решение на применение отработанной насосно-компрессорной трубы при строительстве промежуточных опор ВЛ 6–10 кВ в условиях Крайнего Севера;

- разработать единичные расценки на процесс изготовления и установки данного вида опор.

Внедрение данного технологического решения позволит значительно снизить се-

бестоимость строительства, сведя к минимуму затраты на закупку и доставку новой трубы, а также позволит исключить расходы на утилизацию бывшей в употреблении НКТ, что поспособствует достижению цели безотходного производства.

Список литературы

1. ГОСТ 633-80. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3) СП 16.13330. 2011; URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006515>.

2. Коркишко А.Н. Особенности разработки и экспертизы проектно-сметной документации на сухоройные карьеры песка в районах вечной мерзлоты для обустройства нефтяных и газовых месторождений / Коркишко А.Н. // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 4.

3. Об утверждении предельно допустимых индексов изменения сметной стоимости строительных, монтажных и ремонтно-строительных работ и номенклатурного сборника предельных отпускных и сметных цен на строительные материалы, изделия, конструкции на 4 квартал 2016 года/ Постановление Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 11 ноября 2016 года № 1072-П; URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/8900201611180023>.

4. Свод правил: СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1); URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200084089>.

5. Свод правил: СП 131.13330. 2012 «СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» Министерство регионального развития. – М., 2012.

6. Справочная книга по текущему и капитальному ремонту нефтяных и газовых скважин/ А.Д. Амиров, А.А. Джафаров, К.А. Карапетов, Ф.Д. Лемберанский, А.С. Яшин. – Москва, Недра, 1976. – 309 с.

7. Строительные нормы и правила: СНиП 2.01.07 – 85. Нагрузки и воздействия [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 1987. – 36 с.

References

1. GOST 633-80. Truby nasosno-kompressornye i mufty k nim. Tehnicheskie uslovija (s Izmenenijami N 1, 2, 3) SP 16.13330. 2011; URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006515>.

2. Korkishko A.N. Osobennosti razrabotki i jekspertizy projektno-smetnoj dokumentacii na suhorojnye karery peska v rajonah vechnoj merzloty dlja obustrojstva nefjtjanyh i gazovyh mestorozhdenij / Korkishko A.N. // Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. no. 4.

3. Ob utverzhenii predelno dopustimyh indeksov izmenenija smetnoj stoimosti stroitelnyh, montazhnyh i remonto-stroitelnyh rabot i nomenklaturного sbornika pre-delnyh otpusknyh i smetnyh cen na stroitelnye materialy, izdelija, konstrukcii na 4 kvartal 2016 goda/ Postanovlenie Pravitelstva Jamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga ot 11 nojabrja 2016 goda no. 1072-P; URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/8900201611180023>.

4. Svod pravil: SP 16.13330.2011 Stalnye konstrukcii. Aktualizirovannaja redakcija SNiP II-23-81* (s Izmenenijem N 1); URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200084089>.

5. Svod pravil: SP 131.13330. 2012 «SNiP 23-01-99* «Stroitel'naja klimatologija» Ministerstvo regionalnogo razvitija. M., 2012.

6. Spravochnaja kniga po tekushchemu i kapitalnomu remontu nefjtjanyh i gazovyh skvazhin/ A.D. Amirov, A.A. Dzhaфарov, K.A. Karapetov, F.D. Lemberanskiy, A.S. Jashin. Moskva, Nedra, 1976. 309 p.

7. Stroitelnye normy i pravila: SNiP 2.01.07 85. Nagruzki i vozdeystvija [Tekst]: normativno-tehnicheskij material. Moskva: [b.i.], 1987. 36 p.