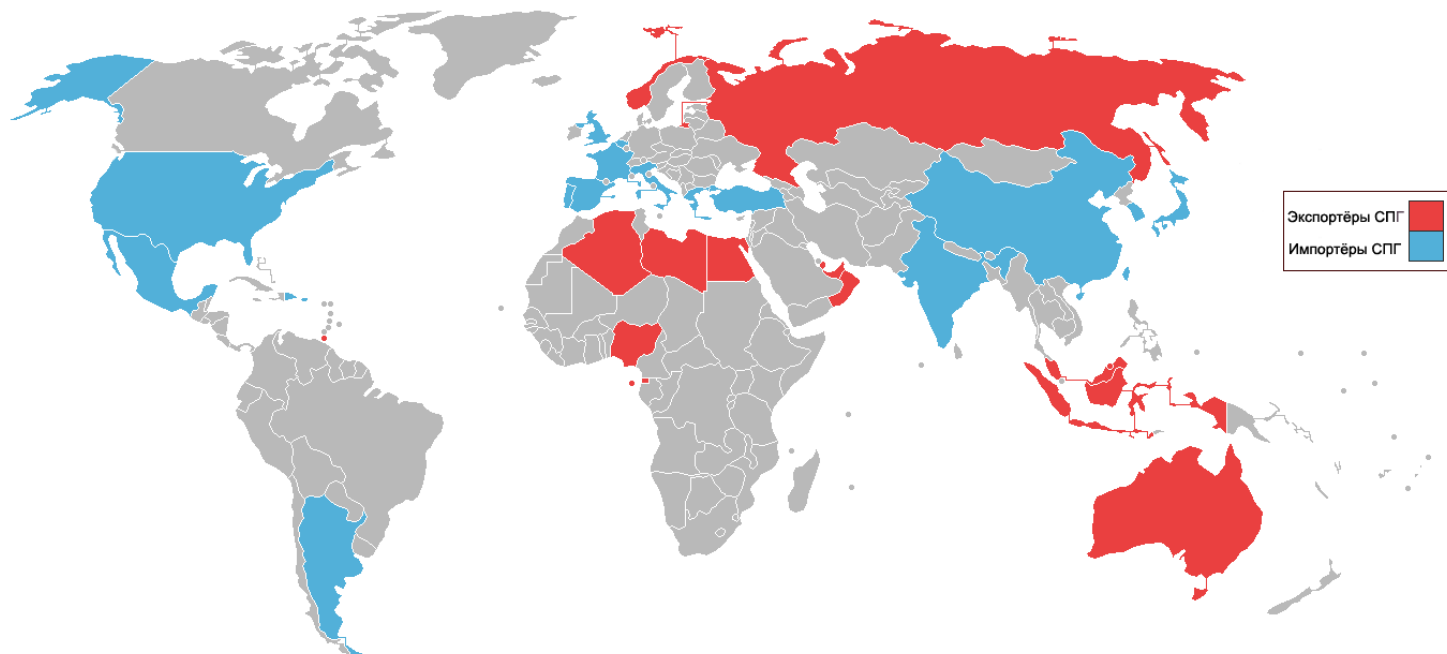
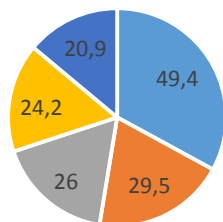


ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗАВОДА ПО СЖИЖЕНИЮ ПРИРОДНОГО ГАЗА, ТРЕБОВАНИЯ К СВАРНЫМ СОЕДИНЕНИЯМ

Сжиженный природный газ

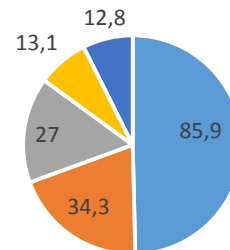


Экспортеры (млрд м³)



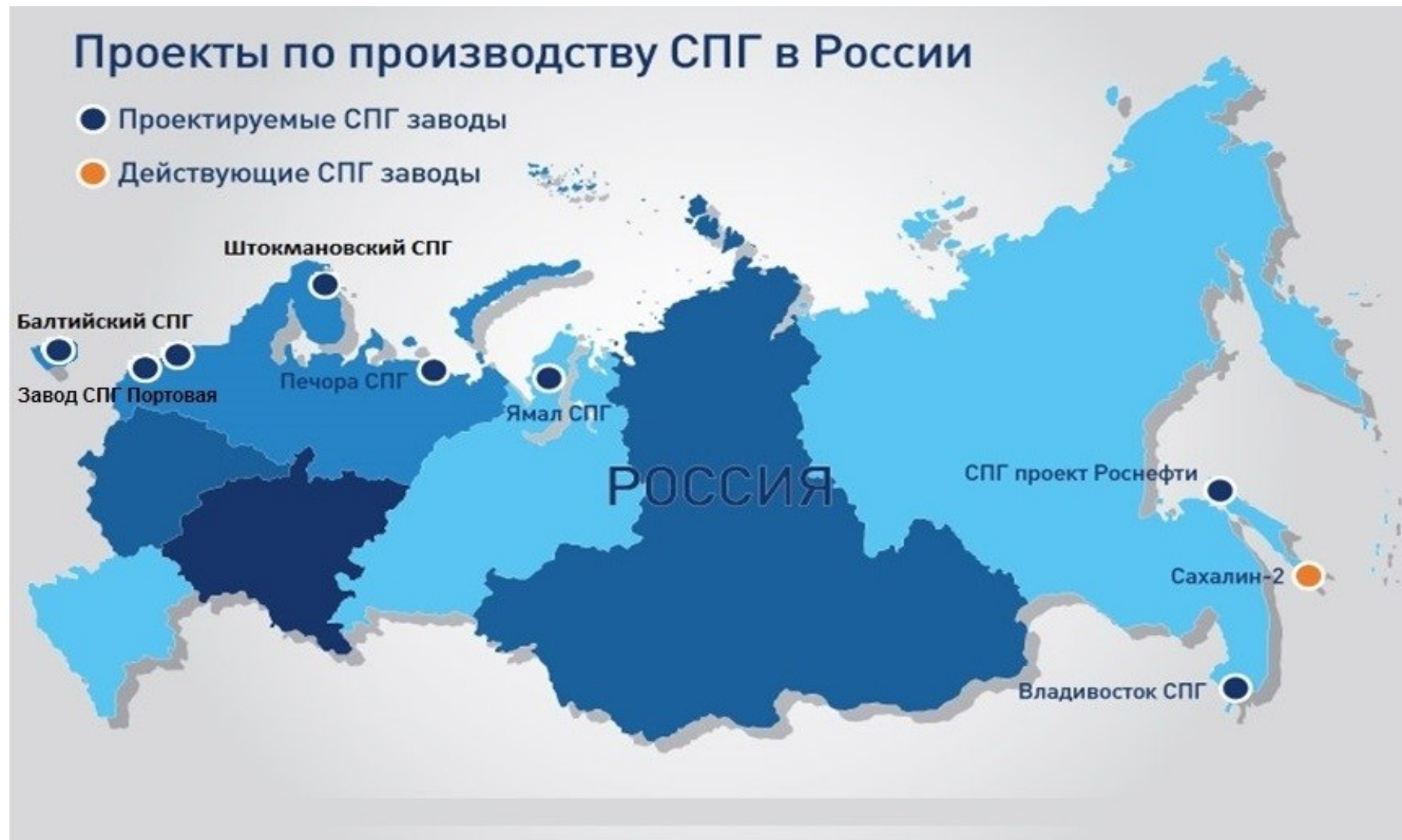
■ Катар ■ Малайзия ■ Индонезия ■ Австралия ■ Алжир

Импортёры (млрд м³)

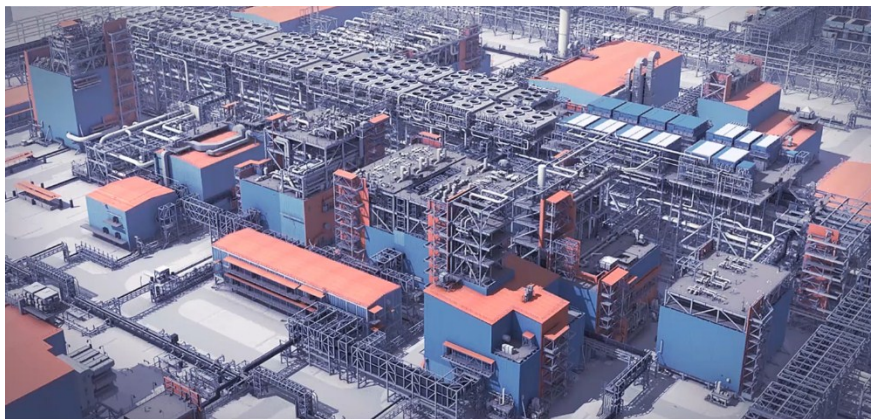


■ Япония ■ Юж. Корея ■ Испания ■ Франция ■ США

СПГ в России



Завод СПГ на Ямале



Состав завода СПГ

Основные узлы завода:

- установки предварительной очистки и подготовки газа к сжижению
- технологические линии производства СПГ
- резервуары для хранения
- линии для загрузки продукции в танкеры

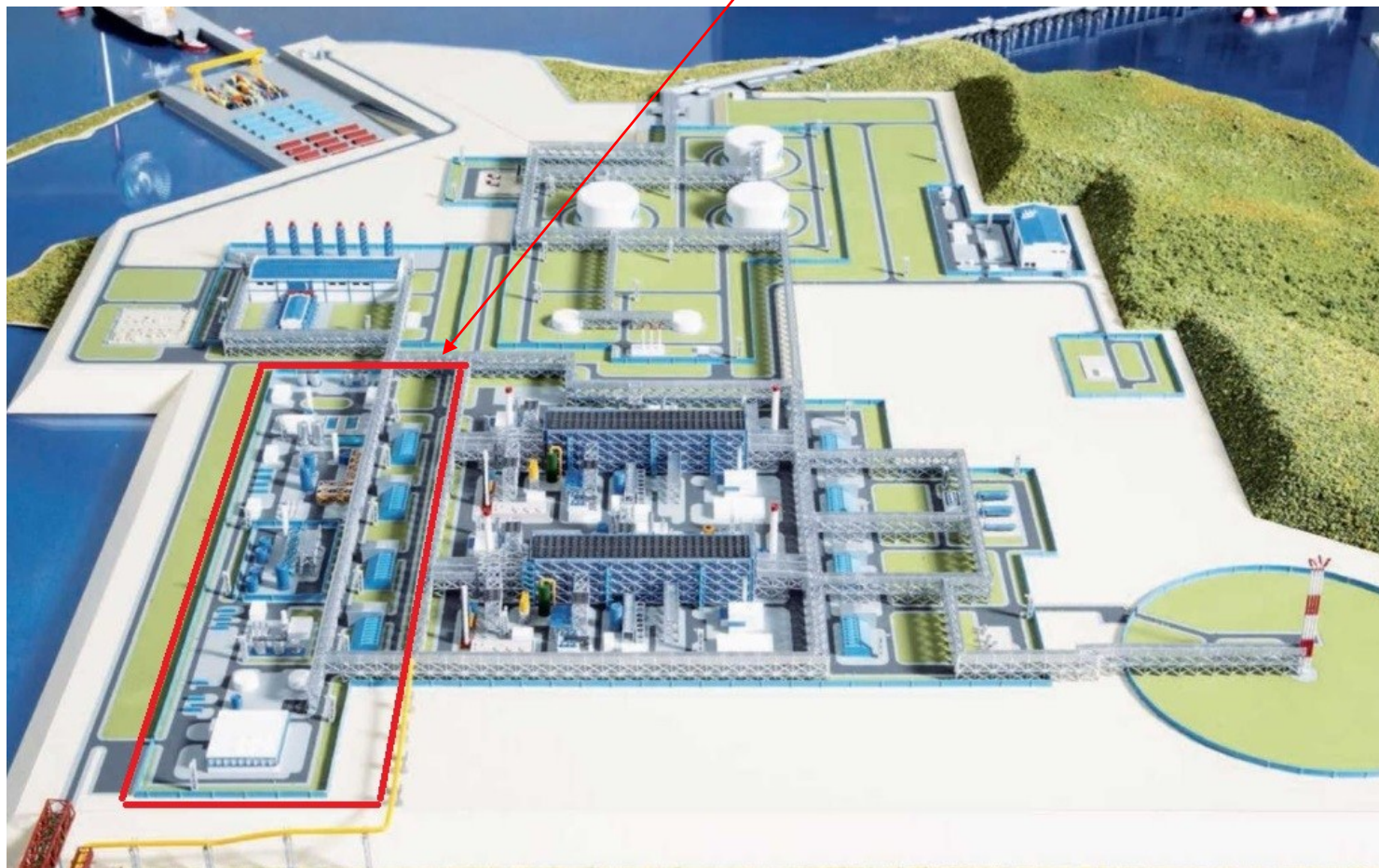


Модульный принцип сборки



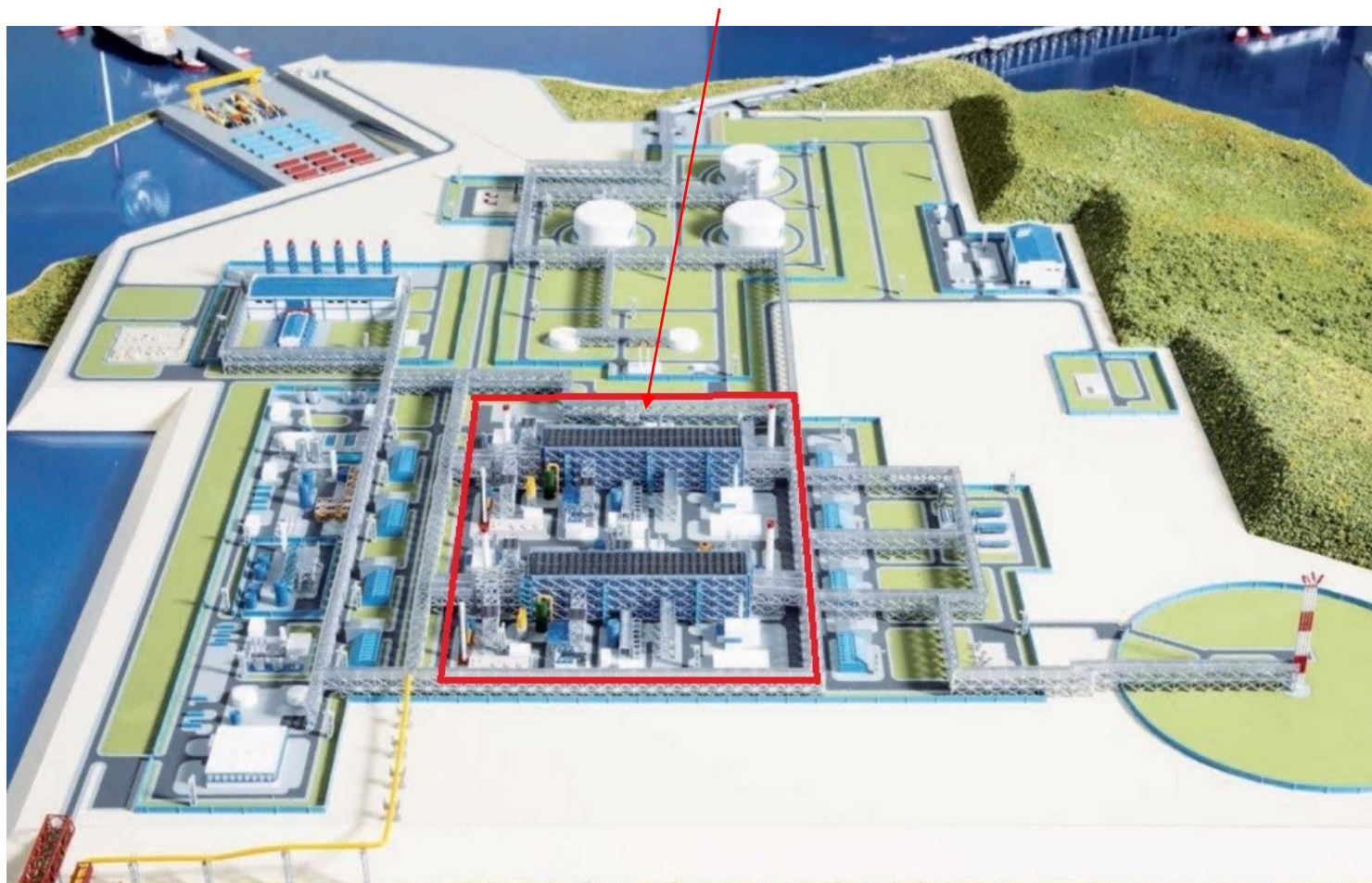
Принципиальная схема Завода СПГ

Установки предварительной очистки и подготовки газа к сжижению



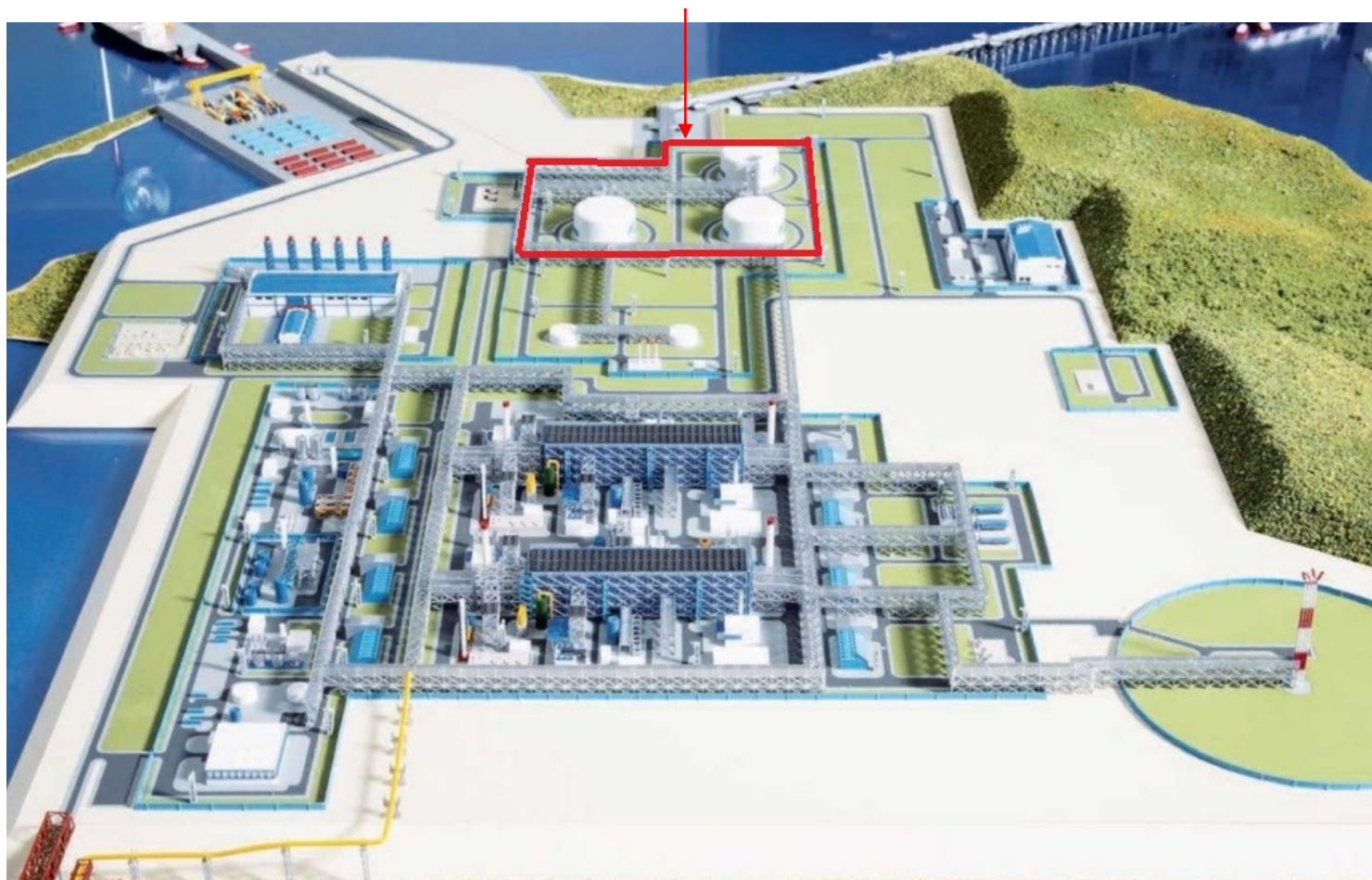
Принципиальная схема Завода СПГ

Технологические линии производства СПГ



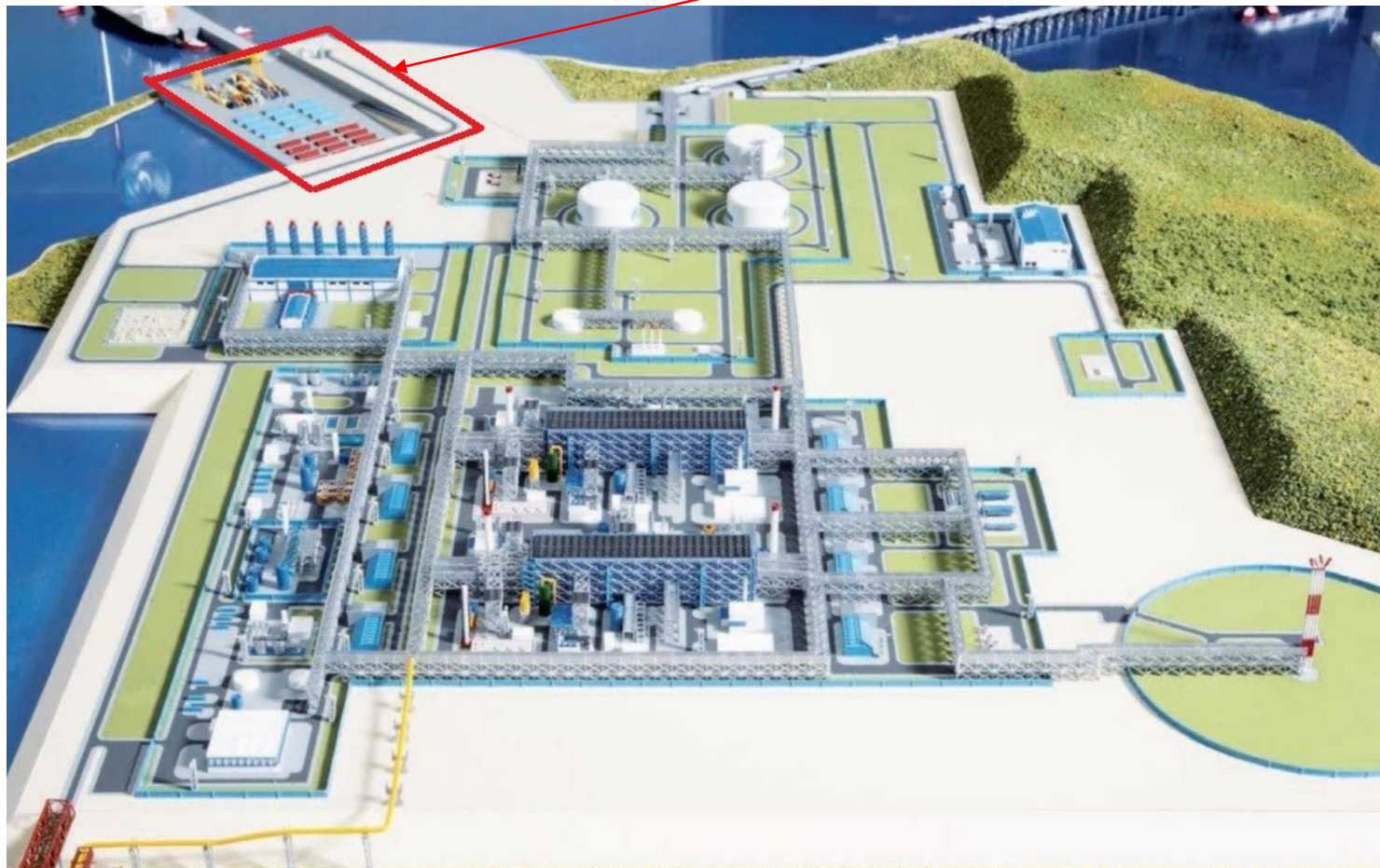
Принципиальная схема Завода СПГ

Резервуары для хранения



Принципиальная схема Завода СПГ

Линии для загрузки в танкеры



Температуры сжижения газов и типы применяемых конструкционных материалов

Газ	Температура кипения, °С	Тип основных материалов для их хранения	Российские аналоги
Амиак	-33,4	Углеродистая сталь, Мелкозернистая раскисленная Al сталь; Сталь легированная 2,25% Ni	09Г2С, 09Г2, 16ГС, 16Г2АФ
Пропан	-42,1 -45,5		
Пропилен	-47,7		
Карбонилсульфид	-50,2		
Сероводород	-59,5	Сталь легированная 3,5 % Ni	0НЗ
Углекислый газ	-78,5		
Ацетилен	-84		
Этан	-88,4		
Этилен	-103,8	Сталь легированная 5-9 % Ni (X7Ni9)	0Н6, 0Н9
Криптон	-151		
Метан	-163		
Кислород	-182,9		
Аргон	-185,5		
Фтор	-188,1		
Азот	-195,8	Аустенитная нержавеющая сталь	-
Неон	-246,1		
Дейтерий	-249,6	Алюминевые сплавы	-
Водород	-252,8		
Гелий	-268,9		

Технологии сварки соединений из углеродистых сталей

Углеродистые стали применяются при сварке:

- Подводящих трубопроводов
- Металлоконструкции эстакад
- Технологических не криогенных трубопроводов
- Внешней стенки резервуаров

Применяемые технологии сварки

- Механизированная сварка (МП)
- Ручная сварка (РАД, РД)
- Автоматическая сварка (ААД)



Технологии сварки соединений из аустенитных сталей (Gr. TP304 и Gr. TP316L)

Аустенитные стали применяются при сварке:

- Технологических криогенных трубопроводов установок по сжижению газа
- Технологических трубопроводов резервуаров
- Трубопроводов наливных эстакад



Применяемые технологии сварки

- Ручная аргонодуговая сварка (РАД)
- Автоматическая аргонодуговая сварка (ААД)
- Комбинированный способ: (РАД+РД)



Технологии сварки соединений из хладостойкой стали с 9% Ni (X7Ni9)

Хладостойкая сталь с 9% Ni (X7Ni9) применяется для сварки внутренней стенки и дна резервуара

Применяемые технологии сварки:

Горизонтальные Швы:

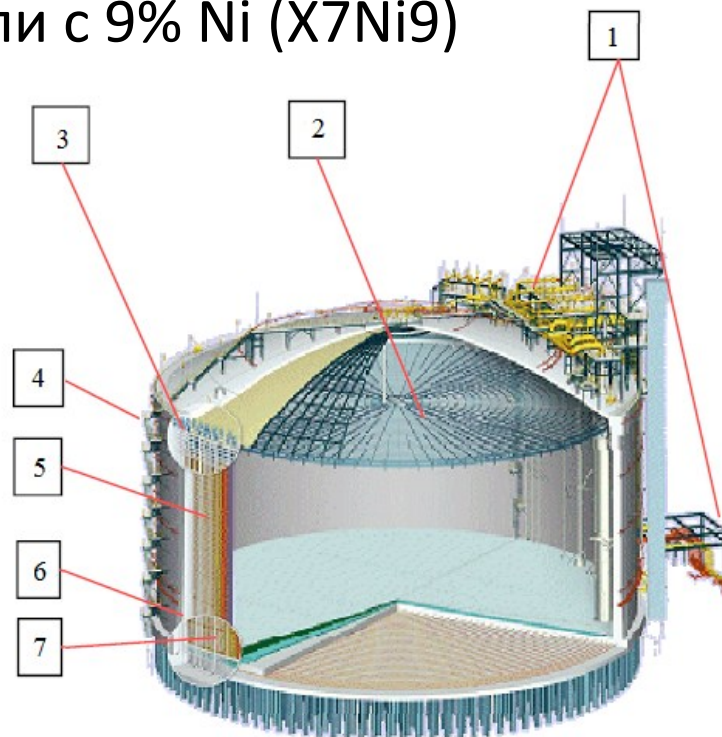
- Автоматическая сварка под флюсом (АФ)
- Механизированная сварка Порошковой проволокой (МПИ)

Вертикальные

Швы:

- Ручная дуговая сварка (РД)
- Механизированная сварка порошковой Проволокой (МПИ)

- 1- Криогенные технологические Трубопроводы
2- Подвесная крыша
3-Пароизоляция
4-Внешняя оболочка из бетона
5-Внутренняя оболочка резервуара
6-Внешняя оболочка резервуара
7

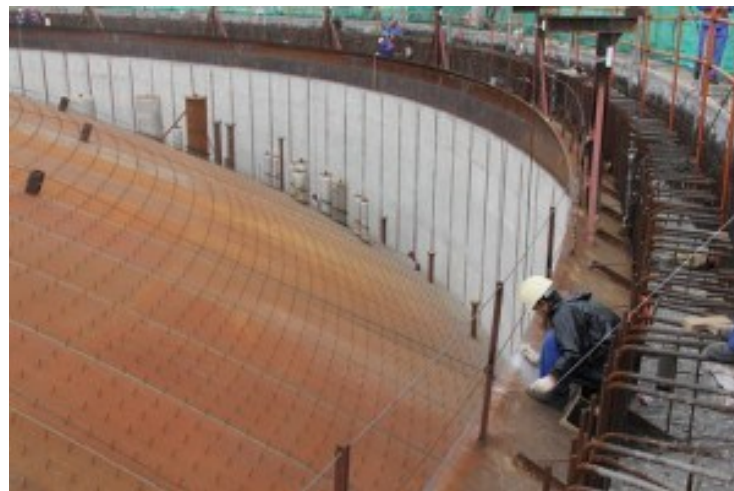


Технологии сварки соединений подвесной алюминиевой крыши

Для сварки крыши резервуара применяют
Алюминиевые листы AW – 5083 толщиной
5 мм.

Применяемые технологии сварки:

- Механизированная сварка
проволокой сплошного сечения
в 100% Ar (МАДП)



Нормативные документы и механические испытания сварных соединений

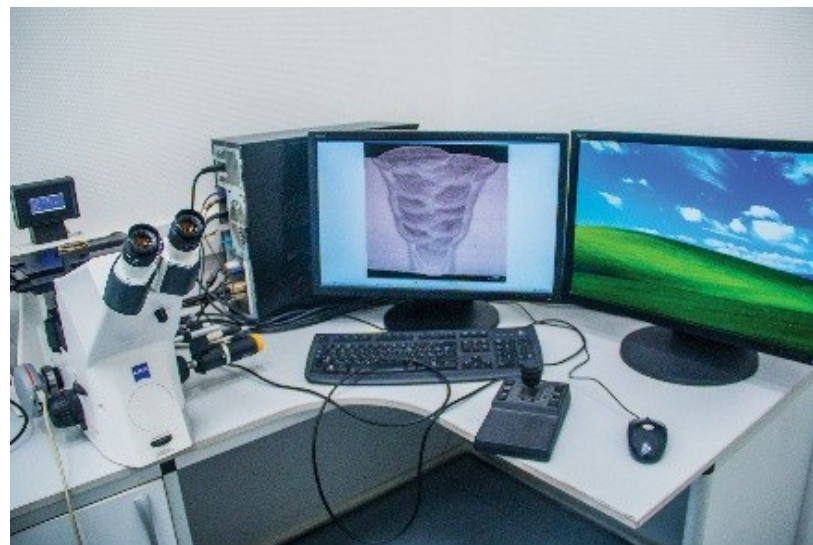
Применяемые стандарты:

Объектная инструкции:

- 3320-E-933-CN-PRO-90815-00-D
- 3300-E-000-MC-SPE-63002-00-D
- ASME IX; ASME B31.3
- EN 14620

Виды механических испытаний сварных соединений:

- Статический изгиб
- Статическое растяжение
- Ударный изгиб при заданной температуре
- Определение расширения образца в поперечном направлении при ударном изгибе
- Определение твердости
- Оценка сварного соединения на макрошлифе
- Определение ферритного числа
- Испытание на стойкость к межкристаллитной коррозии (МКК)



Основные требования к сварным соединениям

Требования к поглощённой энергии удара (Дж)

Температура испытаний, град. С	Углеродистые стали		Аустенитные стали	
	Среднее	Единичное	Среднее	Единичное
-50	27	20	-	-
-196	-	-	27	20

Требования к твердости

Углеродистые стали (после термообработки)	Аустенитные стали
Не более 275 HV10	Не более 200 HB

Требования к статическому изгибу

Статический изгиб выполняются на **поперечных образцах** в соответствии с методикой **ASME IX**. На растянутой поверхности не должно быть протяженных дефектов более 3,2 мм

Основные требования к сварным соединениям резервуаров для хранения СПГ (стенки и днище)

Требования к поглощённой энергии удара (Дж)

Температура испытаний, град. С	Углеродистые стали		Сталь X7Ni9	
	Среднее	Единичное	Среднее	Единичное
-50	27	20	-	-
-196	-	-	55	39

Требования к твердости

Углеродистые стали	Сталь X7Ni9
Не более 380 HV10	Не более 450 HV10

Требования к статическому изгибу для стали X7Ni9

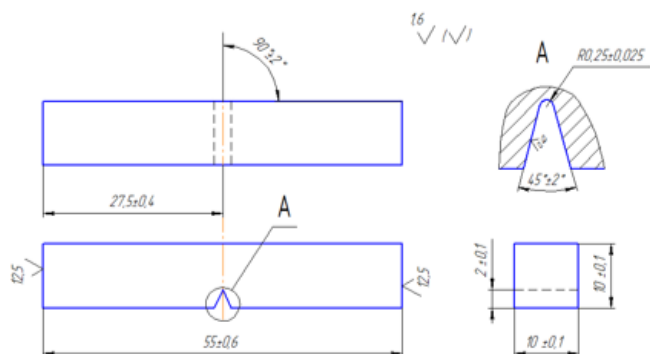
Статический изгиб выполняются на **продольных образцах** в соответствии с методикой **ISO 5173**. На растянутой поверхности не должно быть протяженных дефектов более 3,0 мм

Особенности механических испытаний

Ударный изгиб

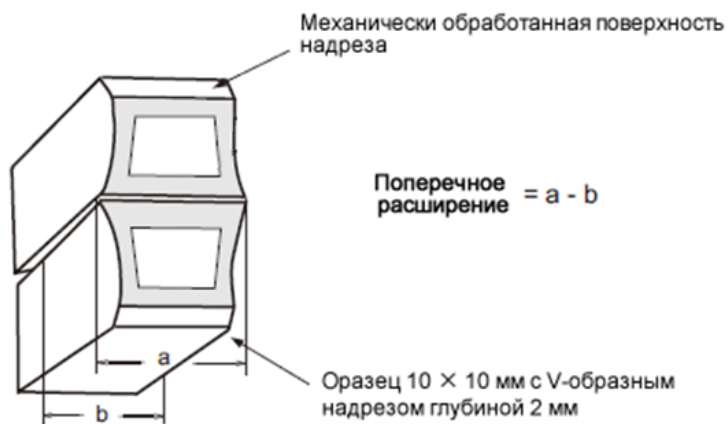
Размеры образца, мм	Требование к поглощенной энергии удара в зависимости от сечения образца
10x10x55	27
7,5x10x55	20,25
6,67x10x55	18,01
5x10x55	13,5
3,33x10x55	8,99
2,5x10x55	6,75

Фактическая толщина материала или ширина образца (a) вдоль надреза для испытания на ударную вязкость, мм	Понижение температуры испытаний ниже минимальной расчетной, оС
10	0
9	0
8	0
7,5	-2,8
7	-4,4
6,67	-5,6
6	-8,3
5	-11,1
4	-16,7
3,33	-19,4
3	-22,2
2,5	-27,8

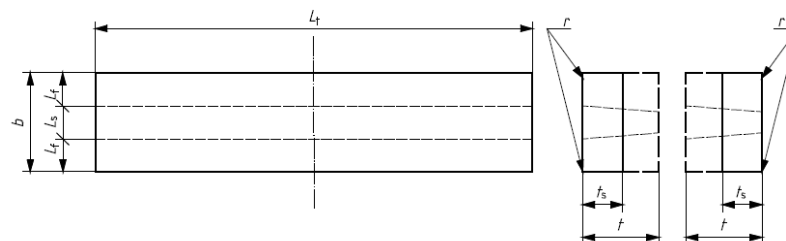


Особенности механических испытаний

Определение поперечного
расширения ударного образца



Испытания на изгиб продольного образца



b – ширина образца

L_s – ширина шва

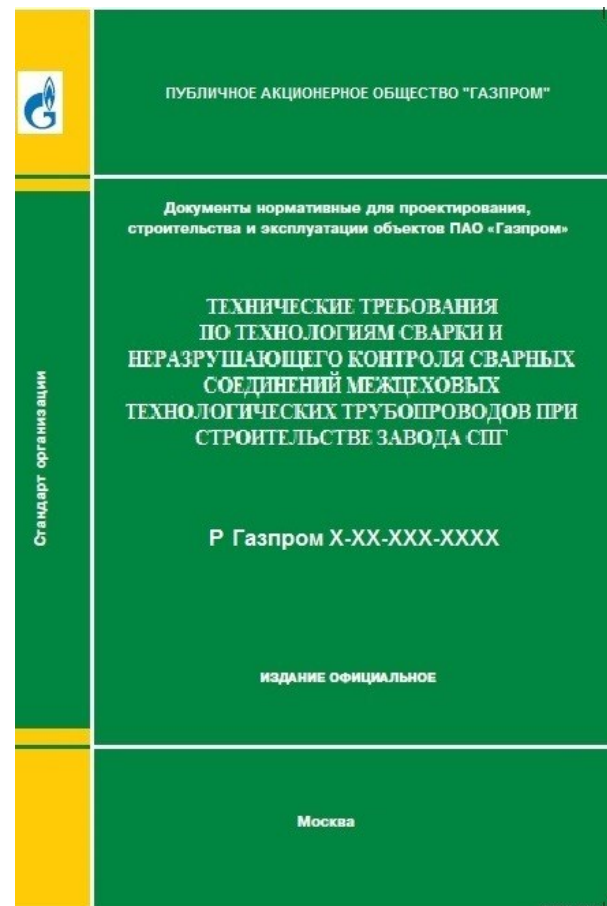
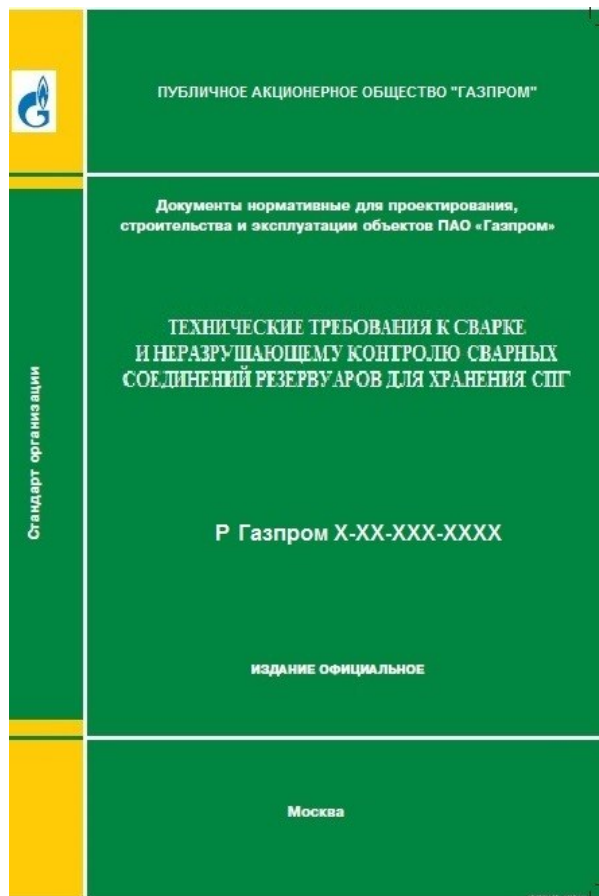
t_s – толщина образца

t – толщина основного металла

L_t – длина образца

В качестве заключения..

В настоящее время в России нет специализированных нормативных документов по строительству заводов СПГ. Перспективы развития отрасли свидетельствуют о том, что разработка Российских нормативных документов, а также объектных инструкций на их основе актуальна.



Спасибо за внимание!