

Сравнение
эффективности
замораживания грунтов
термостабилизаторами
различных производителей

Сравнение эффективности замораживания грунтов термостабилизаторами производилось путем расчета радиусов замораживания грунта для Ванкорского, Бованенковского, Чаяндинского месторождений и Варандейского терминала.

В качестве грунтовых условий принят незасоленный песок с плотностью 1,6 т/м³, влажностью 20%, температурой +1°С и температурой начала замерзания -0,1°С.

Температура воздуха и скорость ветра приняты согласно СП 131.1333.0.2012 «Строительная климатология» и приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 Значения температур и скорости ветра для Ванкорского месторождения по метеостанции Игарка

	Месяцы												Средняя в год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха, °С	-28,3	-26,7	-18,6	-11,1	-1,9	9,1	15,4	12,0	4,8	-6,9	-20,0	-25,4	-8,1
Скорость ветра, м/с	4,3	3,8	4,0	4,0	4,3	4,2	3,5	3,5	4,0	4,4	3,9	4,1	4,0

Таблица 2 Значения температур и скорости ветра для Бованенковского месторождения по метеостанции Марресале

	Месяцы												Средняя в год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха, °С	-21,7	-22,4	-17,8	-13,5	-5,5	2,0	7,3	7,0	3,7	-4,5	-13,0	-18,0	-8,0
Скорость ветра, м/с	7,6	7,1	7,2	6,8	7,1	6,5	5,9	6,4	6,9	7,4	7,6	7,5	7,0

Таблица 3 Значения температур и скорости ветра для Чайндинского месторождения по метеостанции Комака

	Месяцы												Средняя в год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха, °С	-31,9	-27,3	-17,6	-4,7	4,8	12,8	15,7	12,3	4,6	-6,6	-19,2	-27,0	-7,0
Скорость ветра, м/с	0,7	1,1	1,3	1,4	1,6	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7

Таблица 4 Значения температур и скорости ветра для Варандейского терминала

	Месяцы												Средняя в год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха, °С	-17,8	-19,2	-17,0	-9,5	-3,4	2,8	8,9	8,8	4,9	-2,2	-9,5	-14	-5,6
Скорость ветра, м/с	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,2	5,8	6,1	7,1	6,0	6,0	6,0	6,1

10 м геометрические размеры термостабилизаторов, принятые для расчетов

8,9 м глубина погружения в грунт

Производственные компании, участвующие в сравнительном анализе

ООО «Ньюфрост»,
г. Протвино, Московская область



ООО «Проектстабилизатор»,
г. Москва



ООО «Таис-С»,
г. Салехард



ОАО «Фундаментпроект»,
г. Москва



ООО «ИнжГеоСервис-Норд»,
г. Москва



ЗАО «Интер Хит Пайп»,
г. Москва



ООО НПО «Север»,
г. Москва



ООО НПО «Полюс»,
г. Тюмень



ООО НПО «Фундаментстройаркос»,
г. Тюмень



Геометрические размеры оребрения и диаметр корпуса приводятся по Техническим условиям и рекламным материалам организаций. При изменении параметров оребрения радиусы замораживания грунтов изменяются.

Расчет радиусов замораживания грунтов производился по аналитическим формулам согласно методике Г.В. Аникина, С.Н. Плотникова, К.А. Спасенниковой «Расчет динамики промерзания грунта под воздействием одиночного термосифона», Институт криосферы Земли СО РАН.

При расчетах учитывались природно-климатические условия, размеры корпуса испарителя и поверхности оребрения с учетом коэффициента эффективности оребрения. Коэффициент эффективности оребрения характеризует к.п.д. оребрения.



Чем выше коэффициент эффективности ребра, тем больше тепла ребро передает.

Коэффициент эффективности оребрения зависит от теплопроводности материала оребрения, длины и толщины ребер, а также тепловой нагрузки.

0,9-0,95

коэффициент эффективности ребра
для алюминиевых ребер

0,6-0,7

для стальных ребер
с лакокрасочным покрытием

Таким образом, поверхность алюминиевых ребер практически вся включена в теплообмен с воздухом, тогда как поверхность стальных ребер с лакокрасочным покрытием включена в теплообмен на две трети (2 / 3).

Таблица 5

Радиусы замораживания термостабилизаторов различных производителей общей длиной 10 метров.

Основные показатели	ООО «Ньюфрост» г. Протвино Московской обл.	ООО НПФ «Проект-стабилизатор» г. Москва	ООО «Таис-С» г. Салехард	ОАО «Фундамент-проект» г. Москва	ООО «ИнжГеоСервис-Норд» г. Москва	ЗАО «Интер Хит Пайп» г. Москва	ООО НПО «Север» г. Москва	ООО НПО «Полус» г. Тюмень	ООО НПО «Фундаментстрой-аркос» г. Тюмень
Марки термостабилизаторов	НФ	ОГВА	ТМД	ТСГ.В	СТС	ТСГ-8АС	ТСГ.В	ТС-33,7-54/L	ТК32/L.M5-03
Хладагент	Хладон 22	Хладон 22	Хладон 22	Хладон 22	Аммиак	Хладон 22	Хладон 22	Хладон 22	Аммиак, углекислота
Размер оребрения конденсатора, материал, шаг ребер, толщина ребер, покрытие	71 мм алюминий 3,2 мм 1 мм нет	61 мм алюминий 5 мм 1 мм нет	100 мм сталь 15 мм 2 мм лакокрасочное	140 мм сталь 15 мм 2 мм лакокрасочное	68 мм алюминий 4,5 мм 1,0 мм нет	126 мм алюминий звездообразное 1 мм нет	120 мм сталь 15 мм 2 мм лакокрасочное	65 мм алюминий 2,5 мм 0,5 мм нет	67 мм алюминий 2,5 мм 0,5 мм нет
Длина оребрения конденсатора, мм	900	750	880	900	880	800 (принято)	900	900	784
Площадь оребрения конденсатора, м2	1,44	0,9	1,17	1,71	1,04	1,60	1,25	1,60	1,57
Диаметр корпуса испарителя, мм	38	32	38	38	32	54	38	33,7	33,7
Толщина стенки корпуса, мм	2	Нет данных	2	3	Нет данных	2,5	Нет данных	3,5	3,5
Длина испарителя, м	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	5,9
Длина теплоизоляции на испарителе, м	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	3,0 на глубину деятельного слоя
Радиус замораживания талого песка плотностью 1,6 т/м3 влажностью 20%, температура песка +1°C, температура начала замерзания -0,1°C, установленных на:									
Ванкорском месторождении	1,2 м	1,02 м	1,01 м	1,17 м	1,17 м	1,24 м	1,17 м	1,25 м	1,33 м
Бованенковском месторождении	1,15 м	1,03 м	1,01 м	1,13 м	1,15 м	1,21 м	1,13 м	1,22 м	1,28 м
Чаяндинском месторождении	1 м	0,82 м	0,83 м	1,01 м	0,98 м	1,05 м	1,01 м	1,06 м	1,16 м
Варандейском терминале	1 м	0,9 м	0,88 м	0,99 м	1,01 м	1,07 м	0,99 м	1,08 м	1,13 м

Как видно из таблицы №5, для всех конструкций термостабилизаторов наибольшие радиусы замораживания грунтов получаются на Ванкорском и Бованенковском месторождениях. Немного меньше значения радиусов грунтов получены на Чаяндинском месторождении и наименьшие радиусы замораживания грунтов получены на Варандейском терминале. Это связано с природно-климатическими условиями регионов.

На Ванкорском месторождении низкие зимние значения температуры воздуха и средние значения скорости ветра обеспечивают наибольший радиус замораживания грунтов.

На Бованенковском месторождении зимние температуры воздуха теплее, чем на Ванкорском месторождении, однако скорость ветра выше, поэтому радиусы замораживания грунтов примерно одинаковы с радиусами замораживания грунтов на Ванкорском месторождении.

Низкие значения скорости ветра на Чаяндинском месторождении, даже в условиях наиболее низких зимних температур воздуха, приводят к уменьшению радиуса замораживания грунтов.

Наиболее теплые значения зимних температур воздуха, даже при высоких скоростях ветра, приводят к наименьшим значениям радиуса замораживания грунтов на Варандейском терминале.



Анализ влияния природно-климатических условий на значения радиусов замораживания грунтов показал, что разница в значениях радиусов замораживания грунтов составляет около 15 %.

Для увеличения радиусов замораживания грунтов на Чаяндинском месторождении и Варандейском терминале необходимо либо увеличивать количество термостабилизаторов, либо применять термостабилизаторы с увеличенной поверхностью оребрения.

Полученные значения радиусов замораживания грунтов различными конструкциями термостабилизаторов представлены в таблице (в убывающем порядке):

1	ТК32/10 М5-03	НПО «Фундаментстройаркос»	1,13....1,33 м
2	ТС-33,7-54/10	НПО «Полюс»	1,06....1,25 м
3	ТСГ-10АС	ЗАО «Интер Хит Пайп»	1,05....1,24 м
4	НФ-10	ООО «Ньюфрост»	1,0... 1,2 м
5	СТС-10	ОАО «ИнжГеоСервис Норд»	0,98 ...1,17 м
6	ТСГ.В 38-10	ОАО «Фундаментпроект»	0,99...1,17м
7	ТСГ.В 38-10	НПО «Север»	0,91,05 м
8	ОГВА-10	НПФ «Проектстабилизатор»	0,82....1,02 м
9	ТДМ-10	ООО «Таис-С»	0,83....1,01 м

Таким образом, разница между наибольшим и наименьшим радиусами замораживания различных термостабилизаторов составляет 30-40%. Разница в радиусах замораживания грунта обусловлена значением поверхности оребрения, коэффициентом эффективности оребрения и длиной испарителя с учетом теплоизоляции на корпусе термостабилизатора.

Следовательно, если в проектах применены термостабилизаторы с большим радиусом замораживания, то применение термостабилизаторов с меньшим радиусом замораживания недопустимо. И наоборот, если в проектах применены термостабилизаторы с меньшим радиусом замораживания грунтов, то возможно применение термостабилизаторов с большим радиусом замораживания без изменения проектной документации, либо возможна корректировка рабочей документации с уменьшением количества термостабилизаторов.



Критериями качества термостабилизаторов являются:

- радиус промораживания;
- качество технологии изготовления;
- долговечность.



Вышеперечисленные факторы непосредственно определяют срок и стоимость эксплуатации термостабилизаторов.

Технико-экономические характеристики термостабилизаторов различных изготовителей представлены в таблицах №6, 7.

Таблица 6

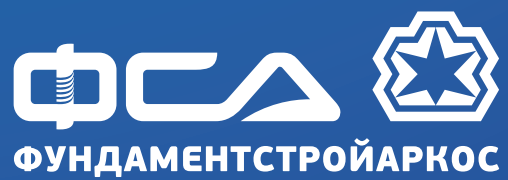
Характеристики предприятий по выпуску термостабилизаторов по состоянию на май 2014 года, полученные по результатам аудита проведенного ООО «ДОРЦЕНТР» по заданию «ГАЗПРОМТРАНС» г. Лабитнанги

Параметры аудита																	
Предприятия	Год образования и начало производства термостабилизаторов	Численность персонала по выпуску систем термостабилизации грунтов	Производственные площади по выпуску систем термостабилизации грунтов	Наличие ISO	Тип оребрения	Тип сварки и тип электродов	Контроль сварки	Подготовка поверхности под АКП	Тип антикоррозионного покрытия (АКП)ц	Контроль толщины и качества покрытия	Хладагент	Тип и материал корпуса. Диаметр корпуса	Выполнение очистки хладагента от примесей	Тип покрытия сварных стыков	Выпуск в месяц всего	Срок службы	Выводы
ООО «Ньюфрост»	19.12.2005 г.	30 чел.-производство	2000 кв.м.	Планируют к 2015 г.	Биметаллическое накатное, алюминий - сталь	Ручная и полуавтомат электроды ОК 46	ВИК и технологический	Да	Цинковое диффузионное, цинкосодержающие краски	Да	Хладон 22, ограничен с 2015, прекращается с 2020 г.	Шовная, Сталь 20 38x2	Нет	Цинкосодержающие краски	2500 ----- 48000	15 лет.	Недостатки: шовная труба, электроды, сталь 20, ручная сварка, малое производство.
ООО НПФ «Проектстабилизатор»	6.11.2006 г.	35 чел.	Нет данных (изделия производятся по кооперации)	Имеется	Монометаллическое, алюминиевое	Ручная и полуавтомат	ВИК и технологический	Нет	Нет	Нет	Хладон 22, ограничен с 2015, прекращается с 2020 г.	Алюминиевые сплавы 32...43	Нет	Нет	2000 ----- 2500	Назначенный срок службы 50 лет, фактический срок службы не более 20 лет.	Малая механическая прочность, малое производство.
ООО «Таис-С»	2012 г.	40 чел.	2000 кв.м.	Планируют к 2015 г.	Монометаллическое, стальное из сварных пластин	Ручная и полуавтомат электроды ОК 46	ВИК	Не выполняется	ГФ-021	Нет	Хладон 22, ограничен с 2015, прекращается с 2020 г.	Шовная труба, Сталь 20 38x2	Нет	ГФ-021	2000 ----- 30000	Назначенный срок службы не более 30 лет, фактический - не более 10 лет.	Недостатки: шовная труба, электроды, сталь 20, ручная сварка, малое производство.
ОАО «Фундаментпроект»	09.08.1951 г. - создание. Начало производства - 1996 г.	40 чел.	7046 кв.м.	Имеется	Монометаллическое, стальное из сварных дисков	Ручная и полуавтомат электроды ОК 46	ВИК, УЗК 1%	Выполняется	Горячее цинкование или цинкосодержающие краски	Выполняется	Хладон 22, ограничен с 2015, прекращается с 2020 г.	Шовная, Сталь 20 38x3	Выполняется	Цинкосодержающие краски	2500 ----- 100000	Срок службы 20 лет.	Недостатки: шовная труба, электроды, сталь 20, ручная сварка, малое производство.
ООО НПО «Фундаментстройаркос»	1991 г.	295 чел.	25000 кв.м.	Имеется	Биметаллическое накатное, алюминий - сталь	Автоматическая, контактно-стыковая	Компьютерный 100% и ВИК	Дробеструйная	Газотермическое цинковое 160 мкм	Выполняется	Аммиак, углекислота	Бесшовная Ст. 20 09Г2С 33,7x3,5	Выполняется	Газотермическое цинковое 80-160 мкм	10000 ----- 363000	Срок службы 30-50 лет.	Серийное автоматизированное производство.

Таблица 7

**Технико - экономическое сравнение термостабилизаторов грунта
различных производителей с типовой длиной испарительной части 12 м.
Сравнительный анализ выполнен силами «Стройгазпроект» на апрель 2016 г.**

Производитель	Марки ТСГ	Теплоноситель	Материал корпуса	Материал испарителя/ оребрения	F_u , м2- площадь поверхности испарителя	F_{pc} , м2- площадь (оребреной) поверхности конденсатора	α_0 , Вт/ (м2 x К)- коэффициент теплопередачи от гладкостенной трубы конденсатора к окружающему воздуху	E - коэффициент эффективности оребрения, учитывая изменения температуры по ребру	$\alpha_{пр}$, Вт/ (м2 x К)- приведенный коэфф. теплопередачи от стенки конденсатора к окружающему воздуху	K_u - коэфф. теплопередачи от грунта к СОУ, отнесенный к площади поверхности испарителя конденсатора	Стоимость в уровне цен 2015 г, с НДС
ОАО «Фундаментпроект»	ТСГ.В.И 38-12	Хладон 22	Электросварная труба С20	Сталь/Сталь	0,835	2,28	17,04	0,724	12,75	34,51	14 843
ООО НПО «Север»	ТСГ.В.И 38-12 М3	Хладон 410А/507	Электросварная труба С20	Сталь/Накатной алюминий	0,835	2,51	17,04	0,981	16,73	50,28	13 275
ООО НПФ «Проектстабилизатор»	ОГВБ-С32121101	Хладон 404А/углекислота	Электросварная труба С20	Сталь/Накатной алюминий	1,005	1,21	18,25	0,983	17,82	21,27	12 848
ООО НПО «Фундамент-стройаркос»	ТК32/12. М5-03	Аммиак/ углекислота	Горячекатаная цельнотянутая бесшовная труба 09Г2С	Сталь/Накатной алюминий	0,741	2,47	17,88	0,978	16,82	56,05 Самый высокий коэффициент теплопередачи	11 211
ООО «Ньюфрост»	НФ-12са	Хладон 410А/507	Электросварная труба С20	Сталь/Накатной алюминий	1,193	1,33	17,04	0,985	16,80	18,73	11 104 Самая низкая цена



ООО Научно-производственное объединение «Фундаментстройаркос»

Россия, 625014, Тюмень, ул. Новаторов, 12.

Тел.: (3452) 22-53-25, 22-54-94.

E-mail: fsa@npo-fsa.ru, www.npo-fsa.ru