

ПАСПОРТ СОСУДА, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ

TECHNICAL PASSPORT FOR PRESSURE VESSEL

АДСОРБЕР ХЛОРИДНОЙ ОЧИСТКИ
CHLORIDE ABSORBER

Заводские номера: Serial Numbers:	Сосуд: Vessel:	GP-V-078
	Температурный компенсатор: Expansion Joint:	MGF-U-14-003
Проектный номер охладителя: Cooler Tag Number:		208-40-D-004
Регистрационный номер охладителя: Cooler Registration Number:		

*Вносится на месте эксплуатации
To be specified at the site*

**При передаче сосуда другому владельцу вместе с сосудом
передается настоящий паспорт.**
When the vessel is passed to another owner, this passport must accompany the vessel

ПАСПОРТ СОСУДА, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ

TECHNICAL PASSPORT FOR PRESSURE VESSEL

АДСОРБЕР ХЛОРИДНОЙ ОЧИСТКИ
CHLORIDE ABSORBER

Заводские номера: Serial Numbers:	Сосуд: Vessel:	GP-V-078
	Температурный компенсатор: Expansion Joint:	MGF-U-14-003
Проектный номер охладителя: Cooler Tag Number:		208-40-D-004
Регистрационный номер охладителя: Cooler Registration Number:		

*Вносится на месте эксплуатации
To be specified at the site*

**При передаче сосуда другому владельцу вместе с сосу­дом
передается настоящий паспорт.**
When the vessel is passed to another owner, this passport must accompany the vessel

СОДЕРЖАНИЕ

TABLE OF CONTENTS

№ разд. Section #	Наименование раздела (таблицы) и приложения Section (Table) and Attachment Description	Кол-во листов No. of Sheets
	Удостоверение о качестве изготовления сосуда Vessel Fabrication Quality Certificate	1
1	Техническая характеристика и параметры Technical Data and Parameters	1
2	Сведения об основных частях сосуда Data on Vessel Main Components	4
3	Данные о штуцерах, фланцах, крышках и крепежных изделиях Data on Nozzles, Flanges, Covers, and Fasteners	5
4	Данные о предохранительных устройствах, основной арматуре, контрольно-измерительных приборах, приборах безопасности Data on Safety Relief Devices, Main Valves, Instruments, and Safety Devices.	1
5	Данные об основных материалах, применяемых при изготовлении элементов сосуда, работающих под давлением Data on Basic Materials for Pressure Vessel Components	6
6	Карта измерений корпуса сосуда Vessel Wall Thickness Measurement Chart.	1
7	Результаты испытаний и исследований сварных соединений Weld Joints Examination and Test Results	2
8	Данные о неразрушающем контроле сварных соединений Weld Joints NDT Data	11
9	Данные о других испытаниях и исследованиях Data on Other Tests	2
10	Данные о термообработке Vessel Heat Treatment Data	1
11	Данные о гидравлическом (пневматическом) испытании Data on Hydrostatic (Pneumatic) Test	2
12	Заключение Conclusion	1
13	Сведения о местонахождении сосуда Data on Vessel Location	2
14	Ответственные за исправное состояние и безопасное действие сосуда List of Personnel Response for Vessel Serviceable Conditions and Safe Operation	2
15	Сведения об установленной арматуре Data on Installed Valves	2
16	Другие данные об установке сосуда Other Data on Vessel Installation	1

17	Сведения о замене и ремонте основных элементов сосуда и арматуры Vessel Main Parts and Valve Repair and Replacement Data	4
18	Запись результатов освидетельствования Examination Result Records	10
19	Регистрация сосуда Vessel Registration	1
20.	Приложения Attachment	

Сосуд Vessel

20.1.	Чертежи сосуда с указанием основных размеров Vessel and Expansion Joint Drawings with Basic Dimensions	10
20.2.	Технологическая схема Process Diagram	1
20.3.	Инструкция по монтажу и эксплуатации Installation, Operation, and Maintenance Manual	2
20.4.	Расчеты на прочность по ASME и проверочный расчет по ГОСТ ASME Strength Calculations and Checking GOST Calculation	232
20.5.	Форма «U» совета ASME ASME U-Form	4
20.6.	Карты сварных швов сосуда Vessel Weld Map	5
20.7.	Спецификации сварочных процедур и данные по аттестации и квалификации сварщиков WPS's and PQR's	53
20.8.	Отчеты о неразрушающих испытаниях сварных швов Weld NDT Reports	130
20.9.	Отчеты об испытаниях материалов MTR's	51
20.10.	Отчет о термической обработке Heat Treatment Report	8
20.11.	Отчет о гидростатических испытаниях Hydrostatic Test Report	2
20.12.	Копия сертификата в системе ТР 032/2013 Copy of TR Certificate of Conformity CU TR 032/2913	—
20.13.	Сводный лист заводских изменений Consolidated List of Production Changes	1
20.14.	Комплектовочная ведомость Components List	1

20.15.	Регламент проведения в зимнее время пуска (остановки) или испытания на герметичность сосуда Vessel Start-Up (Shutdown) and Tightness Testing Procedure at Winter Time	2
--------	---	---

Температурный компенсатор Expansion Joint

20.1.	Чертеж температурного компенсатора с указанием основных размеров Expansion Joint Drawings with Basic Dimensions	1
20.2.	Расчет на прочность температурного компенсатора Expansion Joint Strength Calculations	2
20.3.	Отчеты о неразрушающих испытаниях сварных швов и карты швов Weld NDT Reports and Weld Maps	16
20.4.	Отчеты об испытаниях материалов MTR's	18
20.5.	Отчет о гидростатических испытаниях Hydrostatic Test Report	1

**У УДОСТОВЕРЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
АДСОРБЕРА 208-40-D-004**

ADSORBER 208-40-D-004 FABRICATION QUALITY CERTIFICATE

Адсорбер хлоридной очистки 208-40-D-004
Chloride Adsorber 208-40-D-004

(наименование сосуда; Vessel Description)

заводской №
serial #

GP-V-078

изготовлен:
built:

август 2014 г.
August, 2014

(дата изготовления)
(date of manufacturing)

G-PEM HEAVY INDUSTRIES CORPORATION

(наименование и адрес изготовителя; Manufacturer's Name and Address)

**Block #38, Daebul National Industrial Complex, 520 Younang-ro, Samho-eup,
Yeongam-gun, Jeonnam, Korea (526-892)**

Температурный компенсатор адсорбера хлоридной очистки
Chloride Absorber Expansion Joint

(наименование сосуда; Vessel Description)

заводской №
serial #

MGF-U-14-003

изготовлен:
built:

май 2014 г.
May, 2014

(дата изготовления)
(date of manufacturing)

MEGAFLEXON CO., LTD.

(наименование и адрес изготовителя; Manufacturer's Name and Address)

#92-48, Poongomoo-Dong, Gimpo-Si, Gyeonggi-Do, Korea (415-070)

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПАРАМЕТРЫ

TECHNICAL DATA AND PARAMETERS

Наименование частей сосуда Vessel Component Description		Кожух Shell
Рабочее давление, мПа (кгс/см ²) Operating Pressure, MPa (kgf/cm ²)		1,318 (13,44)
Расчетное давление, мПа (кгс/см ²) Design Pressure, MPa (kgf/cm ²)		1,050 (10,71)
Пробное давление, мПа (кгс/см ²) Test Pressure, MPa (kgf/cm ²)	Гидравлического испытания Hydrostatic Test	2,685 (27,38)
	Пневматического испытания Pneumatic Test	Не проводилось N/A
Рабочая температура среды, °C Operating Fluid Temperature, °C		137,8
Расчетная температура стенки, °C Design Wall Temperature, °C		425
Минимально допустимая отрицательная температура стенки, °C Minimum Design Metal Temperature, °C		минус 35 Minus 35
Наименование рабочей среды Operating Fluid		Катализатор Catalyst
Характеристика рабочей среды Operating Fluid Description	класс опасности Hazard Class	I по ГОСТ 12.1.007 I as per GOST 12.1.007
	взрывоопасность Explosive Hazard	Да Yes
	пожароопасность Fire Hazard	Да Yes
Группа рабочей среды Operating Fluid Group		1 в соответствии с ТР ТС 032/2013 1 in compliance with CU TR 032/2013
Прибавка для компенсации коррозии (эрозии), мм Corrosion (Erosion) Allowance, mm		Обечайка, детали 003-1, 003-2 – 3,0 Shell, Parts 003-1, 003-2
		Обечайка, деталь 003-3 – 0 Shell, Part 003-3
		Верхнее днище, деталь 003-4 – 3,0 Upper Head, Part 003-4 Нижнее днище, деталь 003-5 – 0 Lower Head, Part 003-5
Вместимость, м ³ Capacity, m ³		1,49
Масса пустого сосуда, кг Empty Vessel Weight, kg		2000
Максимальная масса заливаемой среды, кг *		----
Расчетный срок службы сосуда, лет Designed Vessel Service Life Time, years		20

* Для сосудов со сжиженными газами
For vessels with liquified gases

2. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНЫХ ЧАСТЯХ СОСУДА

PARAMETERS OF VESSEL MAIN COMPONENTS

Наименование частей (обечайка, днище, решетка, трубы, рубашка) сосуда Vessel component (shell, head, grate, tubes, jacket)	Количество, шт. Quantity, each	Размеры, мм Dimensions, mm			Основной металл Basic metal		Данные о сварке (пайке) Welding (Soldering) Data		
		Диаметр (внутренний) Diameter (inside)	Толщина стенки Wall thickness	Длина (высота) Length (Height)	Марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standar d	Способ выполнения соединения (сварка, пайка) Joining Method (Welding, Soldering)	Вид сварки (пайки) Welding (Soldering) Process	Электроды, сварочная проволока припой (тип, марка, ГОСТ, ТУ) Welding Rods, Welding Wire, Solder Alloy (Type, Grade, Standard)
Обечайка, деталь 003-1 Shell, Part 003-1	1	700	10	2150	SA516-70	ASME A516	Дуговая электросварка (продольные стыковые швы секций обечайки и кольцевые стыковые швы между секциями обечайки и днищем) Arc Welding (longitudinal butt welds of shell sections and circumferential butt welds between shell's sections and head)	Ручная сварка электродом из углеродистой стали (GTAW) в среде аргона (100 % - только основной шов) Manual welding by carbon steel electrode (GTAW) in Argon (100 % - shielding only) + Ручная сварка электродом из углеродистой стали (SMAW) Manual welding by carbon steel electrode (SMAW)	ER70S-6 + E7016 AWS
Обечайка, деталь 003-2 Shell, Part 003-2	1	700	10	1145	SA516-70	ASME A516			
Днище верхнее, деталь 003-4 Top Head, Part 003-4	1	700	8,5	----	SA516-70	ASME A516			

По специф. сварки № WP-GT.SM-1.1-0315 и квалификационному отчету № PQ-GT.SM-1.1-0315
Per WPS No. WP-GT.SM-1.1-0315 and PQR No. PQ-GT.SM-1.1-0315

PARAMETERS OF VESSEL MAIN COMPONENTS (Continuation)

Наименование частей (обечайка, днище, решетка, трубы, рубашка) сосуда Vessel component (shell, head, grate, tubes, jacket)		Количество, шт. Quantity, each		Размеры, мм Dimensions, mm	Основной металл Basic metal	Данные о сварке (пайке) Welding (Soldering) Data				
Обечайка, деталь 003-3 (плакированная сталь) Shell, Part 003-3 (Clad Steel)	1	700	12 + 3				262	Диаметр (внутренний) Diameter (inside)	Толщина стенки Wall thickness	Длина (высота) Length (Height)
				Днище нижнее, деталь 003-5 (плакированная сталь) Bottom Head, Part 003-5 (Clad Steel)	1			700	10,2 + 4	---
ASME A516 + ASTM C276						Способ выполнения соединения (сварка, пайка) Joining Method (Welding, Soldering)	Вид сварки (пайки) Welding (Soldering) Process	Электроды, сварочная проволока припой (тип, марка, ГОСТ, ТУ) Welding Rods, Welding Wire, Solder Alloy (Type, Grade, Standard)		
<p>Дуговая электросварка (продольный стыковой шов секций обечайки и кольцевые стыковые швы между секциями обечайки и нижним днищем) – <u>сталь A516-70</u></p> <p>Arc Welding (longitudinal butt weld of shell section and circumferential butt welds between shell's sections and Bottom Head) – <u>Clad Steel A516-70</u></p>						<p>Ручная сварка электродом из углеродистой стали (GTAW) в среде аргона (100 % - только основной шов)</p> <p>Manual welding by carbon steel electrode (GTAW) in Argon (100 % - shielding only)</p> <p>+ Ручная сварка электродом из углеродистой стали (SMAW)</p> <p>Manual welding by carbon steel electrode (SMAW)</p> <p>По специф. сварки № WP-GT.SM-1.1-0302 и квалификационному отчету № PQ-GT.SM-1.1-0302</p> <p>Per WPS No. WP-GT.SM-1.1-0302 and PQR No. PQ-GT.SM-1.1-0302</p>		ER70S-6 + E7016 AWS		

2. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНЫХ ЧАСТЯХ СОСУДА (продолжение)
PARAMETERS OF VESSEL MAIN COMPONENTS (Continuation)

Наименование частей (обечайка, днище, решетка, трубы, рубашка) сосуда Vessel component (shell, head, grate, tubes, jacket)		Количество, шт. Quantity, each		Размеры, мм Dimensions, mm	Основной металл Basic metal	Данные о сварке (пайке) Welding (Soldering) Data
Диаметр (внутренний) Diameter (inside)		Толщина стенки Wall thickness				
Длина (высота) Length (Height)		Марка Grade				
ГОСТ (ТУ) Standard						
Дуговая электросварка (продольный стыковой шов секций обечайки и кольцевые стыковые швы между секциями обечайки и нижним днищем) – <u>плакировочный сплав C276</u> Arc Welding (longitudinal butt weld of shell section and circumferential butt welds between shell's sections and Bottom Head) – <u>Clad Alloy C276</u>		Способ выполнения соединения (сварка, пайка) Jointing Method (Welding, Soldering)				
Ручная сварка электродом из никелехромомолибденового сплава (SMAW) Manual welding by nickel-chrome-molybdenum alloy electrode (SMAW) По специф. сварки № WP-GT-1.43-0301 и квалификационному отчету № PQ-GT-1.43-0301 Per WPS No. WP-GT-1.43-0301 and PQR No. PQ-GT-1.43-0301		Вид сварки (пайки) Welding (Soldering) Process				
Электроды, сварочная проволока припой (тип, марка, ГОСТ, ТУ) Welding Rods, Welding Wire, Solder Alloy (Type, Grade, Standard)						

2. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНЫХ ЧАСТЯХ СОСУДА (продолжение)

PARAMETERS OF VESSEL MAIN COMPONENTS (Continuation)

Наименование частей (обечайка, днище, решетка, трубы, рубашка) сосуда Vessel component (shell, head, grate, tubes, jacket)		Количество, шт. Quantity, each		Размеры, мм Dimensions, mm		Основной металл Basic metal		Данные о сварке (пайке) Welding (Soldering) Data	
Внутренний цилиндр Internal Cylinder	1	490	6	1810	Диаметр (внутренний) Diameter (inside)	Толщина стенки Wall thickness	Длина (высота) Length (Height)	Марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
					Внутренний конус Internal Cone	1	490/ 700	6	290
Дуговая электросварка (продольные стыковые швы цилиндра и конуса и кольцевой стыковой шов между ними) Arc Welding (longitudinal butt welds of cylinder and cone and circumferential butt welds between them)					Способ выполнения соединения (сварка, пайка) Joining Method (Welding, Soldering)				
Ручная сварка электродами из углеродистой стали (GTAW) в среде аргона (100 % - только основной шов) Manual welding by carbon steel electrode (GTAW) in Argon (100 % - shielding only) + Ручная сварка электродами из углеродистой стали (SMAW) Manual welding by carbon steel electrode n(SMAW) По специф. сварки № WP-GT.SM-1.1-0315 и квалификационному отчету № PQ-GT.SM-1.1-0315 Per WPS No. WP-GT.SM-1.1-0315 and PQR No. PQ-GT.SM-1.1-0315					Вид сварки (пайки) Welding (Soldering) Process				
ER70S-6 + E7016 AWS					Электроды, сварочная проволока припой (тип, марка, ГОСТ, ТУ) Welding Rods, Welding Wire, Solder Alloy (Type, Grade, Standard)				

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

NOZZLE, FLANGE, HEAD, AND FASTENER DATA

Наименование Description		К-во, шт Qty, item.	Размеры (мм) или условное обозначение по стандарту Sizes, mm, or Specification Number	Материал Material	
				марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Штуцер «А» вход катализатора Nozzle A, Catalyst Inlet	Патрубок Pipe	1	Ø 50,8 мм, сортам. 80, толщ. 5,54 мм, длина 2409 мм Ø 2", SCH80, 5.54 mm thick, 2409 long	SA106B	ASTM A106
	Фланец (с конической расточкой) Flange (Taper Bored)	1	Ø 2" мм, ном. давл. 20 кг/см ² , с привар. шейкой и контактным выступом, сортамент 80 Ø 2", Cl. 300 lb, WN RF, SCH80	SA105	ASTM A105
Штуцеры «В1», «В3», выпуск катализатора Nozzles B1, B3, Catalyst Outlet	Патрубок Pipe	2	Ø 76,2 мм, сортам. 40, толщ. 8,5 мм, длина 505 мм Ø 3", SCH 40, 8.5 mm thick, 505 mm long	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
	Бобышка Boss	2	Ø 120 мм, толщ. 21,05 мм, длина 155,5 мм Ø 120 mm, 21.05 mm thick, 155.5 mm long	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
	Фланец Flange	2	Ø 3" мм, ном. давл. 20 кг/см ² , с привар. шейкой и контактным выступом, сортамент 40 Ø 3", Cl. 300 lb, WN RF, SCH40	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
Штуцеры «В2», «В5», выпуск катализатора Nozzles B2, B5, Catalyst Outlet	Патрубок Pipe	2	Ø 76,2 мм, сортам. 40, толщ. 8,5 мм, длина 110 мм Ø 3", SCH 40, 8.5 mm thick, 110 mm long	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
	Бобышка Boss	2	Ø 120 мм, толщ. 21,05 мм, длина 155,5 мм Ø 120 mm, 21.05 mm thick, 155.5 mm long	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
	Фланец Flange	2	Ø 3" мм, ном. давл. 20 кг/см ² , с привар. шейкой и контактным выступом, сортамент 40 Ø 3", Cl. 300 lb, WN RF, SCH40	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ (продолжение)

NOZZLE, FLANGE, HEAD, AND FASTENER DATA (Continuation)

Наименование Description		К-во, шт Qty, item.	Размеры (мм) или условное обозначение по стандарту Sizes, mm, or Specific. Number	Материал Material	
				марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Штуцер «B4», выпуск катализатора Nozzle B4, Catalyst Outlet	Патрубок Pipe	2	Ø 76,2 мм, сортам. 40, толщ. 8,5 мм, длина 255 мм Ø 3", SCH 40, 8.5 mm thick, 255 mm long	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
	Бобышка Boss	1	Ø 120 мм, толщ. 21,05 мм, длина 155,5 мм Ø 120 mm, 21.05 mm thick, 155,5 mm long	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
	Фланец Flange	1	Ø 3", ном. давл. 20 кг/см ² , с привар. шейкой и контактным выступом, сортамент 40 Ø 3", Cl. 300 lb, WN RF, SCH40	SA105 + C276	ASTM A106 + ASTM C276
Штуцер «C», подача газа Nozzle C, Gas Inlet	Фланец Flange	1	Ø 6", удлиненный, ном. давл. 20 кг/см ² , с привар. шейкой и контактным выступом Ø 6", Cl. 300 lb, LWN RF	SA105	ASTM A105
Штуцер «D», выпуск газа Nozzle D, Gas Outlet	Фланец Flange	1	Ø 6", ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом и приварной шейкой Ø 6", Cl. 300 lb, WN RF	SA105	ASTM A105
	Фланец глухой Blind Flange	1	Ø 6", ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом Ø 6", Cl. 300 lb, BL RF	SA182-F321	ASTM A182
	Кованая шейка Forging Neck	1	Ø 300 мм Ø 300 mm	SA266-2	ASTM A266
	Проволоч- ное сито Wire Screen	1	----	321SS	----
	Прокладка Gasket	1	Ø 6", 4,5 мм толщ., давл. 20 кг/см ² 4.5 mm thick, #300	316SS	----
	Шпильки с гайками Studs with Nuts	12	Ø 3/4", длиной 180 мм, Ø 3/4", 180 mm long	SA194-B8M SA194-8M	ASTM A193/194

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ (продолжение)

NOZZLE, FLANGE, HEAD, AND FASTENER DATA (Continuation)

Наименование Description		К-во, шт Qty, item.	Размеры (мм) или условное обозначение по стандарту Sizes, mm, or Specification Number	Материал Material	
				марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Штуцер «Е», резервный Nozzle E, Blank Off	Фланец Flange	1	Ø 2", ном. давл. 20 кг/см ² , удлиненный с конт. выступом и приварной шейкой Ø 2", Cl. 300 lb, LWN RF	SA105	ASTM A105
	Фланец глухой Blind Flange	1	Ø 2", ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом Ø 2", Cl. 300 lb, BL RF	SA105	ASTM A105
	Прокладка Gasket	1	Ø 2", 4,5 мм толщ., Ø 2", 8 mm thick	316SS	----
	Шпильки с гайками Studs with Nuts	8	Ø 5/8", длиной 95 мм, Ø 5/8", 95 mm long	SA194-B8M SA194-8M	ASTM A193/194
Штуцер «F», тепловой карман Nozzle F, Thermowell	Фланец Flange	1	Ø 2", ном. давл. 20 кг/см ² , удлиненный с конт. выступом и приварной шейкой Ø 2", Cl. 300 lb, LWN RF	SA105	ASTM A105
	Шпильки с гайками Studs with Nuts	8	Ø 5/8", длиной 95 мм, Ø 5/8", 95 mm long	SA194-B8M SA194-8M	ASTM A193/194
Штуцер «G», инспекционный проем Nozzle G, Inspection	Фланец Flange	1	Ø 6", ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом и приварной шейкой Ø 6", Cl. 300 lb, WN RF	SA105	ASTM A105
	Фланец глухой Blind Flange	1	Ø 6", ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом Ø 6", Cl. 300 lb, BL RF	SA182-F321	ASTM A182
	Кованая шейка Forged Neck	1	Ø 300 мм Ø 300 mm	SA266-2	ASTM A266
	Прокладка Gasket	1	Ø 6", 4,5 мм толщ., давл. 20 кг/см ² Ø 6", 8 mm thick, #300	316SS	----
	Шпильки с гайками Studs with Nuts	12	Ø 3/4", длиной 135 мм, Ø 3/4", 135 mm long	SA194-B8M SA194-8M	ASTM A193/194
	Шпильки с гайками Studs with Nuts	12	Ø 3/4", длиной 130 мм, Ø 3/4", 130 mm long	SA194-B8M SA194-8M	ASTM A193/194

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ (продолжение)

NOZZLE, FLANGE, HEAD, AND FASTENER DATA (Continuation)

Наименование Description		К-во, шт Qty, item.	Размеры (мм) или условное обозначение по стандарту Sizes, mm, or Specification Number	Материал Material	
				марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Штуцер «G», смотровой люк (включает в свой состав температурный компенсатор) Nozzle G, Manway (incorporates Expansion Joint)	Кованая шейка Forging Neck	1	Ø 680 мм Ø 680 mm	SA266-2	ASTM A266
	Кованый фланец Forged Flange	1	Внутр. Ø 457,2 мм, толщ. 110 мм ID 457,2 mm, 110 mm thick	SA266-2	ASTM A266
	Глухой фланец Blind Flange	1	Ø 18" мм, ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом Ø 18", Cl. 300 lb, BL RF	SA105	ASTM A105
	Труба шлюпбалки Davit Pipe	1	Ø 50,8 мм, сортам. 80 Ø 2", SCH80	SA106B	ASTM A106
	Кронштейн Bracket	1	22 мм толщиной 22 mm thick	SA516-70N	ASTM A516
	Трубный рукав Sleeve Pipe	1	Ø 63,5 мм, сортам. 40 Ø 2-1/2", SCH40	SA106B	ASTM A106
	Прокладка Gasket	1	Ø 18", 4,5 мм толщ., давл. 20 кг/см ² Ø 18", 4.5 mm thick, #300	316SS	----
	Шпильки с гайками Studs with Nuts	12	Ø 1-1/4", длиной 225мм, Ø 1-1/4", 225 mm long	SA194-B8M SA194-8M	ASTM A193/194
Штуцер «P», манометр Nozzle P, Pressure Gauge	Фланец Flange	1	Ø 2", ном. давл. 20 кг/см ² , удлиненный с конт. выступом и приварной шейкой Ø 2", Cl. 300 lb, LWN RF	SA105	ASTM A105
Внутренние компоненты Internal Components					
Направляющая пластина внутреннего цилиндра Internal Cylinder Guide Lug		1	96 x 50 x 6 мм	SA516-70	ASTM A516
Кронштейн направляющей термопары Thermocouple Guide Bracket		3	толщ. 6 мм 6 mm thick	SA516-70	ASTM A516

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ (продолжение)

NOZZLE, FLANGE, HEAD, AND FASTENER DATA (Continuation)

Наименование Description	К-во, шт Qty, item.	Размеры (мм) или условное обозначение по стандарту Sizes, mm, or Specification Number	Материал Material	
			марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Патрубок направляющей термопары Thermocouple Guide Pipe	3	толщ. 6 мм 6 mm thick	SA312- TP316H	ASTM A312
Опорные элементы Supports				
Пластины основания опор Support Base Plates	2	200 x 352,9 x 22 мм	SA516-70N	ASTM A516
Пластины верхние опор Support Top Plates	2	200 x 50 x 16 мм	SA516-70N	ASTM A516
Косынки опор Support Gusset Plates	4	262 x 337,9 x 10 мм	SA516-70N	ASTM A516
Такелажные направляющие Wind Guides	4	Труба Ø 4", сортам. 80, длинной 76,5 мм Pipe 4"? SCH80, 76.5 mm long	SA106-B	ASTM A106
Торцевые пластины такелажных направляющих Wind Guide Cover Plates	4	Ø 200 x 12 мм	SA516-70	ASTM A516
Усилительные пластины такелажных направляющих Wind Guide Reinforcement Pads	4	Ø 200 x 6 мм	SA516-70	ASTM A516
Усилительные пластины опор Support Reinforcement Pads	2	350 x 250 x 6 мм	SA516-70	ASTM A516
Заземляющая клемма Earth Lug	2	160,5 x 65 x 6 мм	SA240-304	ASTM A240

Компоненты узла теплового компенсатора Expansion Joint Assembly Components				
Гофрированная мембрана Bellows	1	длина 225 мм 225 mm long	SB443- NO6625-2	ASTM SB443
Концевая труба End Pipe	2	Ø 6", сорт. 80, толщ. 11 мм Ø 6", SCH80, 11 mm thick	SA106-B	ASME A106
Фланец Flange	2	Ø 6", ном. давл. 20 кг/см ² , с конт. выступом и приварной шейкой Ø 6", Cl. 300 lb, WN RF	SA105	ASME A105
Рукав Sleeve	2	толщ. 3 мм 3 mm thick	SA240-304	ASME A240

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ (продолжение)

NOZZLE, FLANGE, HEAD, AND FASTENER DATA (Continuation)

Наименование Description	К-во, шт Qty, item.	Размеры (мм) или условное обозначение по стандарту Sizes, mm, or Specification Number	Материал Material	
			марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Уплотнение Collar	2	толщ. 3 мм 3 mm thick	SA240-304	ASME A240
Крышка Cover	1	толщ. 3 мм 3 mm thick	SA240-304	ASME A240
Стяжная шпилька Tie Rod	3	M16	SA193-B7	ASME A193
Гайка Nut	24	M16	SA194-2H	ASME A194
Сферическая шайба Spherical Washer	12	для M16 for	SA36	ASME A36
Держатель крышки Cover Holder	6	толщ. 4,5 мм 4.5 mm thick	SA36	ASME A36
Болт крышки Cover Bolt	6	M8	SA193-B7	ASTM A193
Держатель шпильки Tie Rod Holder	6	толщ. 20 мм 20 mm thick	SA36	ASME A36

**4. ДАННЫЕ О ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ,
ОСНОВНОЙ АРМАТУРЕ, КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ,
ПРИБОРАХ БЕЗОПАСНОСТИ**

DATA ON SAFETY RELIEF DEVICES, INSTRUMENTATION, AND SAFETY DEVICES

Наименование Description	Количество, шт. Quantity, ea	Место установки Location	Условный проход, мм Nominal Bore, mm	Условное давление, МПа Nominal Pressure, MPa	Материал корпуса Shell Material	
					марка Grade	ГОСТ (ТУ) Standard
Манометр фирмы «Wika», PI-2136, модель 232.50, шкала от 0 до 600 кПа Pressure Gauge, Wika, PI-2136, Model Number 232.50, Scale Range 0 – 600 kPa	1	Штуцер «Р» Nozzle P	12,7	----	Нержав. сталь Stainless Steel	----
Манифольд на два игольчатых клапана 12,7 мм и вентиляционным клапаном 6,35 мм фирмы «Parker», индивидуального изготовления Manifold with two needle valves 12.7 mm Valves and 6.35 mm Vent Valve, Parker, Custom-made	1	Штуцер «Р» Nozzle P	25	41	Нержав. сталь Stainless Steel	----
Запорный ручной клапан, проектный № GA-884, фирмы «OS Valve Co.», Block Valve, Tag Number GA-884, OS Valve Co.,	1	Штуцер «Р» Nozzle P	25	56	SA182- F316H	ASTM A182
Датчик уровня фирмы «Thermo Fisher Scientific» LT-4003, тип «Level Pro», модель 9740A-X (связанный с датчиком прибор уровня радиоактивности поставляется клиентом) Level Transmitter LT-4003, Thermo Fisher Scientific», Level Pro Model 9740A-X (associated Nuclear Level Instrument is supplied by the customer)	1	«Большая» обечайка "Big Shell"	----	----	Нержав. сталь Stainless Steel	----

5. ДАННЫЕ ОБ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСУДА (продолжение)
DATA ON VESSEL BASIC MATERIALS USED FOR MANUFACTURING (Continuation)

Наименование элемента Vessel Component Description	Материал Material				Данные механических испытаний по сертификату или протоколу заводских испытаний Mechanical Test Data as per Certificate or as per Shop Test Report									
	марка Grade	стандарт (ТУ) Standard	Номер плавки (партии) Heat (Lot) Number	Номер и дата сертификата (протокола) Certificate (Report) Number and Date	при температуре t=20 °C at Temperature of t=20 °C						при температуре t<0 °C at Temperature of t<0 °C			
					Предел текучести, МПа Yield Point, MPa	Временное сопротивление (предел прочности), МПа Ultimate Strength, MPa	Относительное удлинение A5, % Elongation A5, %	Относительное сужение Ψ, % Area Reduction, %	Ударная вязкость, Дж/см ² Impact Elasticity, J/sm ²			Ударная вязкость, Дж/см ² Impact Elasticity, J/sm ²	Температура, °C Temperature, °C	Тип образца Sample Type
до старения Before Aging	после старения After Aging	тип образца Sample Type												
Обечайка, деталь 003-3 (плакированная сталь) * Shell, Part 003-3 (Clad Steel) *	SA516-70 + C276	ASME A516 + ASME276	A430142-01 S890622	PP2-2-1`40207- 002-001 07.02.2014	377	543	27	---	---	---	---	---	---	---
Днище нижнее, деталь 003-5 (плакированная сталь) * Bottom Head, Part 003-5 (Clad Steel) *	SA516-70 + C276	ASME A516 + ASME276	A430142-01 S890622	PP2-2-1`40207- 002-001 07.02.2014	377	543	27	---	---	---	---	---	---	---

* Механические свойства, приведенные выше для плакированной стали, даны только для стали марки SA516-70
 Mechanical properties, which are shown above for the clad steel, are indicated for Steel Grade SA516-70 only.

5. ДАННЫЕ ОБ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСУДА (продолжение)
 DATA ON VESSEL BASIC MATERIALS USED FOR MANUFACTURING (Continuation)

Наименование элемента Vessel Component Description	Материал Material				Химический состав по сертификату или протоколу заводских исследований, % Chemical Composition as per Certificate or as per Shop Report, %																
	Марка Grade	Стандарт (ТУ) Standard	Номер плавки (партии) Heat (Lot) Number	Номер и дата сертификата (протокола) Certificate (Report) Number and Date	Дополнительные данные (ультразвуковой контроль, испытания на твердость, состояние исходной термообработки и др.) Additional Data (Ultrasonic Test, Hardness Test, Initial Heat Treatment, etc.)				C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	V	S	P	Прочие элементы Other Elements	
Обечайка, деталь 003-1 Shell, Part 003-1	SA516-70	ASME A516	7906770-01 591737	PP2-2- 1`40123-002- 001 23.01.2014	---	0,16	1,43	0,37	0,01	0,01	0,005	0,01	0,001	0,003	0,004	0,02	Nb - 0,001 Al - 0,034			Nb - 0,001 Al - 0,034	
Обечайка, деталь 003-2 Shell, Part 003-2	SA516-70	ASME A516	7906770-01 591737	PP2-2- 1`40123-002- 001 23.01.2014	---	0,16	1,43	0,37	0,01	0,01	0,005	0,01	0,001	0,003	0,004	0,02	Nb - 0,001 Al - 0,034			Nb - 0,001 Al - 0,034	
Днище верхнее, деталь 003-4 Top Head, Part 003-4	SA516-70	ASME A516	7906770-02 591737	PP2-2- 1`40123-002- 001 23.01.2014	---	0,16	1,43	0,37	0,01	0,01	0,005	0,01	0,001	0,003	0,004	0,02	Nb - 0,001 Al - 0,034			Nb - 0,001 Al - 0,034	

5. ДАННЫЕ ОБ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСУДА (продолжение)
 DATA ON VESSEL BASIC MATERIALS USED FOR MANUFACTURING (Continuation)

Наименование элемента Vessel Component Description	Материал Material				Дополнительные данные (ультразвуковой контроль, испытания на твердость, состояние исходной термообработки и др.) Additional Data (Ultrasonic Test, Hardness Test, Initial Heat Treatment, etc.)	Химический состав по сертификату или протоколу заводских исследований, % Chemical Composition as per Certificate or as per Shop Report, %											
	Марка Grade	Стандарт (ТУ) Standard	Номер плавки (партии) Heat (Lot) Number	Номер и дата сертификата (протокола) Certificate (Report) Number and Date		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	V	S	P	Прочие элементы Other Elements
Обечайка, деталь 003-3 (плакированная сталь) * Shell, Part 003-3 (Clad Steel) *	SA516-70 + C276	ASME A516 + ASME276	A430142-01 S890622	PP2-2-1`40207- 002-001 07.02.2014	---	0,14	1,46	0,35	0,01	0,018	0,001	0,187	0,013	0,002	0,001	0,006	Nb - 0,015 Al – 0,028
Днище нижнее, деталь 003-5 (плакированная сталь) * Bottom Head, Part 003-5 (Clad Steel) *	SA516-70 + C276	ASME A516 + ASME276	A430142-01 S890622	PP2-2-1`40207- 002-001 07.02.2014	---	0,16	1,43	0,34	0,011	0,014	0,002	0,014	0,003	0,005	0,002	0,013	Nb - 0,001 Al – 0,036

* Химический анализ, приведенный выше для плакированной стали, дан только для стали марки SA516-70
 Chemical Analysis, which is shown above for the clad steel, is indicated for Steel Grade SA516-70 only.

5. ДАННЫЕ ОБ ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСУДА (продолжение)

DATA ON VESSEL BASIC MATERIALS USED FOR MANUFACTURING (Continuation)

Наименование элемента Vessel Component Description				Материал Material		Химический состав по сертификату или протоколу заводских исследований, % Chemical Composition as per Certificate or as per Shop Report, %																			
Марка Grade		Стандарт (ТУ) Standard				Номер плавки (партии) Heat (Lot) Number		Номер и дата сертификата (протокола) Certificate (Report) Number and Date		Дополнительные данные (ультразвуковой контроль, испытания на твердость, состояние исходной термообработки и др.) Additional Data (Ultrasonic Test, Hardness Test, Initial Heat Treatment, etc.)															
Концевые трубы температурного компенсатора Expansion Joint End Pipe	SA106-B	ASME A106	3102603	KFT20114032 4-01 24.03.2014	Отожжен при 870 °C Normalized at 870 °C HB145								C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	V	S	P	Прочие элементы Other Elements	
Фланцы температурного компенсатора Expansion Joint Flanges	SA105	ASME A105	7-35245	56-7503 14.02.2013	----								0,4	0,2	0,15	22,1	Баланс Balance	8,2	----	0,18	----	0,0001	0,006		
Г офрированная диафрагма температурного компенсатора Expansion Joint Bellows	SB443-NO6625-2	ASME B443	518330	32-081-088 23.01.2012	HB74								0,2	0,93	0,24	0,01	0,02	0,002	0,03	----	0,002	0,006	0,018		
													0,19	0,19	0,48	0,09	0,01	0,01	0,02	0,02	0,005	0,001	0,013		----
													0,2	0,93	0,24	0,01	0,02	0,002	0,03	----	0,002	0,006	0,018		----

6. КАРТА ИЗМЕРЕНИЙ КОРПУСА СОСУДА

Наименование элемента Vessel Component	Номер эскиза Sketch Number	Номер сечения Section Number	Диаметр, мм Diameter, mm			Овальность, % Ovality, %		Отклонение от прямоли- нейности, мм Linear Deviation, mm		Смещение кромок сварных стыковых соединений, мм Weld Joint Edges Deviation. mm			
			Номинальный наружный или внутренний Nominal Exterior or Interior	Допускаемое отклонение Allowed Deviation	Измеренное отклонение Actual Deviation	Допускаемая Allowed	Измеренная Actual	Допускаемое Allowed	Измеренное Actual	продольных Longitudinal		кольцевых Circular	
										Допускаемое Allowed	Измеренное Actual	Допускаемое Allowed	Измеренное Actual
Обечайка, деталь 033-1 Shell, Part 003-1	Отчет о размерном контроле сосуда от 13-06-2014 Dimensional Control Report dated 06-13-2014	1	700	7	2	1	0,29	4,3	1	1,5	0	2,0	2
2,0												0,5	
Обечайка, деталь 033-2 Shell, Part 003-2		2	700	7	2,5	1	1,5	2,29	0,5	1,5	0	2,0	0,5
2,0												2	
Обечайка, деталь 033-3 Shell, Part 003-3		3	700	7	6	1	0,3	0,52	0	1,75	0,5	2,0	2
												2,5	2

7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
WELD JOINTS EXAMINATION AND TEST RESULTS

Обечайка, деталь 003-1 центральный шов (LWL-1) Shell, Part 003-1, Central Weld (LWL-1)	Наименование элемента и номер чертежа (эскиза) с указанием сварного соединения для которого изготавливались контрольные соединения Component Description and Drawing (Sketch) Number with Indication of Weld Joint for with Test Joint Plates Were Made			
Отчет о производственных испытаниях механических свойств сварных швов № TAS-024466 от 23-04-2014 Weld Metal Mechanical Properties Production Test Report No. TAS-024466 dated 04-23-2014	Номер и дата документа Document Number and Date of Issue			
568, 578	Временное сопротивление R_m , МПа Tensile Strength, R_m , MPa	Сварное соединение Welded Joint	Механические испытания Mechanical Tests	
68, 54, 49	Величина, Дж/см ² Value, J/sm ²			Ударная вязкость Impact Elasticity
минус 35 minus 35	Температура, °C Temperature, °C			
с V-образным пазом V-notch	Тип образца Sample Type			
24 мм, 180° 24 mm, 180°	Диаметр оправки, угол загиба, мм, ° Bending Angle and Mandrel Diameter, mm, °	Металл шва Weld Metal		
----	Временное сопротивление R_m , МПа Tensile Strength, R_m , MPa			
----	Относительное удлинение, A5, % Elongation, A5, %			
----	Твердость, HB Hardness, HB	Зона термического влияния Heat-Affected Zone		
----	Величина, Дж/см ² Value, J/sm ²			Ударная вязкость Impact Elasticity
----	Температура, °C Temperature, °C			
----	Тип образца Sample Type			
----	Твердость, HB Hardness, HB			
Соответ. требованиям ТР Meets Requirements of TR	Оценка Evaluation		Металлограф. исследован. Metallographic Examination	
Не проводилось Not performed	Номер и дата документа макро- или микроисследования Macro-or Micro Examination Document Number and Date of Issue			
----	Оценка Evaluation			
GPW-014	Клеймо сварщика Welder Seal			

7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)
WELD JOINTS EXAMINATION AND TEST RESULTS (Continuation)

Обечайка, деталь 003-3 центральный шов (LWL-3) Shell, Part 003-3, Central Weld (LWL-1)	Наименование элемента и номер чертежа (эскиза) с указанием сварного соединения для которого изготавливались контрольные соединения Component Description and Drawing (Sketch) Number with Indication of Weld Joint for with Test Joint Plates Were Made			
Отчет о производственных испытаниях механических свойств сварных швов № TAS-030772 от 27-05-2014 Weld Metal Mechanical Properties Production Test Report No. TAS-030772 dated 05-27-2014	Номер и дата документа Document Number and Date of Issue			
601, 602	Временное сопротивление R_m , МПа Tensile Strength, R_m , MPa		Сварное соединение Welded Joint	Механические испытания Mechanical Tests
96, 96, 105	Величина, Дж/см ² Value, J/sm ²	Ударная вязкость Impact Elasticity		
минус 35 minus 35	Температура, °C Temperature, °C			
с V-образным пазом V-notch	Тип образца Sample Type			
24 мм, 180° 24 mm, 180°	Диаметр оправки, угол загиба, мм, ° Bending Angle and Mandrel Diameter, mm, °		Металл шва Weld Metal	
----	Временное сопротивление R_m , МПа Tensile Strength, R_m , MPa			
----	Относительное удлинение, A5, % Elongation, A5, %			
----	Твердость, HB Hardness, HB			
----	Величина, Дж/см ² Value, J/sm ²	Ударная вязкость Impact Elasticity	Зона термического влияния Heat-Affected Zone	
----	Температура, °C Temperature, °C			
----	Тип образца Sample Type			
----	Твердость, HB Hardness, HB			
Соответ. требованиям ТР Meets Requirements of TR	Оценка Evaluation			Металлограф. исследован. Metallographic Examination
Не проводилось Not performed	Номер и дата документа макро- или микроисследования Macro-or Micro Examination Document Number and Date of Issue			
----	Оценка Evaluation			
GPW-013	Клеймо сварщика Welder Seal			

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
СОСУД VESSEL					
LWL-1, LWL-2	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-003 от 04- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-003 dated 03-04-2014	P/Г * RT *	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
LWL-3	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-256 от 10- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-256 dated 06-19-2014	P/Г RT			
LWL-3, CWL-3, CWL-4,	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-UT-013 от 10- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-UT-013 dated 06-10-2014	У/З ** UT **			
CWL-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-257 от 12- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-257 dated 06-12-2014	P/Г RT			
CWL-2	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-004 от 04- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-004 dated 03-04-2014	P/Г RT			
CWL-3	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-254 от 10- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-254 dated 06-10-2014	P/Г RT			

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CNW3, CNW6,	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-UT-014 от 21- 08-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-UT-014 dated 08-21-2014	У/З UT	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CWL-4	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-253 от 06- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-253 dated 06-06-2014	Р/Г RT			
CNW1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-104 от 27- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-104 dated 03-27-2014	Р/Г RT			
CNW2, CNW4, CNW5, CNW7, CNW8, CNW9, CNW10, CNW11, CNW13,	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-UT-012 от 10- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-UT-012 dated 06-10-2014	У/З UT			
CJW3, CJW3, CJW4, CJW5, CJW6	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-255 от 06- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-255 dated 06-06-2014	Р/Г RT			
CJW3, CJW4, CJW5, CJW6	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-UT-011 от 10- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-UT-011 dated 06-10-2014	У/З UT			

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
(продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CJW7, CJW8,	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-203 от 22- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-203 dated 04-22-2014	P/Г RT	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CNW12, CNW14	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-085 от 23- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-085 dated 03-23-2014	P/Г RT			
CJW11	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-116 от 28- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-116 dated 03-28-2014	P/Г RT			
CNW15	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-UT-191 от 17- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-UT-191 dated 04-17-2014	У/З UT			
CJW8	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-RT-248 от 16- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-RT-248 dated 05-16-2014	P/Г RT			

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
Плакировка обечайки Shell Overlay	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-135 от 26- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-135 dated 03-26-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
Плакировка днища Head Overlay	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-136 от 26- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-136 dated 03-26-2014				
Плакировка обечайки Shell Overlay	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-140 от 02- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-140 dated 04-02-2014				
Плакировка днища Head Overlay	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-141 от 02- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-141 dated 04-02-2014				
LWL-1, LWL-2	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-004 от 12- 02-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-004 dated 02-12-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CWL-2	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-017 от 22- 02-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-017 dated 02-22-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CJQ-9, CJW-10, CJW-13	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-052 от 11- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-052 dated 03-11-2014				
CNW012, CNW-14	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-081 от 21- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-081 dated 03-21-2014				
CNW-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-088 от 22- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-088 dated 03-22-2014				
CJW-11	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-109 от 27- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-109 dated 03-27-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
LWL-3	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-137 от 26- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-137 dated 03-26-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
LWL-3	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-138 от 26- 03-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-138 dated 03-26-2014				
LWL-3	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-139 от 02- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-139 dated 04-02-2014				
CJW-7, CJW-8	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-156 от 05- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-156 dated 04-05-2014				
CNW-15	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-180 от 10- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-180 dated 04-10-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CJW-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-214 от 17- 04-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-214 dated 04-17-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CJW-12	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-279 от 08- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-279 dated 05-08-2014				
CNW-2, CNW-3, CNW-4, CNW-5	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-285 от 11- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-285 dated 05-11-2014				
CNW-2-1, CNW-3-1, CNW-4-1, CNW-5-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-289 от 13- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-289 dated 05-13-2014				
CNW-2-1, CNW-3-1, CNW-4-1, CNW-5-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-290 от 14- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-290 dated 05-14-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
(продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CJW-2, CJW-3, CJW-4, CJW-5	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-332 от 29- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-332 dated 05-29-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CJW-2-1, CJW-3-1, CJW-4-1, CJW-5-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-333 от 31- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-333 dated 05-31-2014				
CJW-2-1, CJW-3-1, CJW-4-1, CJW-5-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-335 от 02- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-335 dated 06-02-2014				
CWL-4	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-337 от 03- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-337 dated 06-03-2014				
EL, ST	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-344 от 13- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-344 dated 06-13-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CWL-4-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-345 от 03- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-345 dated 06-03-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CWL-4-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-346 от 04- 05-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-346 dated 05-04-2014				
CWL-3	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-347 от 07- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-MT-347 dated 06-07-2014				Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CWL-3-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-348 от 08- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-MT-348 dated 06-08-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
CWL-3-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-349 от 10- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-349 dated 06-10-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
CWL-1	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-350 от 12- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-350 dated 06-12-2014				
Плакировка днища Head Overlay	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-351 от 18- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-351 dated 06-18-2014				
Плакировка обечайки Shell Overlay	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-352 от 18- 06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-352 dated 06-18-2014				
WS	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-PT-353 от 15- 07-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-353 dated 07-15-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ (продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
LWL-1, 2, 3, 4, 5 CWL-1, 2, 3 CNW-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 CJW-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 IC, GL, TP, RP, DP, HG, HD, BK, NP, IS, IS1, IS2, FR, FR1, DB, SB	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-MT-053 от 13-06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-053 dated 06-13-2014	Магнитопорошковая дефектоскопия Magnetic Particle Inspection	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 032/2013 Meets the requirements of Technical Regulation 032/2013
Швы удаленных временных приспособлений JIG Removed Point	Отчет об испытаниях фирмы «Kotec Co. LTD» № KOST-GP/AN-MT-054 от 13-06-2014 Kotec Test Report No. KOST-GP/AN-PT-054 dated 06-13-2014				
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОМПЕНСАТОР EXPANSION JOINT					
WL01	Отчет об испытаниях фирмы «E Itec» № ITEC- MF-RT-0501-003 от 01-05-2014 Kotec Test Report No. ITEC-MF-RT-0501-003 dated 05-01-2014	Рентгеноскопические исследования X-Ray Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 010/2011 Meets the requirements of Technical Regulation 010/2011
WL03, WL04	Отчет об испытаниях фирмы «E Itec» № ITEC- MF-RT-0501-004 от 01-05-2014 Kotec Test Report No. ITEC-MF-RT-0501-004 dated 05-01-2014				

8. ДАННЫЕ О НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
(продолжение)

NON-DESTRUCTIVE WELD JOINT INSPECTION DATA (Continuation)

Обозначение сварного шва Weld Joint Designation	Номер и дата документа о проведении контроля Test Document Number and Date of Issue	Метод контроля Examination Method	Объем контроля Scope of Examination	Описание дефектов Defect Description	Оценка Evaluation
WL01	Отчет об испытаниях фирмы «Е Itec» № ITEC- MG-PT-0501-003 от 01-05-2014 Kotec Test Report No. ITEC-MG-PT-0501-003 dated 05-01-2014	Цветная дефектоскопия Dye Penetrant Examination	100 %	Дефекты не обнаружены Defects were not found	Соответствует требованиям технического регламента 010/2011 Meets the requirements of Technical Regulation 010/2011
WL01	Отчет об испытаниях фирмы «Е Itec» № ITEC- MG-PT-0502-003 от 01-05-2014 Kotec Test Report No. ITEC-MG-PT-0502-003 dated 05-01-2014				
Гофрированная диафрагма Bellows	Отчет об испытаниях фирмы «Е Itec» № ITEC- MG-PT-0507-003 от 07-05-2014 Kotec Test Report No. ITEC-MG-PT-0507-003 dated 05-07-2014				

9. ДАННЫЕ О ДРУГИХ ИСПЫТАНИЯХ И ИССЛЕДОВАНИЯХ

OTHER TEST AND EXAMINATION DATA

СОСУД

VESSEL

1. Отчет производителя о проверке пригонки элементов сосуда № FU-969302-R301-D004 от 11.06.2014
Manufacturer's Fit-Up Inspection Report # FU-969302-R301-D004 dated 06.11.2014
2. Отчеты производителя об инспекции штуцеров (ориентация и направление) № NI-974049-R301-D004 от 12.06.2014 и от 20.08.2014
Manufacturer's Nozzle Inspection Reports (Orientation and Projection) NI-974049-R301-D004 dated 06.12.2014 and 08.20.2014
3. Отчеты производителя о визуальной инспекции гладкости и наполненности сварных швов № WT-974049-R301-D004 от 12.06.2014 и от 20.08.2014
Manufacturer's Weld Ground Smooth/Flush Inspection Reports # WT-974049-R301-D004 dated 06.12.2014 and 08.20.2014
4. Отчет производителя о размерном контроле сосуда обечайки от 23.04.2014
Manufacturer's Vessel Dimension Control Report dated 04.23.2014
5. Отчеты производителя о размерной инспекции пластины крышки № 974049-D004-001-A1 от 28.02.2014 и от 17.03.2014
Manufacturer's Head Plate Inspection Reports # 974049-D004-001-A1 dated 02.28.2014 and 03.17.2014
6. Отчеты производителя о размерной инспекции готовой крышки № 974049-D004-001-A1 от 31.03.2014 и от 17.03.2014
Manufacturer's Manufactured Head Inspection Reports # 974049-D004-001-A1 dated 03.31.2014 and 03.17.2014
7. Отчет производителя об испытании усилительных пластин избыточным давлением № PL-974049-R301-D004 от 12.06.2014
Manufacturer's Pads Leakage Test Report # PL-974049-R301-D004 dated 06.12.2014
8. Отчет производителя об проверке сосуда в сборе, его ориентации и всех размеров № AD-974049-R301-D004 от 22.06.2014
Manufacturer's Assembly, Orientation, Overall Dimension Inspection Report, # AD-974049-R301-D004 dated 06.22.2014
9. Отчет производителя об проверке твердости металла № HT-974049-R301-D004 от 16.05.2014
Manufacturer's Hardness Test Report, # HT-974049-R301-D004 dated 05.16.2014
10. Отчет производителя о позитивной идентификации используемых материалов № PI-974049-R301-D004 от 11.06.2014
Manufacturer's Positive Material Identification Report, # PI-974049-R301-D004 dated 06.11.2014
11. Отчет фирмы «Kostec Co. LTD» об ультразвуковой инспекции верхней крышки сосуда № KOST-GP/AN-MT-002 от 03.05.2014
Kostec Co. LTD's Top Head Ultrasound Examination Report, # KOST-GP/AN-MT-002 dated 05.03.2014
12. Отчет фирмы «Kostec Co. LTD» об ультразвуковой инспекции нижней крышки сосуда № KOST-GP/AN-MT-009 от 23.04.2014
Kostec Co. LTD's Bottom Head Ultrasound Examination Report, # KOST-GP/AN-MT-002 dated 04.23.2014
13. Отчет производителя о внутренней размерной инспекции обечайки и внутреннего цилиндра № AD-974049-R301-D-004 от 12.06.2014
Manufacturer's Shell and Internal Cylinder Internal Dimension Inspection Report, # AD-974049-R301-D-004 dated 06.12.2014
14. Отчет производителя об инспекции фланца с конической расточкой № TB-974049-R301-D004 от 12.06.2014
Manufacturer's Tapered Bored Flange Inspection Report, # TB-974049-R301-D004 dated 06.12.2014

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОМПЕНСАТОР
EXPANSION JOINT

1. Отчет производителя о проверочной размерной инспекции от 07.05.2014
Manufacturer's Dimension Check Report dated 05.07.2014
2. Отчеты производителя об инспекции гофрированной диафрагмы от 02.05.2014
Manufacturer's Bellows Inspection Report dated 05.02.2014
3. Отчет фирмы «Е ИТЕС» о позитивной идентификации материалов изготовления
№ ИТЕС-MG-PMI-0430-004 от 30.04.2014
E ITEC's Positive Material Identification Report dated 04.30.2014

Глухой фланец Blind Flange	Днище нижнее Bottom Head	Днище верхнее Top Head	Наименование элемента Component Description	
Отчеты фирмы «Hyup Dong Dea Hyeung Heat Treatment» о термической обработке Hyup Dong Dea Hyeung Heat Treatment Reports			Номер и дата документа Document Number and Date of Issue	
№ HD20140515-01 от 15-05-2014 # HD20140515-01 dated 05-15-2014	№ HD20140515-02 от 15-05-2014 # HD20140515-02 dated 05-15-2014	№ HT-974049-Antipinsky-02 от 28-02-2014 # HT-974049-Antipinsky-02 dated 02-28-2014		
Отжиг для снятия напряжений Stress Relief Annealing	Отжиг для снятия напряжений Stress Relief Annealing	Отжиг для снятия напряжений Stress Relief Annealing	Вид термообработки Type of Heat Treatment	
625	625	640	Температура термообработки, °C Heat Treatment Temperature, °C	
120	120	110	Нагрева Heating	Скорость, °C/h Rate, °C/h
105	105	110	Охлаждения Cooling	
1,6	1,6	1,8	Продолжительность выдержки, час. Endurance, h	
В печи In Furnace	В печи In Furnace	В печи In Furnace	Способ охлаждения Cooling Type	

10. ДАННЫЕ О ТЕРМООБРАБОТКЕ
HEAT TREATMENT DATA

11. ДАННЫЕ О ГИДРАВЛИЧЕСКОМ (ПНЕВМАТИЧЕСКОМ) ИСПЫТАНИИ HYDRAULIC (PNEUMATIC) TEST DATA

Сосуд успешно прошел следующие испытания, проведенные без установленного на нем температурного компенсатора:
The vessel with no Expansion Joint installed on it has passed the following successful test:

Вид и условия испытаний Type and Conditions of Test		Испытываемая часть сосуда Tested Vessel Component	
		Кожух Shell	
Гидравлическое испытание Hydraulic Test	Пробное давление, МПа (кгс/см ²) Test Pressure, MPa (kgf/cm ²)	2,68 (27,38)	
	Испытательная среда Test Fluid	Вода Water	
	Температура испытательной среды, °С Test Fluid Temperature, °C	16	
	Продолжительность выдержки, ч (мин) Endurance, hour (min)	1 (60) 1 (60)	
Пневматическое испытание Pneumatic Test	Пробное давление, МПа (кгс/см ²) Test Pressure, MPa (kgf/cm ²)	Не проводилось Was not performed	
	Продолжительность выдержки, ч Endurance, h	----	
Положение сосуда при испытании ¹ Vessel Position During Test ¹		Горизонтальное Horizontal	Да Yes

¹ В нужной графе указать «Да»
Indicate "Yes" in an appropriate cell

11. ДАННЫЕ О ГИДРАВЛИЧЕСКОМ (ПНЕВМАТИЧЕСКОМ) ИСПЫТАНИИ
(продолжение)
HYDRAULIC (PNEUMATIC) TEST DATA (Continuation)

Температурный компенсатор успешно прошел следующие испытания, проведенные его изготовителем:

The Expansion Joint has successfully passed the following test performed by its manufacturer:

Вид и условия испытаний Type and Conditions of Test		Испытываемая часть компенсатора Tested Joint Component	
		Кожух Housing	
Гидравлическое испытание Hydraulic Test	Пробное давление, МПа (кгс/см ²) Test Pressure, MPa (kgf/cm ²)	2,37 (24,2)	
	Испытательная среда Test Fluid	Вода Water	
	Температура испытательной среды, °C Test Fluid Temperature, °C	20	
	Продолжительность выдержки, ч (мин) Endurance, hour (min)	0,16 (10)	
Пневматическое испытание Pneumatic Test	Пробное давление, МПа (кгс/см ²) Test Pressure, MPa (kgf/cm ²)	Не проводилось Was not performed	
	Продолжительность выдержки, ч Endurance, h	----	
Положение сосуда при испытании ¹ Vessel Position During Test ¹		Горизонтальное Horizontal	Да Yes

¹ В нужной графе указать «Да»
Indicate "Yes" in an appropriate cell

12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CONCLUSION

Сосуд изготовлен в полном соответствии с техническими условиями стандарта Американского общества инженеров-механиков ASME Section VIII, Division1, выпуска 2010 г., включая дополнения 2011 г.

The Vessel has been manufactured in full compliance with requirements of ASME Boiler and Pressure Vessel Code ASME Section VIII, Division 1, 2010 Edition, including 2011 Additions.

Температурный компенсатор изготовлен в полном соответствии с техническими условиями стандарта Американского общества инженеров-механиков ASME B31.3 – 2011 (технологические трубопроводы).

The Expansion Joint has been manufactured in full compliance with requirements of ASME B31.3 - 2012 (Process Piping).

Сосуд и температурный компенсатор были подвергнуты наружному и внутреннему осмотру, а также, каждый отдельно, гидравлическому испытанию пробным давлением согласно разделу 11 настоящего паспорта.

The Vessel and the Expansion Joint have been subjected to external and internal inspections, as well as, separately from each other, hydraulic testing under testing pressures as indicated in Section 11 of this passport.

Сосуд и компенсатор признаны годными для работы с указанными в настоящем паспорте параметрами.

The vessel is found fit for service with the parameters specified in this passport

Главный

Chief Engineer of the manufacturer's Shop

(Signature; подпись)

(Name; расшифровка)

Seal
М.П.

Начальник ОТК

QC manager of the manufacturer

(Signature; подпись)

(Name; расшифровка)

" ____ " _____ 200

СВЕДЕНИЯ О МЕСТОНАХОЖДЕНИИ СОСУДА
VESSEL LOCATION DATA

[illegible]

13. СВЕДЕНИЯ О МЕСТОНаХОЖДЕНИИ СОСУДА (продолжение)
VESSEL LOCATION DATA (continuation)

[illegible]

PERSONNEL RESPONSIBLE FOR VESSEL SERVICEABLE CONDITIONS AND SAFE OPERATION

[illegible]

PERSONNEL RESPONSIBLE FOR SERVICEABLE CONDITIONS AND SAFE OPERATION OF VESSEL (continuation).

[illegible]

INSTALLED VALVES AND INSTRUMENTS DATA

														Дата установки Date of Installation	
														Наименование Description	
														Количество, шт Quantity, items, each	
														Условное. проход, мм Nominal Diameter, mm	
														Условное давление, МПа (кг/см Design Pressure, MPa (kg/sm²)	
														Материал Material	
														Место установки Place of Installation	
														Подпись ответственного за исправное состояние и безопасное действие сосуда Signature of Person Responsible for Vessel Serviceable Conditions and Safe Operation	

INSTALLED VALVES AND INSTRUMENTS DATA (continuation)

[illegible]

16. ДРУГИЕ ДАННЫЕ ОБ УСТАНОВКЕ СОСУДА:
OTHER VESSEL INSTALLATION DATA:

- a) **Коррозионность среды**
Operating Fluid Corrosiveness _____
- б) **Противокоррозионное покрытие**
Corrosion Protection Covering _____
- в) **Тепловая изоляция**
Thermal Insulation _____
- г) **Футеровка**
Lining _____
- д) **Схема подключения сосуда в установку (линию)**
Sketch of Vessel Connection Within Unit _____

VESSEL MAIN COMPONENT AND VALVES REPAIR AND REPLACEMENT DATA

[illegible]

VESSEL MAIN COMPONENT AND VALVES REPAIR AND REPLACEMENT DATA (continuation)

[illegible]

VESSEL MAIN COMPONENT AND VALVES REPAIR AND REPLACEMENT DATA (continuation)

[illegible]

VESSEL MAIN COMPONENT AND VALVES REPAIR AND REPLACEMENT DATA (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

18. ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ (продолжение)
EXAMINATION RESULTS RECORDS (continuation)

[illegible]

19. РЕГИСТРАЦИЯ СОСУДА.
VESSEL REGISTRATION

Сосуд зарегистрирован за №
Vessel Registration No. _____

В
In _____

(регистрирующий орган; Registration Body)

В паспорте пронумеровано и прошнуровано _____ страниц и _____ чертежей
This passport contains _____ pages and _____ drawings, all numbered and laced

*(должность регистрирующего лица; position of
person having performed the registration)*

(подпись; signature)

Ф.И.О.; (Name)

М.П.
Seal

" _____ " _____ 200 ____ года.

20. ПРИЛОЖЕНИЯ

ATTACHMENTS

Сосуд

Vessel

- 20.1. **Чертежи сосуда с указанием основных размеров**
Vessel and Expansion Joint Drawings with Basic Dimensions
- 20.2. **Технологическая схема**
Process Diagram
- 20.3. **Инструкция по монтажу и эксплуатации**
Installation, Operation, and Maintenance Manual
- 20.4. **Расчеты на прочность по ASME и проверочный расчет по ГОСТ**
ASME Strength Calculations and Checking GOST Calculation
- 20.5. **Форма «U» совета ASME**
ASME U-Form
- 20.6. **Карты сварных швов сосуда**
Vessel Weld Map
- 20.7. **Спецификации сварочных процедур и данные по аттестации и квалификации сварщиков**
WPS's and PQR's
- 20.8. **Отчеты о неразрушающих испытаниях сварных швов**
Weld NDT Reports
- 20.9. **Отчеты об испытаниях материалов**
MTR's
- 20.10. **Отчет о термической обработке**
Heat Treatment Report
- 20.11. **Отчет о гидростатических испытаниях**
Hydrostatic Test Report
- 20.12. **Копия сертификата в системе ТР 032/2013**
Copy of TR Certificate of Conformity CU TR 032/2913
- 20.13. **Сводный лист заводских изменений**
Consolidated List of Production Changes
- 20.14. **Комплектовочная ведомость**
Components List
- 20.15. **Регламент проведения в зимнее время пуска (остановки) или испытания на герметичность сосуда**
Vessel Start-Up (Shutdown) and Tightness Testing Procedure at Winter Time

Температурный компенсатор

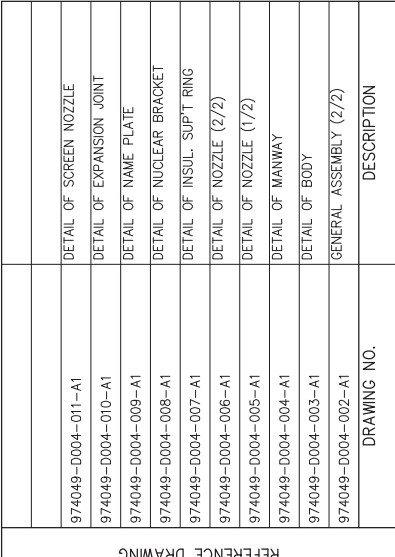
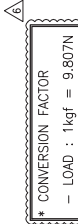
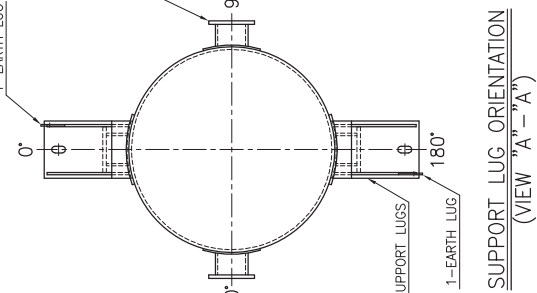
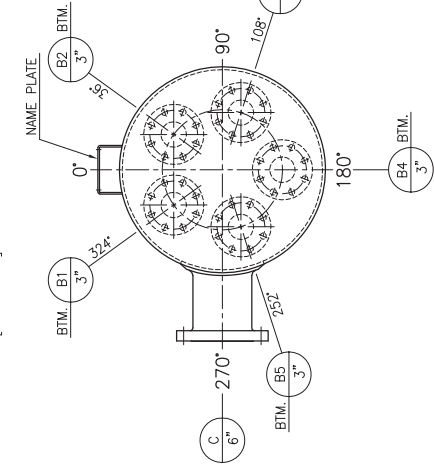
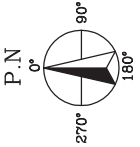
Expansion Joint

- 20.1. **Чертеж температурного компенсатора с указанием основных размеров**
Expansion Joint Drawings with Basic Dimensions
- 20.2. **Расчет на прочность температурного компенсатора**
Expansion Joint Strength Calculations
- 20.3. **Отчеты о неразрушающих испытаниях сварных швов и карты швов**
Weld NDT Reports and Weld Maps
- 20.4. **Отчеты об испытаниях материалов**
MTR's
- 20.5. **Отчет о гидростатических испытаниях**
Hydrostatic Test Report

СОСУД
VESSEL

20.1. Чертежи сосуда с указанием основных размеров

Vessel and Expansion Joint Drawings with Basic Dimensions




N O Z L E L I S T										D E S I G N D A T A									
MARK	Q'TY	SIZE (NPS)	FLANGE		SERVICE	PROJECTION FROM C/L	REINF. PAD TH'K	O.D		CODE	ASME SEC.VIII DIV.1, 2010 ED. + 2011 ADD.	STAMP	YES (U)						
			RATING	SCH.						LOCAL CERTIFICATE	TR CU	NAT. BOARD REGISTERED							
A	1	2	ASME CL.300 WN.RF	80	CATALYST INLET (TAPER BORED FLANGE)	SEE DWG.	-	-		CONTENT	CATALYST	CAPACITY	NO						
B1~5	5	3	ASME CL.300 WN.RF	40	CATALYST OUTLET	SEE DWG.	-	-		DENSITY	835 kg/m³	INSULATION	1.49 m³ (H.C)						
C	1	6	ASME CL.300 FN.RF	-	GAS INLET	600	-	-		DESIGN PRESS. (INT./EXT.)	1050/-	FIRE PROOFING	NO mm						
D	1	6	ASME CL.300 WN.RF	80	CATALYST OUTLET	600	-	-		DESIGN TEMP. (INT./EXT.)	425/-	WIND (ASCE 7-05)	1.2 kPa						
E	1	2	ASME CL.300 WN.RF	-	BLANK OFF (W/B.F)	SEE DWG.	-	-		OPER. PRESS.	234/-	SEISMIC (SNIP II-07-8)	NO						
F	1	2	ASME CL.300 WN.RF	-	THERMOWELL	SEE DWG.	-	-		OPER. TEMP.	137.8	PAINT (C/S PART)	SEE NOTE "24"						
G	1	6	ASME CL.300 WN.RF	80	INSPECTION (W/B.F)	SEE DWG.	-	-		CORROSION ALLOWANCE	3.0 (NOTE "22")	NO. OF REQ'D	1 (ONE)						
H	1	1.0 18	ASME CL.300 WN.RF	110	MANWAY (W/B.F & DAVIT)	600	-	-		SUPPORT	1.6	IMPACT TEST	NO						
P	1	2	ASME CL.300 WN.RF	-	PI	SEE DWG.	-	-		RADIOGRAPHY	FULL / SEAMLESS	LOADING DATA (OPERATING CONDITION)							
										JOINT EFFICIENCY	(S/H)	WIND SEISMIC							
										M.A.W.P (HOT & CORRODED)	1.0 / 1.0	(N)	2638.7						
										M.A.P (NEW & COLD)	2993.47 kPa(g)	(N-m)	4688.0						
										M.D.M.T.	-35°c AT 1318.22 kPa(g)								
										TEST PRESSURE	2685.52 / 2685.52 kPa(g)								
										PNEU.	-								
										S.R AFTER COLD FORMING	HEAD	OPERATING	3240 KG						
										P.W.H.T.	NO	FULL WATER	3600 KG						

6	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	AUG.11.'14	REVISED AS NOTED X _S
5	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	MAY.02.'14	REVISED AS NOTED X _S
4	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	APR.17.'14	REVISED AS NOTED X _S
3	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	FEB.17.'14	REVISED AS NOTED X _S
2	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	JAN.06.'14	REVISED AS NOTED X _S
1	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	NOV.29.'13	REVISED AS NOTED X _S
0	MY HMM/D.C. KIM/S.B. PARK	OCT.15.'13	ISSUED FOR APPROVAL X _S
REV	DIFFR. CKR	DATE	DESCRIPTION
Рег.	Рис.подг., Подсч.	Датум	ОПИСАНИЕ

UOP LLC
25 East Algonquin Road
Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA

UOP
A Honeywell Company

 **HEAVY INDUSTRIES CORP.**
МОСКВА, КОРЕЯ

208-40-D-004 CHLORIDE ADSORBER

x

[GENERAL ASSEMBLY (1/2)]

x

450 PPH CYCLEMAX™
 СИСТЕМА УПЛАТНЕНИЯ ЦИКЛЕМА (ТМ) НА 50 л/ч
 COR REGENERATION SECTION
 СЕКЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ИРК

x

COR REGENERATION PROCESS
 ПРОЦЕСС РЕГЕНЕРАЦИИ ИРК (ТМ)
 CYCLEMAX™
 ЦИКЛЕМА™

x

300"ANTITANKING FACILITY
 НЕОПЕИТЕРАКТАНОВАЯ ЗАВОД"
 INTEGRATED HIGH OCTANE GASOLINE FACILITY
 КОМПЛЕКСНОСТЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА

x

TYUMEN, RUSSIA
 ТЮМЕНЬ, РОССИЯ

[illegible]

 CATALYST FLOW ZONE

* ALL WELDS IN CATALYST FLOW ZONE SHALL BE GROUND SMOOTH WITH NO PROTRUSIONS INTO THE CATALYST BED. ALL PLATE EDGES SHALL BE DEBURRED AND SHARP KNIFE EDGES REMOVED.

G E N E R A L N O T E S

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS, UNLESS OTHERWISE NOTED.

2. ALL WELD IS CONTINUOUS UNLESS OTHERWISE NOTED.

3. ALL BOLT HOLES ARE TO STRADDLE THE NORTH/SOUTH AND VERTICAL CENTER LINES UNLESS OTHERWISE NOTED.

4. NOZZLE PROJECTIONS ARE FROM CENTER LINE OF VESSEL OR NEARST TANGENT LINE TO GASKET FACE OF FLANGE.

5. VESSEL SHALL BE CONSTRUCTED IN ACCORDANCE WITH UOP STANDARD SPECIFICATION 3-11-8.

6. GASKET CONTACT SURFACE FINISHES SHALL BE 125~250 MICROINCH Ra.

7. GASKET MATERIAL : SPIRAL WOUND (14.5)

- FILLER : THERMICULITE TM835

- HOOP : 316 S.S

- INNER RING : 316 S.S

- OUTER RING : 316 S.S

8. THE WELDS OF WELDED ATTACHMENTS PROVIDED WITH VENT HOLES (e.g., REINFORCING PADS, SLIP-ON FLANGES) SHALL BE LEAK TESTED USING 103 kPa(g) PNEUMATIC PRESSURE AND A BUBBLE FORMING SOLUTION PRIOR TO POSTWELD HEAT TREATMENT AND FINAL HYDROSTATIC TEST.
VENT HOLE SHALL NOT BE PROVIDED ON THE REINFORCEMENT PLATE IN LONGITUDINAL DIRECTION OF THE VESSEL.

9. ALL SHARP CORNERS SHALL BE GROUND FINISHED RADIUS 2~3mm UNLESS OTHERWISE NOTED.
(EXCEPT INSIDE EDGE NOZZLE SPECIFIED IN DETAIL DWG.)

10. ALL SHELL, HEAD, AND NOZZLE ATTACHMENTS WELDS SHALL BE FREE OF UNDERCUT.

11. SPARE PART

	ERECTION & COMMISSIONING.
GASKETS	200%
STUD BOLTS & NUTS	10% (MIN. 2 SETS)

12. VESSELS MAY BE FULL TO LEVEL SHOWN WITH GRANULAR SOLIDS HAVING A BULK DENSITY OF 835 kg/m³.
DESIGN PRESSURE DOES NOT INCLUDE SOLIDS STATIC HEAD.

13. THE HYDROSTATIC TEST MEDIUM SHALL BE CLEAN, FRESH, POTABLE WATER. THE WATER USED FOR HYDROSTATIC TESTING OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL VESSELS SHALL HAVE A CHLORIDE CONTENT LESS THAN 50 PPM (PARTS PER MILLION).

17. MINIMUM LENGTH OF RADIOGRAPHIC FILM SHALL BE 254 mm.

18. THE FOLLOWING WELDS AND SURFACE AREAS SHALL BE INSPECTED BY MAGNETIC PARTICLE OR LIQUID PENETRANT METHOD.
ALL NON-MAGNETIC MATERIALS SHALL BE EXAMINED BY LIQUID PENETRANT METHOD.

- BACK-CHIPPED WELDS, WELDING GROOVE, AND PLATE EDGES OF SHELL, HEAD, AND NOZZLES ATTACHMENTS

- FINISHED NOZZLE WELDS WHICH HAVE NOT BEEN RADIOGRAPHED OR ULTRASONIC EXAMINED

- WELDS JOINING NON-PRESSURE CONTAINING COMPONENTS TO PRESSURE CONTAINING COMPONENTS

- GROUND FLUSH SURFACE AREAS WHERE TEMPORARY ATTACHMENT WELDS AFTER BEING REMOVED

- ALL WELD MADE IN ANY PART FROM NON-MAGNETIC MATERIALS SHALL BE EXAMINED NO LESS THAN 25% BY LIQUID PENETRANT METHOD.

- ALL WELD MADE IN ANY PART FROM MAGNETIC MATERIALS SHALL BE EXAMINED NO LESS THAN 25% BY MAGNETIC PARTICLE METHOD.

19. INTERNAL WELD SURFACE OF INSTRUMENT NOZZLE AND CATALYST INLET AND OUTLET NOZZLES SHALL BE GROUND SMOOTH.

20. STAMP "TB" FOR TAPER BORED.

21. PROFILE WIRE SCREEN SHALL HAVE A SLOT OPENING OF 0.5. SURFACE WIRE SHALL BE NO 63 WIRE OR EQUAL,
SUPPORTED BY NO 93 RODS OR EQUAL.

22. BOTTOM HEAD AND BOTTOM 300 mm OF VESSEL SHELL TO BE LINED WITH Min. 3 mm THICKNESS OF HASTELLOY C-276 IN LINED SECTION :
ALL NOZZLES TO BE LINED AND FACED. LINING IS CORROSION ALLOWANCE.

23. HEAT TRACE AND INSULATE ALL FLANGES AND NOZZLES IN ADDTION TO ENTIRE VESSEL, STEAMED TO 138 °C. NOZZLE "G" AND "H"
REQUIRE REMOVABLE HEAT TRACING FOR MAINTENANCE.

24. PAINTING (PER 974049 S905-0 AND 974049 T905-2)

- PAINT SYSTEM : 2 , TOP COAT COLOR : MANUFACTURER'S STANDARD
25. DESIGN SERVICE LIFE IS 20 YEARS.
26. VESSEL GROUP NO. : 1
27. HAZARDOUS SUBSTANCES : N/A
28. DISCLAIMER : SERVICE LIFE IS NOT AN INDICATION OF GUARANTEE OR WARRANTY. IT IS ONLY AN ESTIMATED LIFE BASED UPON COMMERCIALLY AVAILABLE CORROSION RATE DATA USED THROUGHOUT THE INDUSTRY.
29. ALL BUTT WELDS SHALL BE 100% RADIOGRAPHED.
30. ALL WELDS SHALL BE 100% VISUALLY EXAMINED AND DOCUMENTED.
31. WHEN THE SHELL OR HEAD IS INTERNALLY LINED A CALIBRATION BLOCK FOR ULTRASONIC EXAMINATION SHALL BE PROVIDED.
THE BLOCK SHALL BE IN ACCORDANCE WITH ASME SECTION V, ARTICLE 5, AND SHALL INCLUDE A LINING IDENTICAL WITH THE VESSEL LINING.
32. DIMENSION TOLERANCE PER 974049-COMMOM-020 REV.1 INSPECTION AND TEST PROCEDURE.

△

RF RTN CONTROL

A S M E CODE STAMPED WORK (U)

4	BY INHNDJC KMSJB PRK	MAY.09.'14	AS BUILT	x
3	BY INHNDJC KMSJB PRK	FEB.17.'14	REVISED AS NOTED	x
2	BY INHNDJA PRKSB PRK	JAN.06.'14	REVISED AS NOTED	x
1	BY INHNDJA PRKSB PRK	NOV.29.'13	REVISED AS NOTED	x
0	BY INHNDJA PRKSB PRK	OCT.15.'13	ISSUED FOR APPROVAL	x
REV	DTR	CHK	APVD	DATE
Peg.	Пагод.	Проф.	Умб.	Дата
DESCRIPTION				
ОПИСАНИЕ				

UOP LLC
25 East Algonquin Road
Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA
A H. Inywell C. Inyany

UOP-PEM HEAVY INDUSTRIES CORP.
УОПКУ, КОРЭА

208-40-D-004 CHLORIDE ADSORBER
x

[GENERAL ASSEMBLY (2/2)]
x

450 BPH CYCLEMAX™
СИСТЕМА УГЛЕВЯБИЯ ЦИКЛЕМАХ (TM) НА 450 б/ч
CCR REGENERATION SECTION
СЕКЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ НРК
CCR™ PLATFORMING PROCESS
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕСС ПЛАТФОРМИНГА CCR (TM)
CLOSED JSC "ANTIPINSKY REFINERY"
ЗАО"АНТИПИНСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД"
INTEGRATED HIGH OCTANE GASOLINE FACILITY
МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА
TYUMEN, RUSSIA
ТОМЬЕНЬ, РОССИЯ

DTR	CHK	APVD	DATE	PROJECT	TYPE/DOCUMENT NO.	SIZE	REV.
Пагод.	Проф.	Умб.	Дата	Проект	тип/документ No.	Разм.	Рег.
W.Y	IA	S.B	OCT.15				
HWANG	PARK		2013		974049-D004-002-A	1	4

NOTE

[illegible]

RF RTN CONTROL

6	J.B. KIM D.C. KIM S.B. PARK	JUN.12.'14	REVISED AS NOTED
5	J.B. KIM D.C. KIM S.B. PARK	MAY.02.'14	REVISED AS NOTED
4	J.B. KIM D.C. KIM S.B. PARK	APR.07.'14	REVISED AS NOTED
3	J.B. KIM D.C. KIM S.B. PARK	APR.17.'14	REVISED AS NOTED
2	J.B. KIM D.C. KIM S.B. PARK	FEB.17.'14	REVISED AS NOTED
1	J.B. KIM D.C. KIM S.B. PARK	JAN.06.'14	REVISED AS NOTED
0	J.B. KIM D.A. PARK S.B. PARK	NOV.29.'13	REVISED AS NOTED
0	J.B. KIM D.A. PARK S.B. PARK	OCT.15.'13	ISSUED FOR APPROVAL

uop
A Honeywell Company

UOP LLC
25 East Algonquin Road
Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA

MOKPO, KORE

[DETAIL OF BODY]

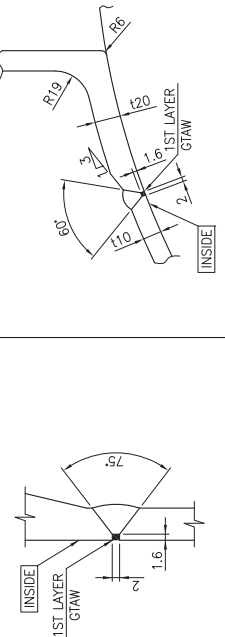
CCR REGENERATION SECTION
СЕКЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ НРК

CLOSED JSC "ANTIPINSKY REFINERY"

ности для производства высокооктанового бензина

REV.	SIZE	TYPE/DOCUMENT NO.	PROJECT	DATE	APVD	CRK	DFT	REV.
6	A1	974049-D004-003-	Проект	15 OCT. 2013	Умб.	С.В. ПАК	Разработ.	6
Reg.	Разм.	тип/документ No.		Дата	Проб.	IA PARK		





DETAIL "A"

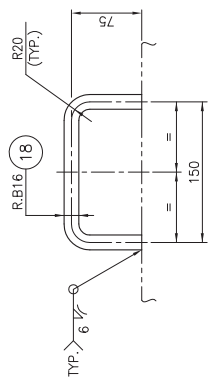
DETAIL "B"



DETAIL "F"



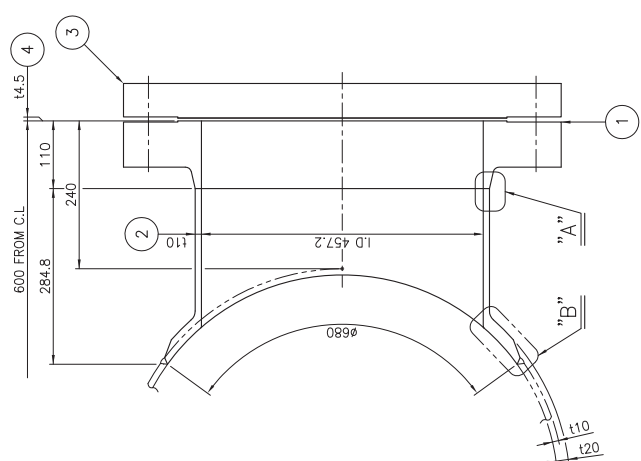
EYE BOLT/2HEAVY HEX. NUTS, W/WASHER



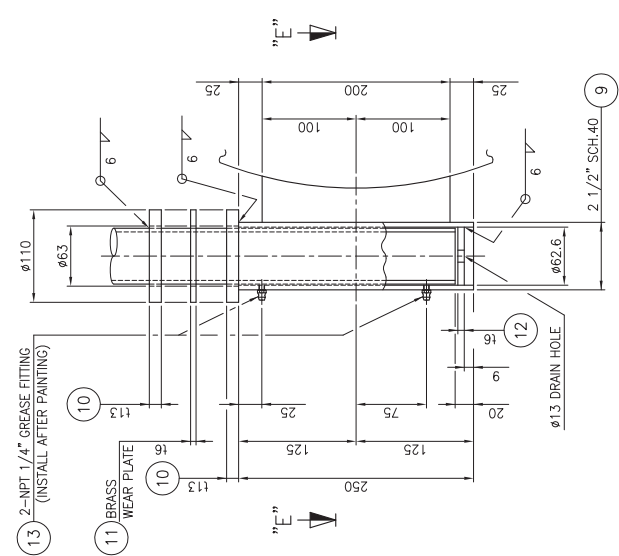
DETAIL OF HANDLE



MANWAY FLANGE DETAIL



MANWAY



DETAIL "D"

NOTES

1. GASKET MATERIAL : SPIRAL WOUND (14.5)
 - FILLER : THERMICULITE TM835
 - INNER RING : 316 S.S
 - HOOP : 316 S.S
 - OUTER RING : 316 S.S
2. GASKET CONTACT SURFACE FINISHES SHALL BE 125÷250 MICRONISH Ra PER ASME B46.1.
3. ALL FILLET WELDS (INTERNAL & EXTERNAL) TO PRESSURE CONTAINING COMPONENTS SHALL BE GROUNDED TO A SMOOTH & GENEROUS CONCAVE CONTOUR.
4. GALVANIZE THE BEARING SURFACES OF THE DAVIT ARM AFTER ATTACHING THE BEARING RING. GALVANIZING SHALL BE DONE IN ACCORDANCE WITH APPLICABLE PARTS OF ASTM A123 AND A143.

ASME CODE STAMPED
WORK (U)

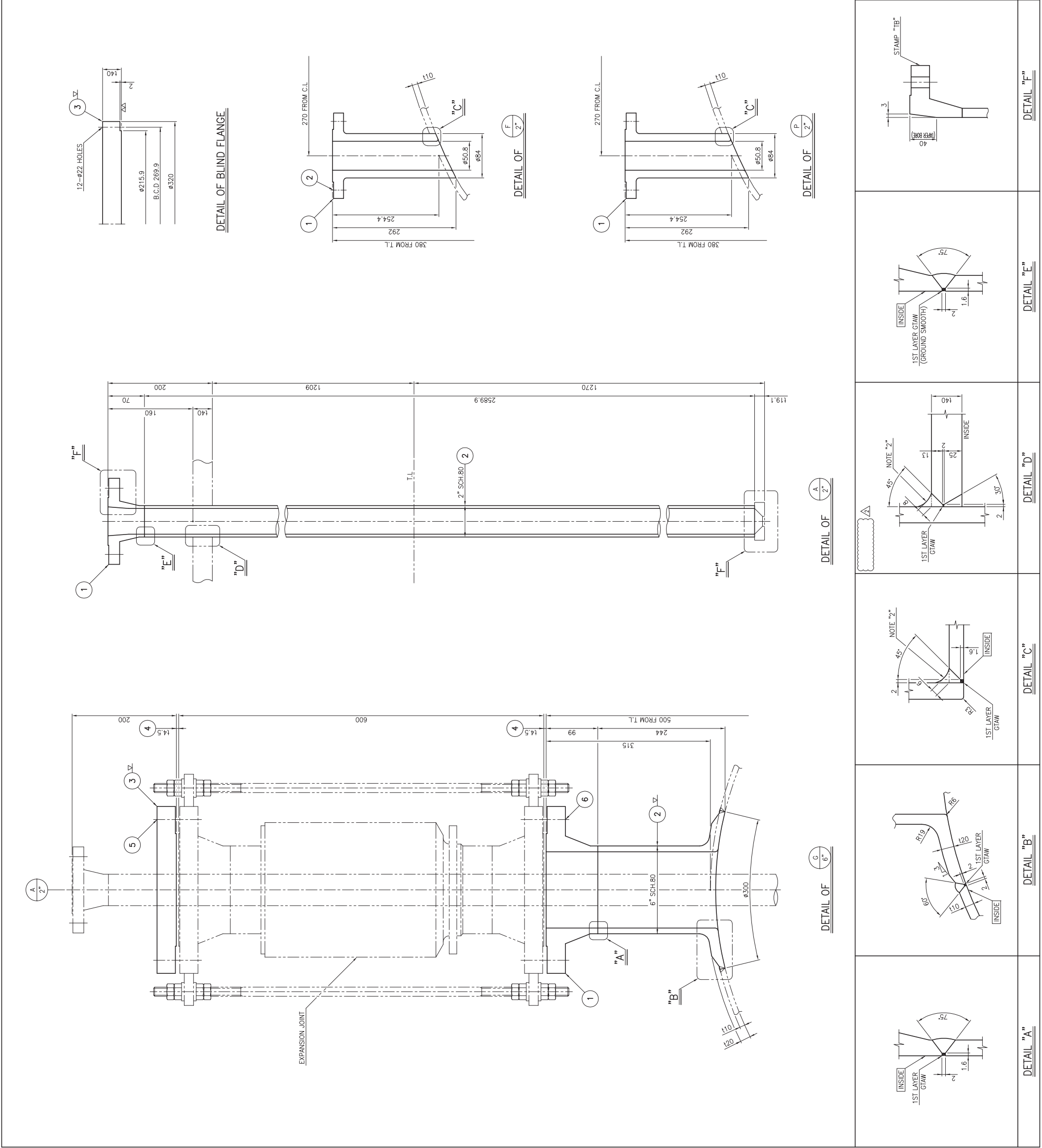
3	JLB KIM D/C KIM S/B PARK	MAR.25.14	AS BUILT
2	JLB KIM D/C KIM S/B PARK	FEB.17.14	REVISED AS NOTED
1	JLB KIM I/P PARK S/B PARK	JAN.06.14	REVISED AS NOTED
0	JLB KIM I/P PARK S/B PARK	NOV.29.13	ISSUED FOR APPROVAL
REV	D/FTR	CHK	APPRO
Prg.	Propo.	IProb.	Ymb.
			DESCRIPTION
			OTICAHME
			UOP, LLC
			25 East Argonne Road
			Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA

G-PEM HEAVY INDUSTRIES CORP.
MOKPO, KOREA

208-40-D-004 CHLORIDE ADSORBER

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СУЛЕМАХ™
4500 ВРН СУЛЕМАХ™
ЦРР РЕГЕНЕРАЦІЇ СУЛЕМАХ™ НА 450 Ф/Г
СЕКЦІЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ НРК
COR™ PLATFORM PROCESS
CLOSED „ISC“ „ANTIPINKUS REFINERY“
ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ПЛАТФОРМИНА COR (TM)
ЗАО„АНТИПІНСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД“
INTEGRATED HIGH OBTAINING GASOLINE FACILITY
МОЩНОСТЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКАКАЧЕСТВЕННОГО БЕНЗИНА
ТУМЕН, RUSSIA
ТУМЕН, РОССИЯ

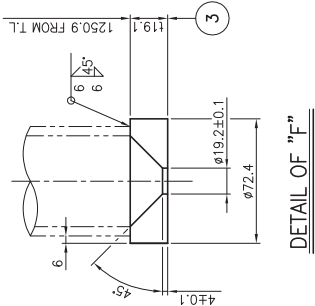
DFTR Разработ.	СКР Проеб.	АПВД Умб.	DATE Дата	PROJECT Проект	TYPE/DOCUMENT NO. тип/документ No.	SIZE Разм.	REV. Рев.
J.B KIM	I.A PARK	S.B PARK	NOV.29 2013	974049	-D004-004-	A1	3



NOZZLE NO.	PART NAME		MATERIAL	QTY	SP1	SP2	REMARKS
	ITEM	NAME OF PART					
G	1	FLANGE (SCH.80)	SA105	1			6" ASME CL.300 WNLRF
	2	FORGING NECK	SA286-2	1			ø300
	3	BLIND FLANGE	SA105	1			140
	4	GASKET	SEE NOTE "1"	2	4		14.5 (6" ASME CL.300 R.F)
	5	STUD B/2HEAVY NUTS	SA105-B/2/SA105-B/2	12	2		3/4"x10UNC x L135
	6	STUD B/2HEAVY NUTS	SA105-B/2/SA105-B/2	12	2		3/4"x10UNC x L130
A	1	FLANGE (SCH.80)	SA105	1			2" ASME CL.300 WNLRF
	2	NOZZLE NECK	SA105-B	1			2" SCH.80
	3	BLOCK	STELLITE-6	1			t19.1
F	1	FLANGE	SA105	1			2" ASME CL.300 WNLRF
	2	STUD B/2HEAVY NUTS	SA105-B/2/SA105-B/2	8	2		5/8"x11UNC x L95
P	1	FLANGE	SA105	1			2" ASME CL.300 WNLRF

NOTES

- 1. GASKET MATERIAL : SPIRAL WOUND (L4.5)
- 2. ALL FILLET WELDS (INTERNAL & EXTERNAL) TO PRESSURE CONTAINING COMPONENTS SHALL BE GROUNDED TO A SMOOTH & GENEROUS CONCAVE CONTOUR.



RF RTN CONTROL

ASME CODE STAMPED WORK (U)

2	UOP LLC	DC KM/ SB PARK	MAY.02.'14	REVISED AS NOTED
1	UOP LLC	DC KM/ SB PARK	FEB.17.'14	REVISED AS NOTED
0	UOP LLC	LA PARK/ SB PARK	NOV.29.'13	ISSUED FOR APPROVAL
REV	UOP LLC	DC KM/ SB PARK	DATE	DESCRIPTION
Rev.	UOP LLC	DC KM/ SB PARK	DATE	DESCRIPTION

UOP LLC
25 East Algonquin Road
Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA

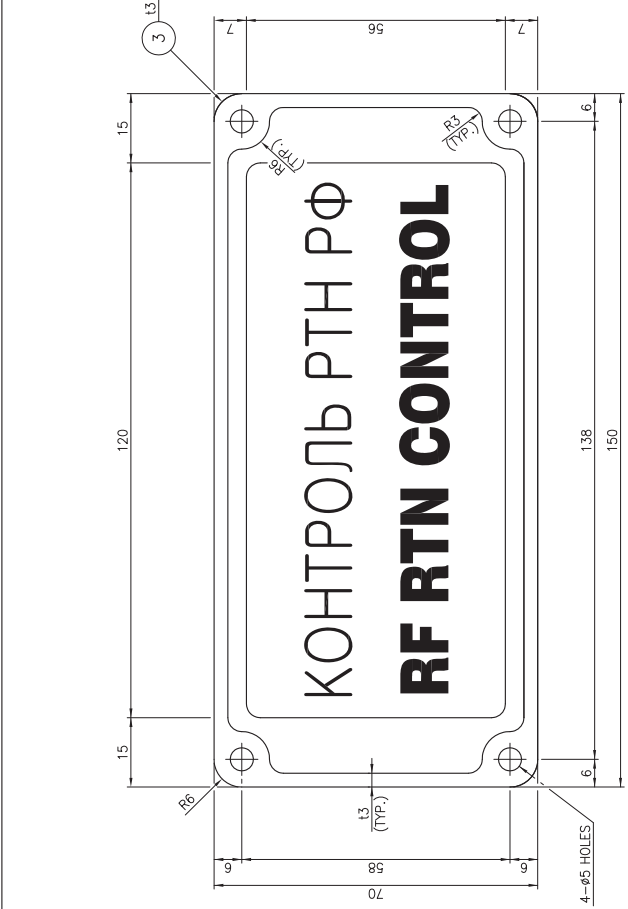
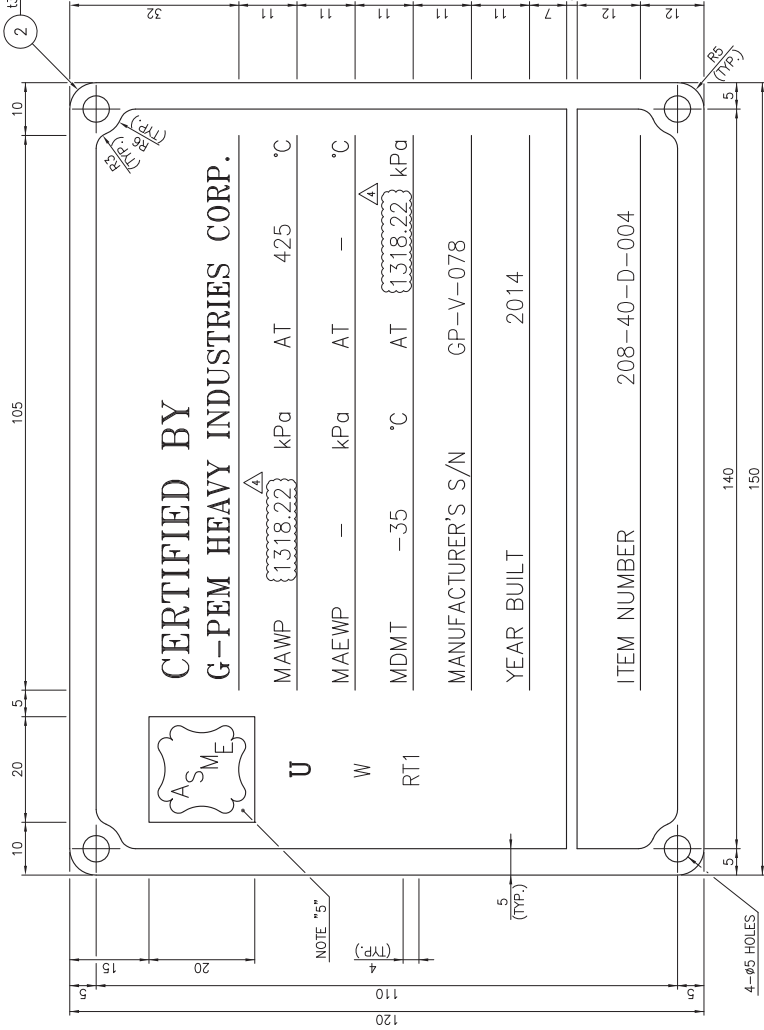
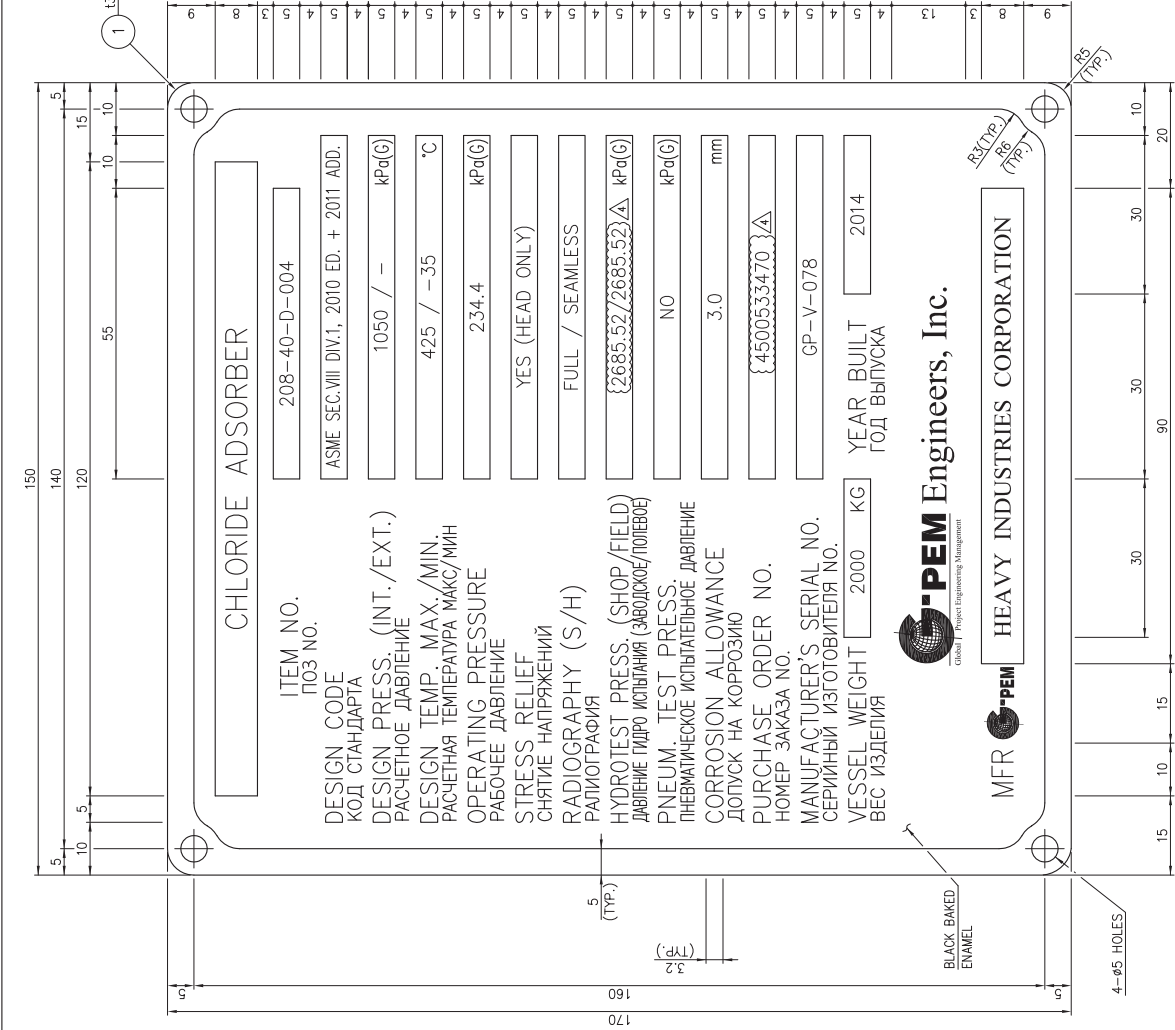
HEAVY INDUSTRIES CORP.
MUKPO, KOREA

208-40-D-004 CHLORIDE ADSORBER

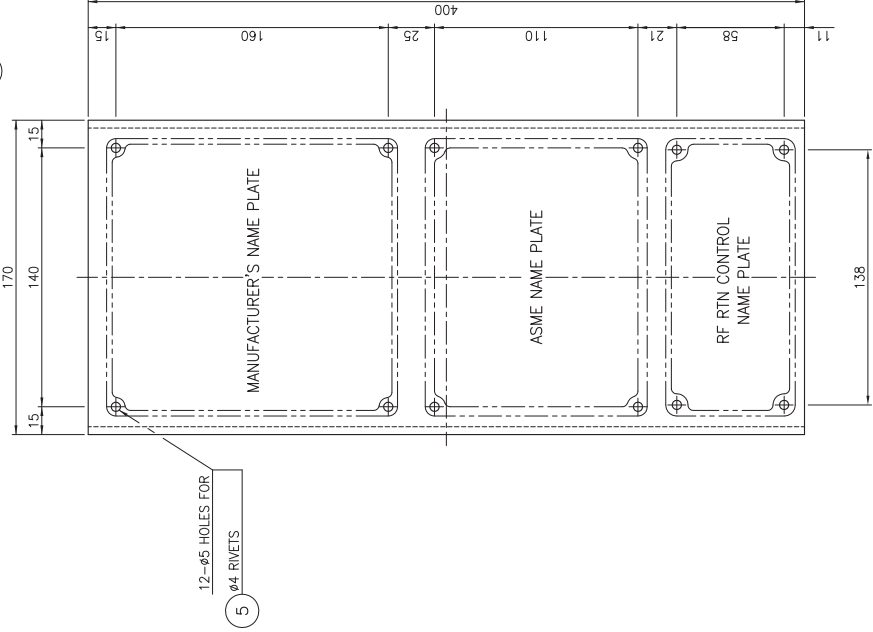
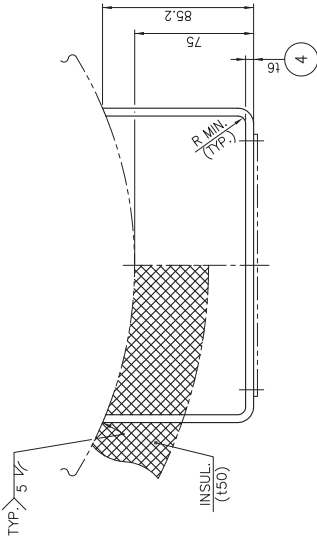
DETAIL OF NOZZLE (1/2)

450 PPH CYCLEMAX™
СИСТЕМА УГЛЕВОДОРОДНОГО ЦИКЛИМАКС (TM) НА 450 Ф/Ч
CCR REGENERATION SECTION
СЕКЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ИРК
CCR™ PLATFARMING PROCESS
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ПЛАТФОРМИНГА CCR (TM)
CLOSED JSC "ANTIPINSKY REFINERY"
ЗАКРЫТЫЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД
INTEGRATED HIGH OCTANE GASOLINE FACILITY
МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА
TYUMEN, RUSSIA
ТЮМЕНЬ, РОССИЯ

UOP LLC	DC KM/ SB PARK	MAY.02.'14	REVISED AS NOTED
UOP LLC	DC KM/ SB PARK	FEB.17.'14	REVISED AS NOTED
UOP LLC	LA PARK/ SB PARK	NOV.29.'13	ISSUED FOR APPROVAL
UOP LLC	DC KM/ SB PARK	DATE	DESCRIPTION
UOP LLC	DC KM/ SB PARK	DATE	DESCRIPTION



RF RTN CONTROL NAME PLATE
(SCALE : 1/0.8)



NAME PLATE BRACKET

PART NAME		MATERIAL	QTY	SP1	SP2	REMARKS
ITEM	NAME OF PART					
1	MANUFACTURER'S N.P	SA240-304	1			t3
2	ASME NAME PLATE	SA240-304	1			t3
3	RF RTN CONTROL N.P	SA240-304	1			t3
4	BRACKET	SA516-70	1			t6
5	RIVET	304 S.S	12			ø4

NOTES

- ALL DIMENSIONS ARE MM UNLESS OTHERWISE NOTED.
- LETTERS, FRAME AND STAMPING SQUARES IN THE NAME PLATE SHALL BE EMBOSSED AND THEIR FACES SHALL BE POLISHED BY BUFFING. THE OTHER PART SHALL BE ETCHED 0.2MM IN DEPTH AND THEN PAINTED WITH BLACK ENAMEL 0.1MM IN THICKNESS.
- LETTERS SHALL BE GOTHIC TYPE
- THE NAME OF EQUIPMENT, IF LONG, MAY BE SIMPLIFIED. FOR EXAMPLE : FIRST STAGE SYNTHESIS GAS KNOCK OUT DRUM/1ST STAGE SYN. GAS K.O. DRUM
- CODE SYMBOL STAMPING SHALL BE APPLIED.
- AFTER INSTALLATION OF THE BRACKET, THE HEADS OF THE FASTENERS SHALL BE WELDED TO THE BRACKET THAT SUPPORTS THE NAMEPLATE AS PER ASME SECTION VIII DIVISION 1 UG-119 (E).

RF RTN CONTROL

A S M E
CODE STAMPED
WORK (U)

4	JB KIM	DC KIM	SB PARK	MAY.09.'14	AS BUILT	x
3	JB KIM	DC KIM	SB PARK	MAY.02.'14	REVISED AS NOTED	
2	JB KIM	DC KIM	SB PARK	FEB.17.'14	REVISED AS NOTED	x
1	JB KIM	JA PARK	SB PARK	JAN.06.'14	REVISED AS NOTED	x
0	JB KIM	JA PARK	SB PARK	NOV.29.'13	ISSUED FOR APPROVAL	x
REV	DPTR	CHR	APVD	DATE	DESCRIPTION	
Рег.	Проект	Проект	Умб.	Дата	ОПИСАНИЕ	



UOP, LLC
25 East Algonquin Road
Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA

A. H. Inayev LLC

HEAVY INDUSTRIES CORP.

ASME

208-40-D-004 CHLORIDE ADSORBER

[DETAIL OF NAME PLATE]

450 BPH CYCLEMAX™
СИСТЕМА ВПРАВЛЕНИЯ ЦИКЛЕМАКС (TM) НА 450 Ф/Ч

CCR REGENERATION SECTION
СЕКЦИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ИРК

CCR™ PLATFORMING PROCESS
ТЕХНОЛОГИЯ ПЛОЛЕСС ПЛАТФОРМИНГА ССР (TM)

CLOSED JSC "ANTIPISKY REFINERY"
ЗАО "АНТИПИСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД"

INTEGRATED HIGH OCTANE GASOLINE FACILITY
МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА

TJUMEN, RUSSIA
ТОМЬЕНЬ, РОССИЯ

DPTR	CHR	APVD	DATE	TYPE/DOCUMENT NO.	SIZE	REV.
Регистр.	Проект	Умб.	Дата	тип/документ No.	Разм.	Рег.
JB	JA	SB	NOV.29.2013	974049-D004-009-A1	4	4
KIM	PARK					

20.2. Технологическая схема

Process Diagram

20.3. Инструкция по монтажу и эксплуатации

Installation, Operation, and Maintenance Manual

--	--	--	--	--	--	--

	15 октября 2014 г.	ВЫПУЩЕНО ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ	Д. Ц. КИМ (D.C.KIM)	-	-	С. Б. ПАРК (S.B.PARK)
Ред. №	Дата	Описание	Начертил	Проверил	Рассмотрел	Утвердил

Проект:

УСТАНОВКА РИФОРМИНГА С НЕПРЕРЫВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА CYCLEMAX ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 450 фунтов в час - АНТИПИНСКИЙ НПЗ. ТЮМЕНЬ. РОССИЯ

--	--	--	--	--	--	--

UOP

uop llc

Компания Honeywell

25 East Algonquin Road
Des Plaines, Иллинойс 60017-5017, США



Корпорация G-Pem Heavy Industries

Название: Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию

Начертил:	Д. Ц. КИМ (D.C.KIM)	Документ заказчика №	974049-R401H-P101-D004			
Проверил:	-	Заказ на покупку клиента №	4500533481			
Утвердил:	С. Б. ПАРК (S.B.PARK)	Наименование изделия	208-40-D-004 – АДсорбЕР Хлоридной Очистки			
№ проекта:	974049	№ позиции	Масштаб	н/д		
Док. №	974049-R401H-P101-D004		№ ред.	0		

Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию

Стр.:

2 из 2

Дата:

01 октября 2014 г.

ИНСТРУКЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ОБРАЩЕНИЮ, УСТАНОВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ АТМОСФЕРНОМ И ПОВЫШЕННОМ ДАВЛЕНИИ

1 ПОЛУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С НИМ

- 1.1 При получении оборудования убедитесь в отсутствии повреждений, возникших при транспортировке. По возможности, это необходимо сделать до разгрузки.
- 1.2 Убедитесь, что количество оборудования и запасных частей соответствует транспортной накладной.
- 1.3 Разгрузка должна осуществляться с использованием подъемных проушин (при их наличии) или способом, аналогичным использовавшемуся при погрузке.
- 1.4 Оборудование, которое не установлено в рабочее положение, должно храниться не причиняющим повреждений способом. Вертикальное оборудование, не имеющее стоек, должно устанавливаться набок или на опоры.

2 МОНТАЖ

- 2.1 Во время сборки конструкций и монтажа трубопроводов, для предотвращения повреждений оборудование должно быть защищено матами или пластиком.
- 2.2 Установка оборудования (при необходимости – на монтажные узлы) в заданное положение должна осуществляться в соответствии со схемой сборки. Выравнивание должно выполняться по верхнему фланцу вибратора или по главным фланцам, при необходимости для надлежащего выравнивания на опоры устанавливаются регулировочные прокладки.
- 2.3 Во время сборки трубопровода или других элементов (органов управления и т. п.) необходимо проявлять осторожность, чтобы не повредить стыковые поверхности соединений.
- 2.4 Техническое проектирование сборки должно учитывать необходимость установки предохранительных клапанов, срабатывающих в случае превышения давления.
- 2.5 Перед выполнением монтажных испытаний, а также испытаний на циркуляцию и давлением должна осуществляться внутренняя очистка. При этом для предупреждения несчастных случаев во время внутренних осмотров, элементы управления системы электропитания должны быть заменены.
- 2.6 Для предупреждения несчастных случаев во время внутренних осмотров, оборудование должно быть снабжено соответствующей системой отключения электропитания.
- 2.7 После завершения сборки должны быть выполнены проверка оборудования и все необходимые регулировки для устранения отклонений, которые могли произойти в результате и во время сборки. Сборку необходимо выполнять в соответствии с инструкциями и всегда под надзором руководителя сборки. Обязательно должны соблюдаться правила техники безопасности компании.

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Для того чтобы все оборудование работало с максимальной эффективностью, и с целью максимального увеличения срока службы его элементов, рекомендуется выполнять периодическое внутреннее обслуживание, например, очистку с удалением отложений, осмотр поверхностей и т. п., а также смазку подвижных деталей и т. д.

4 ЗАТЯЖКА БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ (при наличии)

В связи с тем, что нормативные испытания давлением в строительстве проводятся при комнатной температуре, в процессе эксплуатации рекомендуется периодически выполнять затяжку болтов. Периодичность устанавливается эксплуатационной службой заказчика или какими-либо другими отделами, несущими за это ответственность. Прилагаются справочные листы с информацией о затяжке различных видов и степеней.

5 ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для проектной эксплуатации оборудования необходимо правильно применять значения указанных параметров: давления, температуры, продуктов в соответствии с программой использования.

- 5.1 Не должно сниматься защитное ограждение уровнемеров, установленное изготовителем.
- 5.2 В люках установлена съемная защита, предотвращающая доступ внутрь оборудования, содержащего токсичные среды или взрывоопасные вещества, или доступ к которому нарушает применяемые и подлежащие соблюдению нормы предупреждения производственных рисков.

Для сведения:

- a) Сбрасывайте давление в оборудовании перед выполнением любых операций.
- b) Оборудование должно быть снабжено системой отключения электропитания.
- c) Должна выполняться надлежащая очистка и контроль показаний газоанализатора.

6 РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ – МОДИФИКАЦИЯ

После установки сосудов любые ремонтные работы или модификации сосудов, работающих под давлением, изменяющие исходную конструкцию, должны выполняться в соответствии с требованиями нормативов для сосудов, работающих под давлением, быть предварительно законно оформлены промышленными службами в месте нахождения покупателя, и осуществляться под контролем названных организаций (если это применимо). Все гидростатические испытания сосудов из аустенитных нержавеющих сталей должны выполняться водой с содержанием хлоридов ниже 50 миллионных долей.









20.4. Расчеты на прочность по ASME и проверочный расчет по ГОСТ

ASME Strength Calculations and Checking GOST Calculation

<input type="checkbox"/>	01	REJECTED Revise and resubmit.
<input type="checkbox"/>	02	COMMENTS AS NOTED Work may proceed subject to compliance with and incorporation of comment.
<input type="checkbox"/>	03	APPROVED Work may proceed.
<input type="checkbox"/>	04	INFORMATION ONLY Accepted for information only.

This approval does not relieve the vendor of his responsibility to meet purchase order conditions relating to duty, specifications, materials, design, construction and delivery requirements.

Date _____ CHKD _____ REVD _____ APPD _____

	APR.30.2014	REVISED AS NOTED	I.S CHO	I.A PARK	-	S.B PARK
	APR.18.2014	REVISED AS NOTED	I.S CHO	I.A PARK	-	S.B PARK
	FEB.13.2013	REVISED AS NOTED	I.S CHO	I.A PARK	-	S.B PARK
	DEC.30.2013	REVISED AS NOTED	I.S CHO	I.A PARK	-	S.B PARK
	NOV.28.2013	REVISED AS NOTED	I.S CHO	I.A PARK	-	S.B PARK
	OCT.15.2013	ISSUE FOR APPROVAL	I.S CHO	I.A PARK	-	S.B PARK
Rev. No	Date	Description	DRWN	CHKD	REVD	APPD
Project : ANTIPINSKY 450PPH CYCLEMAX CCR REGENERATION SECTION - TYUMEN, RUSSIA						
 <div> UOP LLC 25 East Algonquin Road Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA </div>						
						
STRENGTH CALCULATION						
Drawn By :	I.S CHO	Customer Doc. No.	974049-D004-CAL			
Checked By :	I.A PARK	Customer PO No.	-			
Approved By :	S.B PARK	Item Name	CHLORIDE ADSORBER			
Project No.	974049	Item No.	208-40-D-004	Scale	N/A	
Doc. No.	974049-D004-CAL			Rev. No.	5	

ITEM Name : Chloride Adsorber

ITEM No. : 208-40-D-004

Table of Contents

1.	Table of Contents	2
2.	Design Data	3
3.	Settings Summary	4
4.	Nozzle Schedule	5
5.	Nozzle Summary	6
6.	Thickness Summary	7
7.	Pressrue Summary	8
8.	Hydrostatic Test	11
9.	Weight Summary	13
10.	Top Head	14
11.	Shell #1	18
12.	Shell #2	20
13.	Bottom Head	22
14.	Catalyst Inlet (A)	26
15.	Catalyst Outlet (B1~B5)	28
16.	Gas Inlet (C)	30
17.	Gas Outlet (D)	32
18.	Blankoff (E)	34
19.	Thermowell (F)	36
20.	Inspection (G)	38
21.	Inspection (G) - Bolted Cover #G	40
22.	Manhole (H)	41
23.	Manhole (H) - Flange	44
24.	Manhole (H) - Bolted Cover #H	48
25.	PI (P)	49
26.	Wind Code	51
27.	Support Lugs	53
28.	A Nozzle Load (FEA)	60
	- Spec. S301N	
29.	B1~B5 Nozzle Load (FEA)	82
	- Spec. S301N	
30.	C Nozzle Load (FEA)	105
	- Spec. S301N	
31.	D Nozzle Load (FEA)	127
	- Spec. S301N	
	Total Page	148

STRENGTH CALCULATION SHEET FOR PRESSURE VESSEL

ITEM NO. : 208-40-D-004

DESIGN DATA

CODE	ASME SECTION VIII DIV.1 2010 ED + 2011 ADD.		TYPE	VERTICAL
SIZE	I.D 700mm X 3653 mm		CAPACITY	1.49 m ³
ASME CODE STAMP		YES		UNIT
CONTENTS		CATALYST		-
FLUID DENSITY		835		kg/m ³
DESIGN PRESSURE (INT/EXT)		1050 / -		kPa (g)
DESIGN TEMPERATURE (INT/EXT)		425 / -		℃
OPERATING PRESSURE (INT/EXT)		234.4 / -		kPa (g)
OPERATING TEMPERATUR (INT/EXT)		137.8 / -		℃
M.A.W.P		1318.22		kPa (g)
HYDROSTATIC TEST (SHOP/FIELD)		2685.52 / 2685.52		kPa (g)
CORROSION ALLOWANCE	PRESS. PART	3.0		mm
	SUPPORT	1.6		mm
RADIOGRAPHY (HEAD/SHELL/CONE)		SEAMLESS / FULL / FULL		-
JOINT EFFICIENCY (HEAD/SHELL/CONE)		100 / 100 / 100		%
S.R AFTER COLD FORMING (HEAD/CONE)		YES / NO		-
P.W.H.T.		NO		-
INSULATIONS		50		mm
FIRE PROOFING		-		mm
M. D. M. T.		-35.00		℃
WIND		1.2		kPa
SEISIMC		N/A		

Settings Summary

COMPRESS 2013 Build 7330

Units: SI

Datum Line Location: -66.00 mm from bottom seam

Design

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric

Design or Rating:	Get Thickness from Pressure
Minimum thickness:	1.5 mm per UG-16(b)
Design for cold shut down only:	No
Design for lethal service (full radiography required):	No
Design nozzles for:	Design P, find nozzle MAWP and MAP
Corrosion weight loss:	100% of theoretical loss
UG-23 Stress Increase:	1.20
Skirt/legs stress increase:	1.0
Minimum nozzle projection:	5 mm
Juncture calculations for $\alpha > 30$ only:	No
Preheat P-No 1 Materials $> 1.25"$ and $\leq 1.50"$ thick:	No
UG-37(a) shell tr calculation considers longitudinal stress:	No

Butt welds are tapered per Figure UCS-66.3(a).

Hydro/Pneumatic Test

Shop Hydrotest Pressure:	1.3 times vessel MAWP
Test liquid specific gravity:	1.00
Maximum stress during test:	90% of yield

Required Marking – UG-116

UG-116(e) Radiography:	RT1
UG-116(f) Postweld heat treatment:	None

Code Cases/Interpretations

Use Code Case 2547:	No
Use Code Case 2695:	No
Apply interpretation VIII-1-83-66:	No
Apply interpretation VIII-1-86-175:	No
Apply interpretation VIII-1-01-37:	Yes
No UCS-66.1 MDMT reduction:	No
No UCS-68(c) MDMT reduction:	No
Disallow UG-20(f) exemptions:	Yes



UG-22 Loadings

UG-22(a) Internal or External Design Pressure :	Yes
UG-22(b) Weight of the vessel and normal contents under operating or test conditions:	Yes
UG-22(c) Superimposed static reactions from weight of attached equipment (external loads):	Yes
UG-22(d)(2) Vessel supports such as lugs, rings, skirts, saddles and legs:	Yes
UG-22(f) Wind reactions:	Yes
UG-22(f) Seismic reactions:	No
UG-22(j) Test pressure and coincident static head acting during the test:	Yes

Note: UG-22(b),(c) and (f) loads only considered when supports are present.

Nozzle Schedule

Nozzle mark	Service	Size	Materials		Impact Tested	Normalized	Fine Grain	Flange	Blind
A	CATALYST INLET	NPS 2 Sch 80 (XS) DN 50	Nozzle	SA-106 B Smls. Pipe	No	No	No	NPS 2 Class 300 WN A105	No
B1	CATALYST OUTLET	77.93 ID x 21.04	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	NPS 3 Class 300 WN A105	No
B2	CATALYST OUTLET	77.93 ID x 21.04	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	NPS 3 Class 300 WN A105	No
B3	CATALYST OUTLET	77.93 ID x 21.04	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	NPS 3 Class 300 WN A105	No
B4	CATALYST OUTLET	77.93 ID x 21.04	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	NPS 3 Class 300 WN A105	No
B5	CATALYST OUTLET	77.93 ID x 21.04	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	NPS 3 Class 300 WN A105	No
C	GAS INLET	152.4 ID x 26.92	Nozzle	SA-105	No	No	No	NPS 6 Class 300 LWN A105	No
			Pad	SA-105	No	No	No		
D	GAS OUTLET	146.33 ID x 10.97	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	NPS 6 Class 300 WN A105	No
			Pad	SA-266 2	No	No	No		
E	BLANKOFF	50.8 ID x 16.64	Nozzle	SA-105	No	No	No	NPS 2 Class 300 LWN A105	NPS 2 Class 300 A105
F	THERMOWELL	50.8 ID x 16.64	Nozzle	SA-105	No	No	No	NPS 2 Class 300 LWN A105	No
G	INSPECTION	146.33 ID x 10.97	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	App 2 Weld Neck Integral SA-105	SA-105
			Pad	SA-266 2	No	No	No		
H	MANHOLE	457.2 ID x 10	Nozzle	SA-266 2	No	No	No	App 2 Weld Neck Integral SA-266 2	SA-105
			Pad	SA-266 2	No	No	No		
P	PI	50.8 ID x 16.64	Nozzle	SA-105	No	No	No	NPS 2 Class 300 LWN A105	No

Nozzle Summary

Nozzle mark	OD (mm)	t_n (mm)	Req t_n (mm)	A_1 ?	A_2 ?	Shell			Reinforcement Pad		Corr (mm)	A_a/A_r (%)
						Nom t (mm)	Design t (mm)	User t (mm)	Width (mm)	t_{pad} (mm)		
<u>A</u>	60.33	5.54	5.53	Yes	Yes	40*	32.54		N/A	N/A	1.42	100.0
<u>B1</u>	120	21.04	4.8	Yes	Yes	10.2*	10.2		N/A	N/A	0	129.4
<u>B2</u>	120	21.04	4.8	Yes	Yes	10.2*	10.2		N/A	N/A	0	143.0
<u>B3</u>	120	21.04	4.8	Yes	Yes	10.2*	10.2		N/A	N/A	0	129.4
<u>B4</u>	120	21.04	4.8	Yes	Yes	10.2*	10.2		N/A	N/A	0	129.4
<u>B5</u>	120	21.04	4.8	Yes	Yes	10.2*	10.2		N/A	N/A	0	143.0
<u>C</u>	206.25	26.92	10	Yes	Yes	10	10		46.88	10	3	152.8
<u>D</u>	168.28	10.97	9.22	Yes	Yes	10	10		65.86	10	3	123.6
<u>E</u>	84.07	16.64	7.8	Yes	Yes	8.5*	N/A		N/A	N/A	3	Exempt
<u>F</u>	84.07	16.64	7.8	Yes	Yes	8.5*	N/A		N/A	N/A	3	Exempt
<u>G</u>	168.27	10.97	8.5	Yes	Yes	8.5*	8.5		65.86	10	3	140.4
<u>H</u>	477.2	10	8.99	Yes	Yes	10	7.69		101.4	10	3	100.0
<u>P</u>	84.07	16.64	7.8	Yes	Yes	8.5*	N/A		N/A	N/A	3	Exempt

5

 t_n : Nozzle thicknessReq t_n : Nozzle thickness required per UG-45/UG-16

Nom t: Vessel wall thickness

Design t: Required vessel wall thickness due to pressure + corrosion allowance per UG-37

User t: Local vessel wall thickness (near opening)

 A_a : Area available per UG-37, governing condition A_r : Area required per UG-37, governing condition

Corr: Corrosion allowance on nozzle wall

*: Head minimum thickness after forming

Thickness Summary

Component Identifier	Material	Diameter (mm)	Length (mm)	Nominal t (mm)	Design t (mm)	Total Corrosion (mm)	Joint E	Load
TOP HEAD	SA-516 70	700 ID	183.5	8.5*	7.38	3	1.00	Internal
Straight Flange on TOP HEAD	SA-516 70	700 ID	30	10	7.46	3	1.00	Internal
SHELL #1	SA-516 70	700 ID	3,295	10	7.57	3	1.00	Internal
SHELL #2	SA-516 70	706 ID	262	12	4.58	0	1.00	Internal
Straight Flange on BTM Head (Torispherical Head)	SA-516 70	708 ID	66	12	4.6	0	1.00	Internal
BTM Head (Torispherical Head)	SA-516 70	708 ID	161.67	10.2*	6.01	0	1.00	Internal
Bolted Cover #G	SA-105	320 OD	40	40*	30.78	3	1.00	Internal
Bolted Cover #H	SA-105	710 OD	60.8	60.8*	51.15	3	1.00	Internal

Nominal t: Vessel wall nominal thickness

Design t: Required vessel thickness due to governing loading + corrosion

Joint E: Longitudinal seam joint efficiency

* Head minimum thickness after forming

Load

internal: Circumferential stress due to internal pressure governs

external: External pressure governs

Wind: Combined longitudinal stress of pressure + weight + wind governs

Seismic: Combined longitudinal stress of pressure + weight + seismic governs

5

Pressure Summary

Pressure Summary for Chamber bounded by BTM Head (Torispherical Head) and TOP HEAD								
Identifier	P Design (kPa)	T Design (°C)	MAWP (kPa)	MAP (kPa)	MDMT (°C)	MDMT Exemption		Impact Tested
TOP HEAD	1,050	425	1,318.22	3,343.31	-48	Note 1		No
Straight Flange on TOP HEAD	1,050	425	1,641.83	3,876.4	-48	Note 2		No
SHELL #1	1,050	425	1,614.87	3,876.4	-48	Note 3		No
SHELL #2	1,050	425	2,762.23	4,597.45	-105	Note 4		No
Straight Flange on BTM Head (Torispherical Head)	1,050	425	2,753.96	4,584.72	-105	Note 6		No
BTM Head (Torispherical Head)	1,050	425	1,802.93	3,020.62	-105	Note 5		No
Support Lugs	1,050	425	1,318.22	N/A	N/A	N/A		N/A
CATALYST INLET (A)	1,050	425	2,386.36	5,110.01	-105	Note 7		No
CATALYST OUTLET (B1)	1,050	425	2,643.03	4,405.33	-105	Note 8		No
CATALYST OUTLET (B2)	1,050	425	2,643.03	4,405.33	-105	Note 8		No
CATALYST OUTLET (B3)	1,050	425	2,643.03	4,405.33	-105	Note 8		No
CATALYST OUTLET (B4)	1,050	425	2,643.03	4,405.33	-105	Note 8		No
CATALYST OUTLET (B5)	1,050	425	2,643.03	4,405.33	-105	Note 8		No
GAS INLET (C)	1,050	425	1,626.29	3,876.43	-48	Nozzle	Note 9	No
						Pad	Note 10	No
GAS OUTLET (D)	1,050	425	1,637.37	3,876.43	-48	Nozzle	Note 11	No
						Pad	Note 12	No
BLANKOFF (E)	1,050	425	1,318.4	3,343.26	-48	Note 13		No
THERMOWELL (F)	1,050	425	1,318.4	3,343.26	-48	Note 13		No
INSPECTION (G)	1,050	425	1,460.59	3,713.77	-48	Nozzle	Note 14	No
						Pad	Note 15	No
Bolted Cover #G	1,050	425	3,745.01	7,199.12	-105	Note 16		No
MANHOLE (H)	1,050	425	1,400.24	2,993.47	-48	Nozzle	Note 17	No
						Pad	Note 18	No
Flange #H	1,050	425	2,634.19	4,034	-105	Note 19		No
Flange #H – Flange Hub	1,050	425	2,484.83	5,882.35	-105	Note 20		No
Bolted Cover #H	1,050	425	1,959.35	3,580.18	-48	Note 21		No
PI (P)	1,050	425	1,318.4	3,343.26	-48	Note 13		No

Chamber design MDMT is -35 °C

Chamber rated MDMT is -48 °C @ 1,318.22 kPa

Chamber MAWP hot & corroded is 1,318.22 kPa @ 425 °C

Chamber MAP cold & new is 2,993.47 kPa @ 10 °C

This pressure chamber is not designed for external pressure.

Notes for MDMT Rating:

Note #	Exemption	Details
1.	Straight Flange governs MDMT	
2.	Material impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 33.5 °C, (coincident ratio = 0.4846) Rated MDMT of -61.25°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm
3.	Material impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 32.3 °C, (coincident ratio = 0.4946) Rated MDMT of -60.05°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm
4.	Material is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.289)	
5.	Straight Flange governs MDMT	
6.	Material is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.2899)	
7.	Nozzle is impact test exempt per UCS-66(d) (NPS 4 or smaller pipe).	
8.	Nozzle is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident	

	ratio = 0.3059).	
9.	Nozzle impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 32.8 °C, (coincident ratio = 0.4904) Rated MDMT of -60.55°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
10.	Pad impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 32.8 °C, (coincident ratio = 0.4904) Rated MDMT of -60.55°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
11.	Nozzle impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 33.3 °C, (coincident ratio = 0.4863) Rated MDMT of -61.05°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
12.	Pad impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 33.3 °C, (coincident ratio = 0.4863) Rated MDMT of -61.05°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
13.	Nozzle impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -29 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 22.6 °C, (coincident ratio = 0.6068) Rated MDMT of -51.6°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 8.5 mm.
14.	Nozzle impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 27.2 °C, (coincident ratio = 0.5476) Rated MDMT of -54.95°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
15.	Pad impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 27.2 °C, (coincident ratio = 0.5476) Rated MDMT of -54.95°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
16.	Nozzle is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.3198).	
17.	Pad impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 33.1 °C, (coincident ratio = 0.4873) Rated MDMT of -60.85°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 10 mm.
18.	UCS-66(b)(1)(b) has been applied.	is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.3268)
19.	Material is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.3193)	
20.	Bolted cover impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -16.31 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 48.5 °C, (coincident ratio = 0.4098) Rated MDMT of -64.81°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 15.2 mm

Design notes are available on the [Settings Summary](#) page.

23.	Material is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.3193)	
24.	Bolted cover impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -16.31 °C Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 48.5 °C, (coincident ratio = 0.4098) Rated MDMT of -64.81°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)	UCS-66 governing thickness = 15.2 mm

Design notes are available on the [Settings Summary](#) page.

Hydrostatic Test

Shop test pressure determination for Chamber bounded by BTM Head (Torispherical Head) and TOP HEAD based on MAWP per UG-99(b)

Shop hydrostatic test gauge pressure is 2,685.52 kPa at 10 °C (the chamber MAWP = 1,318.22 kPa)

The shop test is performed with the vessel in the horizontal position.

Identifier	Local test pressure kPa	Test liquid static head kPa	UG-99 (b) stress ratio	UG-99 (b) pressure factor	Stress during test MPa	Allowable test stress MPa	Stress excessive?
TOP HEAD	2,693.61	8.09	1.6468	1.30	99.822	235.8	No
Straight Flange on TOP HEAD	2,693.61	8.09	1.6468	1.30	95.617	235.8	No
SHELL #1	2,693.61	8.09	1.6468	1.30	95.617	235.8	No
SHELL #2	2,693.6	8.08	1.6468	1.30	80.576	235.8	No
Straight Flange on BTM Head (Torispherical Head)	2,693.65	8.13	1.6468	1.30	80.802	235.8	No
BTM Head (Torispherical Head)	2,693.65	8.13	1.6468	1.30	84.111	235.8	No
Flange #G – Flange Hub	2,690.9	5.38	1.6448	1.30	19.261	223.2	No
Flange #H – Flange Hub	2,695.92	10.4	1.6448	1.30	62.967	223.2	No
Bolted Cover #G	2,690.9	5.38	1.6448	1.30	51.582	334.8	No
Flange #G	2,690.9	5.38	1.6448	1.30	86.186	334.8	No
Bolted Cover #H	2,695.92	10.4	1.6448	1.30	103.916	334.8	No
Flange #H	2,695.92	10.4	1.6448	1.30	168.88	334.8	No
BLANKOFF (E)	2,693.08	7.56	1.6448	1.30	104.481	351	No
CATALYST INLET (A) (2)	2,690.42	4.91	1.5671	1.30	NI	NI	NI
CATALYST OUTLET (B1)	2,688.9	3.38	1.6448	1.30	96.338	351	No
CATALYST OUTLET (B2)	2,688.9	3.38	1.6448	1.30	86.236	351	No
CATALYST OUTLET (B3)	2,691.2	5.68	1.6448	1.30	96.42	351	No
CATALYST OUTLET (B4)	2,692.62	7.1	1.6448	1.30	96.471	351	No
CATALYST OUTLET (B5)	2,691.2	5.68	1.6448	1.30	86.31	351	No
GAS INLET (C)	2,690.93	5.41	1.6448	1.30	47.091	337.5	No
GAS OUTLET (D)	2,688.19	2.68	1.6448	1.30	64.832	337.5	No
INSPECTION (G)	2,690.9	5.38	1.6448	1.30	62.662	337.5	No
MANHOLE (H)	2,695.92	10.4	1.6448	1.30	167.527	337.5	No
PI (P)	2,690.43	4.91	1.6448	1.30	108.608	351	No
THERMOWELL (F)	2,690.43	4.91	1.6448	1.30	108.608	351	No

Notes:

- (1) P_L stresses at nozzle openings have been estimated using the method described in PVP-Vol. 399, pages 77–82.
- (2) CATALYST INLET (A) limits the UG-99(b) stress ratio.
- (3) NI indicates that test stress was not investigated.
- (4) $1.5 \times 0.9 \times S_y$ used as the basis for the maximum local primary membrane stress at the nozzle intersection P_L .
- (5) The zero degree angular position is assumed to be up, and the test liquid height is assumed to the top-most flange.

The field test condition has not been investigated for the Chamber bounded by BTM Head (Torispherical Head) and TOP HEAD.

The test temperature of 10 °C is warmer than the minimum recommended temperature of –31 °C so the brittle fracture provision of UG-99(h) has been met.

Corroded Hydrostatic Test

The shop test condition has not been investigated for the Chamber bounded by BTM Head (Torispherical Head) and TOP HEAD.

Field test pressure determination for Chamber bounded by BTM Head (Torispherical Head) and TOP HEAD based on design P per UG-99(b)

Field hydrostatic test gauge pressure is 2,139.09 kPa at 10 °C (the chamber design P = 1,050 kPa)

The field test is performed with the vessel in the vertical position.

Identifier	Local test pressure kPa	Test liquid static head kPa	UG-99 (b) stress ratio	UG-99 (b) pressure factor	Stress during test MPa	Allowable test stress MPa	Stress excessive?
TOP HEAD	2,146.24	7.15	1.6468	1.30	123.969	235.8	No
Straight Flange on TOP HEAD	2,146.24	7.15	1.6468	1.30	109.298	235.8	No
SHELL #1	2,178.53	39.44	1.6468	1.30	110.942	235.8	No
SHELL #2	2,181.1	42.01	1.6468	1.30	65.245	235.8	No
Straight Flange on BTM Head (Torispherical Head)	2,181.74	42.65	1.6468	1.30	65.446	235.8	No
BTM Head (Torispherical Head)	2,183.23	44.14	1.6468	1.30	68.172	235.8	No
Flange #H – Flange Hub	2,155.08	15.99	1.6448	1.30	72.372	223.2	No
Bolted Cover #G	2,141.05	1.96	1.6448	1.30	47.966	334.8	No
Bolted Cover #H	2,155.08	15.99	1.6448	1.30	91.915	334.8	No
Flange #H	2,155.08	15.99	1.6448	1.30	136.972	334.8	No
BLANKOFF (E)	2,144.77	5.68	1.6448	1.30	133.122	351	No
CATALYST INLET (A) (2)	2,140.69	1.6	1.5671	1.30	NI	NI	NI
CATALYST OUTLET (B1)	2,184.25	45.16	1.6448	1.30	78.257	351	No
CATALYST OUTLET (B2)	2,184.25	45.16	1.6448	1.30	70.051	351	No
CATALYST OUTLET (B3)	2,184.25	45.16	1.6448	1.30	78.257	351	No
CATALYST OUTLET (B4)	2,184.25	45.16	1.6448	1.30	78.257	351	No
CATALYST OUTLET (B5)	2,184.25	45.16	1.6448	1.30	70.051	351	No
GAS INLET (C)	2,164.85	25.76	1.6448	1.30	44.952	337.5	No
GAS OUTLET (D)	2,151.6	12.5	1.6448	1.30	47.511	337.5	No
INSPECTION (G)	2,144.15	5.06	1.6448	1.30	43.612	337.5	No
MANHOLE (H)	2,155.08	15.99	1.6448	1.30	208.518	337.5	No
PI (P)	2,144.77	5.68	1.6448	1.30	141.858	351	No
THERMOWELL (F)	2,144.77	5.68	1.6448	1.30	141.858	351	No

Notes:

- (1) P_L stresses at nozzle openings have been estimated using the method described in PVP-Vol. 399, pages 77–82.
- (2) CATALYST INLET (A) limits the UG-99(b) stress ratio.
- (3) NI indicates that test stress was not investigated.
- (4) $1.5 \times 0.9 \times S_y$ used as the basis for the maximum local primary membrane stress at the nozzle intersection P_L .

The test temperature of 10 °C is warmer than the minimum recommended temperature of –31 °C so the brittle fracture provision of UG-99(h) has been met.

Weight Summary

Component	Weight (kg) Contributed by Vessel Elements										Surface Area m ²
	Metal New*	Metal Corroded*	Insulation	Insulation Supports	Lining	Piping + Liquid	Operating Liquid		Test Liquid		
							New	Corroded	New	Corroded	
TOP HEAD	41.4	27.3	8	0	0	0	17.6	17.9	63.3	65.9	0.65
SHELL #1	557.3	391.8	89.3	25	0	0	1,080.8	1,099.9	1,312.5	1,335.8	7.22
SHELL #2	55.6	55.6	7.2	25	18.3	0	83.6	83.6	100.2	100.2	0.6
BTM Head (Torispherical Head)	57.9	57.9	9.2	0	20.6	0	61.6	61.6	70.9	70.9	0.68
Support Lugs	43.4	43.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78
TOTAL:	755.6	576	113.7	50	38.9	0	1,243.6	1,263	1,546.9	1,572.8	9.92

* Shells with attached nozzles have weight reduced by material cut out for opening.

Component	Weight (kg) Contributed by Attachments										Surface Area m ²
	Body Flanges		Nozzles & Flanges		Packed Beds	Ladders & Platforms	Trays	Tray Supports	Rings & Clips	Vertical Loads	
	New	Corroded	New	Corroded							
TOP HEAD	0	0	122.4	98.4	0	0	0	0	0	130	0.66
SHELL #1	0	0	447.4	421.6	0	0	0	0	0	245	1.55
SHELL #2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BTM Head (Torispherical Head)	0	0	90.6	90.6	0	0	0	0	0	0	1.13
TOTAL:	0	0	660.5	610.6	0	0	0	0	0	375	3.41

* Nozzle weight includes lining.

Vessel operating weight, Corroded: 3,027 kg
 Vessel operating weight, New: 3,237 kg
 Vessel empty weight, Corroded: 1,764 kg
 Vessel empty weight, New: 1,994 kg
 Vessel test weight, New: 3,540 kg
 Vessel test weight, Corroded: 3,337 kg
 Vessel surface area: 13.33 m²

Vessel center of gravity location – from datum – lift condition

Vessel Lift Weight, New: 1,880 kg
 Center of Gravity: 2,285.85 mm
 Note: Vessel lift weight includes weight of insulation supports as they are assumed to be shop installed.

Vessel Capacity

Vessel Capacity** (New): 1,487 liters
 Vessel Capacity** (Corroded): 1,510 liters
 **The vessel capacity does not include volume of nozzle, piping or other attachments.

TOP HEAD

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric

Component: Ellipsoidal Head
 Material Specification: SA-516 70 (II-D Metric p.18, In. 19)
Straight Flange governs MDMT

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Static liquid head:

$P_s = 0.2 \text{ kPa}$ (SG=0.835, $H_s=25 \text{ mm}$ Operating head)
 $P_{th} = 8.09 \text{ kPa}$ (SG=1, $H_s=826 \text{ mm}$ Horizontal test head)

Corrosion allowance: Inner C = 3 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35°C No impact test performed
 Rated MDMT = -48°C Material is not normalized
 Material is produced to fine grain practice
 PWHT is not performed
 Do not Optimize MDMT / Find MAWP

Radiography: Category A joints – Seamless No RT
 Head to shell seam – Full UW-11(a) Type 1 (Seamless No RT)

Estimated weight*: new = 41.4 kg corr = 27.3 kg
 Capacity*: new = 56.4 liters corr = 58.2 liters
 * includes straight flange

5

Inner diameter = 700 mm
 Minimum head thickness = 8.5 mm
 Head ratio $D/2h$ = 2 (new)
 Head ratio $D/2h$ = 1.9831 (corroded)
 Straight flange length L_{sf} = 30 mm
 Nominal straight flange thickness t_{sf} = 10 mm

Insulation thk*: 50 mm density: 224 kg/m^3 weight: 8.0255 kg
 Insulation support ring spacing: 0 mm individual weight: 0 kg total weight: 0 kg
 * includes straight flange if applicable

Results Summary

The governing condition is internal pressure.
 Minimum thickness per UG-16 = $1.5 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 4.5 \text{ mm}$
 Design thickness due to internal pressure (t) = 7.38 mm
 Maximum allowable working pressure (MAWP) = 1,318.22 kPa
 Maximum allowable pressure (MAP) = 3,343.31 kPa

K (Corroded)

$$\begin{aligned} K &= (1/6) * [2 + (D / (2 * h))^2] \\ &= (1/6) * [2 + (706 / (2 * 178))^2] \\ &= 0.988812 \end{aligned}$$

K (New)

$$\begin{aligned} K &= (1/6) * [2 + (D / (2 * h))^2] \\ &= (1/6) * [2 + (700 / (2 * 175))^2] \\ &= 1 \end{aligned}$$

Design thickness for internal pressure, (Corroded at $425 \text{ }^{\circ}\text{C}$) Appendix 1-4(c)

$$\begin{aligned} t &= P * D * K / (2 * S * E - 0.2 * P) + \text{Corrosion} \\ &= 1,050.2 * 706 * 0.988812 / (2 * 83,800 * 1 - 0.2 * 1,050.2) + 3 \\ &= 7.38 \text{ mm} \end{aligned}$$

The head internal pressure design thickness is 7.38 mm.

Maximum allowable working pressure, (Corroded at $425 \text{ }^{\circ}\text{C}$) Appendix 1-4(c)

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \cdot S \cdot E \cdot t / (K \cdot D + 0.2 \cdot t) - P_s \\
 &= 2 \cdot 83,800 \cdot 1 \cdot 5.5 / (0.988812 \cdot 706 + 0.2 \cdot 5.5) - 0.2 \\
 &= 1,318.22 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

The maximum allowable working pressure (MAWP) is [1,318.22](#) kPa.

Maximum allowable pressure, (New at 10 °C) Appendix 1-4(c)

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \cdot S \cdot E \cdot t / (K \cdot D + 0.2 \cdot t) - P_s \\
 &= 2 \cdot 138,000 \cdot 1 \cdot 8.5 / (1 \cdot 700 + 0.2 \cdot 8.5) - 0 \\
 &= 3,343.31 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

The maximum allowable pressure (MAP) is [3,343.31](#) kPa.

% Extreme fiber elongation – UCS-79(d)

$$\begin{aligned}
 EFE &= (75 \cdot t / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o) \\
 &= (75 \cdot 10 / 124) \cdot (1 - 124 / \text{infinity}) \\
 &= 6.0484\%
 \end{aligned}$$

The extreme fiber elongation exceeds 5 percent. Heat treatment per UCS-56 may be required. See UCS-79(d)(4) or (5).

Straight Flange on TOP HEAD**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: Straight Flange
 Material specification: SA-516 70 (II-D Metric p. 18, In. 19)
 Material impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C
 Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 33.5 °C, (coincident ratio = 0.4846)
 Rated MDMT of -61.25°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)
 UCS-66 governing thickness = 10 mm

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425 \text{ °C}$

Static liquid head:

$P_s = 0.45 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 55 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 8.09 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 826 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance Inner C = 3 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35 °C No impact test performed
 Rated MDMT = -48 °C Material is not normalized
 Material is produced to Fine Grain Practice
 PWT is not performed

Radiography: Longitudinal joint – Seamless No RT
 Circumferential joint – Full UW-11(a) Type 1



Estimated weight New = 5.2 kg corr = 3.7 kg
 Capacity New = 11.55 liters corr = 11.74 liters

ID = 700 mm
 Length $L_c = 30 \text{ mm}$
 t = 10 mm
 Insulation thk: 50 mm density: 224 kg/m³ Weight: 0 kg

Design thickness, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$t = P \cdot R / (S \cdot E - 0.60 \cdot P) + \text{Corrosion}$
 $= 1,050 \cdot 45 \cdot 353 / (83,800 \cdot 1.00 - 0.60 \cdot 1,050 \cdot 45) + 3$
 $= 7.46 \text{ mm}$

Maximum allowable working pressure, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t) - P_s$
 $= 83,800 \cdot 1.00 \cdot 7 / (353 + 0.60 \cdot 7) - 0.45$
 $= 1,641.83 \text{ kPa}$

Maximum allowable pressure, (at 10 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t)$
 $= 138,000 \cdot 1.00 \cdot 10 / (350 + 0.60 \cdot 10)$
 $= 3,876.4 \text{ kPa}$

% Extreme fiber elongation – UCS-79(d)

$EFE = (50 \cdot t / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$
 $= (50 \cdot 10 / 355) \cdot (1 - 355 / \text{infinity})$
 $= 1.4085\%$

The extreme fiber elongation does not exceed 5%.

Design thickness = 7.46 mm

The governing condition is due to internal pressure.

The cylinder thickness of 10 mm is adequate.

Thickness Required Due to Pressure + External Loads

Condition	Pressure P (kPa)	Allowable Stress Before UG-23 Stress Increase (MPa)		Temperature (°C)	Corrosion C (mm)	Load	Req'd Thk Due to Tension (mm)	Req'd Thk Due to Compression (mm)
		S _t	S _c					
Operating, Hot & Corroded	1,050	83.8	59.56	425	3	Wind	1.83	1.83
Operating, Hot & New	1,050	83.8	62.67	425	0	Wind	1.81	1.81
Hot Shut Down, Corroded	0	83.8	59.56	425	3	Wind	0.01	0.02
Hot Shut Down, New	0	83.8	62.67	425	0	Wind	0.01	0.02
Empty, Corroded	0	138	107.23	21	3	Wind	0.01	0.01
Empty, New	0	138	114.02	21	0	Wind	0.01	0.01
Hot Shut Down, Corroded, Weight & Eccentric Moments Only	0	83.8	59.56	425	3	Weight	0.02	0.02

SHELL #1**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: Cylinder
 Material specification: SA-516 70 (II-D Metric p. 18, In. 19)
 Material impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -27.75 °C
 Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 32.3 °C, (coincident ratio = 0.4946)
 Rated MDMT of -60.05°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)
 UCS-66 governing thickness = 10 mm

Internal design pressure: P = 1,050 kPa @ 425 °C

Static liquid head:

$P_s = 27.41 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 3,350 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 8.09 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 826 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance Inner C = 3 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35 °C No impact test performed
 Rated MDMT = -48 °C Material is not normalized
 Material is produced to Fine Grain Practice
 PWHT is not performed

Radiography: Longitudinal joint – Full UW-11(a) Type 1
 Top circumferential joint – Full UW-11(a) Type 1
 Bottom circumferential joint – Full UW-11(a) Type 1
 –

Estimated weight New = 557.3 kg corr = 391.8 kg
 Capacity New = 1,268.06 liters corr = 1,289.89 liters

ID	=	700 mm			
Length L_c	=	3,295 mm			
t	=	10 mm			
Insulation thk:	50 mm	density:	224 kg/m ³	Weight:	89.3 kg
Insulation Support	3,457 mm	Individual Support	25 kg	Total Support	25 kg
Spacing:		Weight:		Weight:	

Design thickness, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$t = P \cdot R / (S \cdot E - 0.60 \cdot P) + \text{Corrosion}$
 $= 1,077.41 \cdot 353 / (83,800 \cdot 1.00 - 0.60 \cdot 1,077.41) + 3$
 $= 7.57 \text{ mm}$

Maximum allowable working pressure, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t) - P_s$
 $= 83,800 \cdot 1.00 \cdot 7 / (353 + 0.60 \cdot 7) - 27.41$
 $= 1,614.87 \text{ kPa}$

Maximum allowable pressure, (at 10 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t)$
 $= 138,000 \cdot 1.00 \cdot 10 / (350 + 0.60 \cdot 10)$
 $= 3,876.4 \text{ kPa}$

% Extreme fiber elongation – UCS-79(d)

$EFE = (50 \cdot t / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$
 $= (50 \cdot 10 / 355) \cdot (1 - 355 / \text{infinity})$
 $= 1.4085\%$

The extreme fiber elongation does not exceed 5%.

Design thickness = 7.57 mm

The governing condition is due to internal pressure.

The cylinder thickness of 10 mm is adequate.

Thickness Required Due to Pressure + External Loads

Condition	Pressure P (kPa)	Allowable Stress Before UG-23 Stress Increase (MPa)		Temperature (°C)	Corrosion C (mm)	Location	Load	Req'd Thk Due to Tension (mm)	Req'd Thk Due to Compression (mm)
		S _t	S _c						
Operating, Hot & Corroded	1,050	83.8	59.56	425	3	Top	Wind	1.91	1.67
						Bottom	Wind	1.96	1.87
Operating, Hot & New	1,050	83.8	62.67	425	0	Top	Wind	1.89	1.64
						Bottom	Wind	1.94	1.85
Hot Shut Down, Corroded	0	83.8	59.56	425	3	Top	Wind	0.07	0.24
						Bottom	Wind	0.12	0.03
Hot Shut Down, New	0	83.8	62.67	425	0	Top	Wind	0.06	0.24
						Bottom	Wind	0.12	0.03
Empty, Corroded	0	138	107.23	21	3	Top	Wind	0.04	0.13
						Bottom	Wind	0.04	0.02
Empty, New	0	138	114.02	21	0	Top	Wind	0.04	0.13
						Bottom	Wind	0.04	0.02
Hot Shut Down, Corroded, Weight & Eccentric Moments Only	0	83.8	59.56	425	3	Top	Weight	0.01	0.16
						Bottom	Weight	0.09	0.09

SHELL #2**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: Cylinder
 Material specification: SA-516 70 (II-D Metric p. 18, In. 19)
 Material is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.289)

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425 \text{ °C}$

Static liquid head:

$P_s = 29.55 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 3,612 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 8.09 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 826 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance Inner C = 0 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35 °C No impact test performed
 Rated MDMT = -105 °C Material is not normalized
 Material is produced to Fine Grain Practice
 PWHT is not performed

Radiography: Longitudinal joint – Full UW-11(a) Type 1
 Top circumferential joint – Full UW-11(a) Type 1
 Bottom circumferential joint – Full UW-11(a) Type 1
 –

Estimated weight New = 55.6 kg corr = 55.6 kg
 Capacity New = 100.83 liters corr = 100.83 liters

ID	=	706 mm			
Length L_c	=	262 mm			
t	=	12 mm			
Insulation thk:	50 mm	density:	224 kg/m ³	Weight:	7.2 kg
Insulation Support	350 mm	Individual Support	25 kg	Total Support	25 kg
Spacing:		Weight:		Weight:	
Lining/Refractory	3 mm	density:	7,930 kg/m ³	Weight:	13.8 kg
thickness:					

Design thickness, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$t = P \cdot R / (S \cdot E - 0.60 \cdot P) + \text{Corrosion}$
 $= 1,079.55 \cdot 353 / (83,800 \cdot 1.00 - 0.60 \cdot 1,079.55) + 0$
 $= 4.58 \text{ mm}$

Maximum allowable working pressure, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t) - P_s$
 $= 83,800 \cdot 1.00 \cdot 12 / (353 + 0.60 \cdot 12) - 29.55$
 $= 2,762.23 \text{ kPa}$

Maximum allowable pressure, (at 10 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t)$
 $= 138,000 \cdot 1.00 \cdot 12 / (353 + 0.60 \cdot 12)$
 $= 4,597.45 \text{ kPa}$

% Extreme fiber elongation – UCS-79(d)

$EFE = (50 \cdot t / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$
 $= (50 \cdot 12 / 359) \cdot (1 - 359 / \text{infinity})$
 $= 1.6713\%$

The extreme fiber elongation does not exceed 5%.

Design thickness = 4.58 mm

The governing condition is due to internal pressure.

The cylinder thickness of 12 mm is adequate.

Thickness Required Due to Pressure + External Loads

Condition	Pressure P (kPa)	Allowable Stress Before UG-23 Stress Increase (MPa)		Temperature (°C)	Corrosion C (mm)	Load	Req'd Thk Due to Tension (mm)	Req'd Thk Due to Compression (mm)
		S _t	S _c					
Operating, Hot & Corroded	1,050	83.8	64.17	425	0	Wind	1.91	1.9
Operating, Hot & New	1,050	83.8	64.17	425	0	Wind	1.9	1.9
Hot Shut Down, Corroded	0	83.8	64.17	425	0	Wind	0.07	0.06
Hot Shut Down, New	0	83.8	64.17	425	0	Wind	0.07	0.06
Empty, Corroded	0	138	116.36	21	0	Wind	0.01	0
Empty, New	0	138	116.36	21	0	Wind	0.01	0
Hot Shut Down, Corroded, Weight & Eccentric Moments Only	0	83.8	64.17	425	0	Weight	0.08	0.08

BTM Head (Torispherical Head)**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: F&D Head
 Material Specification: SA-516 70 (II-D Metric p.18, In. 19)
Straight Flange governs MDMT

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Static liquid head:

$P_s = 31.33 \text{ kPa}$ (SG=0.835, $H_s=3829.47 \text{ mm}$ Operating head)
 $P_{th} = 8.13 \text{ kPa}$ (SG=1, $H_s=830 \text{ mm}$ Horizontal test head)

Corrosion allowance: Inner C = 0 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35°C No impact test performed
 Rated MDMT = -105°C Material is not normalized
 Material is produced to fine grain practice
 PWHT is not performed
 Do not Optimize MDMT / Find MAWP

Radiography: Category A joints – Seamless No RT
 Head to shell seam – Full UW-11(a) Type 1 (Seamless No RT)

Estimated weight*: new = 51.7 kg corr = 51.7 kg
 Capacity*: new = 61.8 liters corr = 61.8 liters
 * includes straight flange

Inner diameter = 708 mm
 Crown radius L = 637 mm
 Knuckle radius r = 79 mm
 Minimum head thickness = 10.2 mm
 Straight flange length L_{sf} = 66 mm
 Nominal straight flange thickness t_{sf} = 12 mm



Insulation thk*: 50 mm density: 224 kg/m³ weight: 9.0832 kg
 Insulation support ring spacing: 0 mm individual weight: 0 kg total weight: 0 kg
 Lining/ref thk*: 4 mm density: 7,929.9985 kg/m³ weight: 20.5505 kg
 * includes straight flange if applicable

Results Summary

The governing condition is internal pressure.
 Minimum thickness per UG-16 = 1.5 mm + 0 mm = 1.5 mm
 Design thickness due to internal pressure (t) = 6.01 mm
 Maximum allowable working pressure (MAWP) = 1,802.93 kPa
 Maximum allowable pressure (MAP) = 3,020.62 kPa

Note: Appendix 1-4 footnote 1 used to determine allowable stress.

M (Corroded)

$$\begin{aligned} M &= 1/4 * [3 + (L / r)^{1/2}] \\ &= 1/4 * [3 + (637 / 79)^{1/2}] \\ &= 1.459898 \end{aligned}$$

M (New)

$$\begin{aligned} M &= 1/4 * [3 + (L / r)^{1/2}] \\ &= 1/4 * [3 + (637 / 79)^{1/2}] \\ &= 1.459898 \end{aligned}$$

Design thickness for internal pressure, (Corroded at 425 °C) Appendix 1-4(d)

$$\begin{aligned} t &= P * L * M / (2 * S * E - 0.2 * P) + \text{Corrosion} \\ &= 1,081.33 * 637 * 1.4599 / (2 * 83,800 * 1 - 0.2 * 1,081.33) + 0 \\ &= 6.01 \text{ mm} \end{aligned}$$

The head internal pressure design thickness is 6.01 mm.

Maximum allowable working pressure, (Corroded at 425 °C) Appendix 1-4(d)

$$\begin{aligned} P &= 2 \cdot S \cdot E \cdot t / (L \cdot M + 0.2 \cdot t) - P_s \\ &= 2 \cdot 83,800 \cdot 1 \cdot 10.2 / (637 \cdot 1.4599 + 0.2 \cdot 10.2) - 31.33 \\ &= 1,802.93 \text{ kPa} \end{aligned}$$

The maximum allowable working pressure (MAWP) is 1,802.93 kPa.

Maximum allowable pressure, (New at 10 °C) Appendix 1-4(d)

$$\begin{aligned} P &= 2 \cdot S \cdot E \cdot t / (L \cdot M + 0.2 \cdot t) - P_s \\ &= 2 \cdot 138,000 \cdot 1 \cdot 10.2 / (637 \cdot 1.4599 + 0.2 \cdot 10.2) - 0 \\ &= 3,020.62 \text{ kPa} \end{aligned}$$

The maximum allowable pressure (MAP) is 3,020.62 kPa.

% Extreme fiber elongation – UCS-79(d)

$$\begin{aligned} EFE &= (75 \cdot t / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o) \\ &= (75 \cdot 12 / 85) \cdot (1 - 85 / \text{infinity}) \\ &= 10.5882\% \end{aligned}$$

The extreme fiber elongation exceeds 5 percent. Heat treatment per UCS-56 may be required. See UCS-79(d)(4) or (5).

Straight Flange on BTM Head (Torispherical Head)**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: Straight Flange
 Material specification: SA-516 70 (II-D Metric p. 18, In. 19)
 Material is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.2899)

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425 \text{ °C}$

Static liquid head:

$P_s = 30.09 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 3,678 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 8.13 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 830 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance Inner C = 0 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35 °C No impact test performed
 Rated MDMT = -105 °C Material is not normalized
 Material is produced to Fine Grain Practice
 PWHT is not performed

Radiography: Longitudinal joint – Seamless No RT
 Circumferential joint – Full UW-11(a) Type 1

Estimated weight New = 14 kg corr = 14 kg
 Capacity New = 25.4 liters corr = 25.4 liters

ID = 708 mm
 Length $L_c = 66 \text{ mm}$
 $t = 12 \text{ mm}$
 Insulation thk: 50 mm density: 224 kg/m³ Weight: 0 kg
 Lining/Refractory thickness: 4 mm density: 7,930 kg/m³ Weight: 0 kg

Design thickness, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$t = P \cdot R / (S \cdot E - 0.60 \cdot P) + \text{Corrosion}$
 $= 1,080.09 \cdot 354 / (83,800 \cdot 1.00 - 0.60 \cdot 1,080.09) + 0$
 $= 4.6 \text{ mm}$

Maximum allowable working pressure, (at 425 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t) - P_s$
 $= 83,800 \cdot 1.00 \cdot 12 / (354 + 0.60 \cdot 12) - 30.09$
 $= 2,753.96 \text{ kPa}$

Maximum allowable pressure, (at 10 °C) UG-27(c)(1)

$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t)$
 $= 138,000 \cdot 1.00 \cdot 12 / (354 + 0.60 \cdot 12)$
 $= 4,584.72 \text{ kPa}$

% Extreme fiber elongation – UCS-79(d)

EFE = $(50 \cdot t / R_f) \cdot (1 - R_f / R_o)$
 $= (50 \cdot 12 / 360) \cdot (1 - 360 / \text{infinity})$
 $= 1.6667\%$

The extreme fiber elongation does not exceed 5%.

Design thickness = 4.6 mm

The governing condition is due to internal pressure.

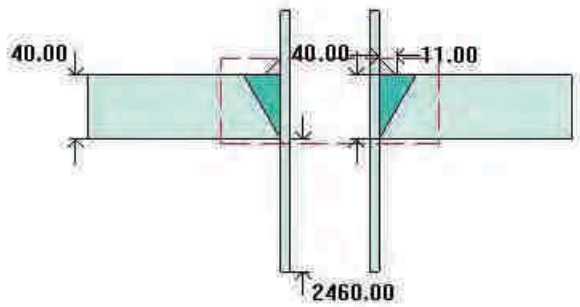
The cylinder thickness of 12 mm is adequate.

Thickness Required Due to Pressure + External Loads

Condition	Pressure P (kPa)	Allowable Stress Before UG-23 Stress Increase (MPa)		Temperature (°C)	Corrosion C (mm)	Load	Req'd Thk Due to Tension (mm)	Req'd Thk Due to Compression (mm)
		S _t	S _c					
Operating, Hot & Corroded	1,050	83.8	64.14	425	0	Wind	1.91	1.9
Operating, Hot & New	1,050	83.8	64.14	425	0	Wind	1.9	1.9
Hot Shut Down, Corroded	0	83.8	64.14	425	0	Wind	0.06	0.06
Hot Shut Down, New	0	83.8	64.14	425	0	Wind	0.06	0.06
Empty, Corroded	0	138	116.32	21	0	Wind	0	0
Empty, New	0	138	116.32	21	0	Wind	0	0
Hot Shut Down, Corroded, Weight & Eccentric Moments Only	0	83.8	64.14	425	0	Weight	0.07	0.07

CATALYST INLET (A)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



$t_{w(lower)} = 40\text{ mm}$
 $Leg_{41} = 11\text{ mm}$
 $Leg_{43} = 0\text{ mm}$
 $h_{new} = 2,460\text{ mm}$

Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on:	Bolted Cover #G
Orientation:	0°
Distance to head center, R:	0 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-106 B Smls. Pipe (II-D Metric p. 10, In. 40)
Description:	NPS 2 Sch 80 (XS) DN 50
Inside diameter, new:	49.25 mm
Nominal wall thickness:	5.54 mm
Corrosion allowance:	1.42 mm
Projection available outside vessel, Lpr:	90.15 mm
Internal projection, h_{new} :	2,460 mm
Projection available outside vessel to flange face, Lf:	160 mm
Local vessel minimum thickness:	40 mm
Liquid static head included:	0 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

ASME B16.5-2009 Flange

Description:	NPS 2 Class 300 WN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt <= 19 (II-D Metric p. 342, In. 17)
Blind included:	No
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.258)	
(UCS-68(c) applies.)	
Liquid static head:	0 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	Yes
Circumferential joint radiography:	Full UW-11(a) Type 1

Reinforcement Calculations for MAWP

Available reinforcement per UG-39 governs the MAWP of this nozzle.

--	--

UG-39 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 2,386.36 kPa @ 425 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
7.8173	7.818	6.0755	0.6052	0.056	--	1.0813	4.84	4.85

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(1)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	2.88	7.7	weld size is adequate

Reinforcement Calculations for MAP

The attached ASME B16.5 flange limits the nozzle MAP.

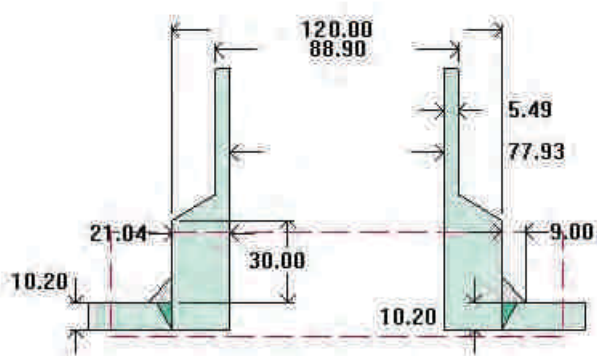
UG-39 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 5,110.01 kPa @ 10 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
8.5691	9.0341	5.6368	1.0516	1.3109	--	1.0348	3.42	4.85

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(1)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	3.88	7.7	weld size is adequate

CATALYST OUTLET (B1)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



$$t_{w(\text{lower})} = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{Leg}_{41} = 9 \text{ mm}$$

Note: Per UW-16(b) minimum inside corner radius $r_1 = \min [1 / 4 \cdot t, 3 \text{ mm}] = 2.55 \text{ mm}$

Location and Orientation

Located on:	BTM Head (Torispherical Head)
Orientation:	324°
End of nozzle to datum line:	-256 mm
Calculated as hillside:	Yes
Distance to head center, R:	210 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Inside diameter, new:	77.93 mm
Wall thickness, t_n :	21.04 mm
Minimum wall thickness:	5.49 mm
Corrosion allowance:	0 mm
Opening chord length:	82.53 mm
Projection available outside vessel, L_{pr} :	32.7 mm
Heavy barrel length, L_{hb} :	30 mm
Projection available outside vessel to flange face, L_f :	111.95 mm
Local vessel minimum thickness:	10.2 mm
Liquid static head included:	32.1034 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

ASME B16.5-2009 Flange

Description:	NPS 3 Class 300 WN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt $19 < t \leq 25$ (II-D Metric p. 342, In. 15)
Blind included:	No
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.2643)	
Liquid static head:	32.1868 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	No
Circumferential joint radiography:	Full UW-11(a) Type 1

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 2,675.14 kPa @ 425 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
8.4179	10.8916	--	10.0813	--	--	0.8103	4.8	5.49

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(1)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	6	6.3	weld size is adequate

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

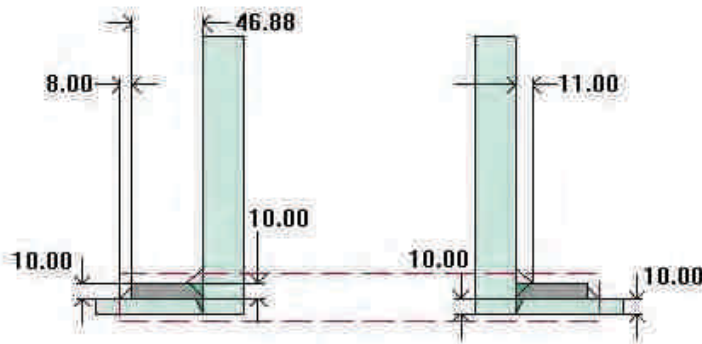
UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 4,405.33 kPa @ 10 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
8.4192	10.8916	--	10.0813	--	--	0.8103	4.8	5.49

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(1)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	6	6.3	weld size is adequate

GAS INLET (C)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



$$t_{w(lower)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Leg}_{41} = 11 \text{ mm}$$

$$t_{w(upper)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Leg}_{42} = 8 \text{ mm}$$

$$D_p = 300.01 \text{ mm}$$

$$t_e = 10 \text{ mm}$$

Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on:	SHELL #1
Orientation:	270°
Nozzle center line offset to datum line:	1,803 mm
End of nozzle to shell center:	600 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-105 (II-D Metric p. 18, In. 5)
Inside diameter, new:	152.4 mm
Nominal wall thickness:	26.92 mm
Corrosion allowance:	3 mm
Projection available outside vessel, L _{pr} :	203.42 mm
Projection available outside vessel to flange face, L _f :	240 mm
Local vessel minimum thickness:	10 mm
Liquid static head included:	15.9641 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

Reinforcing Pad

Material specification:	SA-105 (II-D Metric p. 18, In. 5)
Diameter:	300.01 mm
Is split:	No

ASME B16.5-2009 Flange

Description:	NPS 6 Class 300 LWN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt 19 < t <= 25 (II-D Metric p. 342, In. 15)
Blind included:	No
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.261)	
Liquid static head:	15.3408 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	No

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 1,642.26 kPa @ 425 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
11.0884	18.9282	--	7.8245	--	9.376	1.7277	10	26.92

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
92,921	158,619	557,204	102,753	488,287	186,687	295,441

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	6	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	3.5	5.6	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	7	10	weld size is adequate

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

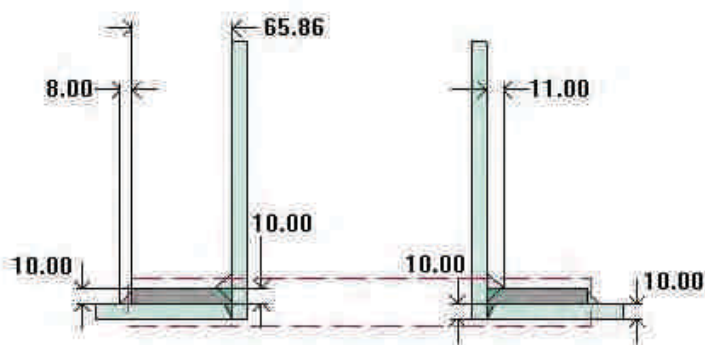
UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 3,876.43 kPa @ 10 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
15.24	23.2857	--	12.3735	--	9.376	1.5361	7.16	26.92

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
210,312	321,342	987,542	261,767	902,662	395,652	585,770

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	6	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	5	5.6	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	7	10	weld size is adequate

GAS OUTLET (D)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



$$t_{w(lower)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Leg}_{41} = 11 \text{ mm}$$

$$t_{w(upper)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Leg}_{42} = 8 \text{ mm}$$

$$D_p = 300 \text{ mm}$$

$$t_e = 10 \text{ mm}$$

Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on:	SHELL #1
Orientation:	45°
Nozzle center line offset to datum line:	3,153 mm
End of nozzle to shell center:	600 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Inside diameter, new:	146.33 mm
Nominal wall thickness:	10.97 mm
Corrosion allowance:	3 mm
Projection available outside vessel, L _{pr} :	141.45 mm
Projection available outside vessel to flange face, L _f :	240 mm
Local vessel minimum thickness:	10 mm
Liquid static head included:	4.8939 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

Reinforcing Pad

Material specification:	SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Diameter:	300 mm
Is split:	No

ASME B16.5-2009 Flange

Description:	NPS 6 Class 300 WN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt 19 < t <= 25 (II-D Metric p. 342, In. 15)
Blind included:	No
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.2588)	
Liquid static head:	4.2954 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	No
Circumferential joint radiography:	Full UW-11(a) Type 1

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 1,642.26 kPa @ 425 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
10.6634	16.841	--	2.2626	--	13.172	1.4064	9.22	10.97

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
89,360	141,128	272,702	37,430	398,387	150,482	269,541

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	5.58	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	3.5	5.6	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	5.58	10	weld size is adequate

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

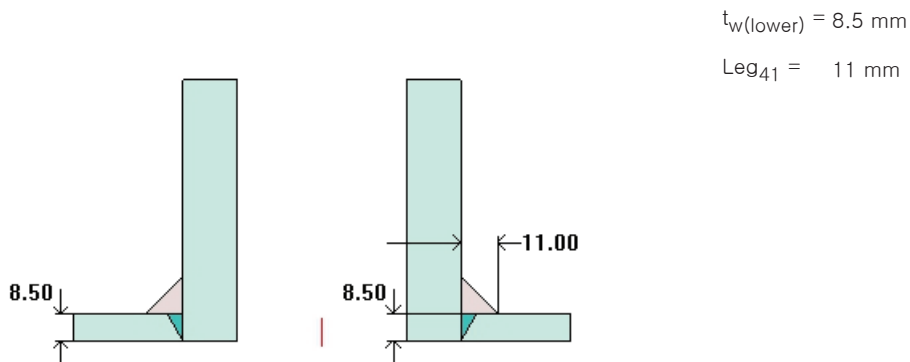
UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 3,876.43 kPa @ 10 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
14.6329	18.09	--	4.4413	--	12.4384	1.2103	6.22	10.97

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
201,934	249,642	516,826	108,277	736,470	279,927	524,847

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	6	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	5	5.6	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	7	10	weld size is adequate

BLANKOFF (E)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on:	TOP HEAD
Orientation:	180°
End of nozzle to datum line:	4,033 mm
Calculated as hillside:	Yes
Distance to head center, R:	270 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-105 (II-D Metric p. 18, ln. 5)
Inside diameter, new:	50.8 mm
Nominal wall thickness:	16.64 mm
Corrosion allowance:	3 mm
Opening chord length:	66.21 mm
Projection available outside vessel, Lpr:	216.02 mm
Projection available outside vessel to flange face, Lf:	238.38 mm
Local vessel minimum thickness:	8.5 mm
Liquid static head included:	0 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

ASME B16.5–2009 Flange

Description:	NPS 2 Class 300 LWN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt <= 19 (II-D Metric p. 342, In. 17)
Blind included:	Yes
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.258)	
Liquid static head:	0 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	No

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²)	UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm)
---	--

For P = 1,318.4 kPa @ 425 °C							The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
This nozzle is exempt from area calculations per UG-36(c)(3)(a)							7.8	16.64

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(2)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	3.85	7.7	weld size is adequate

This opening does not require reinforcement per UG-36(c)(3)(a)

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 3,343.26 kPa @ 10 °C							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
This nozzle is exempt from area calculations per UG-36(c)(3)(a)							4.8	16.64

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(2)

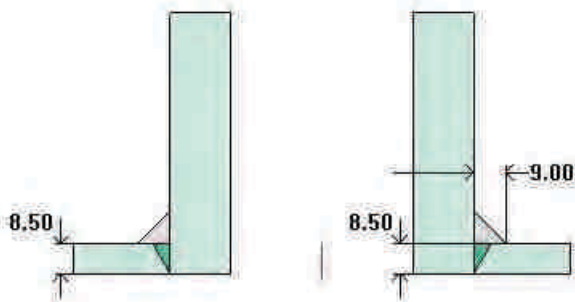
UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	5.95	7.7	weld size is adequate

This opening does not require reinforcement per UG-36(c)(3)(a)

THERMOWELL (F)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric

$t_{w(lower)} = 8.5 \text{ mm}$
 $Leg_{41} = 9 \text{ mm}$



Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on:	TOP HEAD
Orientation:	270°
End of nozzle to datum line:	4,033 mm
Calculated as hillside:	Yes
Distance to head center, R:	270 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-105 (II-D Metric p. 18, In. 5)
Inside diameter, new:	50.8 mm
Nominal wall thickness:	16.64 mm
Corrosion allowance:	3 mm
Opening chord length:	66.21 mm
Projection available outside vessel, Lpr:	216.02 mm
Projection available outside vessel to flange face, Lf:	238.38 mm
Local vessel minimum thickness:	8.5 mm
Liquid static head included:	0 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

ASME B16.5-2009 Flange

Description:	NPS 2 Class 300 LWN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt <= 19 (II-D Metric p. 342, In. 17)
Blind included:	No
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.258)	
Liquid static head:	0 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	No

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²)	UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm)
---	--

For P = 1,318.4 kPa @ 425 °C							The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
This nozzle is exempt from area calculations per UG-36(c)(3)(a)							7.8	16.64

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(2)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	3.85	6.3	weld size is adequate

This opening does not require reinforcement per UG-36(c)(3)(a)

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 3,343.26 kPa @ 10 °C							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
This nozzle is exempt from area calculations per UG-36(c)(3)(a)							4.8	16.64

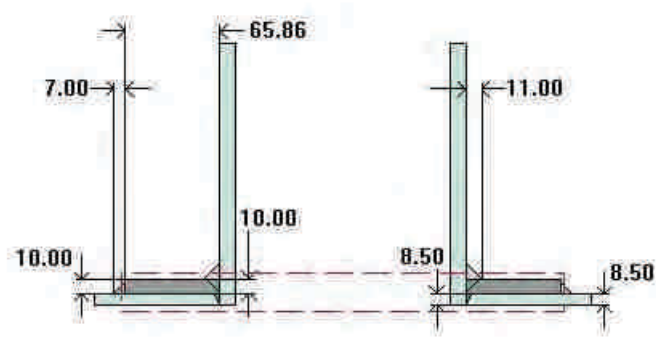
UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(2)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	5.95	6.3	weld size is adequate

This opening does not require reinforcement per UG-36(c)(3)(a)

INSPECTION (G)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



$t_{w(lower)} = 8.5 \text{ mm}$
 $Leg_{41} = 11 \text{ mm}$
 $t_{w(upper)} = 10 \text{ mm}$
 $Leg_{42} = 7 \text{ mm}$
 $D_p = 300 \text{ mm}$
 $t_e = 10 \text{ mm}$

Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on: TOP HEAD
Orientation: 0°
End of nozzle to datum line: 4,153 mm
Calculated as hillside: No
Distance to head center, R: 0 mm
Passes through a Category A joint: No

Nozzle

Access opening: No
Material specification: SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Inside diameter, new: 146.33 mm
Nominal wall thickness: 10.97 mm
Corrosion allowance: 3 mm
Projection available outside vessel, Lpr: 223.07 mm
Projection available outside vessel to flange face, Lf: 321.63 mm
Local vessel minimum thickness: 8.5 mm
Liquid static head included: 0 kPa
Longitudinal joint efficiency: 1

Reinforcing Pad

Material specification: SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Diameter: 300 mm
Is split: No

5

ASME B16.5-2009 Flange

Description: NPS 6 Class 300 WN A105
Bolt Material: SA-193 B8M 2 Bolt 19 < t <= 25 (II-D Metric p. 342, In. 15)
Blind included: No
Rated MDMT: -105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.258)
Liquid static head: 0 kPa
MAWP rating: 2,880 kPa @ 425°C
MAP rating: 5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating: 7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description: Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed: No
Circumferential joint radiography: Full UW-11(a) Type 1

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 1,460.59 kPa @ 425 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
8.3783	15.9526	--	1.8239	--	13.172	0.9568	8.5	10.97

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
70,210	133,683	253,352	28,370	373,800	141,033	225,605

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	5.58	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	2.75	4.9	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	5.58	10	weld size is adequate

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 3,713.77 kPa @ 10 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
12.4378	17.4616	--	3.8129	--	12.4384	1.2103	6.22	10.97

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
171,642	240,970	484,961	95,063	695,980	266,712	452,493

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	6	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	4.25	4.9	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	7	10	weld size is adequate

Bolted Cover #G**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: Bolted Cover
 Attached to: Flange #G
 Material specification: SA-105 (II-D Metric p. 18, In. 5)
 Bolted cover is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.214)

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425 \text{ °C}$

Static liquid head:

$P_s = 0 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 0 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 6.26 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 639.21 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance: Inner C = 3 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35 °C No impact test performed
 Rated MDMT = -105 °C Material is not normalized
 Material is not produced to Fine Grain Practice
 PWHT is performed

Radiography: Category A joints – Seamless No RT

Estimated weight: New = 24.3 kg corr = 22.5 kg

Head diameter, $d = 195.4 \text{ mm}$

Cover thickness, $t = 40 \text{ mm}$

Design thickness, (at 425 °C) UG-34 (c)(2), flange operating

$$t = d \sqrt{C \cdot P / (S \cdot E) + 1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3)} + \text{Corrosion}$$

$$= 195.4 \sqrt{0.3 \cdot 1.05 / (83.9 \cdot 1) + 1.9 \cdot 55,820.49 \cdot 37.17 / (83.9 \cdot 1 \cdot 195.4^3)} + 3$$

$$= 22.59 \text{ mm}$$

Design thickness, (at 10 °C) UG-34 (c)(2), gasket seating

$$t = d \sqrt{1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3)} + \text{Corrosion}$$

$$= 195.4 \sqrt{1.9 \cdot 294,565.4 \cdot 37.17 / (138 \cdot 1 \cdot 195.4^3)} + 3$$

$$= 30.78 \text{ mm}$$

Maximum allowable working pressure, (at 425 °C)

$$P = (S \cdot E / C) \cdot ((t / d)^2 - (1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3))) - P_s$$

$$= (83.9 \cdot 1000 \cdot 1 / 0.3) \cdot ((37 / 195.4)^2 - (1.9 \cdot 199,093.53 \cdot 37.17 / (83.9 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 195.4^3))) - 0$$

$$= 3,745.01 \text{ kPa}$$

Maximum allowable pressure, (At 10 °C)

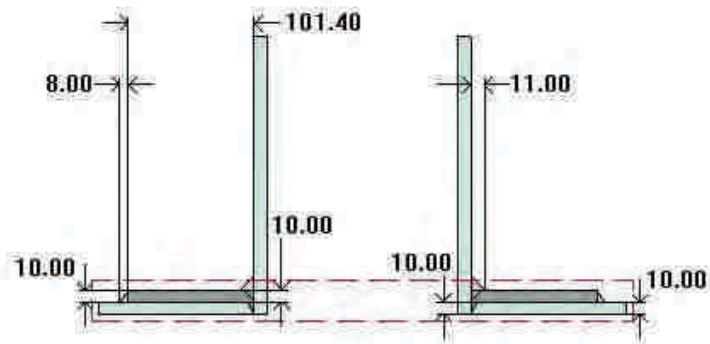
$$P = (S \cdot E / C) \cdot ((t / d)^2 - (1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3)))$$

$$= (138 \cdot 1000 \cdot 1 / 0.3) \cdot ((40 / 195.4)^2 - (1.9 \cdot 382,722.47 \cdot 37.17 / (138 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 195.4^3)))$$

$$= 7,199.12 \text{ kPa}$$

MANHOLE (H)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric



$t_{w(lower)} = 10\text{ mm}$
 $Leg_{41} = 11\text{ mm}$
 $t_{w(upper)} = 10\text{ mm}$
 $Leg_{42} = 8\text{ mm}$
 $D_p = 680\text{ mm}$
 $t_e = 10\text{ mm}$

Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on: SHELL #1
Orientation: 225°
Nozzle center line offset to datum line: 2,953 mm
End of nozzle to shell center: 600 mm
Passes through a Category A joint: No

Nozzle

Access opening: Yes
Material specification: SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Inside diameter, new: 457.2 mm
Nominal wall thickness: 10 mm
Corrosion allowance: 3 mm
Projection available outside vessel, Lpr: 130 mm
Projection available outside vessel to flange face, Lf: 240 mm
Local vessel minimum thickness: 10 mm
Liquid static head included: 7.8021 kPa
Longitudinal joint efficiency: 1

Reinforcing Pad

Material specification: SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
Diameter: 680 mm
Is split: No

Reinforcement Calculations for MAWP

Available reinforcement per UG-37 governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 1,408.05 kPa @ 425 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
27.7531	27.7555	4.6722	1.0755	--	20.28	1.7277	6.93	10

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
194,601	193,437	654,521	26,341	1,129,759	201,650	676,275

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	4.9	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	3.5	5.6	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	4.9	10	weld size is adequate

Check Large Opening per Appendix 1-7(a)

Area required within 75 percent of the limits of reinforcement
 $= 2 / 3 * A = (2 / 3) * 27.7531 = 18.5021 \text{ cm}^2$

Area that is within 75 percent of the limits of reinforcement is:

$A_1 =$ larger of 0.2826 or

$$\begin{aligned}
 &= (2 * \text{limits} - d) * (E_1 * t - F * t_r) - 2 * t_n * (E_1 * t - F * t_r) * (1 - f_{r1}) \\
 &= (2 * 347.4 - 463.2) * (1 * 7 - 1 * 5.99) - 2 * 7 * (1 * 7 - 1 * 5.99) * (1 - 1) \\
 &= 2.3361 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_5 &= (D_p - d - 2 * t_n) * t_e * f_{r4} \\
 &= (680 - 463.2 - 2 * 7) * 10 * 1 \\
 &= 20.28 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Area} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 \\
 &= 2.3361 + 1.0755 + 0 + 1.0877 + 0 + 0 + 20.28 \\
 &= 24.7793 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

The area replacement requirements of Appendix 1-7(a) are satisfied.

Check Large Opening per Appendix 1-7(b)

$$1-7(b)(1)(a) \quad D_i = 706 \text{ mm} > 1,500 \text{ mm} \quad \text{False}$$

$$1-7(b)(1)(b) \quad d = 463.2 \text{ mm} > 1,000 \text{ mm} \quad \text{False}$$

$$1-7(b)(1)(b) \quad d = 463.2 \text{ mm} > 3.4 * (353 * 7)^{0.5} = 169.01 \text{ mm} \quad \text{True}$$

$$1-7(b)(1)(c) \quad R_n / R = 231.6 / 353 = 0.6561 \leq 0.7 \quad \text{True}$$

The opening is not within the size range defined by 1-7(b)(1)(a) and (b) so it is exempt from the requirements of 1-7(b)(2), (3) and (4).

$R_n / R = 0.6561$ does not exceed 0.7 so a U-2(g) analysis is not required per 1-7(b)(1)(c).

Reinforcement Calculations for MAP

Available reinforcement per UG-37 governs the MAP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 2,993.47 kPa @ 10 °C The opening is adequately reinforced							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
35.1684	35.1696	10.5516	2.4877	--	20.28	1.8503	5.02	10

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary (N) All failure paths are stronger than the applicable weld loads						
Weld load W	Weld load W ₁₋₁	Path 1-1 strength	Weld load W ₂₋₂	Path 2-2 strength	Weld load W ₃₋₃	Path 3-3 strength
346,082	339,729	1,286,746	78,633	2,088,506	367,329	1,343,297

UW-16 Weld Sizing Summary

Weld description	Required weld size (mm)	Actual weld size (mm)	Status
Nozzle to pad fillet (Leg ₄₁)	6	7.7	weld size is adequate
Pad to shell fillet (Leg ₄₂)	5	5.6	weld size is adequate
Nozzle to pad groove (Upper)	7	10	weld size is adequate

Check Large Opening per Appendix 1-7(a)

Area required within 75 percent of the limits of reinforcement
 $= 2 / 3 * A = (2 / 3) * 35.1684 = 23.4456 \text{ cm}^2$

Area that is within 75 percent of the limits of reinforcement is:

A_1 = larger of 0.9232 or

$$\begin{aligned}
 &= (2 * \text{limits} - d) * (E_1 * t - F * t_r) - 2 * t_n * (E_1 * t - F * t_r) * (1 - f_{r1}) \\
 &= (2 * 342.9 - 457.2) * (1 * 10 - 1 * 7.69) - 2 * 10 * (1 * 10 - 1 * 7.69) * (1 - 1) \\
 &= 5.2755 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_5 &= (D_p - d - 2 * t_n) * t_e * f_{r4} \\
 &= (680 - 457.2 - 2 * 10) * 10 * 1 \\
 &= 20.28 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Area} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 \\
 &= 5.2755 + 2.4877 + 0 + 1.2103 + 0 + 0 + 20.28 \\
 &= 29.2535 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

The area replacement requirements of Appendix 1-7(a) are satisfied.

Check Large Opening per Appendix 1-7(b)

$$\begin{aligned}
 1-7(b)(1)(a) \quad D_i &= 700 \text{ mm} > 1,500 \text{ mm} && \text{False} \\
 1-7(b)(1)(b) \quad d &= 457.2 \text{ mm} > 1,000 \text{ mm} && \text{False} \\
 1-7(b)(1)(b) \quad d &= 457.2 \text{ mm} > 3.4 * (350 * 10)^{0.5} = 201.15 \text{ mm} && \text{True} \\
 1-7(b)(1)(c) \quad R_n / R &= 228.6 / 350 = 0.6531 \leq 0.7 && \text{True}
 \end{aligned}$$

The opening is not within the size range defined by 1-7(b)(1)(a) and (b) so it is exempt from the requirements of 1-7(b)(2), (3) and (4).

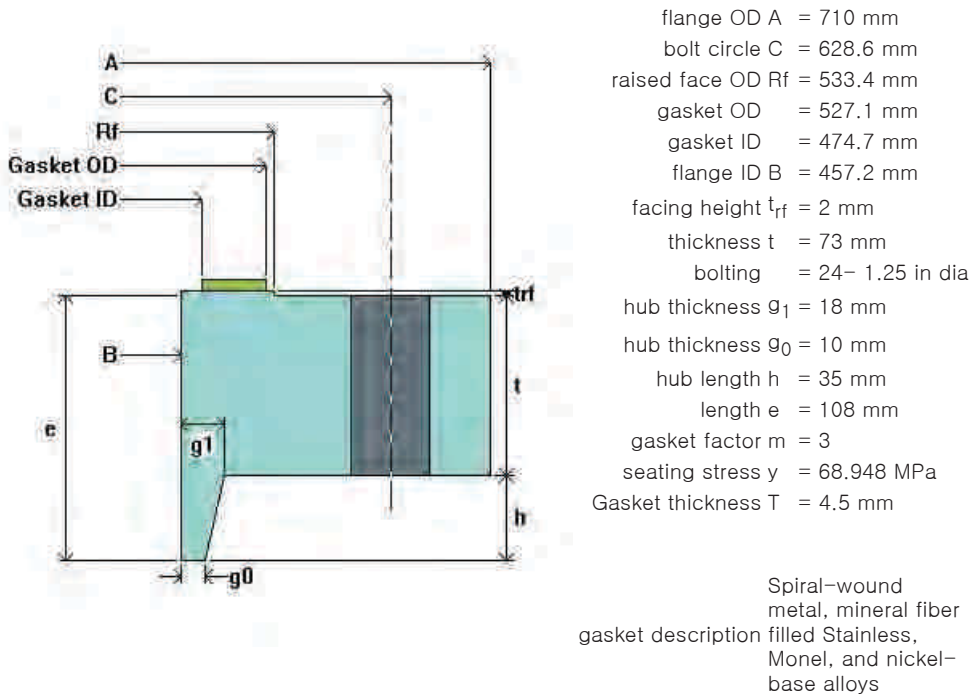
$R_n / R = 0.6531$ does not exceed 0.7 so a U-2(g) analysis is not required per 1-7(b)(1)(c).

Flange #H

ASME VIII-1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric, Appendix 2 Flange Calculations

Flange is attached to:	MANHOLE (H)	
Flange type:	Weld neck integral	
Flange material specification:	SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)	
Bolt material specification:	SA-193 B8M 2 Bolt 25 < t <= 32 (II-D Metric p. 342, In. 12)	
Bolt Description:	1.25 in Series 8 Thread	
Internal design pressure, P:	1,050 kPa @ 425 °C	
Liquid static head acting on flange:	5.9316 kPa	
Required flange thickness, t_r :	71.92 mm	
Maximum allowable working pressure, MAWP:	2,634.19 kPa @ 425 °C	
Maximum allowable pressure, MAP:	4,034 kPa @ 10 °C	
Corrosion allowance:	Bore = 3 mm	Flange = 0 mm
Bolt corrosion (root), C_{bolt} :	0 mm	
Design MDMT:	-35 °C	No impact test performed
Rated MDMT:	-105 °C	Flange material is not normalized
		Material is not produced to fine grain practice
		PWHT is not performed
Estimated weight:	New = 139.12 kg	corroded = 135.49 kg

Flange dimensions, new



Note: this flange is calculated as an integral type.

Determination of Flange MDMT

UCS-66(b)(1)(b) has been applied.
 is impact test exempt to -105 °C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.3268)

The rated flange MDMT is -105 °C

Flange calculations for Internal Pressure + Wind

Gasket details from facing sketch 1(a) or (b), Column II

Gasket width $N = 26.2 \text{ mm}$

$$b_0 = N/2 = 13.1 \text{ mm}$$

$$\text{Effective gasket seating width, } b = 2.5 \cdot b_0^{1/2} = 9.05 \text{ mm}$$

$$G = \text{OD of contact face} - 2 \cdot b = 527.1 - 2 \cdot 9.05 = 509.01 \text{ mm}$$

$$h_G = (C - G)/2 = (628.6 - 509.01)/2 = 59.8 \text{ mm}$$

$$h_D = R + g_1/2 = 67.7 + 15/2 = 75.2 \text{ mm}$$

$$h_T = (R + g_1 + h_G)/2 = (67.7 + 15 + 59.8)/2 = 71.25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \cdot b \cdot 3.14 \cdot G \cdot m \cdot P \\ &= 2 \cdot 9.05 \cdot 3.14 \cdot 509.01 \cdot 3 \cdot 1.0559 \\ &= 91,614.97 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 0.785 \cdot G^2 \cdot P \\ &= 0.785 \cdot 509.01^2 \cdot 1.0559 \\ &= 214,758.15 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_D &= 0.785 \cdot B^2 \cdot P \\ &= 0.785 \cdot 463.2^2 \cdot 1.0559 \\ &= 177,844.98 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_T &= H - H_D \\ &= 214,758.15 - 177,844.98 \\ &= 36,913.17 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{m1} &= H + H_p \\ &= 214,758.15 + 91,614.97 \\ &= 306,373.12 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{m2} &= 3.14 \cdot b \cdot G \cdot y \\ &= 3.14 \cdot 9.05 \cdot 509.01 \cdot 68.9476 \\ &= 997,007.4 \text{ N} \end{aligned}$$

Required bolt area, A_m = greater of A_{m1} , $A_{m2} = 76.6929 \text{ cm}^2$

$$A_{m1} = W_{m1}/S_b = 306,373.12/(100 \cdot 112) = 27.3547 \text{ cm}^2$$

$$A_{m2} = W_{m2}/S_a = 997,007.4/(100 \cdot 130) = 76.6929 \text{ cm}^2$$

Total area for 24- 1.25 in dia bolts, corroded, $A_b = 143.8449 \text{ cm}^2$

$$\begin{aligned} W &= (A_m + A_b) \cdot S_a/2 \\ &= (7,669.2867 + 14,384.49) \cdot 130/2 \\ &= 1,433,495.52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_D = H_D \cdot h_D = 177,844.98 \cdot 0.0752 = 13,374 \text{ N-m}$$

$$M_T = H_T \cdot h_T = 36,913.17 \cdot 0.0712 = 2,630 \text{ N-m}$$

$$H_G = W_{m1} - H = 306,373.12 - 214,758.15 = 91,614.97 \text{ N}$$

$$M_G = H_G \cdot h_G = 91,614.97 \cdot 0.0598 = 5,478.3 \text{ N-m}$$

$$M_o = M_D + M_T + M_G = 13,374 + 2,630 + 5,478.3 = 21,482.3 \text{ N-m}$$

$$M_g = W \cdot h_G = 1,433,495.52 \cdot 0.0598 = 85,719.4 \text{ N-m}$$

Hub and Flange Factors

$$g_0 = \min(g_0, t_n) = \min(7, 7) = 7$$

$$h_0 = (B \cdot g_0)^{1/2} = (463.2 \cdot 7)^{1/2} = 56.94 \text{ mm}$$

From FIG. 2-7.1, where $K = A/B = 710/463.2 = 1.5328$

$$T = 1.6965 \quad Z = 2.482 \quad Y = 4.7196 \quad U = 5.1863$$

$$h/h_0 = 0.6147 \quad g_1/g_0 = 2.1429$$

$$F = 0.7962 \quad V = 0.1849 \quad e = F/h_0 = 0.1398$$

$$d = (U/V) \cdot h_0 \cdot g_0^2 = (5.1863/0.1849) \cdot 56.942 \cdot 0.7^2$$

$$= 78.2411 \text{ cm}^3$$

Stresses at operating conditions – VIII-1 Appendix 2-7

$$f = 1.0256$$

$$L = (t \cdot e + 1)/T + t^3/d$$

$$= (7.3 \cdot 0.1398 + 1)/1.6965 + 7.3^3/78.2411$$

$$= 6.1632$$

$$S_H = f \cdot M_0 / (L \cdot g_1^2 \cdot B)$$

$$= 1e3 \cdot 1.0256 \cdot 21,482.3 / (6.1632 \cdot 15^2 \cdot 463.2)$$

$$= 34.301 \text{ MPa}$$

$$S_R = (1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_0 / (L \cdot t^2 \cdot B)$$

$$= (1.33 \cdot 7.3 \cdot 0.1398 + 1) \cdot 1e3 \cdot 21,482.3 / (6.1632 \cdot 7.3^2 \cdot 463.2)$$

$$= 3.329 \text{ MPa}$$

$$S_T = Y \cdot M_0 / (t^2 \cdot B) - Z \cdot S_R$$

$$= 1e3 \cdot 4.7196 \cdot 21,482.3 / (7.3^2 \cdot 463.2) - 2.482 \cdot 3.329$$

$$= 32.811 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable stress } S_{fo} = 83.9 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable stress } S_{no} = 83.9 \text{ MPa}$$

$$S_T \text{ does not exceed } S_{fo}$$

$$S_H \text{ does not exceed } \min[1.5 \cdot S_{fo}, 2.5 \cdot S_{no}] = 125.85 \text{ MPa}$$

$$S_R \text{ does not exceed } S_{fo}$$

$$0.5(S_H + S_R) = 18.815 \text{ MPa does not exceed } S_{fo}$$

$$0.5(S_H + S_T) = 33.556 \text{ MPa does not exceed } S_{fo}$$

Stresses at gasket seating – VIII-1 Appendix 2-7

$$S_H = f \cdot M_g / (L \cdot g_1^2 \cdot B)$$

$$= 1e3 \cdot 1.0256 \cdot 85,719.4 / (6.1632 \cdot 15^2 \cdot 463.2)$$

$$= 136.869 \text{ MPa}$$

$$S_R = (1.33 \cdot t \cdot e + 1) \cdot M_g / (L \cdot t^2 \cdot B)$$

$$= (1.33 \cdot 7.3 \cdot 0.1398 + 1) \cdot 1e3 \cdot 85,719.4 / (6.1632 \cdot 7.3^2 \cdot 463.2)$$

$$= 13.284 \text{ MPa}$$

$$S_T = Y \cdot M_g / (t^2 \cdot B) - Z \cdot S_R$$

$$= 4.7196 \cdot 1e3 \cdot 85,719.4 / (7.3^2 \cdot 463.2) - 2.482 \cdot 13.284$$

$$= 130.925 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable stress } S_{fa} = 138 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable stress } S_{na} = 138 \text{ MPa}$$

$$S_T \text{ does not exceed } S_{fa}$$

$$S_H \text{ does not exceed } \min[1.5 \cdot S_{fa}, 2.5 \cdot S_{na}] = 207 \text{ MPa}$$

S_R does not exceed S_{fa}

$0.5(S_H + S_R) = 75.076 \text{ MPa}$ does not exceed S_{fa}

$0.5(S_H + S_T) = 133.897 \text{ MPa}$ does not exceed S_{fa}

Flange rigidity per VIII-1 Appendix 2-14

$$J = 52.14 \cdot V \cdot M_o / (L \cdot E \cdot g_o^2 \cdot K_I \cdot h_o)$$

$$= 1e3 \cdot 52.14 \cdot 0.1849 \cdot 85,719.4 / (6.1632 \cdot 202.28E+03 \cdot 7^2 \cdot 0.3 \cdot 56.94)$$

$$= 0.7921$$

The flange rigidity index J does not exceed 1; satisfactory.

Flange #H – Flange hub

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric

Component: Flange hub
 Material specification: SA-266 2 (II-D Metric p. 18, In. 8)
 Material is impact test exempt to -105°C per UCS-66(b)(3) (coincident ratio = 0.3193)

Internal design pressure: $P = 1,050 \text{ kPa @ } 425^\circ\text{C}$

Static liquid head:

$P_s = 5.93 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 725 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 10.41 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 1,061.91 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance Inner C = 3 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35°C No impact test performed
 Rated MDMT = -105°C Material is not normalized
 Material is not produced to Fine Grain Practice
 PWHT is not performed

Radiography: Longitudinal joint – Seamless No RT
 Top circumferential joint – N/A
 Bottom circumferential joint Full UW-11(a) Type 1
 –

Estimated weight New = 3.9 kg corr = 2.8 kg
 Capacity New = 5.75 liters corr = 5.9 liters

ID = 457.2 mm
 Length L_c = 35 mm
 t = 10 mm

Design thickness, (at 425°C) UG-27(c)(1)

$$t = P \cdot R / (S \cdot E - 0.60 \cdot P) + \text{Corrosion}$$

$$= 1,055.93 \cdot 231.6 / (83,900 \cdot 1.00 - 0.60 \cdot 1,055.93) + 3$$

$$= 5.94 \text{ mm}$$

Maximum allowable working pressure, (at 425°C) UG-27(c)(1)

$$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t) - P_s$$

$$= 83,900 \cdot 1.00 \cdot 7 / (231.6 + 0.60 \cdot 7) - 5.93$$

$$= 2,484.83 \text{ kPa}$$

Maximum allowable pressure, (at 10°C) UG-27(c)(1)

$$P = S \cdot E \cdot t / (R + 0.60 \cdot t)$$

$$= 138,000 \cdot 1.00 \cdot 10 / (228.6 + 0.60 \cdot 10)$$

$$= 5,882.35 \text{ kPa}$$

Bolted Cover #H**ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric**

Component: Bolted Cover
 Attached to: Flange #H
 Material specification: SA-105 (II-D Metric p. 18, In. 5)
 Bolted cover impact test exemption temperature from Fig UCS-66M Curve B = -16.31 °C
 Fig UCS-66.1M MDMT reduction = 48.5 °C, (coincident ratio = 0.4098)
 Rated MDMT of -64.81°C is limited to -48°C by UCS-66(b)(2)
 UCS-66 governing thickness = 15.2 mm

Internal design pressure: P = 1,050 kPa @ 425 °C

Static liquid head:

$P_s = 7.8 \text{ kPa}$ (SG = 0.835, $H_s = 953.6 \text{ mm}$, Operating head)
 $P_{th} = 8.61 \text{ kPa}$ (SG = 1, $H_s = 879.05 \text{ mm}$, Horizontal test head)

Corrosion allowance: Inner C = 3 mm Outer C = 0 mm

Design MDMT = -35 °C No impact test performed
 Rated MDMT = -48 °C Material is not normalized
 Material is not produced to Fine Grain Practice
 PWHT is not performed

Radiography: Category A joints – Seamless No RT

Estimated weight: New = 188.6 kg corr = 179.3 kg

Head diameter, d = 509.01 mm

Cover thickness, t = 60.8 mm

Design thickness, (at 425 °C) UG-34 (c)(2), flange operating

$$\begin{aligned}
 t &= d \cdot \text{Sqr}(C \cdot P / (S \cdot E) + 1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3)) + \text{Corrosion} \\
 &= 509.01 \cdot \text{Sqr}(0.3 \cdot 1.06 / (83.9 \cdot 1) + 1.9 \cdot 306,915.84 \cdot 59.8 / (83.9 \cdot 1 \cdot 509.01^3)) + 3 \\
 &= 45.38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Design thickness, (at 10 °C) UG-34 (c)(2), gasket seating

$$\begin{aligned}
 t &= d \cdot \text{Sqr}(1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3)) + \text{Corrosion} \\
 &= 509.01 \cdot \text{Sqr}(1.9 \cdot 1,433,495.52 \cdot 59.8 / (138 \cdot 1 \cdot 509.01^3)) + 3 \\
 &= 51.15 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maximum allowable working pressure, (at 425 °C)

$$\begin{aligned}
 P &= (S \cdot E / C) \cdot ((t / d)^2 - (1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3))) - P_s \\
 &= (83.9 \cdot 1000 \cdot 1 / 0.3) \cdot ((57.8 / 509.01)^2 - (1.9 \cdot 570,760.34 \cdot 59.8 / (83.9 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 509.01^3))) - 7.8021 \\
 &= 1,959.35 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Maximum allowable pressure, (At 10 °C)

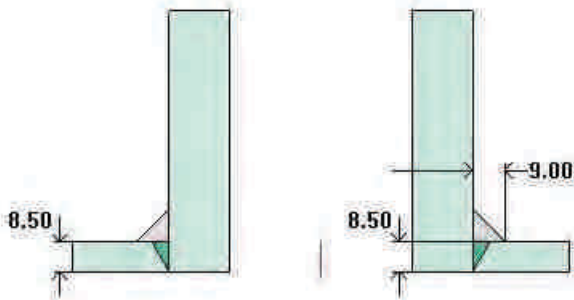
$$\begin{aligned}
 P &= (S \cdot E / C) \cdot ((t / d)^2 - (1.9 \cdot W \cdot h_G / (S \cdot E \cdot d^3))) \\
 &= (138 \cdot 1000 \cdot 1 / 0.3) \cdot ((60.8 / 509.01)^2 - (1.9 \cdot 1,038,771.09 \cdot 59.8 / (138 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 509.01^3))) \\
 &= 3,580.18 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

PI (P)

ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition, A11 Addenda Metric

$t_{w(lower)} = 8.5\text{ mm}$

$Leg_{41} = 9\text{ mm}$



Note: round inside edges per UG-76(c)

Location and Orientation

Located on:	TOP HEAD
Orientation:	90°
End of nozzle to datum line:	4,033 mm
Calculated as hillside:	Yes
Distance to head center, R:	270 mm
Passes through a Category A joint:	No

Nozzle

Access opening:	No
Material specification:	SA-105 (II-D Metric p. 18, In. 5)
Inside diameter, new:	50.8 mm
Nominal wall thickness:	16.64 mm
Corrosion allowance:	3 mm
Opening chord length:	66.21 mm
Projection available outside vessel, Lpr:	216.02 mm
Projection available outside vessel to flange face, Lf:	238.38 mm
Local vessel minimum thickness:	8.5 mm
Liquid static head included:	0 kPa
Longitudinal joint efficiency:	1

ASME B16.5-2009 Flange

Description:	NPS 2 Class 300 LWN A105
Bolt Material:	SA-193 B8M 2 Bolt <= 19 (II-D Metric p. 342, In. 17)
Blind included:	No
Rated MDMT:	-105°C
(UCS-66(b)(3): Coincident ratio = 0.258)	
Liquid static head:	0 kPa
MAWP rating:	2,880 kPa @ 425°C
MAP rating:	5,110.01 kPa @ 10°C
Hydrotest rating:	7,700.01 kPa @ 10°C
Gasket Description:	Flexitallic Spiral Wound CGI 316 S.S.
PWHT performed:	No

Reinforcement Calculations for MAWP

The vessel wall thickness governs the MAWP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²)	UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm)
---	--

For P = 1,318.4 kPa @ 425 °C							The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
This nozzle is exempt from area calculations per UG-36(c)(3)(a)							7.8	16.64

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(2)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	3.85	6.3	weld size is adequate

This opening does not require reinforcement per UG-36(c)(3)(a)

Reinforcement Calculations for MAP

The vessel wall thickness governs the MAP of this nozzle.

UG-37 Area Calculation Summary (cm ²) For P = 3,343.26 kPa @ 10 °C							UG-45 Nozzle Wall Thickness Summary (mm) The nozzle passes UG-45	
A required	A available	A ₁	A ₂	A ₃	A ₅	A welds	t _{req}	t _{min}
This nozzle is exempt from area calculations per UG-36(c)(3)(a)							4.8	16.64

UG-41 Weld Failure Path Analysis Summary
The nozzle is exempt from weld strength calculations per UW-15(b)(2)

UW-16 Weld Sizing Summary			
Weld description	Required weld throat size (mm)	Actual weld throat size (mm)	Status
Nozzle to shell fillet (Leg ₄₁)	5.95	6.3	weld size is adequate

This opening does not require reinforcement per UG-36(c)(3)(a)

Wind Code

Building Code: User Defined
 Elevation of base above grade: 131.6535 ft (40.1282 m)
 Increase effective outer diameter by: 1.9685 ft (0.6000 m)
 Wind Force Coefficient C_f : 0.7000
 Top Deflection Limit: 5 mm per m.

Vessel Characteristics

Vessel height, h : 7.3245 ft (2.2325 m)
 Vessel Minimum Diameter
 Operating, Corroded: 2.6903 ft (0.8200 m)
 Empty, Corroded: 2.6903 ft (0.8200 m)
 Hydrotest, Corroded, field: 2.6903 ft (0.8200 m)
 Fundamental Frequency, n_1
 Operating, Corroded: 47.9220 Hz
 Empty, Corroded: 59.9472 Hz
 Hydrotest, Corroded, field: 49.9966 Hz
 Damping coefficient, β
 Operating, Corroded: 0.0247
 Empty, Corroded: 0.0214
 Hydrotest, Corroded, field: 0.0264

Wind Deflection Reports:

[Operating, Corroded](#)
[Empty, Corroded](#)
[Hydrotest, Corroded, field](#)

[Wind Pressure Table](#)

Wind Deflection Report: Operating, Corroded

Component	Elevation of bottom above base (mm)	Effective OD (m)	Elastic modulus E (MPa)	Inertia I (m ⁴)	Platform wind shear at Bottom (N)	Total wind shear at Bottom (N)	bending moment at Bottom (N-m)	Deflection at top (mm)
TOP HEAD	2,019	1.42	166,500.0	*	0	230.5	62.9	0.04
SHELL #1 (top)	0	1.42	166,500.0	0.0009965	0	2,638.7	4,688	0.04
SHELL #1 (bottom)	0	1.42	166,500.0	0.0009965	0	2,089.5	1,831.5	0.01
SHELL #2	-1,276	1.43	166,500.0	0.001745	0	567.4	136.4	0.01
BTM Head (Torispherical Head)	-1,538	1.43	166,500.0	*	0	252.7	28.9	0.01
*Moment of Inertia I varies over the length of the component								

Wind Deflection Report: Empty, Corroded

Component	Elevation of bottom above base (mm)	Effective OD (m)	Elastic modulus E (MPa)	Inertia I (m ⁴)	Platform wind shear at Bottom (N)	Total wind shear at Bottom (N)	bending moment at Bottom (N-m)	Deflection at top (mm)
TOP HEAD	2,019	1.42	202,280.0	*	0	230.5	62.9	0.03
SHELL #1 (top)	0	1.42	202,280.0	0.0009965	0	2,638.7	4,688	0.03
SHELL #1 (bottom)	0	1.42	202,280.0	0.0009965	0	2,089.5	1,831.5	0
SHELL #2	-1,276	1.43	202,280.0	0.001745	0	567.4	136.4	0.01
BTM Head (Torispherical Head)	-1,538	1.43	202,280.0	*	0	252.7	28.9	0.01
*Moment of Inertia I varies over the length of the component								

Wind Deflection Report: Hydrotest, Corroded, field

	Elevation of	Effective	Elastic		Platform	Total wind	bending	
--	--------------	-----------	---------	--	----------	------------	---------	--

Component	bottom above base (mm)	OD (m)	modulus E (MPa)	Inertia I (m ⁴)	wind shear at Bottom (N)	shear at Bottom (N)	moment at Bottom (N-m)	Deflection at top (mm)
TOP HEAD	2,019	1.42	203,050.0	*	0	161.3	56	0.03
SHELL #1 (top)	0	1.42	203,050.0	0.0009965	0	1,847.1	3,812.2	0.03
SHELL #1 (bottom)	0	1.42	203,050.0	0.0009965	0	1,462.6	1,282.6	0
SHELL #2	-1,276	1.43	203,050.0	0.001745	0	397.2	96	0
BTM Head (Torispherical Head)	-1,538	1.43	203,050.0	*	0	176.9	20.8	0
*Moment of Inertia I varies over the length of the component								

Wind Pressure (WP) table

Wind Force Coefficient Cf: 0.7000

Design Wind Pressures

To Height Z (m)	Wind Pressure (kPa)	Adjusted by Cf (kPa)
0.00	1.2000	0.8400
22.00	1.2000	0.8400
44.00	1.2000	0.8400

Design Wind Force determined from: $F = \text{Pressure} * A_f$, where A_f is the projected area.

Support Lugs

Support material:	SA-516-70N
This support is attached to:	SHELL #1
Distance from baseplate to datum:	1,604 mm
Local shell outer diameter, new:	720 mm
Local shell thickness, new:	10 mm
Local shell inner corrosion:	3 mm
Local shell outer corrosion:	0 mm
Lug allowable stress	$S_b = 138 \text{ MPa}$
Top plate width	$W_p = 50 \text{ mm}$
Top plate thickness	$t_a = 14.4 \text{ mm}$
Base plate width	$b = 339 \text{ mm}$
Base plate thickness	$t_b = 20.4 \text{ mm}$
Base plate load bearing width	$L_b = 100 \text{ mm}$
Shell to center of load bearing area	$d = 239 \text{ mm}$
Gusset height	$h = 262 \text{ mm}$
Gusset thickness	$t_g = 8.4 \text{ mm}$
Gusset separation	$L_g = 160 \text{ mm}$
Lug length, circumferential direction	$L = 200 \text{ mm}$
Lug attachment fillet weld size:	7 mm
Pad width, circumferential direction:	250 mm
Pad length, longitudinal direction:	350 mm
Pad thickness	$t_e = 4.4 \text{ mm}$
Pad attachment fillet weld size:	4.4 mm
Radial/bending lug stiffness ratio:	2
Number of support lugs:	2

Stresses in Shell at Lug Supports													
Condition	Total Weight (kg)	Shear V (N)	Moment M (N-m)	Lug orient	Lug Loading						Stress in Shell (MPa)		
					W (kg)	P _r (N)	V _L (N)	M _L (N-m)	V _c (N)	M _c (N-m)	Primary Circ (P _c)	Primary Long (P _l)	Combined P _c +P _l +Q
Wind, operating, corroded Attack angle = 0°	3,027	4,728	2,859	0°	1,514	2,364	10,070	2,406.65	0	0.00	81.441	42.941	99.547
				180°	1,514	2,364	19,617	4,688.50	0	0.00	84.874	48.181	113.832
Wind, operating, corroded Attack angle = 90°	3,027	4,728	2,859	0°	1,514	0	14,843	3,547.58	2,364	565.02	83.158	45.561	106.841
				180°	1,514	0	14,843	3,547.58	2,364	565.02	83.158	45.561	106.703
Wind, operating, new Attack angle = 0°	3,237	4,728	2,987	0°	1,619	2,364	10,886	2,601.86	0	0.00	55.572	29.123	68.61
				180°	1,619	2,364	20,860	4,985.53	0	0.00	58.24	32.13	78.373
Wind, operating, new Attack angle = 90°	3,237	4,728	2,987	0°	1,619	0	15,873	3,793.70	2,364	565.02	56.909	30.627	73.602
				180°	1,619	0	15,873	3,793.70	2,364	565.02	56.909	30.627	73.505
Wind, empty, corroded Attack angle = 0°	1,764	4,728	2,859	0°	882	2,364	3,877	926.50	0	0.00	7.508	4.316	19.098
				180°	882	2,364	13,424	3,208.34	0	0.00	17.685	-11.969	-49.311
Wind, empty, corroded Attack angle = 90°	1,764	4,728	2,859	0°	882	0	8,650	2,067.42	2,364	565.02	-9.225	7.005	-29.206
				180°	882	0	8,650	2,067.42	2,364	565.02	-9.225	-7.005	29.206
Wind, empty, new Attack angle = 0°	1,994	4,728	2,987	0°	997	2,364	4,788	1,144.45	0	0.00	4.93	2.972	13.79
				180°	997	2,364	14,762	3,528.12	0	0.00	11.321	-7.529	-34.232
Wind, empty, new Attack angle = 90°	1,994	4,728	2,987	0°	997	0	9,775	2,336.28	2,364	565.02	-6.267	-4.475	20.512
				180°	997	0	9,775	2,336.28	2,364	565.02	-6.267	-4.475	-20.512
Wind, test, corroded Attack angle = 0°	3,337	3,310	2,533	0°	1,669	1,655	12,134	2,900.13	0	0.00	150.726	78.276	171.459
				180°	1,669	1,655	20,590	4,921.09	0	0.00	155.015	83.378	186.158
Wind, test, corroded Attack angle = 90°	3,337	3,310	2,533	0°	1,669	0	16,362	3,910.61	1,655	395.51	152.871	80.827	178.85
				180°	1,669	0	16,362	3,910.61	1,655	395.51	152.871	80.827	178.816

Applied Loads (Wind, operating, corroded, Attack angle = 0°, lug orientation = 180°)

Radial load: $P_r = 2,364.09 \text{ N}$
 Circumferential moment: $M_c = 0 \text{ N-m}$
 Circumferential shear: $V_c = 0 \text{ N}$
 Longitudinal moment: $M_L = 4,688.5 \text{ N-m}$
 Longitudinal shear: $V_L = 19,617.13 \text{ N}$
 Torsion moment: $M_t = 0 \text{ N-m}$
 Internal pressure: $P = 1,335.19 \text{ kPa}$
 Mean shell radius: $R_m = 356.5 \text{ mm}$
 Local shell thickness: $T = 7 \text{ mm}$
 Shell yield stress: $S_y = 176 \text{ MPa}$
 Design factor: 3

Maximum stresses due to the applied loads at the pad edge (includes pressure)

$$\gamma = R_m / T = 356.5 / 7 = 50.9267$$

$$C_1 = 125, C_2 = 175 \text{ mm}$$

$$\text{Local circumferential pressure stress} = P \cdot R_i / T = 67.327 \text{ MPa}$$

$$\text{Local longitudinal pressure stress} = P \cdot R_i / (2 \cdot T) = 33.66 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximum combined stress } (P_L + P_b + Q) = 113.83 \text{ MPa}$$

Allowable combined stress ($P_L + P_b + Q$) = $\pm 3 \cdot S = \pm 251.4$ MPa

The maximum combined stress ($P_L + P_b + Q$) is within allowable limits.

Maximum local primary membrane stress (P_L) = 84.87 MPa

Allowable local primary membrane stress (P_L) = $\pm 1.5 \cdot S = \pm 125.7$ MPa

The maximum local primary membrane stress (P_L) is within allowable limits.

Stresses at the pad edge per WRC Bulletin 107										
Figure	value	β	A_u	A_l	B_u	B_l	C_u	C_l	D_u	D_l
3C*	1.0724	0.4907	0	0	0	0	-1.014	-1.014	-1.014	-1.014
4C*	3.5614	0.4465	-3.372	-3.372	-3.372	-3.372	0	0	0	0
1C	0.0622	0.3959	0	0	0	0	-18.002	18.002	-18.002	18.002
2C-1	0.0074	0.3959	-2.144	2.144	-2.144	2.144	0	0	0	0
3A*	1.3144	0.3923	0	0	0	0	0	0	0	0
1A	0.0589	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0
3B*	2.0029	0.4388	-20.919	-20.919	20.919	20.919	0	0	0	0
1B-1	0.0082	0.4246	-31.102	31.102	31.102	-31.102	0	0	0	0
Pressure stress*			67.327	67.327	67.327	67.327	67.327	67.327	67.327	67.327
Total circumferential stress			9.791	76.284	113.832	55.916	48.312	84.316	48.312	84.316
Primary membrane circumferential stress*			43.037	43.037	84.874	84.874	66.314	66.314	66.314	66.314
3C*	1.2707	0.4465	-1.207	-1.207	-1.207	-1.207	0	0	0	0
4C*	3.1156	0.4907	0	0	0	0	-2.951	-2.951	-2.951	-2.951
1C-1	0.0135	0.4544	-3.909	3.909	-3.909	3.909	0	0	0	0
2C	0.03	0.4544	0	0	0	0	-8.681	8.681	-8.681	8.681
4A*	4.9778	0.3923	0	0	0	0	0	0	0	0
2A	0.0234	0.4849	0	0	0	0	0	0	0	0
4B*	1.2276	0.4388	-15.727	-15.727	15.727	15.727	0	0	0	0
2B-1	0.0144	0.4746	-48.856	48.856	48.856	-48.856	0	0	0	0
Pressure stress*			33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66
Total longitudinal stress			-36.039	69.492	93.127	3.234	22.029	39.39	22.029	39.39
Primary membrane longitudinal stress*			16.727	16.727	48.181	48.181	30.709	30.709	30.709	30.709
Shear from M_t			0	0	0	0	0	0	0	0
Circ shear from V_c			0	0	0	0	0	0	0	0
Long shear from V_L			0	0	0	0	-4.006	-4.006	4.006	4.006
Total Shear stress			0	0	0	0	-4.006	-4.006	4.006	4.006
Combined stress (P_L+P_b+Q)			-45.829	76.284	113.832	55.916	48.911	84.668	48.911	84.668

Note: * denotes primary stress.

Maximum stresses due to the applied loads at the lug edge (includes pressure)

$$\gamma = R_m / T = 356.5 / 11.4 = 31.2712$$

$$C_1 = 100, C_2 = 148.4 \text{ mm}$$

$$\text{Local circumferential pressure stress} = P \cdot R_i / T = 67.327 \text{ MPa}$$

$$\text{Local longitudinal pressure stress} = P \cdot R_i / (2 \cdot T) = 33.66 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximum combined stress } (P_L + P_b + Q) = 105.81 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable combined stress } (P_L + P_b + Q) = \pm 3 \cdot S = \pm 251.4 \text{ MPa}$$

The maximum combined stress ($P_L + P_b + Q$) is within allowable limits.

$$\text{Maximum local primary membrane stress } (P_L) = 81.77 \text{ MPa}$$

$$\text{Allowable local primary membrane stress } (P_L) = \pm 1.5 \cdot S = \pm 125.7 \text{ MPa}$$

The maximum local primary membrane stress (P_L) is within allowable limits.

Stresses at the lug edge per WRC Bulletin 107										
Figure	value	β	A_u	A_l	B_u	B_l	C_u	C_l	D_u	D_l
3C*	1.2923	0.413	0	0	0	0	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752

4C*	3.0805	0.3714	-1.793	-1.793	-1.793	-1.793	0	0	0	0
1C	0.0613	0.3239	0	0	0	0	-6.688	6.688	-6.688	6.688
2C-1	0.0188	0.3239	-2.055	2.055	-2.055	2.055	0	0	0	0
3A*	1.197	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0
1A	0.069	0.3529	0	0	0	0	0	0	0	0
3B*	2.096	0.365	-16.237	-16.237	16.237	16.237	0	0	0	0
1B-1	0.0152	0.3537	-26.09	26.09	26.09	-26.09	0	0	0	0
Pressure stress*			67.327	67.327	67.327	67.327	67.327	67.327	67.327	67.327
Total circumferential stress			21.153	77.442	105.807	57.737	59.888	73.264	59.888	73.264
Primary membrane circumferential stress*			49.298	49.298	81.772	81.772	66.576	66.576	66.576	66.576
3C*	1.5047	0.3714	-0.876	-0.876	-0.876	-0.876	0	0	0	0
4C*	2.7989	0.413	0	0	0	0	-1.627	-1.627	-1.627	-1.627
1C-1	0.0353	0.3789	-3.854	3.854	-3.854	3.854	0	0	0	0
2C	0.03	0.3789	0	0	0	0	-3.275	3.275	-3.275	3.275
4A*	2.9471	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0
2A	0.0295	0.4076	0	0	0	0	0	0	0	0
4B*	1.1094	0.365	-11.018	-11.018	11.018	11.018	0	0	0	0
2B-1	0.0254	0.3987	-38.68	38.68	38.68	-38.68	0	0	0	0
Pressure stress*			33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66	33.66
Total longitudinal stress			-20.767	64.301	78.628	8.977	28.758	35.308	28.758	35.308
Primary membrane longitudinal stress*			21.767	21.767	43.802	43.802	32.033	32.033	32.033	32.033
Shear from M_t			0	0	0	0	0	0	0	0
Circ shear from V_c			0	0	0	0	0	0	0	0
Long shear from V_L			0	0	0	0	-2.896	-2.896	2.896	2.896
Total Shear stress			0	0	0	0	-2.896	-2.896	2.896	2.896
Combined stress (P_t+P_s+Q)			-41.92	77.442	105.807	57.737	60.157	73.484	60.157	73.484

Note: * denotes primary stress.

Lug top plate required thickness, Bednar 5.2

$$\begin{aligned}
 t_a &= 0.75 \cdot (V_L \cdot d \cdot L) / (S_b \cdot W_p \cdot h) \\
 &= 0.75 \cdot (20,859.97 \cdot 239 \cdot 200) / (138 \cdot 50^2 \cdot 262) \\
 &= 8.27 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

The top plate thickness of 14.4 mm is adequate.

Gusset plate required thickness, Bednar 5.2

$$\begin{aligned}
 S_c &= 15,011.41 / (1 + (1/15,011.41) \cdot (h / (0.289 \cdot t_g))^2) \\
 &= 15,011.41 / (1 + (1/15,011.41) \cdot (10.315 / (0.289 \cdot 0.3307))^2) \\
 &= 8,452.667 \text{ psi (58.279 MPa)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_g &= V_L \cdot (3 \cdot d - b) / (S_c \cdot b^2 \cdot \sin(\alpha)^2) \\
 &= 20,859.97 \cdot (3 \cdot 239 - 339) / (58.279 \cdot 339^2 \cdot \sin(42.195)^2) \\
 &= 2.61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

The gusset thickness of 8.4 mm is adequate.

Lug base plate required thickness

From Escoe table 4-8 ($l/b = 2.1188$)

$$C_x = 0.13124, C_y = -0.125$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= V_L / (L_b \cdot L) \\
 &= 20,859.97 / (100 \cdot 200) \\
 &= 1.043 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= C_x \cdot f_c \cdot L_g^2 \\
 &= 0.13124 \cdot 1.043 \cdot 160^2 \\
 &= 3,504.21 \text{ mm-N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= C_y \cdot f_c \cdot L_b^2 \\
 &= -0.125 \cdot 1.043 \cdot 100^2 \\
 &= -1,303.75 \text{ mm-N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \text{Max}[\text{Abs}(M_x), \text{Abs}(M_y)] \\
 &= \text{Max}[\text{Abs}(3,504.21), \text{Abs}(-1,303.75)] \\
 &= 3,504.21 \text{ mm-N/mm}
 \end{aligned}$$

Check the governing bolt reaction due to torsion on the support lug:

$$\begin{aligned}
 F_b &= M_t / L - W/2 \\
 &= 0/200 - 0/2 \\
 &= 0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= F_b \cdot L / 4 / b \\
 &= 0 \cdot 200 / 4 / 339 \\
 &= 0 \text{ mm-N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_b &= \text{Sqr}(6 \cdot M / S_b) \\
 &= \text{Sqr}(6 \cdot 3,504.2 / 138) \\
 &= 12.34 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

The base plate thickness of 20.4 mm is adequate.

Support Lug to Pad Fillet Weld Sizing – Bednar chapters 5.2 and 10.3

Note: continuous welding is assumed for all support lug fillet welds.

$$d_h = t_a + h + t_b$$

$$\begin{aligned}
 L_w &= 2 \cdot (b + d_h) = 2 \cdot (200 + 296.8) = 993.6 \text{ mm} \\
 Z_w &= b \cdot d_h + d_h^2 / 3 = 200 \cdot 296.8 + 296.8^2 / 3 = 887.23 \text{ cm}^2 \\
 Z_z &= d_h \cdot b + b^2 / 3 = 296.8 \cdot 200 + 200^2 / 3 = 726.93 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Shear } f_1 = V_L / L_w = 20,859.97 / 993.6 = 20.99 \text{ N/cm}$$

$$\text{Shear } f_2 = V_c / L_w = 0 / 993.6 = 0 \text{ N/cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bending } f_3 &= \text{larger absolute value of } M_L / Z_w \text{ or } M_c / Z_z \\
 &= 100 \cdot M_L / Z_w \\
 &= 100 \cdot 4,985.5 / 887.23
 \end{aligned}$$

$$= 561.92 \text{ N/cm}$$

$$\text{Resultant load } f = (f_1^2 + f_2^2 + f_3^2)^{1/2}$$

$$= (209.94^2 + 0^2 + 561.92^2)^{1/2}$$

$$= 599.86 \text{ N/cm}$$

$$\text{Required weld size } w = F / (0.707 \cdot 0.55 \cdot S_a)$$

$$= 0.1 \cdot 599.86 / (0.707 \cdot 0.55 \cdot 83.8)$$

$$= 1.84 \text{ mm}$$

The support lug fillet weld size of 7 mm is adequate.

Support Lug Pad to Shell Fillet Weld Sizing – Bednar chapters 5.2 and 10.3

$$L_w = 2 \cdot (b + d_h) = 2 \cdot (250 + 350) = 1,200 \text{ mm}$$

$$Z_w = b \cdot d_h + d_h^2 / 3 = 250 \cdot 250 + 350^2 / 3 = 1,283.33 \text{ cm}^2$$

$$Z_z = d_h \cdot b + b^2 / 3 = 350 \cdot 250 + 250^2 / 3 = 1,083.33 \text{ cm}^2$$

$$\text{Shear } f_1 = V_L / L_w = 20,859.97 / 1,200 = 17.38 \text{ N/cm}$$

$$\text{Shear } f_2 = V_C / L_w = 0 / 1,200 = 0 \text{ N/cm}$$

$$\text{Bending } f_3 = \text{larger absolute value of } M_L / Z_w \text{ or } M_C / Z_z$$

$$= 100 \cdot M_L / Z_w$$

$$= 100 \cdot 4,985.5 / 1,283.33$$

$$= 388.48 \text{ N/cm}$$

$$\text{Resultant load } f = (f_1^2 + f_2^2 + f_3^2)^{1/2}$$

$$= (173.83^2 + 0^2 + 388.48^2)^{1/2}$$

$$= 425.6 \text{ N/cm}$$

$$\text{Required weld size } w = F / (0.707 \cdot 0.55 \cdot S_a)$$

$$= 0.1 \cdot 425.6 / (0.707 \cdot 0.55 \cdot 83.8)$$

$$= 1.31 \text{ mm}$$

The support lug pad fillet weld size of 4.4 mm is adequate.

208-40-D-004 [Nozzle A]

Details for Finite Element Analysis - Nozzle A attached to Bolt Cover #G

Weight

Operating

Occasional

Thermal

Get values from WRC 107 screen

Clear WRC values

WRC 107 Convention

Global

Pr

1353.3 N

V2

2579.1 N

V1

2579.1 N

M1

539.4 N-m

M2

1549.5 N-m

M1

1549.5 N-m

Fx

2579.1 N

Fy

-1353.3 N

Fz

-2579.1 N

Mx

-1136787.0 N-mm

My

539365.8 N-mm

Mz

-1136787.0 N-mm

☐ Perform a fatigue analysis:

☐ Set Material Fatigue Curves Manually

Coefficient of Thermal Expansion

These values are currently only used for reporting purposes. They do not affect the calculations because thermal gradients are not supported.

Nozzle coefficient

0 mm/mm/°C

Vessel coefficient

0 mm/mm/°C

Stress concentration factor on nozzle

1.35

Stress concentration factor on pad

1.35

Stress concentration factor on vessel

1.35

These are the notch effect multiplication factors for peak stresses as defined in Part 5 of ASME Section VIII, Division 2. They will only affect the fatigue failure stress case.

☐ Set Manual Merge Nodes Tolerance

0.00 mm

Pressure Condition

Internal Pressure

External Pressure

Chamber MAWP

Load Location

End of Nozzle

Nozzle-Surface Intersection

Note: The loads you enter in this screen are input according to the conventions of WRC 107 except you can specify the loads at the vessel surface or at the end of the nozzle. The output report shows these loads after they have been translated to the end of the nozzle then transformed into the global coordinate system as indicated by the axis in the FEA-Nozzles report pictures. The Global column shows these loads as they will be passed to the FEA-Nozzles module.

Cancel

OK

60/148

Nozzle A Tabular Results

Results were generated with the finite element program FE/Pipe®. Stress results are post-processed in accordance with the rules specified in ASME Section III and ASME Section VIII, Division 2.

- [Model Notes](#)
- [Load Case Report](#)
- [Solution Data](#)
- [ASME Code Stress Output Plots](#)
- [Region Data](#)
- [Stress Results - Notes](#)
- [ASME Overstressed Areas](#)
- [Highest Primary Stress Ratios](#)
- [Highest Secondary Stress Ratios](#)
- [Highest Fatigue Stress Ratios](#)
- [Stress Intensification Factors](#)
- [Allowable Loads](#)
- [Flexibilities](#)
- [Graphical Results](#)

Model Notes

Input Echo:

```

Model Type                      : Flat Head

Parent Outside Diameter        : 269.748 mm.
Thickness                      : 37.000 mm.
Gasket Load Edge Moment      : 12573.6 mm. N per mm.
Operating Load Moment         : 2415.3 mm. N per mm.
Attached Shell Length         : 600.000 mm.
Attached Shell Thick          : 40.000 mm.
Fillet Along Shell            : 11.000 mm.

Parent Properties:
Cold Allowable                 : 138.0 MPa
Hot Allowable                  : 83.9 MPa
Material ID #2                 : Low Alloy Steel
Ultimate Tensile (Amb)        : 483.0 MPa
Yield Strength (Amb)          : 248.0 MPa
Yield Strength (Hot)          : 166.0 MPa
Elastic Modulus (Amb)         : 201900.0 MPa
Poissons Ratio                : 0.300
Weight Density                 : 0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)

Nozzle Outside Diameter        : 60.325 mm.
Thickness                      : 3.425 mm.
Length                        : 178.500 mm.
Nozzle Weld Length            : 11.000 mm.
Insert Length                  : 2478.500 mm.
Insert Thickness               : 0.425 mm.
Location perpendicular
to the head centerline       : 0.000 mm.

Nozzle Tilt Angle              : 0.000 deg.

Nozzle Properties
Cold Allowable                 : 118.0 MPa
Hot Allowable                  : 75.3 MPa
Material ID #2                 : Low Alloy Steel
Ultimate Tensile (Amb)        : 414.0 MPa
Yield Strength (Amb)          : 241.0 MPa
Yield Strength (Hot)          : 162.0 MPa
Elastic Modulus (Amb)         : 203050.0 MPa
Poissons Ratio                : 0.300
Weight Density                 : 0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)

```

Design Operating Cycles : 0.
 Ambient Temperature (Deg.) : 21.00

The following temperatures have been specified for the analysis:

Nozzle Inside Temperature : 425.00 deg.
 Nozzle Outside Temperature : 425.00 deg.
 Vessel Inside Temperature : 425.00 deg.
 Vessel Outside Temperature : 425.00 deg.
 Nozzle Pressure : 1.318 MPa
 Vessel Pressure : 1.318 MPa

FEA Model Loads:

These are the user defined loads applied to the FEA model at the end of the nozzle in global coordinates.

Forces(N) Moments (N-m)

Load Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
OPER:	2579.2	-1353.3	-2579.2	-1136.8	539.4	-1136.8

Stresses are NOT averaged.

Vessel Centerline Vector: 0.000 1.000 0.000
 Nozzle Centerline Vector: 0.000 1.000 0.000
 Zero Degree Orientation Vector: 1.000 0.000 0.000

[Table of Contents](#)

Load Case Report

Inner and outer element temperatures are the same throughout the model. No thermal ratcheting calculations will be performed.

THE 10 LOAD CASES ANALYZED ARE:

1 WEIGHT ONLY (Wgt Only)

Weight ONLY case run to get the stress range between the installed and the operating states.

/----- Loads in Case 1
 Loads due to Weight

2 SUSTAINED (Wgt+Pr)

Sustained case run to satisfy local primary membrane and bending stress limits.

/----- Loads in Case 2
 Loads due to Weight
 Pressure Case 1

3 Thermal ONLY

Thermal ONLY case run in the event expansion stresses exceed the secondary stress allowable.

/----- Loads in Case 3
 Temperature Case 1
 Loads from (Thermal Only)

4 OPERATING

Case run to compute the operating stresses used in secondary, peak and range calculations as needed.

/----- Loads in Case 4
 Pressure Case 1
 Temperature Case 1
 Loads from (Operating)

5 EXPANSION (Fatigue Calc Performed)

Expansion case run to get the RANGE of stresses.
as described in NB-3222.2, 5.5.3.2, or 5.5.5.2.

```

/----- Combinations in Expansion Case   5
  Plus Stress Results from CASE   4
  Minus Stress Results from CASE   1

```

6 Program Generated -- Force Only

```

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case   6
  Loads from (Axial)

```

7 Program Generated -- Force Only

```

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case   7
  Loads from (Inplane)

```

8 Program Generated -- Force Only

```

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case   8
  Loads from (Outplane)

```

9 Program Generated -- Force Only

```

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case   9
  Loads from (Torsion)

```

10 Program Generated -- Force Only

```

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case  10
  Pressure Case   1

```

[Table of Contents](#)

Solution Data

```

Maximum Solution Row Size = 1392
Number of Nodes           = 2377
Number of Elements        = 792
Number of Solution Cases  = 9

```

Summation of Loads per Case

Case #	FX	FY	FZ
1	0.	-254.	0.
2	0.	55822.	0.
3	0.	0.	0.
4	2579.	54472.	-2580.
5	0.	84425.	0.
6	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.
9	0.	56076.	0.

[Table of Contents](#)

ASME Code Stress Output Plots

- 1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2
- 2) Qb < SPS (SUS,Bending) Case 2
- 3) S1+S2+S3 < 4S (SUS,S1+S2+S3) Case 2
- 4) P1+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 4

- 5) $P_l + P_b + Q < SPS$ (OPE,Outside) Case 4
- 6) Membrane $< User$ (OPE,Membrane) Case 4
- 7) Bending $< User$ (OPE,Bending) Case 4
- 8) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (SIF,Outside) Case 6
- 9) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (SIF,Outside) Case 7
- 10) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (SIF,Outside) Case 8
- 11) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (SIF,Outside) Case 9
- 12) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (SIF,Outside) Case 10
- 13) $P_l + P_b + Q < SPS$ (EXP,Inside) Case 5
- 14) $P_l + P_b + Q < SPS$ (EXP,Outside) Case 5
- 15) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (EXP,Inside) Case 5
- 16) $P_l + P_b + Q + F < S_a$ (EXP,Outside) Case 5

Table of Contents

Region Data

Shell Next to Nozzle 1

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

Nozzle 1 Next to Shell

Cold Allowable	118.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	75.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		

Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

Shell Next to Nozzle 1 Pad

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

NOT USED

Cold Allowable	118.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	75.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

Nozzle 1 Pad Weld Area

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa

Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

Shell In Nozzle 1 Vicinity

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.000	

Nozzle 1 Transition Area

Cold Allowable	118.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	75.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

Nozzle 1 Barrel Section

Cold Allowable	118.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	75.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa

Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.000	

Nozzle 1

Cold Allowable	118.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	75.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.000	

Pad at Nozzle 1

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	5.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	5.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	3.425	mm.
Stress Concentration	1.350	

[Table of Contents](#)

Stress Results - Notes

- Results in this analysis were generated using the finite element solution method.
- Using post 07 ASME Section VIII Division 2
- Use Polished Bar fatigue curve.
- Assume pressure increases all other stresses.
- Assume free end displacements of attached pipe are secondary loads within limits of nozzle reinforcement.
- Use Equivalent Stress (Von Mises).
- S1+S2+S3 evaluation omitted from operating stress.
Include S1+S2+S3 evaluation in primary case evaluation.
Assume bending stress not local primary for S1+S2+S3.

[Table of Contents](#)

ASME Overstressed Areas

*** NO OVERSTRESSED NODES IN THIS MODEL ***

[Table of Contents](#)

Highest Primary Stress Ratios

Shell Next to Nozzle 1

Qb	SPS	Primary Bending Load Case 2
69	252	Plot Reference:
MPa	MPa	2) Qb < SPS (SUS,Bending) Case 2

27%

Nozzle 1 Next to Shell

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 2
51	113	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2

44%

Nozzle 1

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 2
14	113	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2

12%

[Table of Contents](#)

Highest Secondary Stress Ratios

Shell Next to Nozzle 1

P1+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 5
58	414	Plot Reference:
MPa	MPa	14) P1+Pb+Q < SPS (EXP,Outside) Case 5

14%

Nozzle 1 Next to Shell

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 4
398	403	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 4

98%

Nozzle 1

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 5
253	403	Plot Reference:
MPa	MPa	14) Pl+Pb+Q < SPS (EXP,Outside) Case 5

62%

[Table of Contents](#)

Highest Fatigue Stress Ratios

Shell Next to Nozzle 1

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
39	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.003 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
Allowable		Cycles Allowed for this Stress = 1.0000E11
12,361.9		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
MPa		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
0%		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 15,775,145.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 3,664,706.
		WRC 474 95% Probability Cycles = 5,087,982.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 2,414,006.
		Membrane-to-Bending Ratio = 0.254
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.798
		Plot Reference:
		16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

Nozzle 1 Next to Shell

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
265	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.021 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
Allowable		Cycles Allowed for this Stress = 9,145.
12,423.1		"B31" Fatigue Stress Allowable = 241.6
MPa		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
2%		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 177,705.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 41,282.
		WRC 474 95% Probability Cycles = 57,316.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 11,416.
		Membrane-to-Bending Ratio = 1.426
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.412
		Plot Reference:
		16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

Nozzle 1

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
127	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.010 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
Allowable		Cycles Allowed for this Stress = 127,154.
12,423.1		"B31" Fatigue Stress Allowable = 241.6
MPa		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
1%		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 675,965.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 157,033.
		WRC 474 95% Probability Cycles = 218,020.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 42,552.
		Membrane-to-Bending Ratio = 17.232
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.055
		Plot Reference:
		16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

[Table of Contents](#)

Stress Intensification Factors

Branch/Nozzle Sif Summary

	Peak	Primary	Secondary
Axial :	1.101	1.040	1.631
Inplane :	0.895	1.022	1.325
Outplane:	0.898	1.023	1.331
Torsion :	0.639	0.868	0.946
Pressure:	2.248	2.863	3.416

The above stress intensification factors are to be used in a beam-type analysis of the piping system. Inplane, Outplane and Torsional sif's should be used with the matching branch pipe whose diameter and thickness is given below. The axial sif should be used to intensify the axial stress in the branch pipe calculated by F/A. The pressure sif should be used to intensify the nominal pressure stress in the PARENT or HEADER, calculated from PD/2T.

Pipe OD : 60.325 mm.
 Pipe Thk: 3.425 mm.
 Z approx: 8709.352 cu.mm.
 Z exact : 8244.623 cu.mm.

B31.3 Branch Pressure i-factor = 1.861
 Header Pressure i-factor = 4.497

The B31.3 pressure i-factors should be used with with F/A, where F is the axial force due to pressure, and A is the area of the pipe wall. This is equivalent to finding the pressure stress from (ip) (PD/4T).

B31.3 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	1.000	Inplane	
	1.000	Outplane	
	1.000	Torsional	
B31.1 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	1.000	Inplane	
	1.000	Outplane	
	1.000	Torsional	
WRC 330 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	1.000	Inplane	
	1.500	Outplane	
	1.000	Torsional	

[Table of Contents](#)

Allowable Loads

SECONDARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type (Range):		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	151270.	48421.	72631.
Inplane Moment	(mm. N)	2507009.	567443.	1203728.
Outplane Moment	(mm. N)	2496711.	565112.	1198783.
Torsional Moment	(mm. N)	3512482.	1124333.	1686500.
Pressure	(MPa)	32.36	1.32	1.32
PRIMARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type:		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	66518.	19722.	29584.
Inplane Moment	(mm. N)	910761.	192632.	408634.
Outplane Moment	(mm. N)	910671.	192613.	408594.
Torsional Moment	(mm. N)	1072348.	313913.	470870.
Pressure	(MPa)	10.82	1.32	1.32

NOTES:

- 1) Maximum Individual Occuring Loads are the maximum allowed values of the respective loads if all other load components are zero, i.e. the listed axial force may be applied if the inplane, outplane and torsional moments, and the pressure are zero.
- 2) The Conservative Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A conservative stress combination equation is used that typically produces stresses within 50-70% of the allowable stress.
- 3) The Realistic Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A more realistic stress combination equation is used based on experience at Paulin Research. Stresses are typically produced within 80-105% of the allowable.
- 4) Secondary allowable loads are limits for expansion and operating piping loads.
- 5) Primary allowable loads are limits for weight, primary and sustained type piping loads.

[Table of Contents](#)

Flexibilities

The following stiffnesses should be used in a piping, "beam-type" analysis of the intersection. The stiffnesses should be inserted at the surface of the branch/header or nozzle/vessel junction. The general characteristics used for the branch pipe should be:

Outside Diameter = 60.325 mm.
Wall Thickness = 3.425 mm.

Axial Translational Stiffness	=	958724.	N /mm.
Inplane Rotational Stiffness	=	15110939.	mm. N /deg
Outplane Rotational Stiffness	=	15110832.	mm. N /deg
Torsional Rotational Stiffness	=	12697280.	mm. N /deg

Intersection Flexibility Factors for
Branch/Nozzle

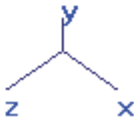
:

Find axial stiffness: $K = 3EI/(kd)^3$ N /mm.
Find bending and torsional stiffnesses: $K = EI/(kd)$ mm. N per radian.
The EI product is 0.50233E+11 N mm.^2
The value of (d) to use is: 56.900 mm..
The resulting bending stiffness is in units of force x length per radian.

Axial Flexibility Factor	(k) =	0.948
Inplane Flexibility Factor	(k) =	1.020
Outplane Flexibility Factor	(k) =	1.020
Torsional Flexibility Factor	(k) =	1.214

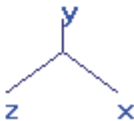
[Table of Contents](#)

Finite Element Model



3d

1) P1 < (1.5)<(S) <SUS Membrane> Case 2

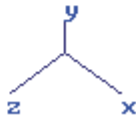


3d(Small)

3d

3d(Deformed)

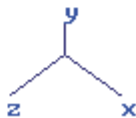
2) $Q_b < SPS$ <SUS Bending> Case 2



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

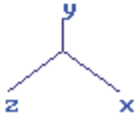
3) $S1+S2+S3 < 4S$ <SUS $S1+S2+S3$ > Case 2



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

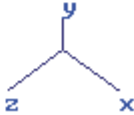
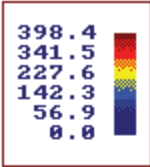
4) P1+Pb+Q < SPS <OPE Inside> Case 4



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

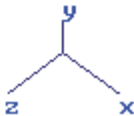
5) P1+Pb+Q < SPS (OPE Outside) Case 4



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

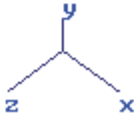
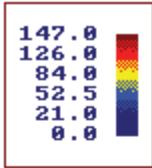
6) Membrane < User (OPE Membrane) Case 4



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

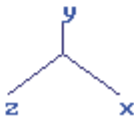
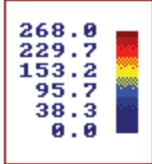
7) Bending < User <OPE Bending> Case 4



3d(Small) 3d

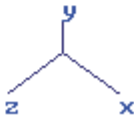
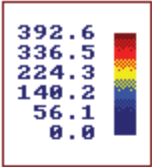
3d(Deformed)

13) P1+Pb+Q < SPS <EXP Inside> Case 5



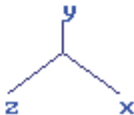
3d(Small) 3d

14) P1+Pb+Q < SPS <EXP Outside> Case 5



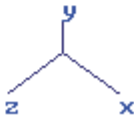
3d(Small)	3d
-----------	----

15) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Inside> Case 5



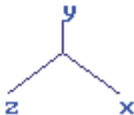
3d(Small)	3d
-----------	----

16) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Outside> Case 5



3d(Small)	3d
-----------	----

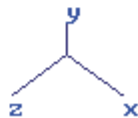
8) P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 6



3d(Small)	3d
-----------	----

3d(Deformed)

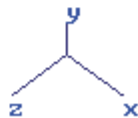
9) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 7



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

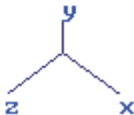
10) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 8



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

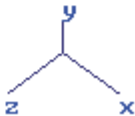
11> P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 9



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

12> P1+Pb+Q+F < Sa (SIF Outside) Case 10



3d(Deformed)

3d(Small)	3d
-----------	----

208-40-D-004 [Nozzle B1~B5]

Details for Finite Element Analysis - Nozzle B1 attached to BTM Head (Torispherical Head)

WeightOperatingOccasionalThermal

Get values from WRC 107 screen

Clear WRC values

WRC 107 Convention

Pr1961.3 N

V23187.2 N

V13187.2 N

Mt980.7 N-m

M22235.9 N-m

M12235.9 N-m

Global

Fx3187.2 N

Fy1961.3 N

Fz3187.2 N

Mx-1823667.4 N-mm

My-980664.9 N-mm

Mz1823667.4 N-mm

☐ Perform a fatigue analysis

☐ Set Material Fatigue Curves Manually

Coefficient of Thermal Expansion

These values are currently only used for reporting purposes. They do not affect the calculations because thermal gradients are not supported.

Nozzle coefficient0 mm/mm/°C

Vessel coefficient0 mm/mm/°C

Stress concentration factor on nozzle1.35

Stress concentration factor on pad1.35

Stress concentration factor on vessel1.35

These are the notch effect multiplication factors for peak stresses as defined in Part 5 of ASME Section VIII, Division 2. They will only affect the fatigue failure stress case.

☐ Set Manual Merge Nodes Tolerance

0.00000

Pressure Condition

☐ Internal Pressure

☐ External Pressure

☒ Chamber MAWP

Load Location

☐ End of Nozzle

☒ Nozzle-Surface Intersection

Note: The loads you enter in this screen are input according to the conventions of WRC 107 except you can specify the loads at the vessel surface or at the end of the nozzle. The output report shows these loads after they have been translated to the end of the nozzle then transformed into the global coordinate system as indicated by the axis in the FEA-Nozzles report pictures. The Global column shows these loads as they will be passed to the FEA-Nozzles module.

Cancel

OK

5

82/148


Nozzle B1~B5 Tabular Results

Results were generated with the finite element program FE/Pipe®. Stress results are post-processed in accordance with the rules specified in ASME Section III and ASME Section VIII, Division 2.

- [Model Notes](#)
- [Load Case Report](#)
- [Solution Data](#)
- [ASME Code Stress Output Plots](#)
- [Region Data](#)
- [Stress Results - Notes](#)
- [ASME Overstressed Areas](#)
- [Highest Primary Stress Ratios](#)
- [Highest Secondary Stress Ratios](#)
- [Highest Fatigue Stress Ratios](#)
- [Stress Intensification Factors](#)
- [Allowable Loads](#)
- [Flexibilities](#)
- [Graphical Results](#)

Model Notes

Input Echo:

Model Type	:	Dished Head	
Parent Outside Diameter	:	728.400 mm	
Thickness	:	10.200 mm	
Inside Crown Radius	:	637.000 mm.	
Inside Knuckle Radius	:	79.000 mm.	
Straight Flange Length	:	66.000 mm.	
Fillet Along Shell	:	9.000 mm.	
Parent Properties:			
Cold Allowable	:	138.0 MPa	
Hot Allowable	:	83.8 MPa	
Material ID #2	:	Low Alloy Steel	
Ultimate Tensile (Amb)	:	483.0 MPa	
Yield Strength (Amb)	:	262.0 MPa	
Yield Strength (Hot)	:	176.0 MPa	
Elastic Modulus (Amb)	:	203050.0 MPa	
Poissons Ratio	:	0.300	
Weight Density	:	0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)	
Nozzle Reinforced OD	:	119.997 mm.	
Reinforced Thickness	:	21.035 mm.	
Reinforced Length	:	30.000 mm.	
Transition Length	:	8.977 mm.	
Neck OD	:	88.900 mm.	
Neck Thickness	:	5.486 mm.	
Neck Length	:	90.370 mm.	
Nozzle Weld Length	:	9.000 mm.	
Location perpendicular to the head centerline	:	210.000 mm.	
Nozzle Tilt Angle	:	0.000 deg.	
Nozzle Properties			
Cold Allowable	:	138.0 MPa	
Hot Allowable	:	83.9 MPa	
Material ID #2	:	Low Alloy Steel	
Ultimate Tensile (Amb)	:	483.0 MPa	
Yield Strength (Amb)	:	248.0 MPa	
Yield Strength (Hot)	:	166.0 MPa	
Elastic Modulus (Amb)	:	203050.0 MPa	
Poissons Ratio	:	0.300	
Weight Density	:	0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)	

Design Operating Cycles : 0.
Ambient Temperature (Deg.) : 21.00

The following temperatures have been specified for the analysis:

Nozzle Inside Temperature : 425.00 deg.
Nozzle Outside Temperature : 425.00 deg.
Vessel Inside Temperature : 425.00 deg.
Vessel Outside Temperature : 425.00 deg.
Nozzle Pressure : 1.318 MPa
Vessel Pressure : 1.318 MPa

FEA Model Loads:

These are the user defined loads applied to the FEA model at the end of the nozzle in global coordinates.

Forces(N) Moments (N-m)

Load Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
OPER:	3187.2	1961.3	3187.2	-1823.7	-980.7	1823.7

Stresses will be calculated in the weld elements surrounding the junction of the nozzle with the parent shell. This is typically done to get accurate values for the pressure stresses on the inside surface of the nozzle in the longitudinal plane. The effect of any external loads will overemphasized (too conservative) in this run.

Stresses are NOT averaged.

Vessel Centerline Vector: 0.000 -1.000 0.000
Nozzle Centerline Vector: 0.000 -1.000 0.000
Zero Degree Orientation Vector: 1.000 0.000 0.000

Nozzle Orientation Angle : 36.000

[Table of Contents](#)

Load Case Report

Inner and outer element temperatures are the same throughout the model. No thermal ratcheting calculations will be performed.

THE 10 LOAD CASES ANALYZED ARE:

1 WEIGHT ONLY (Wgt Only)

Weight ONLY case run to get the stress range between the installed and the operating states.

/----- Loads in Case 1
Loads due to Weight

2 SUSTAINED (Wgt+Pr)

Sustained case run to satisfy local primary membrane and bending stress limits.

/----- Loads in Case 2
Loads due to Weight
Pressure Case 1

3 Thermal ONLY

Thermal ONLY case run in the event expansion stresses exceed the secondary stress allowable.

/----- Loads in Case 3
Temperature Case 1
Loads from (Thermal Only)

4 OPERATING

Case run to compute the operating stresses used in secondary, peak and range calculations as needed.

```
/----- Loads in Case   4
  Pressure Case      1
  Temperature Case   1
  Loads from (Operating)
```

5 EXPANSION (Fatigue Calc Performed)

Expansion case run to get the RANGE of stresses. as described in NB-3222.2, 5.5.3.2, or 5.5.5.2.

```
/----- Combinations in Expansion Case   5
  Plus Stress Results from CASE   4
  Minus Stress Results from CASE   1
```

6 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case 6
 Loads from (Axial)

7 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case 7
 Loads from (Inplane)

8 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case 8
 Loads from (Outplane)

9 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case 9
 Loads from (Torsion)

10 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
/----- Loads in Case 10
 Pressure Case 1

[Table of Contents](#)

Solution Data

```
Maximum Solution Row Size =    798
Number of Nodes           =   2496
Number of Elements        =    816
Number of Solution Cases  =     9
```

Summation of Loads per Case

Case #	FX	FY	FZ
1	0.	-537.	0.
2	-41.	-535079.	-30.
3	0.	0.	0.
4	3146.	-533118.	3157.
5	0.	-198250.	0.
6	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.
9	-41.	-534542.	-30.

[Table of Contents](#)

ASME Code Stress Output Plots

- 1) $P_1 < (1.5) (S)$ (SUS,Membrane) Case 2
- 2) $Q_b < SPS$ (SUS,Bending) Case 2
- 3) $S_1+S_2+S_3 < 4S$ (SUS, $S_1+S_2+S_3$) Case 2
- 4) $P_1+P_b+Q < SPS$ (OPE,Inside) Case 4
- 5) $P_1+P_b+Q < SPS$ (OPE,Outside) Case 4
- 6) Membrane $< User$ (OPE,Membrane) Case 4
- 7) Bending $< User$ (OPE,Bending) Case 4
- 8) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (SIF,Outside) Case 6
- 9) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (SIF,Outside) Case 7
- 10) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (SIF,Outside) Case 8
- 11) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (SIF,Outside) Case 9
- 12) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (SIF,Outside) Case 10
- 13) $P_1+P_b+Q < SPS$ (EXP,Inside) Case 5
- 14) $P_1+P_b+Q < SPS$ (EXP,Outside) Case 5
- 15) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (EXP,Inside) Case 5
- 16) $P_1+P_b+Q+F < S_a$ (EXP,Outside) Case 5

[Table of Contents](#)

Region Data

Shell Next to Nozzle 1

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.
Stress Concentration	1.350	

Nozzle 1 Next to Shell

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa

Case 6			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 7			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 8			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 9			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 10			
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Smallest Thickness	5.486	mm.	
Stress Concentration	1.350		

Shell Next to Nozzle 1 Pad

Cold Allowable	138.	MPa	
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa	
Case 2			
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa	
Case 4			
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa	
Case 6			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 7			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 8			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 9			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 10			
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Smallest Thickness	5.486	mm.	
Stress Concentration	1.350		

NOT USED

Cold Allowable	138.	MPa	
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa	
Case 2			
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa	
Case 4			
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa	
Case 6			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 7			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 8			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 9			
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Case 10			
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa	
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa	
Smallest Thickness	5.486	mm.	
Stress Concentration	1.350		

Nozzle 1 Pad Weld Area

Cold Allowable	138.	MPa	
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa	
Case 2			
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa	

Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.
Stress Concentration	1.350	

Shell In Nozzle 1 Vicinity

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.
Stress Concentration	1.000	

Nozzle 1 Transition Area

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.
Stress Concentration	1.350	

Nozzle 1 Barrel Section

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.
Stress Concentration	1.000	

Nozzle 1

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.
Stress Concentration	1.000	

Pad at Nozzle 1

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 2		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	47.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 9		
Nominal Stress (M/Z) ...	138.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 10		
Nominal Stress (M/Z) ...	47.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	5.486	mm.

Stress Concentration 1.350

[Table of Contents](#)

Stress Results - Notes

- Results in this analysis were generated using the finite element solution method.
- Using post 07 ASME Section VIII Division 2
- Use Polished Bar fatigue curve.
- Assume pressure increases all other stresses.
- Assume free end displacements of attached pipe are secondary loads within limits of nozzle reinforcement.
- Use Equivalent Stress (Von Mises).
- S1+S2+S3 evaluation omitted from operating stress.
Include S1+S2+S3 evaluation in primary case evaluation.
Assume bending stress not local primary for S1+S2+S3.

[Table of Contents](#)

ASME Overstressed Areas

*** NO OVERSTRESSED NODES IN THIS MODEL ***

[Table of Contents](#)

Highest Primary Stress Ratios

Shell Next to Nozzle 1

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 2
51	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2
40%		

Nozzle 1 Next to Shell

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 2
41	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2
32%		

Shell In Nozzle 1 Vicinity

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 2
61	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2
48%		

Nozzle 1 Transition Area

Qb	SPS	Primary Bending Load Case 2
27	252	Plot Reference:
MPa	MPa	2) Qb < SPS (SUS,Bending) Case 2

10%

Nozzle 1

Pl	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 2
12	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) Pl < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 2

9%

[Table of Contents](#)

Highest Secondary Stress Ratios

Shell Next to Nozzle 1

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 4
321	438	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 4

73%

Nozzle 1 Next to Shell

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 4
98	414	Plot Reference:
MPa	MPa	4) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 4

23%

Shell In Nozzle 1 Vicinity

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 4
135	438	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 4

30%

Nozzle 1 Transition Area

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 4
241	414	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 4

58%

Nozzle 1

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 5
115	414	Plot Reference:
MPa	MPa	14) Pl+Pb+Q < SPS (EXP,Outside) Case 5

27%

[Table of Contents](#)

Highest Fatigue Stress Ratios

Shell Next to Nozzle 1

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
216	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.017 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 18,152.
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
12,423.1		Markl Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 177,931.

1% WRC 474 99% Probability Cycles = 41,335.
 WRC 474 95% Probability Cycles = 57,388.
 BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 20,941.
 Membrane-to-Bending Ratio = 0.271
 Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.787
 Plot Reference:
 16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

Nozzle 1 Next to Shell

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 5
66	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.005 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 1.1971E8
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 2,565,689.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 596,033.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 827,517.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 486,559.
		Membrane-to-Bending Ratio = 1.308
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.433
		Plot Reference:
		15) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 5

Shell In Nozzle 1 Vicinity

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
67	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.005 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 91,675,544.
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 2,417,485.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 561,604.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 779,716.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 284,026.
		Membrane-to-Bending Ratio = 1.017
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.496
		Plot Reference:
		16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

Nozzle 1 Transition Area

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
163	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.013 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 43,639.
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 607,893.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 141,219.
1%		WRC 474 95% Probability Cycles = 196,065.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 49,341.
		Membrane-to-Bending Ratio = 0.829
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.547
		Plot Reference:
		16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

Nozzle 1

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 5
58	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.005 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 1.9481E9
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 5,676,684.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 1,318,745.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 1,830,912.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 449,161.
		Membrane-to-Bending Ratio = 15.287
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.061
		Plot Reference:
		16) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 5

Table of Contents

Stress Intensification Factors

Branch/Nozzle Sif Summary

	Peak	Primary	Secondary
Axial :	3.171	1.291	4.697
Inplane :	1.639	1.082	2.428
Outplane:	1.787	1.056	2.647
Torsion :	0.660	0.881	0.978
Pressure:	1.919	1.301	2.856

The above stress intensification factors are to be used in a beam-type analysis of the piping system. Inplane, Outplane and Torsional sif's should be used with the matching branch pipe whose diameter and thickness is given below. The axial sif should be used to intensify the axial stress in the branch pipe calculated by F/A . The pressure sif should be used to intensify the nominal pressure stress in the PARENT or HEADER, calculated from $PD/2T$.

Pipe OD : 88.900 mm.
 Pipe Thk: 5.486 mm.
 Z approx: 29981.322 cu.mm.
 Z exact : 28252.744 cu.mm.

B31.3 Branch Pressure i-factor = 16.911
 Header Pressure i-factor = 3.837

The B31.3 pressure i-factors should be used with with F/A , where F is the axial force due to pressure, and A is the area of the pipe wall. This is equivalent to finding the pressure stress from (ip) ($PD/4T$).

B31.3 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	4.035	Inplane	
	5.200	Outplane	
	1.000	Torsional	
B31.1 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	2.771	Inplane	
	2.771	Outplane	
	2.771	Torsional	
WRC 330 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	1.871	Inplane	
	1.871	Outplane	
	1.000	Torsional	

Table of Contents

Allowable Loads

SECONDARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type (Range):		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	134065.	31041.	46562.
Inplane Moment	(mm. N)	5097448.	834564.	1770379.
Outplane Moment	(mm. N)	4674912.	765386.	1623629.
Torsional Moment	(mm. N)	11954630.	2973179.	4459768.
Pressure	(MPa)	4.30	1.32	1.32
PRIMARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type:		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	140112.	26920.	40380.
Inplane Moment	(mm. N)	3286062.	702606.	1490452.
Outplane Moment	(mm. N)	3368226.	708943.	1503894.
Torsional Moment	(mm. N)	4034601.	1219977.	1829966.

Pressure (MPa) 2.70 1.32 1.32

NOTES:

- 1) Maximum Individual Occuring Loads are the maximum allowed values of the respective loads if all other load components are zero, i.e. the listed axial force may be applied if the inplane, outplane and torsional moments, and the pressure are zero.
- 2) The Conservative Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A conservative stress combination equation is used that typically produces stresses within 50-70% of the allowable stress.
- 3) The Realistic Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A more realistic stress combination equation is used based on experience at Paulin Research. Stresses are typically produced within 80-105% of the allowable.
- 4) Secondary allowable loads are limits for expansion and operating piping loads.
- 5) Primary allowable loads are limits for weight, primary and sustained type piping loads.

[Table of Contents](#)

Flexibilities

The following stiffnesses should be used in a piping, "beam-type" analysis of the intersection. The stiffnesses should be inserted at the surface of the branch/header or nozzle/vessel junction. The general characteristics used for the branch pipe should be:

Outside Diameter = 88.900 mm.
Wall Thickness = 5.486 mm.

Axial Translational Stiffness = 270011. N /mm.
Inplane Rotational Stiffness = 25898422. mm. N /deg
Outplane Rotational Stiffness = 25992060. mm. N /deg

The following stiffness(es) were not generated because of errors in input or because the finite element model is stiffer than the piping model.

Torsional Rotational Stiffness

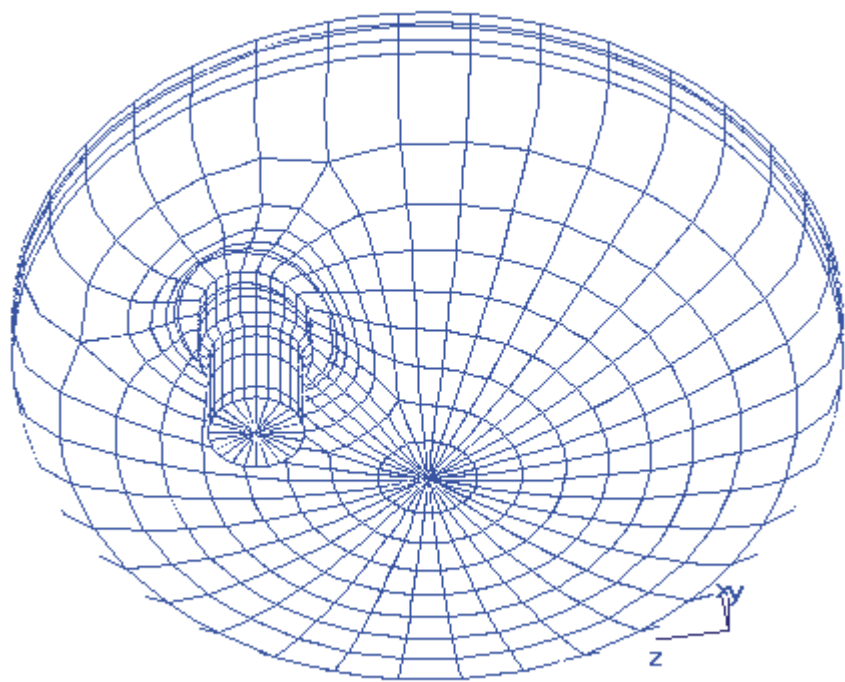
Intersection Flexibility Factors for
Branch/Nozzle :

Find axial stiffness: $K = 3EI/(kd)^3$ N /mm.
Find bending and torsional stiffnesses: $K = EI/(kd)$ mm. N per radian.
The EI product is 0.25493E+12 N mm.^2
The value of (d) to use is: 83.414 mm..
The resulting bending stiffness is in units of force x length per radian.

Axial Flexibility Factor (k) = 1.696
Inplane Flexibility Factor (k) = 2.060
Outplane Flexibility Factor (k) = 2.052

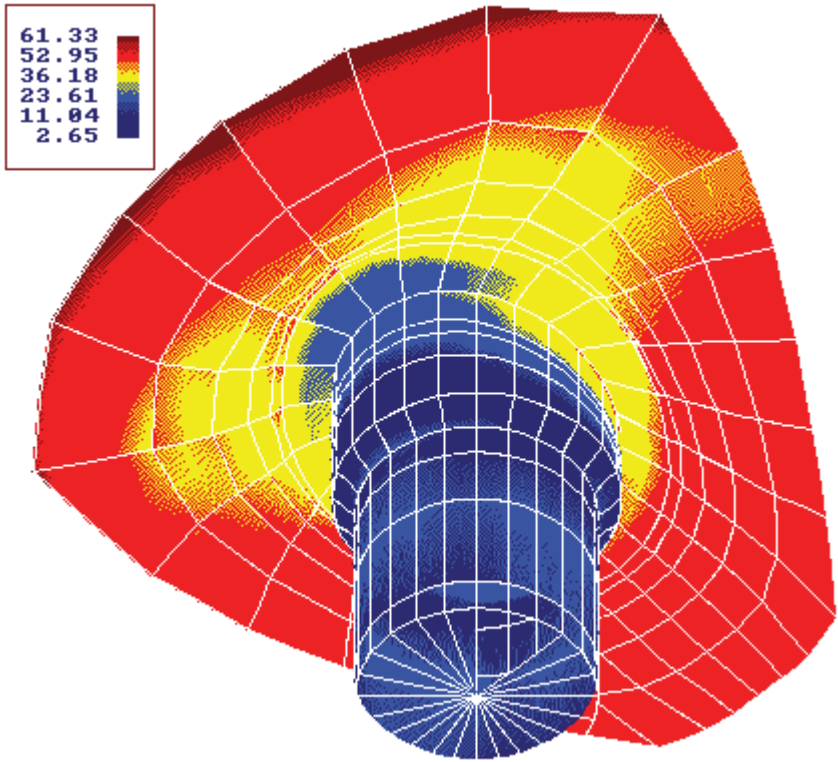
[Table of Contents](#)

Finite Element Model



3d

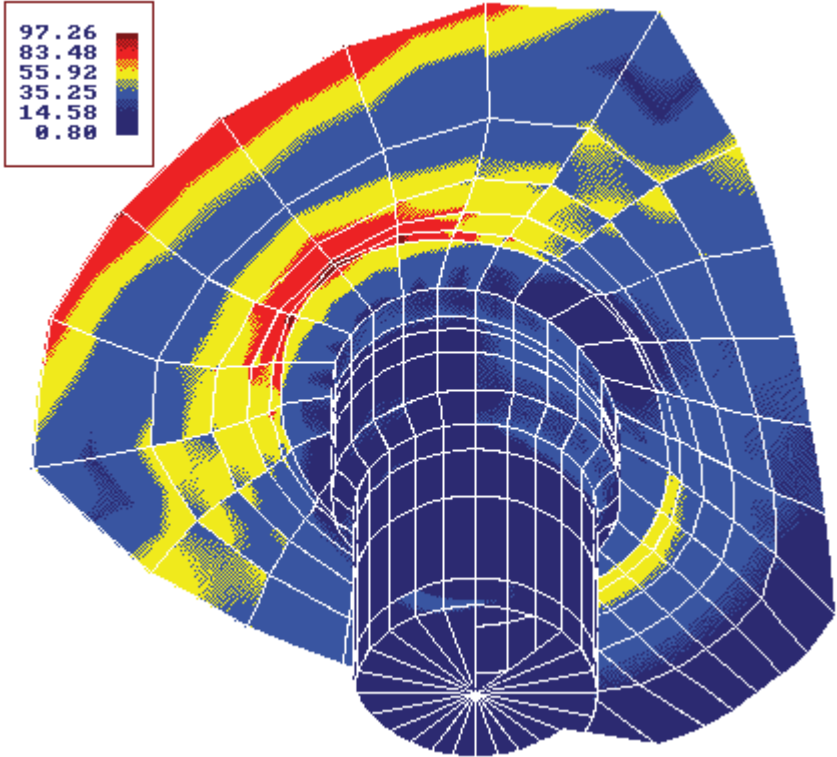
1) P1 < (1.5)<(S) <SUS Membrane> Case 2



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

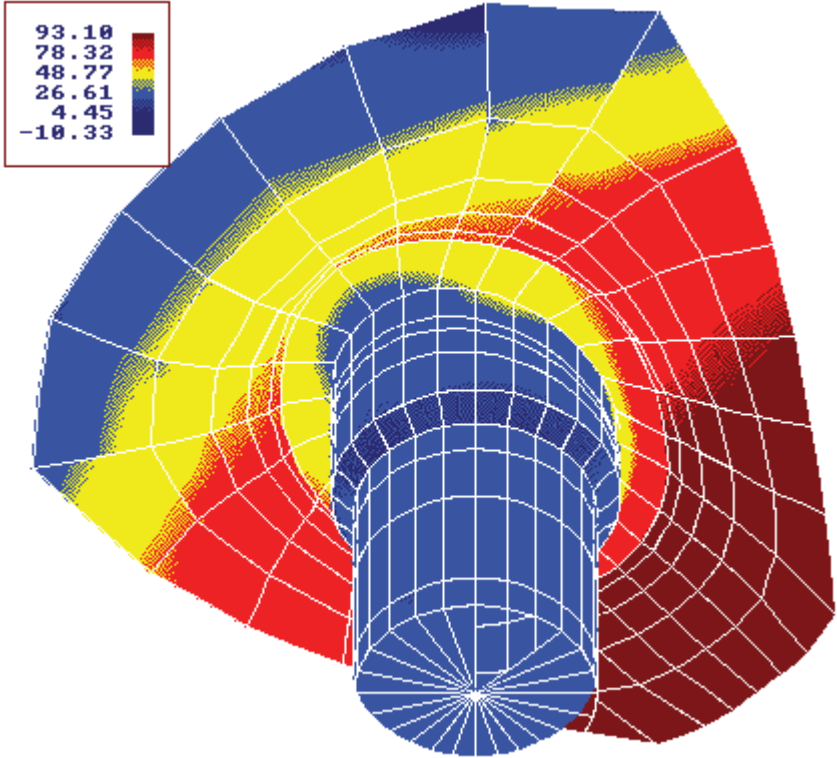
2) $Q_b < SPS$ <SUS Bending> Case 2



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

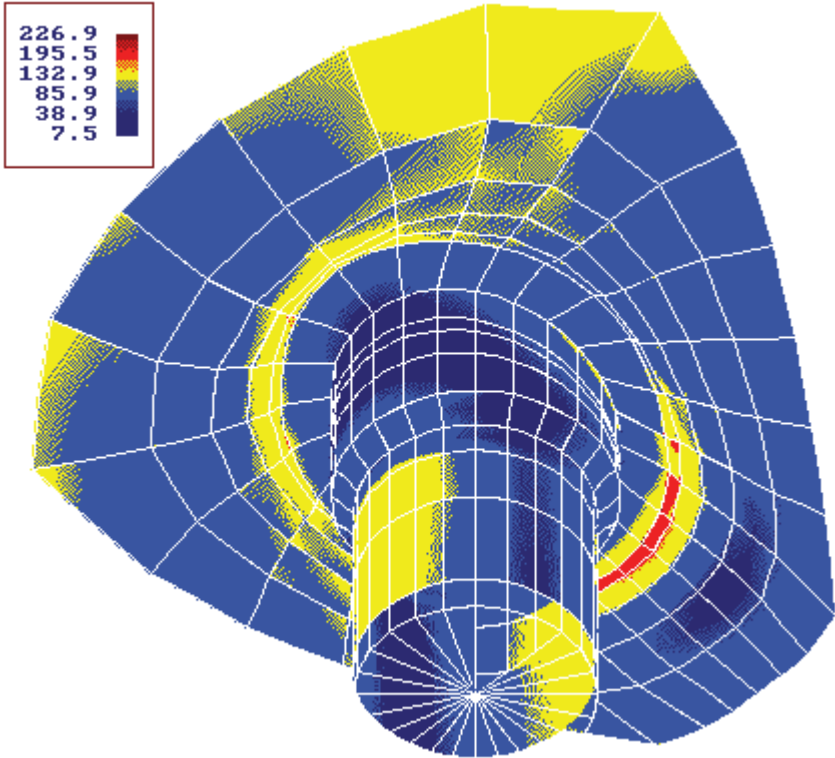
3) $S1+S2+S3 < 4S$ <SUS $S1+S2+S3$ > Case 2



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

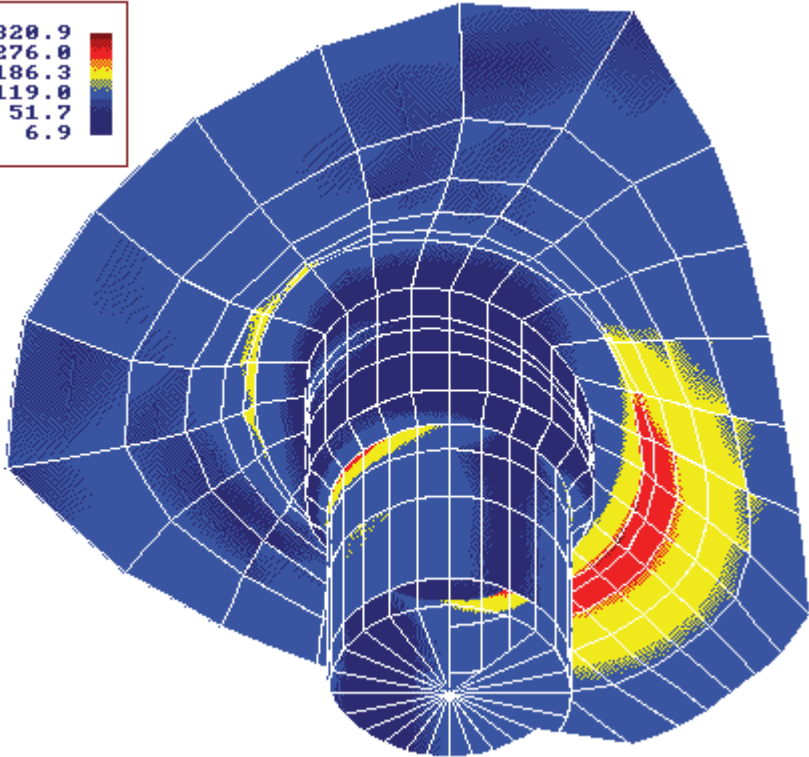
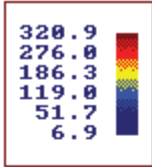
4) P1+Pb+Q < SPS <OPE Inside> Case 4



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

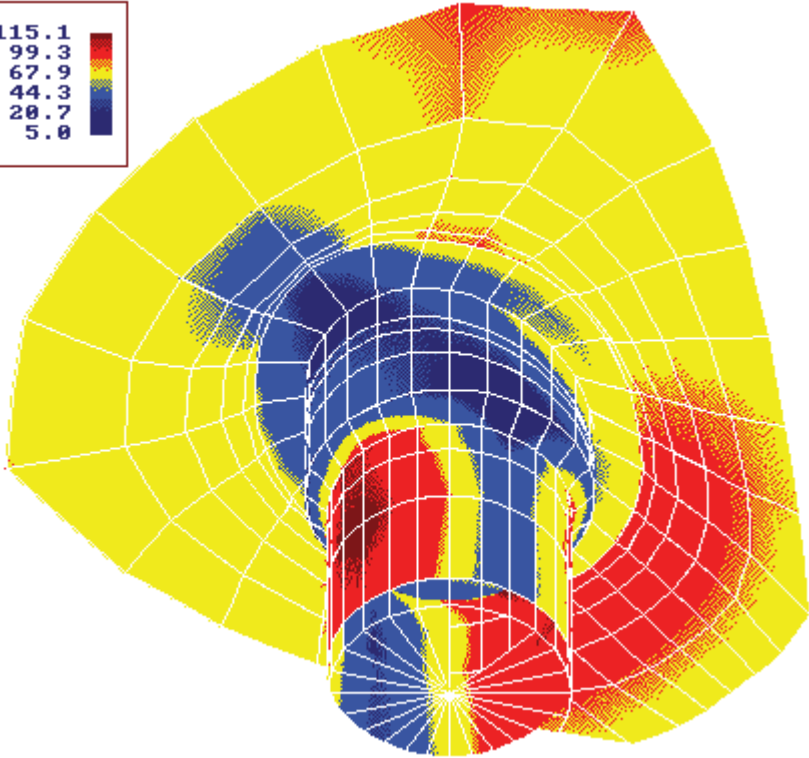
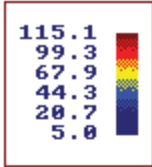
5) P1+Pb+Q < SPS <OPE Outside> Case 4



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

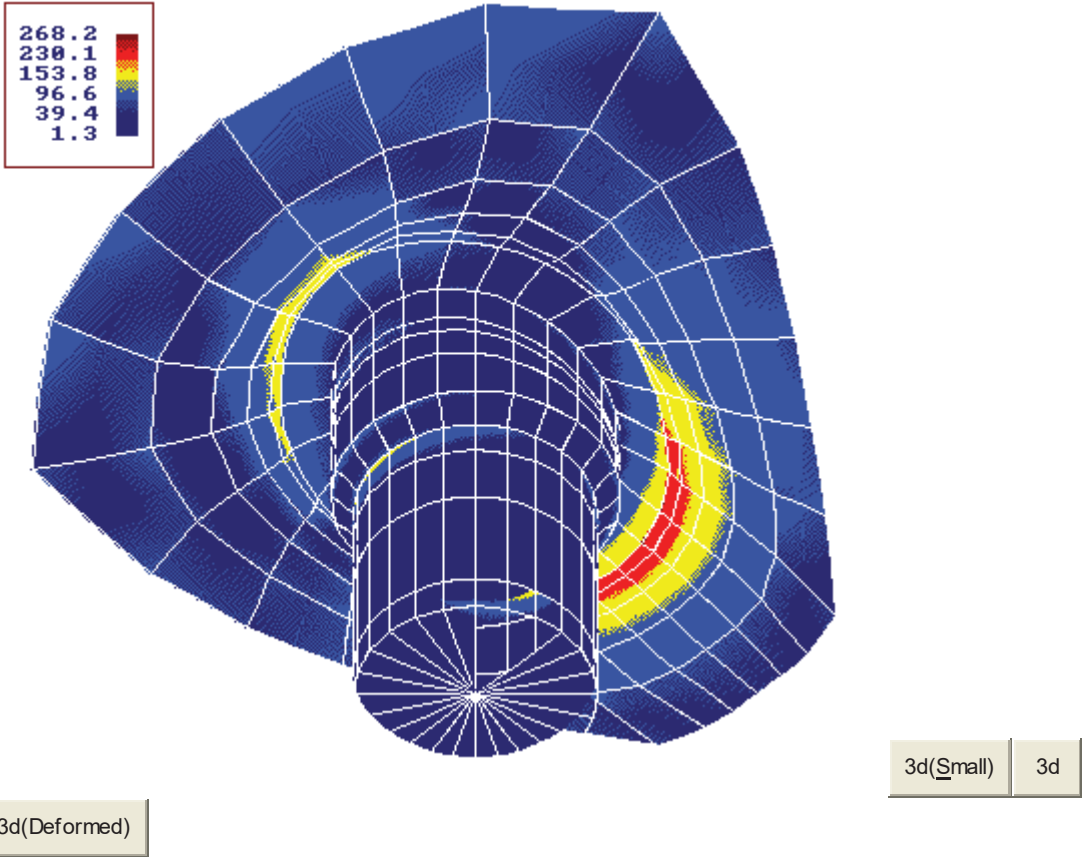
6) Membrane < User <OPE Membrane> Case 4



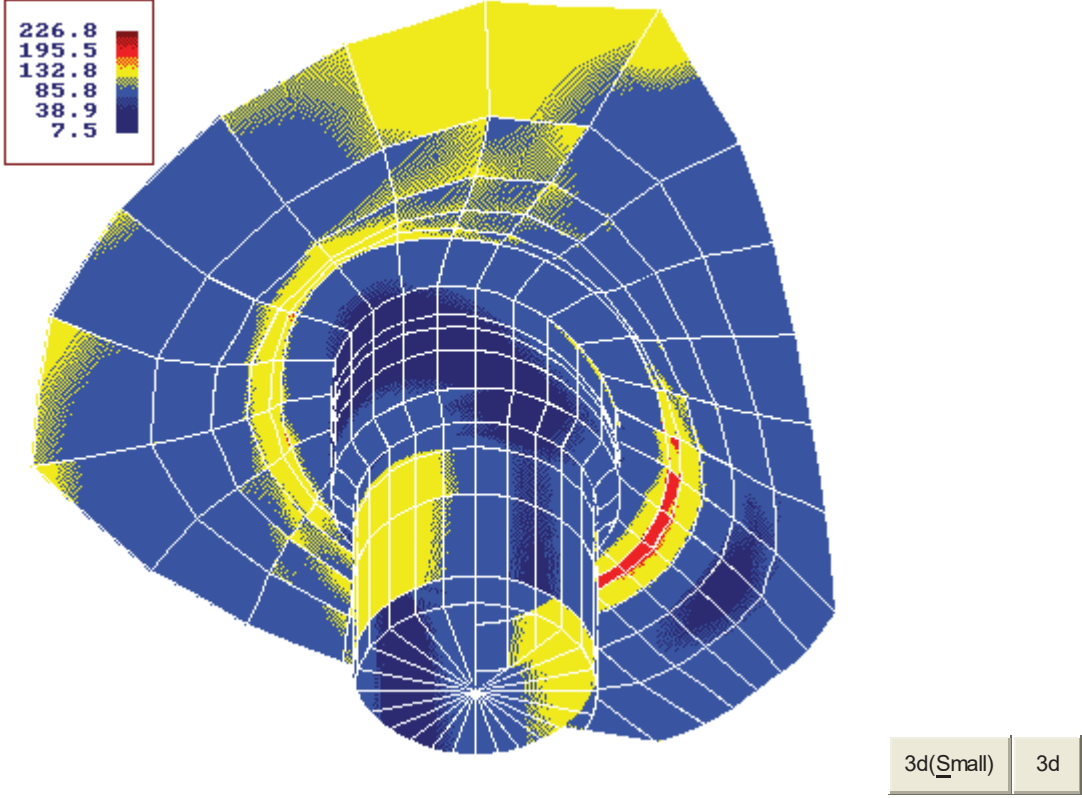
3d(Small) 3d

3d(Deformed)

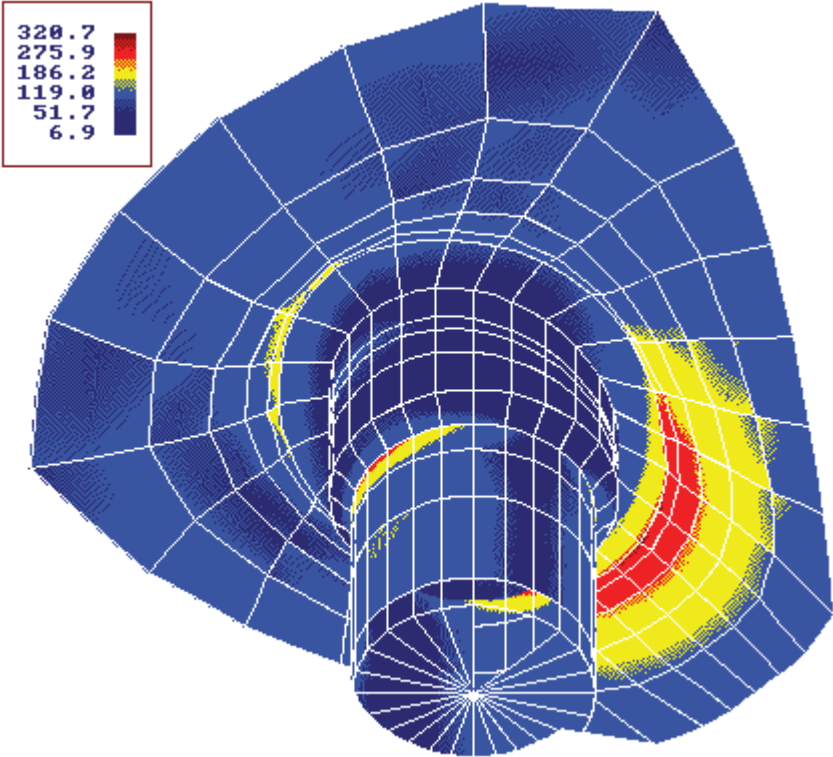
7) Bending < User <OPE Bending> Case 4



13) P1+Pb+Q < SPS <EXP Inside> Case 5

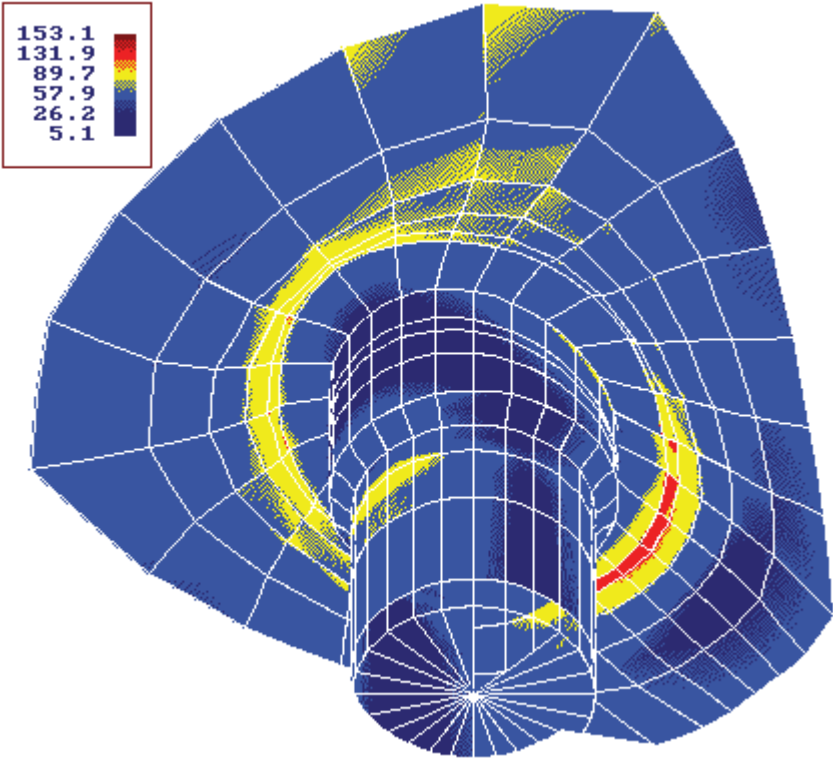


14) P1+Pb+Q < SPS <EXP Outside> Case 5



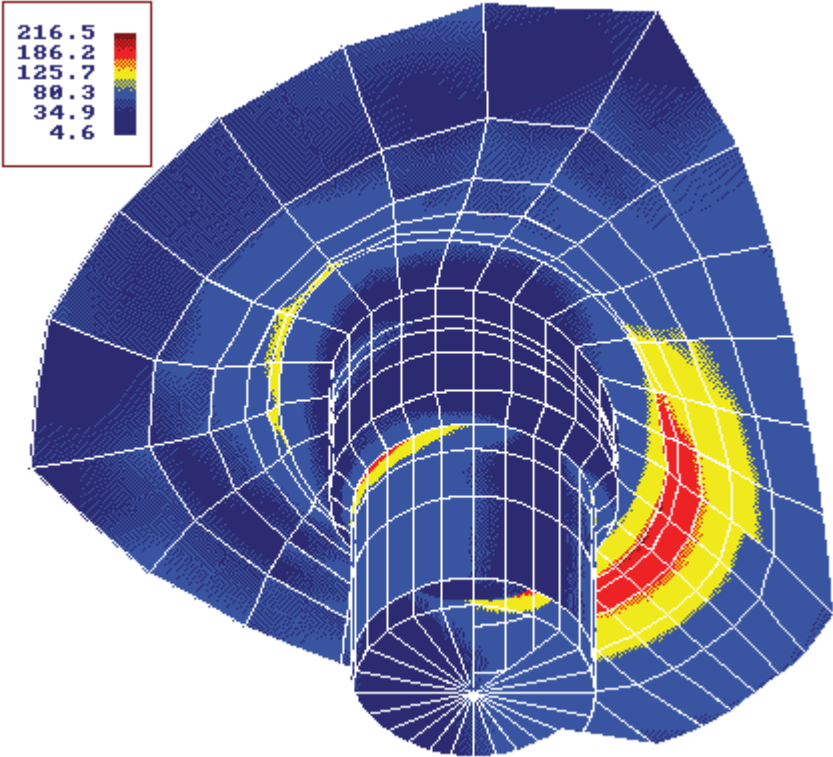
3d(Small) 3d

15) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Inside> Case 5



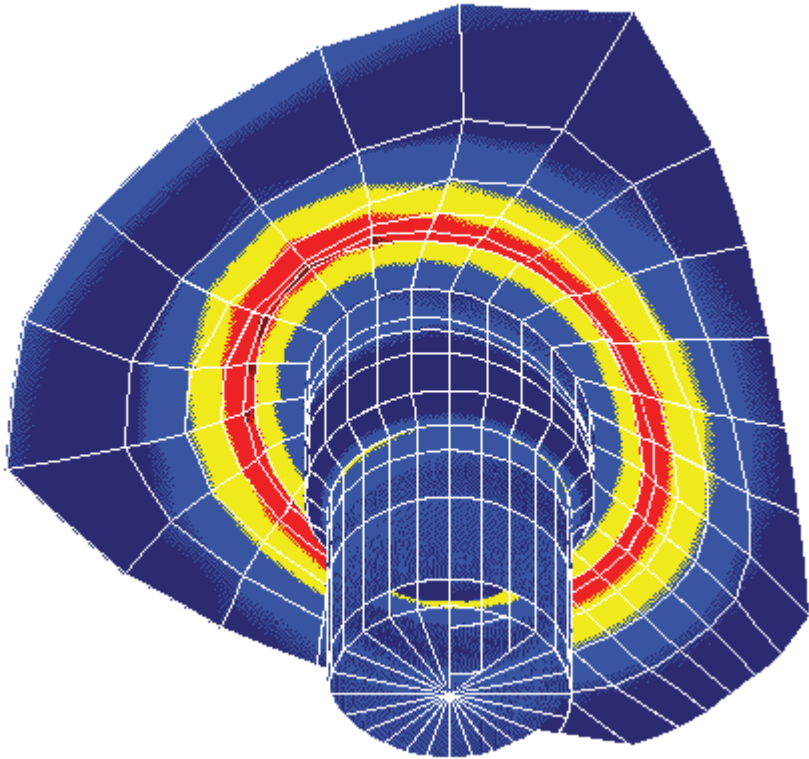
3d(Small) 3d

16) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (EXP Outside) Case 5



3d(Small) 3d

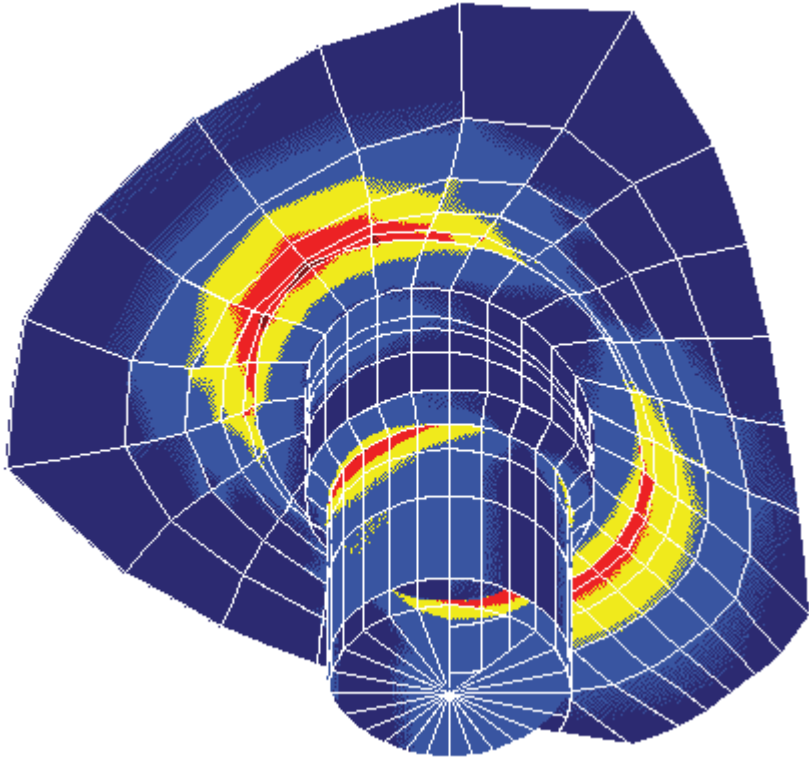
8) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 6



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

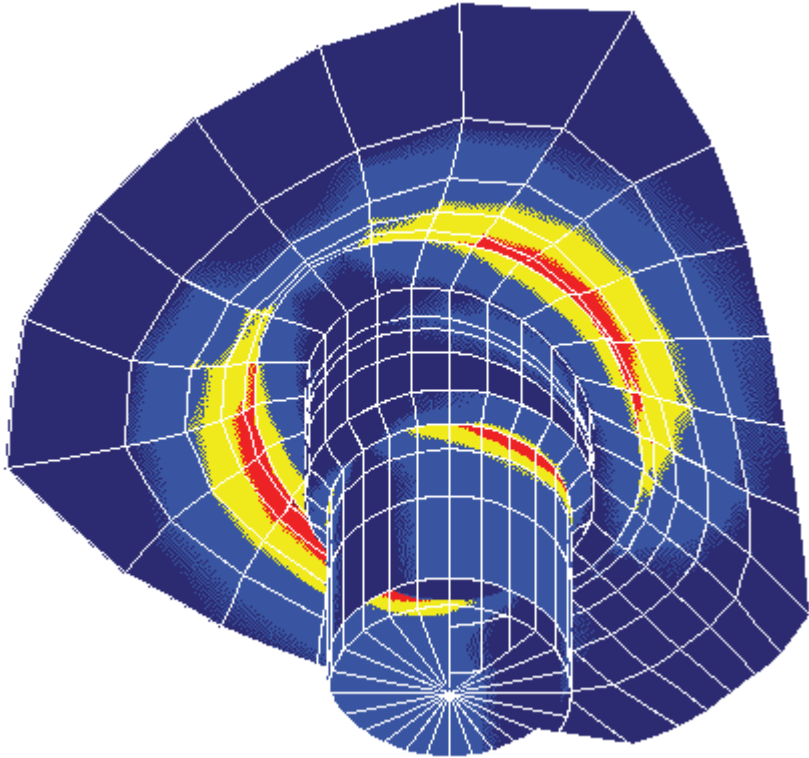
9) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 7



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

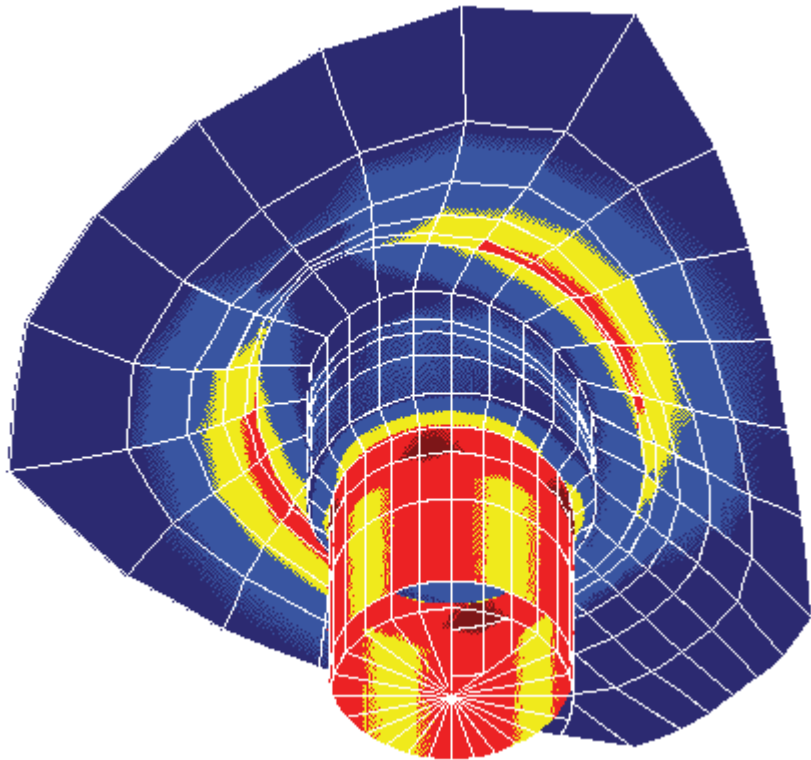
10) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 8



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

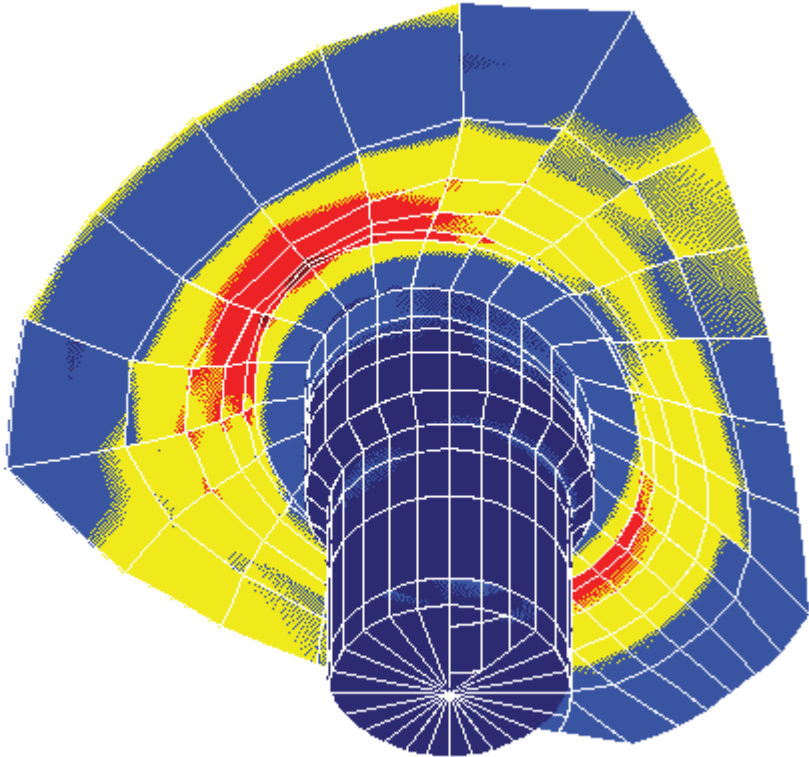
11) P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 9



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

12) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 10



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

208-40-D-004 [Nozzle C]

Details for Finite Element Analysis – Nozzle C attached to SHELL #1

Weight

Operating

Occasional

Thermal

Get values from WRC 107 screen

Clear WRC values

WRC 107 Convention

Global

Pr

4658.2 N

Vc

5148.5 N

Vi

5148.5 N

Mt

3726.5 N-m

Ml

4118.8 N-m

Mc

4118.8 N-m

Fx

5148.5 N

Fy

5148.5 N

Fz

4658.2 N

Mx

3037609.8 N-mm

My

-3037610.0 N-mm

Mz

-3726527.0 N-mm

☐ Perform a fatigue analysis

☐ Set Material Fatigue Curves Manually

Coefficient of Thermal Expansion

These values are currently only used for reporting purposes. They do not affect the calculations because thermal gradients are not supported.

Nozzle coefficient

0 mm/mm/°C

Vessel coefficient

0 mm/mm/°C

Stress concentration factor on nozzle

1.35

Stress concentration factor on pad

1.35

Stress concentration factor on vessel

1.35

These are the notch effect multiplication factors for peak stresses as defined in Part 5 of ASME Section VIII, Division 2. They will only affect the fatigue failure stress case.

☐ Set Manual Merge Nodes Tolerance

0.001 mm

Pressure Condition

Load Location

☐ Internal Pressure

☐ External Pressure

☒ Chamber MAWP

☐ End of Nozzle

☒ Nozzle-Surface Intersection

Note: The loads you enter in this screen are input according to the conventions of WRC 107 except you can specify the loads at the vessel surface or at the end of the nozzle. The output report shows these loads after they have been translated to the end of the nozzle then transformed into the global coordinate system as indicated by the axis in the FEA-Nozzles report pictures. The Global column shows these loads as they will be passed to the FEA-Nozzles module.

Cancel

OK

105/148

Nozzle C Tabular Results

Results were generated with the finite element program FE/Pipe®. Stress results are post-processed in accordance with the rules specified in ASME Section III and ASME Section VIII, Division 2.

- [Model Notes](#)
- [Load Case Report](#)
- [Solution Data](#)
- [ASME Code Stress Output Plots](#)
- [Region Data](#)
- [Stress Results - Notes](#)
- [ASME Overstressed Areas](#)
- [Highest Primary Stress Ratios](#)
- [Highest Secondary Stress Ratios](#)
- [Highest Fatigue Stress Ratios](#)
- [Stress Intensification Factors](#)
- [Allowable Loads](#)
- [Flexibilities](#)
- [Graphical Results](#)

Model Notes

Input Echo:

Model Type : Cylindrical Shell

Parent Outside Diameter : 720.000 mm.
 Thickness : 7.000 mm.
 Fillet Along Shell : 11.000 mm.

Parent Properties:

Cold Allowable : 138.0 MPa
 Hot Allowable : 83.8 MPa
 Material ID #2 : Low Alloy Steel
 Ultimate Tensile (Amb) : 483.0 MPa
 Yield Strength (Amb) : 262.0 MPa
 Yield Strength (Hot) : 176.0 MPa
 Elastic Modulus (Amb) : 203050.0 MPa
 Poissons Ratio : 0.300
 Weight Density : 0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)

Nozzle Outside Diameter : 206.248 mm.
 Thickness : 23.924 mm.
 Length : 243.500 mm.
 Nozzle Weld Length : 11.000 mm.
 RePad Width : 46.880 mm.
 RePad Thickness : 10.000 mm.
 Nozzle Tilt Angle : 0.000 deg.
 Distance from Top : 1558.000 mm.
 Distance from Bottom : 1737.000 mm.

Nozzle Properties

Cold Allowable : 138.0 MPa
 Hot Allowable : 83.9 MPa
 Material ID #2 : Low Alloy Steel
 Ultimate Tensile (Amb) : 483.0 MPa
 Yield Strength (Amb) : 248.0 MPa
 Yield Strength (Hot) : 166.0 MPa
 Elastic Modulus (Amb) : 201900.0 MPa
 Poissons Ratio : 0.300
 Weight Density : 0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)

Design Operating Cycles : 0.
 Ambient Temperature (Deg.) : 21.00

The following temperatures have been specified for the analysis:

Nozzle Inside Temperature : 425.00 deg.
 Nozzle Outside Temperature : 425.00 deg.
 Vessel Inside Temperature : 425.00 deg.
 Vessel Outside Temperature : 425.00 deg.
 Nozzle Pressure : 1.318 MPa
 Vessel Pressure : 1.318 MPa

FEA Model Loads:

These are the user defined loads applied to the FEA model at the end of the nozzle in global coordinates.

Forces(N) Moments (N-m)

Load Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
OPER:	5148.5	5148.5	4658.2	2883.2	-2883.2	-3726.5

The "top" or "positive" end of this model is "free" in the axial and translational directions.

Stresses are NOT averaged.

No pad weld dimensions have been given for the pad connection to the shell. Few correlations have been performed to investigate the sensitivity of peak stresses to this value. Reasonable lengths have been assumed.

Vessel Centerline Vector : 0.000 1.000 0.000
 Nozzle Orientation Vector : 0.000 0.000 -1.000

[Table of Contents](#)

Load Case Report

Inner and outer element temperatures are the same throughout the model. No thermal ratcheting calculations will be performed.

THE 8 LOAD CASES ANALYZED ARE:

1 SUSTAINED (Pr Only)

Sustained case run to satisfy local primary membrane and bending stress limits.

/----- Loads in Case 1
 Pressure Case 1

2 Thermal ONLY

Thermal ONLY case run in the event expansion stresses exceed the secondary stress allowable.

/----- Loads in Case 2
 Temperature Case 1

3 OPERATING (Fatigue Calc Performed)

Case run to compute the operating stresses used in secondary, peak and range calculations as needed.

/----- Loads in Case 3
 Pressure Case 1
 Temperature Case 1
 Loads from (Operating)

4 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 4
 Loads from (Axial)

5 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 5

Loads from (Inplane)

6 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 6
 Loads from (Outplane)

7 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 7
 Loads from (Torsion)

8 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 8
 Pressure Case 1

[Table of Contents](#)

Solution Data

Maximum Solution Row Size = 972
 Number of Nodes = 2220
 Number of Elements = 732
 Number of Solution Cases = 8

Summation of Loads per Case

Case #	FX	FY	FZ
1	0.	526185.	9029.
2	0.	0.	0.
3	5148.	527058.	13687.
4	0.	0.	-55109282.
5	0.	1.	0.
6	-1.	0.	0.
7	0.	0.	0.
8	0.	526185.	9029.

[Table of Contents](#)

ASME Code Stress Output Plots

- 1) $P_1 < (1.5) (S) (SUS, Membrane)$ Case 1
- 2) $Q_b < SPS (SUS, Bending)$ Case 1
- 3) $S_1 + S_2 + S_3 < 4S (SUS, S_1 + S_2 + S_3)$ Case 1
- 4) $P_1 + P_b + Q < SPS (OPE, Inside)$ Case 3
- 5) $P_1 + P_b + Q < SPS (OPE, Outside)$ Case 3
- 6) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (EXP, Inside)$ Case 3
- 7) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (EXP, Outside)$ Case 3
- 8) $Membrane < User (OPE, Membrane)$ Case 3
- 9) $Bending < User (OPE, Bending)$ Case 3
- 10) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 4
- 11) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 5
- 12) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 6
- 13) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 7

14) P1+Pb+Q+F < Sa (SIF,Outside) Case 8

Table of Contents

Region Data

Pad/Header at Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.350	

Branch at Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.350	

Branch Transition

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		

Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.000	

Pad Outer Edge Weld

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.350	

Header Outside Pad Area

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.000	

Branch removed from Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa

Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.000	

Pad removed from Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	11.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	4022.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	98.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	23.924	mm.
Stress Concentration	1.000	

[Table of Contents](#)

Stress Results - Notes

- Results in this analysis were generated using the finite element solution method.
- Using post 07 ASME Section VIII Division 2
- Use Polished Bar fatigue curve.
- Assume pressure increases all other stresses.
- Assume free end displacements of attached pipe are secondary loads within limits of nozzle reinforcement.
- Use Equivalent Stress (Von Mises).
- S1+S2+S3 evaluation omitted from operating stress.
Include S1+S2+S3 evaluation in primary case evaluation.
Assume bending stress not local primary for S1+S2+S3.

[Table of Contents](#)

ASME Overstressed Areas

*** NO OVERSTRESSED NODES IN THIS MODEL ***

[Table of Contents](#)

Highest Primary Stress Ratios

Pad/Header at Junction

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
41	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
32%		

Branch at Junction

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
21	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
17%		

Branch Transition

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
9	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
7%		

Pad Outer Edge Weld

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
73	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
58%		

Header Outside Pad Area

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
73	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
58%		

[Table of Contents](#)

Highest Secondary Stress Ratios

Pad/Header at Junction

P1+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 3
177	438	Plot Reference:
MPa	MPa	5) P1+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 3
40%		

Branch at Junction

P1+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 3
85	414	Plot Reference:
MPa	MPa	5) P1+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 3
20%		

Branch Transition

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 3
19	414	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 3

4%

Pad Outer Edge Weld

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 3
231	438	Plot Reference:
MPa	MPa	4) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 3

52%

Header Outside Pad Area

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 3
143	438	Plot Reference:
MPa	MPa	4) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 3

32%

Table of Contents

Highest Fatigue Stress Ratios

Pad/Header at Junction

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 3
119	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.010 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 156,850.
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 873,958.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 203,028.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 281,879.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 124,685.
		Membrane-to-Bending Ratio = 0.149
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.871
		Plot Reference:
		7) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 3

Branch at Junction

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 3
57	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.005 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 2.2532E9
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,361.9		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 6,319,848.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 1,468,158.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 2,038,353.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 1,091,047.
		Membrane-to-Bending Ratio = 0.264
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.791
		Plot Reference:
		7) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 3

Branch Transition

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 3
10	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.001 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 1.0000E11
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,361.9		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 5.5762E8

0% WRC 474 99% Probability Cycles = 1.2954E8
 WRC 474 95% Probability Cycles = 1.7985E8
 BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 4.2472E8
 Membrane-to-Bending Ratio = 3.917
 Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.203
 Plot Reference:
 7) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 3

Pad Outer Edge Weld

Pl+Pb+Q+F Damage Ratio Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 3
 156 0.000 Life Stress Concentration Factor = 1.350
 MPa 0.013 Stress Strain Concentration Factor = 1.000
 Cycles Allowed for this Stress = 49,915.
 Allowable "B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
 12,423.1 Markl Fatigue Stress Allowable = 1689.2
 MPa WRC 474 Mean Cycles to Failure = 642,177.
 WRC 474 99% Probability Cycles = 149,184.
 1% WRC 474 95% Probability Cycles = 207,123.
 BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 56,264.
 Membrane-to-Bending Ratio = 0.262
 Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.792
 Plot Reference:
 6) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 3

Header Outside Pad Area

Pl+Pb+Q+F Damage Ratio Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 3
 71 0.000 Life Stress Concentration Factor = 1.000
 MPa 0.006 Stress Strain Concentration Factor = 1.000
 Cycles Allowed for this Stress = 26,435,368.
 Allowable "B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
 12,423.1 Markl Fatigue Stress Allowable = 1689.2
 MPa WRC 474 Mean Cycles to Failure = 2,560,550.
 WRC 474 99% Probability Cycles = 594,839.
 0% WRC 474 95% Probability Cycles = 825,859.
 BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 237,669.
 Membrane-to-Bending Ratio = 1.344
 Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.427
 Plot Reference:
 6) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 3

Table of Contents

Stress Intensification Factors

Branch/Nozzle Sif Summary

	Peak	Primary	Secondary
Axial :	50.409	8.961	74.681
Inplane :	4.921	3.923	7.290
Outplane:	24.294	3.977	35.991
Torsion :	1.019	1.346	1.510
Pressure:	0.900	1.079	1.333

The above stress intensification factors are to be used in a beam-type analysis of the piping system. Inplane, Outplane and Torsional sif's should be used with the matching branch pipe whose diameter and thickness is given below. The axial sif should be used to intensify the axial stress in the branch pipe calculated by F/A. The pressure sif should be used to intensify the nominal pressure stress in the PARENT or HEADER, calculated from PD/2T.

Pipe OD : 206.248 mm.
 Pipe Thk: 23.924 mm.
 Z approx: 624613.000 cu.mm.
 Z exact : 561667.250 cu.mm.

B31.3 Branch Pressure i-factor = 21.465
 Header Pressure i-factor = 1.799

The B31.3 pressure i-factors should be used with with

F/A , where F is the axial force due to pressure, and A is the area of the pipe wall. This is equivalent to finding the pressure stress from (ip) $(PD/4T)$.

B31.3 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	13.762	Inplane	
	17.211	Outplane	
	1.000	Torsional	
B31.1 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	17.211	Inplane	
	17.211	Outplane	
	17.211	Torsional	
WRC 330 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	5.036	Inplane	
	17.211	Outplane	
	5.036	Torsional	

[Table of Contents](#)

Allowable Loads

SECONDARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type (Range):		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	80370.	21965.	32948.
Inplane Moment	(mm. N)	33744580.	6521336.	13833843.
Outplane Moment	(mm. N)	6835244.	1320951.	2802159.
Torsional Moment	(mm. N)	162953840.	44270604.	66405908.
Pressure	(MPa)	6.39	1.32	1.32
PRIMARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type:		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	192214.	26800.	40199.
Inplane Moment	(mm. N)	17994936.	1774103.	3763441.
Outplane Moment	(mm. N)	17750348.	1749990.	3712288.
Torsional Moment	(mm. N)	52457212.	7313896.	10970844.
Pressure	(MPa)	2.27	1.32	1.32

NOTES:

- 1) Maximum Individual Occuring Loads are the maximum allowed values of the respective loads if all other load components are zero, i.e. the listed axial force may be applied if the inplane, outplane and torsional moments, and the pressure are zero.
- 2) The Conservative Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A conservative stress combination equation is used that typically produces stresses within 50-70% of the allowable stress.
- 3) The Realistic Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A more realistic stress combination equation is used based on experience at Paulin Research. Stresses are typically produced within 80-105% of the allowable.
- 4) Secondary allowable loads are limits for expansion and operating piping loads.
- 5) Primary allowable loads are limits for weight, primary and sustained type piping loads.

[Table of Contents](#)

Flexibilities

The following stiffnesses should be used in a piping, "beam-type" analysis of the intersection. The stiffnesses should be inserted at the surface of the branch/header or nozzle/vessel junction. The general characteristics used for the branch pipe should be:

Outside Diameter = 206.248 mm.
Wall Thickness = 23.924 mm.

Axial Translational Stiffness = 51022. N /mm.
Inplane Rotational Stiffness = 78016496. mm. N /deg
Outplane Rotational Stiffness = 11863920. mm. N /deg
Torsional Rotational Stiffness = 857076096. mm. N /deg

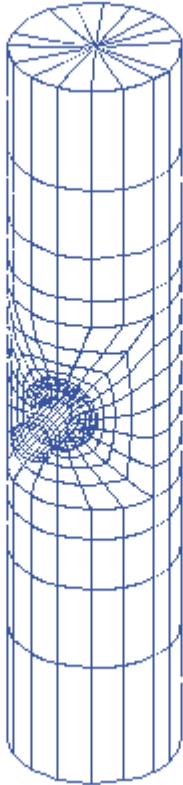
Intersection Flexibility Factors for
Branch/Nozzle :

Find axial stiffness: $K = 3EI/(kd)^3$ N /mm.
Find bending and torsional stiffnesses: $K = EI/(kd)$ mm. N per radian.
The EI product is 0.11700E+14 N mm.²
The value of (d) to use is: 182.324 mm..
The resulting bending stiffness is in units of force x length per radian.

Axial Flexibility Factor (k) = 4.841
Inplane Flexibility Factor (k) = 14.356
Outplane Flexibility Factor (k) = 94.405
Torsional Flexibility Factor (k) = 1.307

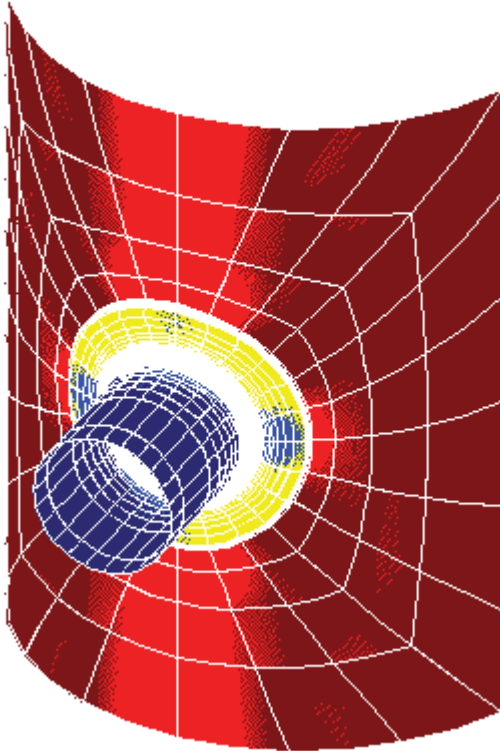
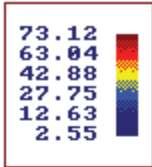
[Table of Contents](#)

Finite Element Model



3d

1) P1 < (1.5)<(S) <SUS Membrane> Case 1

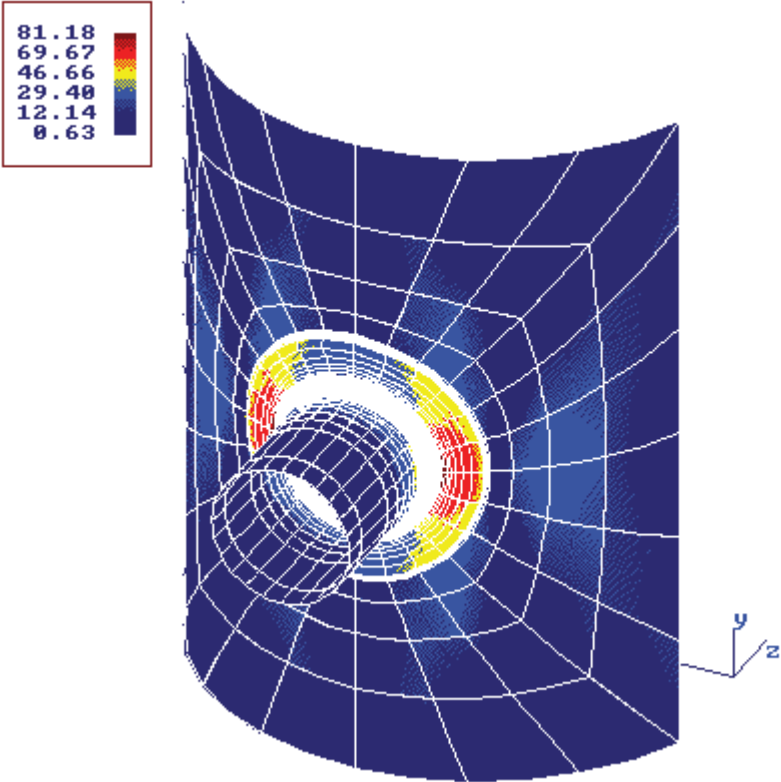


3d(Small)

3d

3d(Deformed)

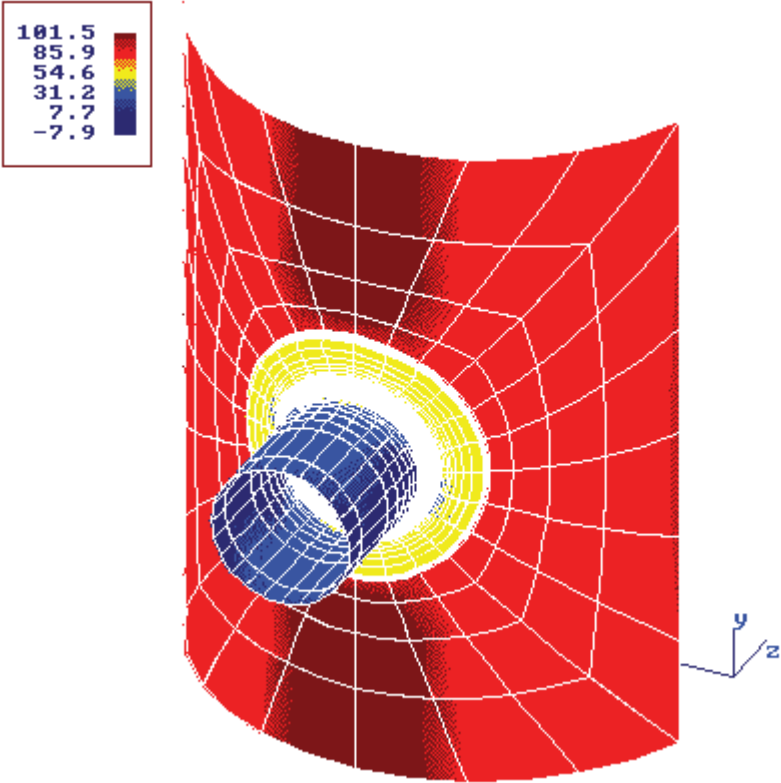
2) Qb < SPS <SUS Bending> Case 1



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

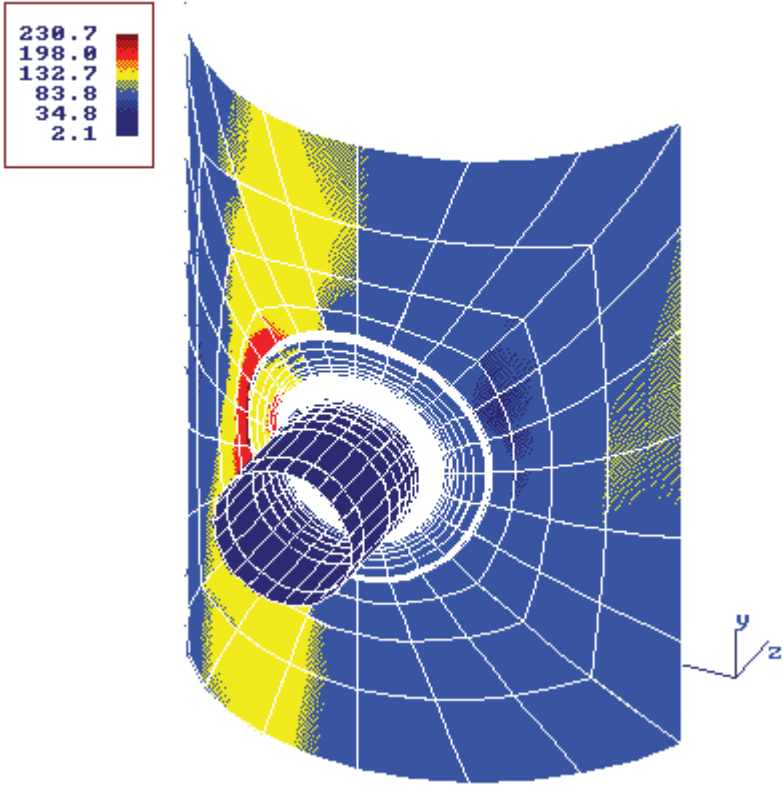
3) S1+S2+S3 < 4S <SUS S1+S2+S3> Case 1



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

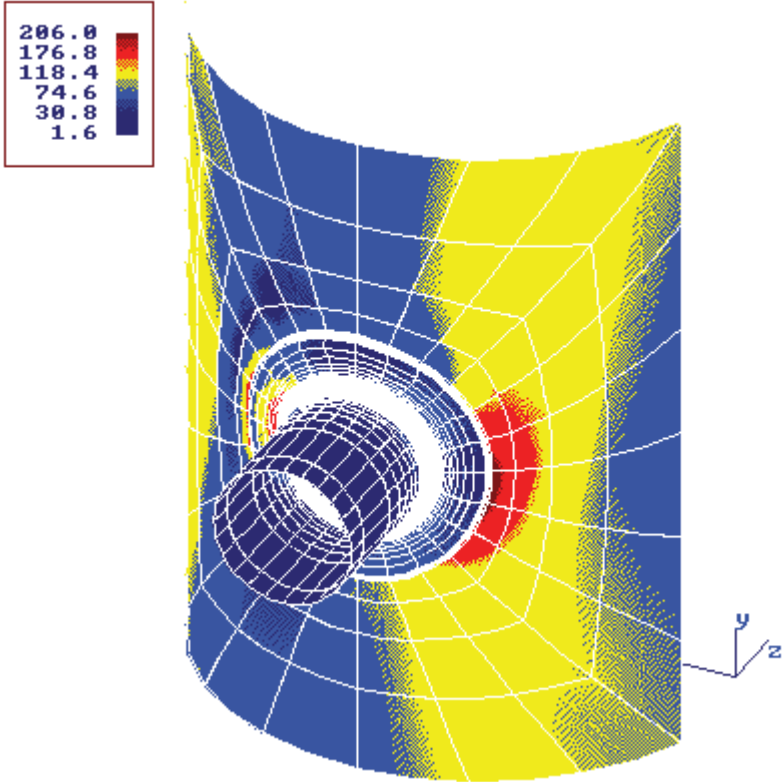
4) P1+Pb+Q < SPS <OPE Inside> Case 3



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

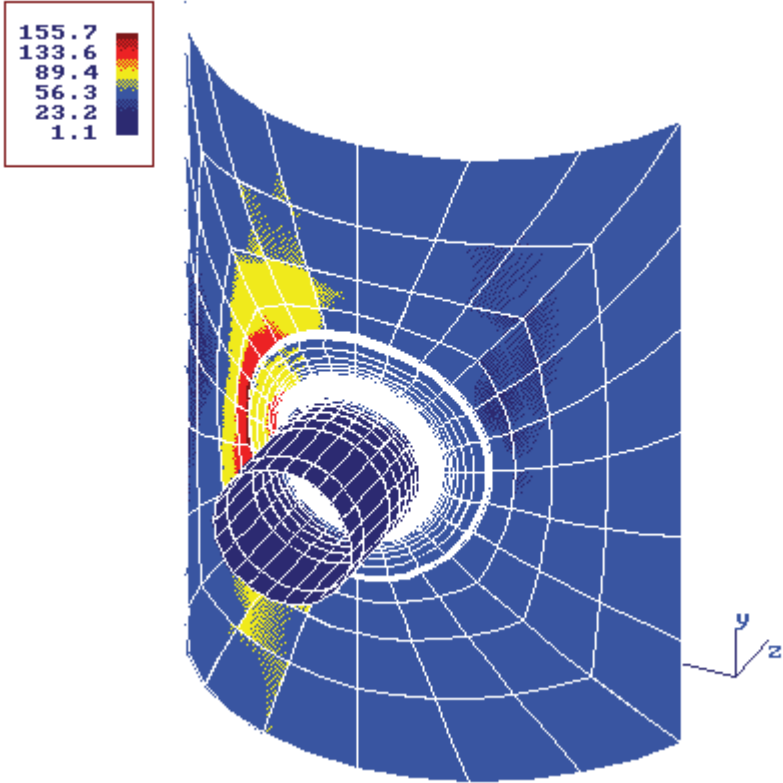
5) P1+Pb+Q < SPS <OPE Outside> Case 3



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

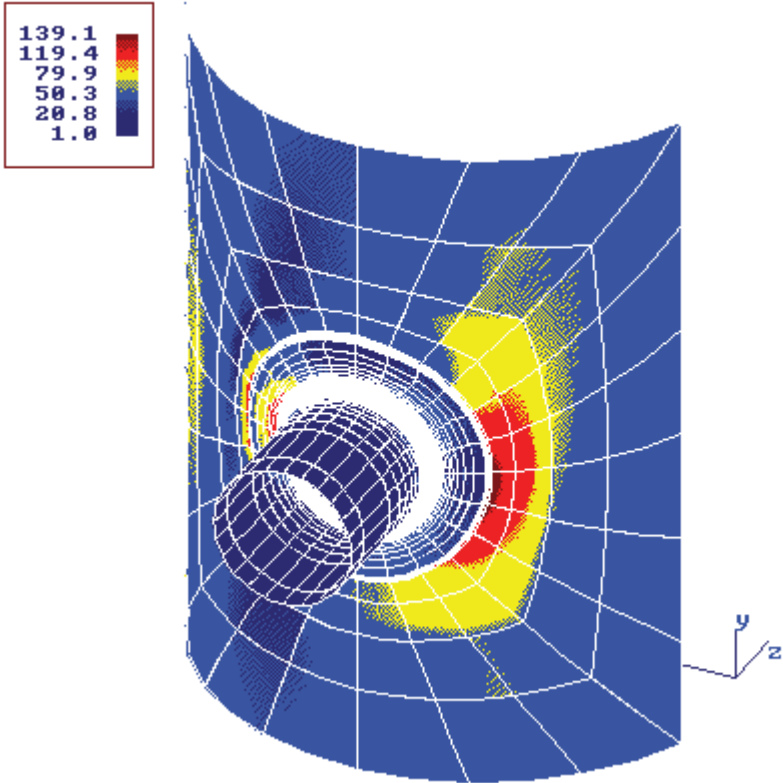
6) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Inside> Case 3



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

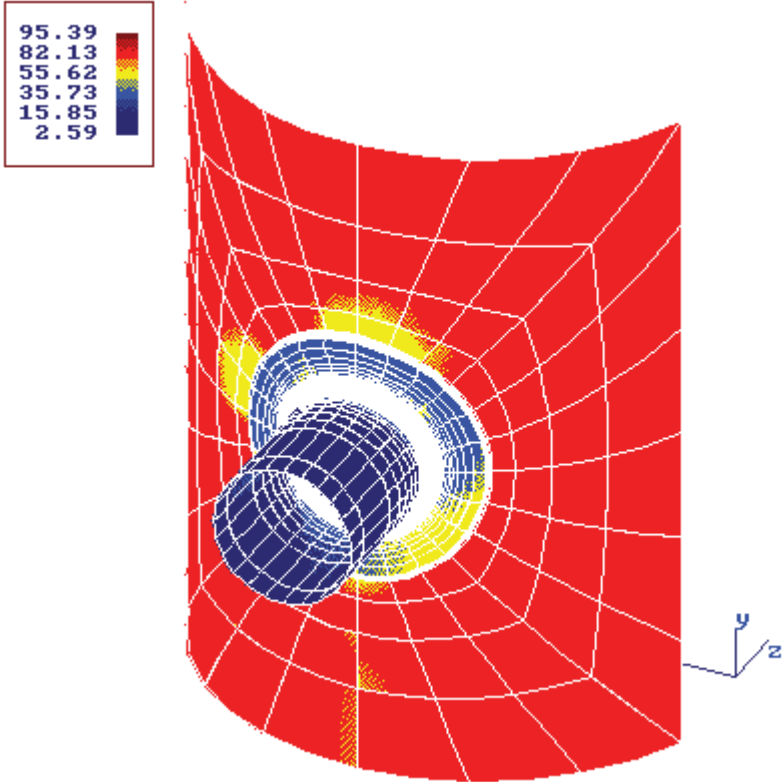
7) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Outside> Case 3



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

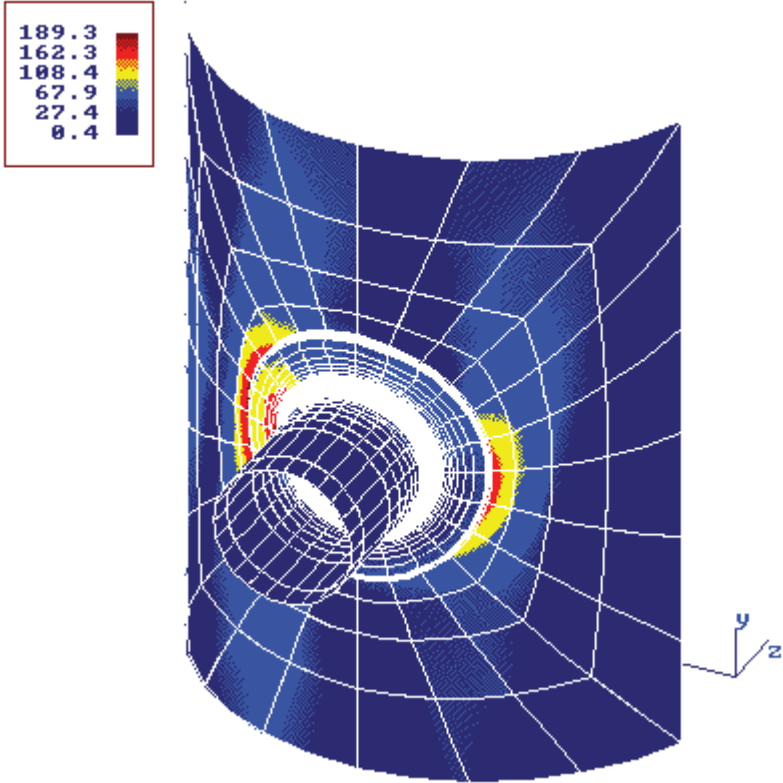
8) Membrane < User <OPE Membrane> Case 3



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

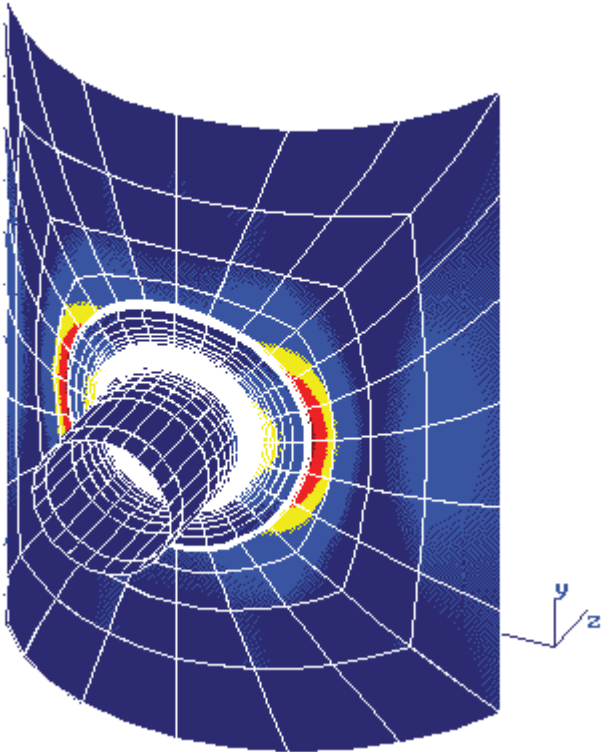
9) Bending < User <OPE Bending> Case 3



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

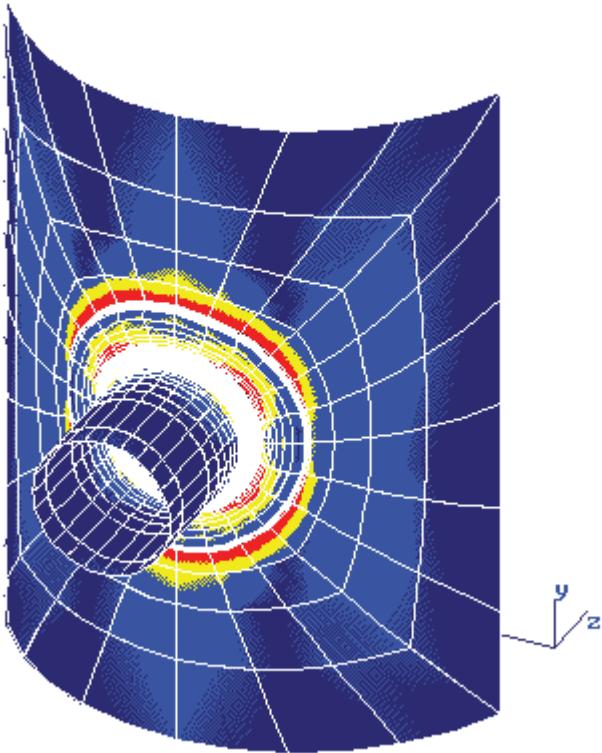
10> P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 4



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

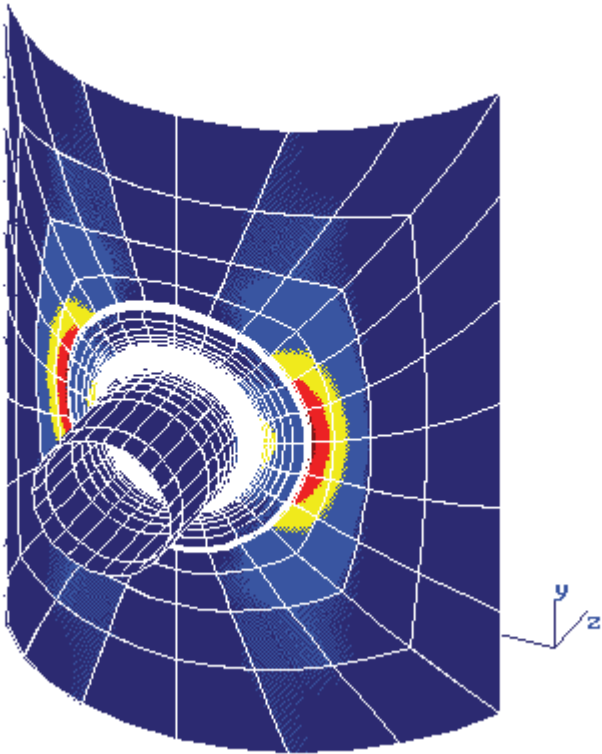
11) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 5



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

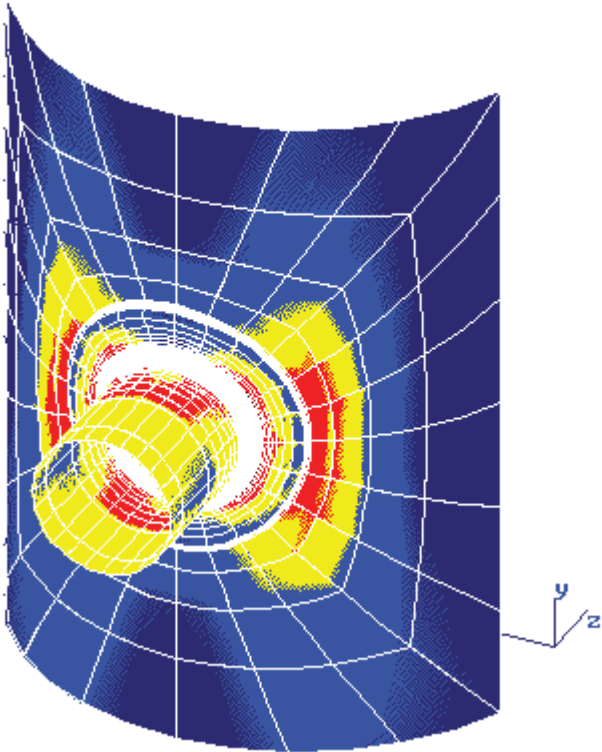
12) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 6



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

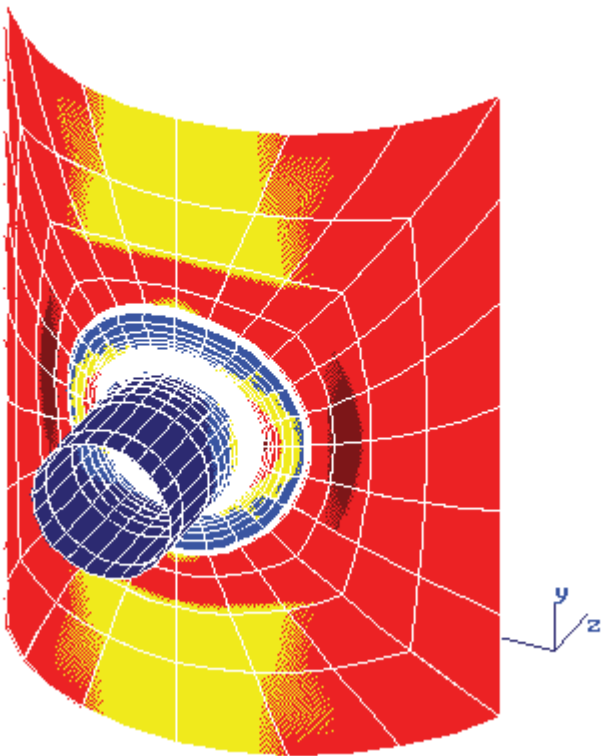
13> P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 7



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

14) P1+Pb+Q+F < Sa (SIF Outside) Case 8



3d(Deformed)

3d(Small)	3d
-----------	----

208-40-D-004 [Nozzle D]

Details for Finite Element Analysis - Nozzle D attached to SHELL #1

WeightOperatingOccasionalThermal

Get values from WRC 107 screen

Clear WRC values

WRC 107 Convention

Global

Pr4658.2 N

Vc5148.5 N

Vl5148.5 N

Mt3726.5 N-m

Ml4118.8 N-m

Mc4118.8 N-m

Fx-6934.3 N

Fy5148.5 N

Fz346.7 N

Mx596353.7 N-mm

My-2883155.8 N-mm

Mz4673751.0 N-mm

☐ Perform a fatigue analysis:

☐ Set Material Fatigue Curves Manually

Coefficient of Thermal Expansion

These values are currently only used for reporting purposes. They do not affect the calculations because thermal gradients are not supported.

Nozzle coefficient0 mm/mm/°C

Vessel coefficient0 mm/mm/°C

Stress concentration factor on nozzle1.35

Stress concentration factor on pad1.35

Stress concentration factor on vessel1.35

These are the notch effect multiplication factors for peak stresses as defined in Part 5 of ASME Section VIII, Division 2. They will only affect the fatigue failure stress case.

☐ Set Manual Merge Nodes Tolerance0.00 mm

Pressure ConditionLoad Location

☐ Internal Pressure

☐ End of Nozzle

☐ External Pressure

☒ Nozzle-Surface Intersection

☒ Chamber MAWP

Note: The loads you enter in this screen are input according to the conventions of WRC 107 except you can specify the loads at the vessel surface or at the end of the nozzle. The output report shows these loads after they have been translated to the end of the nozzle then transformed into the global coordinate system as indicated by the axis in the FEA-Nozzles report pictures. The Global column shows these loads as they will be passed to the FEA-Nozzles module.

Cancel

OK

127/148

Nozzle D Tabular Results

Results were generated with the finite element program FE/Pipe®. Stress results are post-processed in accordance with the rules specified in ASME Section III and ASME Section VIII, Division 2.

- [Model Notes](#)
- [Load Case Report](#)
- [Solution Data](#)
- [ASME Code Stress Output Plots](#)
- [Region Data](#)
- [Stress Results - Notes](#)
- [ASME Overstressed Areas](#)
- [Highest Primary Stress Ratios](#)
- [Highest Secondary Stress Ratios](#)
- [Highest Fatigue Stress Ratios](#)
- [Stress Intensification Factors](#)
- [Allowable Loads](#)
- [Flexibilities](#)
- [Graphical Results](#)

Model Notes

Input Echo:

Model Type : Cylindrical Shell

Parent Outside Diameter : 720.000 mm.
 Thickness : 7.000 mm.
 Fillet Along Shell : 11.000 mm.

Parent Properties:

Cold Allowable : 138.0 MPa
 Hot Allowable : 83.8 MPa
 Material ID #2 : Low Alloy Steel
 Ultimate Tensile (Amb) : 483.0 MPa
 Yield Strength (Amb) : 262.0 MPa
 Yield Strength (Hot) : 176.0 MPa
 Elastic Modulus (Amb) : 203050.0 MPa
 Poissons Ratio : 0.300
 Weight Density : 0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)

Nozzle Outside Diameter : 168.275 mm.
 Thickness : 7.973 mm.
 Length : 243.500 mm.
 Nozzle Weld Length : 11.000 mm.
 RePad Width : 65.860 mm.
 RePad Thickness : 10.000 mm.
 Nozzle Tilt Angle : 0.000 deg.
 Distance from Top : 470.000 mm.
 Distance from Bottom : 2825.000 mm.

Nozzle Properties

Cold Allowable : 138.0 MPa
 Hot Allowable : 83.9 MPa
 Material ID #2 : Low Alloy Steel
 Ultimate Tensile (Amb) : 483.0 MPa
 Yield Strength (Amb) : 248.0 MPa
 Yield Strength (Hot) : 166.0 MPa
 Elastic Modulus (Amb) : 201900.0 MPa
 Poissons Ratio : 0.300
 Weight Density : 0.7682E-04 N /cu.mm. (NOT USED)

Design Operating Cycles : 0.
 Ambient Temperature (Deg.) : 21.00

The following temperatures have been specified for the analysis:

Nozzle Inside Temperature : 425.00 deg.
 Nozzle Outside Temperature : 425.00 deg.
 Vessel Inside Temperature : 425.00 deg.
 Vessel Outside Temperature : 425.00 deg.
 Nozzle Pressure : 1.318 MPa
 Vessel Pressure : 1.318 MPa

FEA Model Loads:

These are the user defined loads applied to the FEA model at the end of the nozzle in global coordinates.

Forces(N) Moments (N-m)

Load Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
OPER:	-6934.3	5148.5	346.7	596.4	-2883.2	4673.8

The "top" or "positive" end of this model is "free" in the axial and translational directions.

Stresses are NOT averaged.

No pad weld dimensions have been given for the pad connection to the shell. Few correlations have been performed to investigate the sensitivity of peak stresses to this value. Reasonable lengths have been assumed.

Vessel Centerline Vector : 0.000 1.000 0.000
 Nozzle Orientation Vector : 0.707 0.000 0.707

[Table of Contents](#)

Load Case Report

Inner and outer element temperatures are the same throughout the model. No thermal ratcheting calculations will be performed.

THE 8 LOAD CASES ANALYZED ARE:

1 SUSTAINED (Pr Only)

Sustained case run to satisfy local primary membrane and bending stress limits.

/----- Loads in Case 1
 Pressure Case 1

2 Thermal ONLY

Thermal ONLY case run in the event expansion stresses exceed the secondary stress allowable.

/----- Loads in Case 2
 Temperature Case 1

3 OPERATING (Fatigue Calc Performed)

Case run to compute the operating stresses used in secondary, peak and range calculations as needed.

/----- Loads in Case 3
 Pressure Case 1
 Temperature Case 1
 Loads from (Operating)

4 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 4
 Loads from (Axial)

5 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 5

Loads from (Inplane)

6 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 6
 Loads from (Outplane)

7 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 7
 Loads from (Torsion)

8 Program Generated -- Force Only

Case run to compute sif's and flexibilities.
 /----- Loads in Case 8
 Pressure Case 1

[Table of Contents](#)

Solution Data

Maximum Solution Row Size = 870
 Number of Nodes = 2412
 Number of Elements = 796
 Number of Solution Cases = 8

Summation of Loads per Case

Case #	FX	FY	FZ
1	-2291.	526174.	-2291.
2	0.	0.	0.
3	-9221.	527223.	-1944.
4	8644635.	0.	8644635.
5	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.
8	-2291.	526174.	-2291.

[Table of Contents](#)

ASME Code Stress Output Plots

- 1) $P_1 < (1.5) (S) (SUS, Membrane)$ Case 1
- 2) $Q_b < SPS (SUS, Bending)$ Case 1
- 3) $S_1 + S_2 + S_3 < 4S (SUS, S_1 + S_2 + S_3)$ Case 1
- 4) $P_1 + P_b + Q < SPS (OPE, Inside)$ Case 3
- 5) $P_1 + P_b + Q < SPS (OPE, Outside)$ Case 3
- 6) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (EXP, Inside)$ Case 3
- 7) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (EXP, Outside)$ Case 3
- 8) $Membrane < User (OPE, Membrane)$ Case 3
- 9) $Bending < User (OPE, Bending)$ Case 3
- 10) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 4
- 11) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 5
- 12) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 6
- 13) $P_1 + P_b + Q + F < S_a (SIF, Outside)$ Case 7

14) Pl+Pb+Q+F < Sa (SIF,Outside) Case 8

Table of Contents

Region Data

Pad/Header at Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.350	

Branch at Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.350	

Branch Transition

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		

Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.000	

Pad Outer Edge Weld

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.350	

Header Outside Pad Area

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.000	

Branch removed from Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa

Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.000	

Pad removed from Junction

Cold Allowable	138.	MPa
Hot Allowable @ 425 deg ..	84.	MPa
Case 1		
Nominal Stress (M/Z) ...	0.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 3		
Nominal Stress (M/Z) ...	40.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	68.	MPa
Case 4		
Nominal Stress (M/Z) ...	3045.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 5		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 6		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 7		
Nominal Stress (M/Z) ...	80.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Case 8		
Nominal Stress (M/Z) ...	68.	MPa
Pressure Stress (Pd/2t) ..	0.	MPa
Smallest Thickness	7.973	mm.
Stress Concentration	1.000	

[Table of Contents](#)

Stress Results - Notes

- Results in this analysis were generated using the finite element solution method.
- Using post 07 ASME Section VIII Division 2
- Use Polished Bar fatigue curve.
- Assume pressure increases all other stresses.
- Assume free end displacements of attached pipe are secondary loads within limits of nozzle reinforcement.
- Use Equivalent Stress (Von Mises).
- S1+S2+S3 evaluation omitted from operating stress.
Include S1+S2+S3 evaluation in primary case evaluation.
Assume bending stress not local primary for S1+S2+S3.

[Table of Contents](#)

ASME Overstressed Areas

*** NO OVERSTRESSED NODES IN THIS MODEL ***

Table of Contents

Highest Primary Stress Ratios

Pad/Header at Junction

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
48	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
38%		

Branch at Junction

Qb	SPS	Primary Bending Load Case 1
75	252	Plot Reference:
MPa	MPa	2) Qb < SPS (SUS,Bending) Case 1
29%		

Branch Transition

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
20	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
15%		

Pad Outer Edge Weld

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
72	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
57%		

Header Outside Pad Area

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
76	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
60%		

Branch removed from Junction

P1	(1.5) (S)	Primary Membrane Load Case 1
21	126	Plot Reference:
MPa	MPa	1) P1 < (1.5) (S) (SUS,Membrane) Case 1
16%		

Table of Contents

Highest Secondary Stress Ratios

Pad/Header at Junction

P1+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 3
160	438	Plot Reference:
MPa	MPa	4) P1+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 3
36%		

Branch at Junction

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 3
251	414	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 3

60%

Branch Transition

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 3
52	414	Plot Reference:
MPa	MPa	4) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 3

12%

Pad Outer Edge Weld

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Outer) Load Case 3
248	438	Plot Reference:
MPa	MPa	5) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Outside) Case 3

56%

Header Outside Pad Area

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 3
119	438	Plot Reference:
MPa	MPa	4) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 3

27%

Branch removed from Junction

Pl+Pb+Q	SPS	Primary+Secondary (Inner) Load Case 3
62	414	Plot Reference:
MPa	MPa	4) Pl+Pb+Q < SPS (OPE,Inside) Case 3

14%

[Table of Contents](#)

Highest Fatigue Stress Ratios

Pad/Header at Junction

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 3
108	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.009 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
Allowable		Cycles Allowed for this Stress = 235,387.
12,423.1		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
MPa		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
0%		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 1,052,860.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 244,589.
		WRC 474 95% Probability Cycles = 339,581.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 169,893.
		Membrane-to-Bending Ratio = 0.462
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.684
		Plot Reference:
		6) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 3

Branch at Junction

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 3
170	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.014 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
Allowable		Cycles Allowed for this Stress = 37,787.
12,361.9		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
MPa		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 436,187.

1% WRC 474 99% Probability Cycles = 101,330.
 WRC 474 95% Probability Cycles = 140,684.
 BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 44,153.
 Membrane-to-Bending Ratio = 0.360
 Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.736
 Plot Reference:
 7) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 3

Branch Transition

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 3
26	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.002 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 1.0000E11
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,361.9		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 53,346,204.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 12,392,807.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 17,205,854.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 5,094,046.
		Membrane-to-Bending Ratio = 11.043
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.083
		Plot Reference:
		6) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 3

Pad Outer Edge Weld

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Outer) Load Case 3
167	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.350
MPa	0.013 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 40,060.
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 491,495.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 114,179.
1%		WRC 474 95% Probability Cycles = 158,523.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 45,382.
		Membrane-to-Bending Ratio = 0.415
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.707
		Plot Reference:
		7) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Outside) Case 3

Header Outside Pad Area

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 3
59	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.005 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 1.0561E9
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.2
12,423.1		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 4,497,310.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 1,044,766.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 1,450,526.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 412,119.
		Membrane-to-Bending Ratio = 1.783
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.359
		Plot Reference:
		6) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 3

Branch removed from Junction

Pl+Pb+Q+F	Damage Ratio	Primary+Secondary+Peak (Inner) Load Case 3
31	0.000 Life	Stress Concentration Factor = 1.000
MPa	0.002 Stress	Strain Concentration Factor = 1.000
		Cycles Allowed for this Stress = 1.0000E11
Allowable		"B31" Fatigue Stress Allowable = 277.4
12,361.9		Mark1 Fatigue Stress Allowable = 1689.2
MPa		WRC 474 Mean Cycles to Failure = 31,022,136.
		WRC 474 99% Probability Cycles = 7,206,716.
0%		WRC 474 95% Probability Cycles = 10,005,629.
		BS5500 Allowed Cycles(Curve F) = 3,008,875.
		Membrane-to-Bending Ratio = 4.394
		Bending-to-PL+PB+Q Ratio = 0.185
		Plot Reference:
		6) Pl+Pb+Q+F < Sa (EXP,Inside) Case 3

Table of Contents

Stress Intensification Factors

Branch/Nozzle Sif Summary

	Peak	Primary	Secondary
Axial :	9.882	4.636	14.641
Inplane :	2.730	1.532	4.045
Outplane:	5.036	2.380	7.461
Torsion :	0.725	0.946	1.074
Pressure:	1.232	1.121	1.826

The above stress intensification factors are to be used in a beam-type analysis of the piping system. Inplane, Outplane and Torsional sif's should be used with the matching branch pipe whose diameter and thickness is given below. The axial sif should be used to intensify the axial stress in the branch pipe calculated by F/A . The pressure sif should be used to intensify the nominal pressure stress in the PARENT or HEADER, calculated from $PD/2T$.

Pipe OD : 168.275 mm.
 Pipe Thk: 7.973 mm.
 Z approx: 160908.641 cu.mm.
 Z exact : 153664.016 cu.mm.

B31.3 Branch Pressure i-factor = 12.010
 Header Pressure i-factor = 2.465

The B31.3 pressure i-factors should be used with with F/A , where F is the axial force due to pressure, and A is the area of the pipe wall. This is equivalent to finding the pressure stress from (ip) ($PD/4T$).

B31.3 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	4.586	Inplane	
	5.736	Outplane	
	1.000	Torsional	
B31.1 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	5.736	Inplane	
	5.736	Outplane	
	5.736	Torsional	
WRC 330 (Branch)			
Peak Stress Sif	0.000	Axial	
	5.036	Inplane	
	5.736	Outplane	
	5.036	Torsional	

Table of Contents

Allowable Loads

SECONDARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type (Range):		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	113538.	29531.	44296.
Inplane Moment	(mm. N)	15728697.	2892743.	6136434.
Outplane Moment	(mm. N)	8526147.	1568086.	3326413.
Torsional Moment	(mm. N)	59235968.	15406983.	23110474.
Pressure	(MPa)	4.67	1.32	1.32
PRIMARY		Maximum	Conservative	Realistic
Load Type:		Individual	Simultaneous	Simultaneous
		Occuring	Occuring	Occuring
Axial Force	(N)	108989.	20818.	31227.
Inplane Moment	(mm. N)	12624399.	1637369.	3473384.
Outplane Moment	(mm. N)	8126690.	1392549.	2954043.
Torsional Moment	(mm. N)	20445490.	5333051.	7999576.

Pressure (MPa) 2.18 1.32 1.32

NOTES:

- 1) Maximum Individual Occuring Loads are the maximum allowed values of the respective loads if all other load components are zero, i.e. the listed axial force may be applied if the inplane, outplane and torsional moments, and the pressure are zero.
- 2) The Conservative Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A conservative stress combination equation is used that typically produces stresses within 50-70% of the allowable stress.
- 3) The Realistic Allowable Simultaneous loads are the maximum loads that can be applied simultaneously. A more realistic stress combination equation is used based on experience at Paulin Research. Stresses are typically produced within 80-105% of the allowable.
- 4) Secondary allowable loads are limits for expansion and operating piping loads.
- 5) Primary allowable loads are limits for weight, primary and sustained type piping loads.

[Table of Contents](#)

Flexibilities

The following stiffnesses should be used in a piping, "beam-type" analysis of the intersection. The stiffnesses should be inserted at the surface of the branch/header or nozzle/vessel junction. The general characteristics used for the branch pipe should be:

Outside Diameter = 168.275 mm.
Wall Thickness = 7.973 mm.

Axial Translational Stiffness = 109868. N /mm.
Inplane Rotational Stiffness = 56626236. mm. N /deg
Outplane Rotational Stiffness = 16381206. mm. N /deg
Torsional Rotational Stiffness = 640828800. mm. N /deg

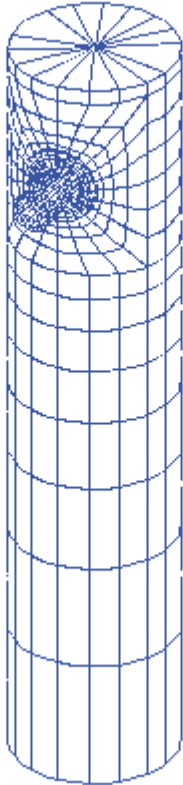
Intersection Flexibility Factors for
Branch/Nozzle :

Find axial stiffness: $K = 3EI/(kd)^3$ N /mm.
Find bending and torsional stiffnesses: $K = EI/(kd)$ mm. N per radian.
The EI product is $0.26116E+13$ N mm.²
The value of (d) to use is: 160.302 mm..
The resulting bending stiffness is in units of force x length per radian.

Axial Flexibility Factor (k) = 2.587
Inplane Flexibility Factor (k) = 5.022
Outplane Flexibility Factor (k) = 17.358
Torsional Flexibility Factor (k) = 0.444

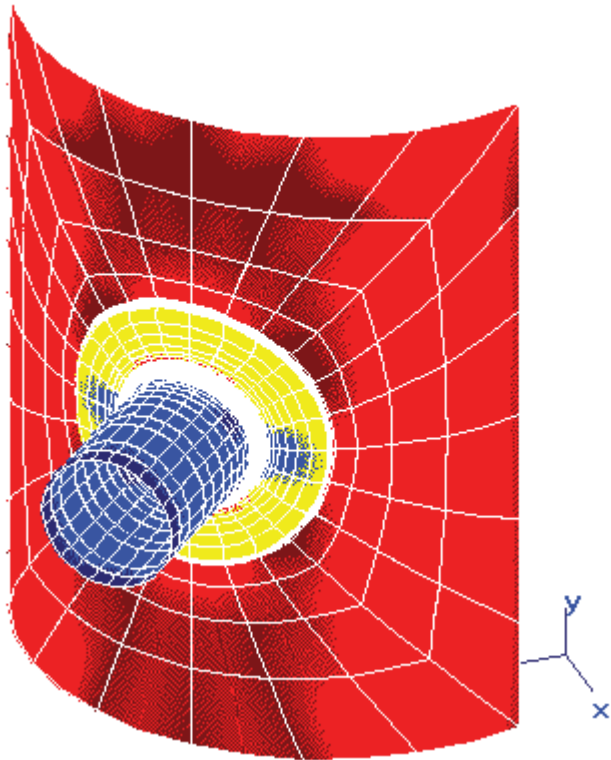
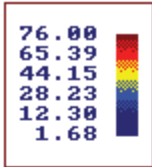
[Table of Contents](#)

Finite Element Model



3d

1) P1 < (1.5)<(S) <SUS Membrane> Case 1

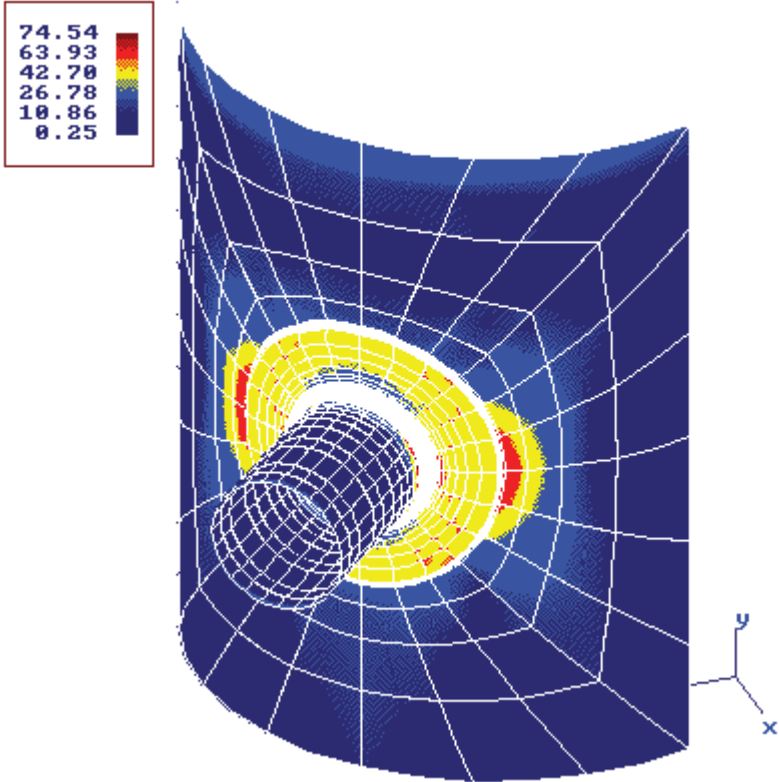


3d(Small)

3d

3d(Deformed)

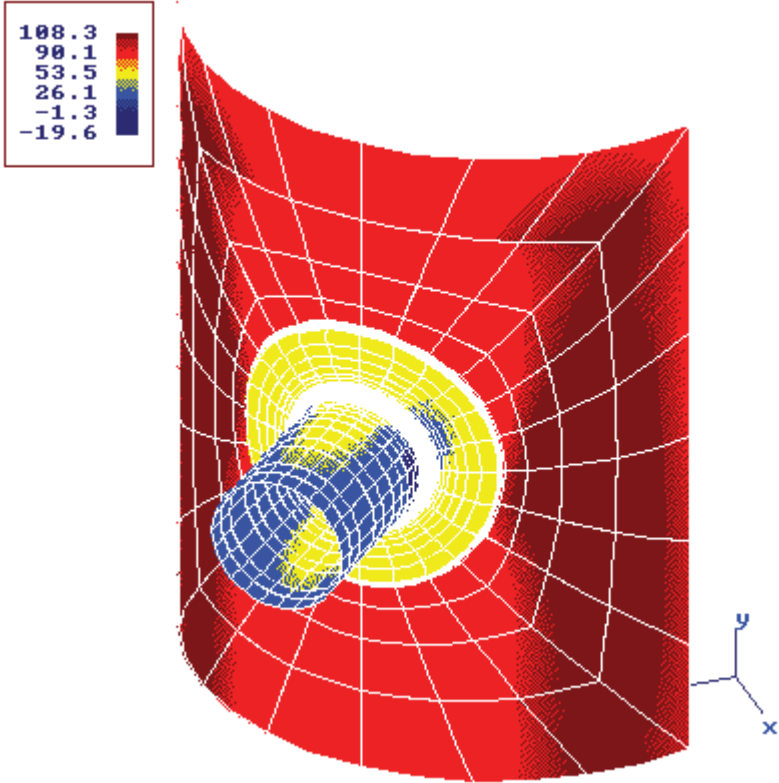
2) Qb < SPS <SUS Bending> Case 1



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

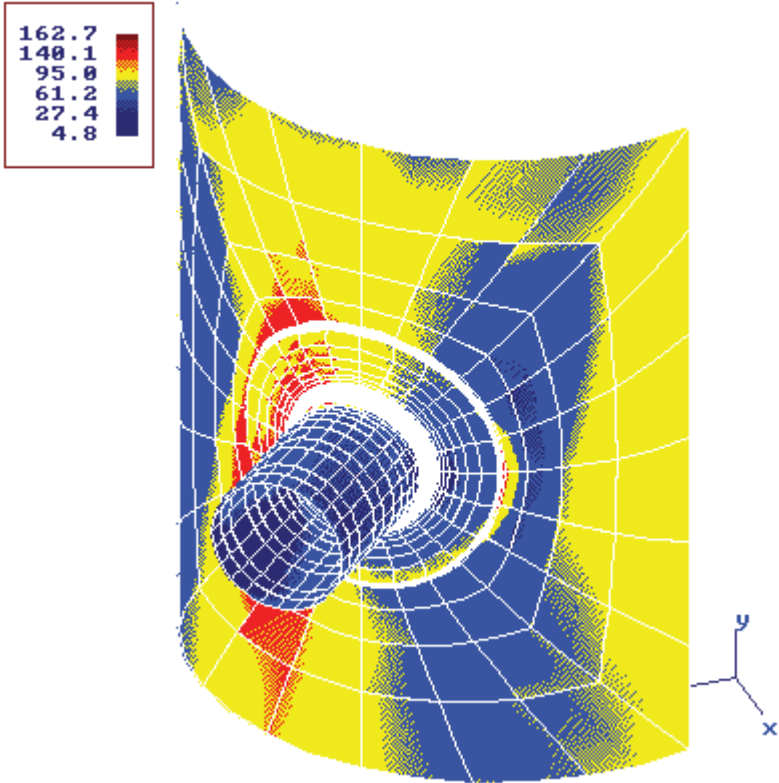
3) S1+S2+S3 < 4S <SUS S1+S2+S3> Case 1



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

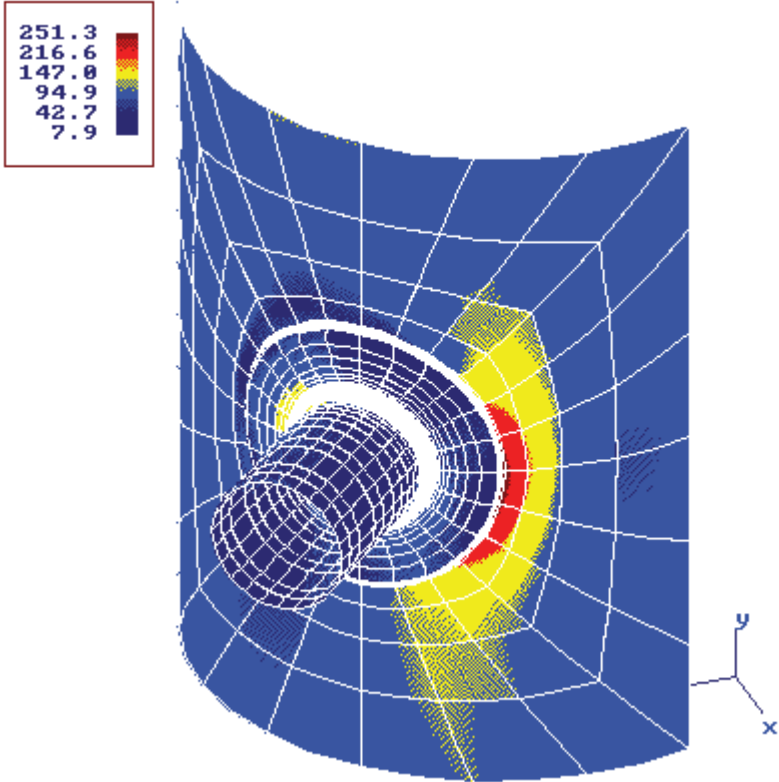
4) P1+Pb+Q < SPS <OPE Inside> Case 3



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

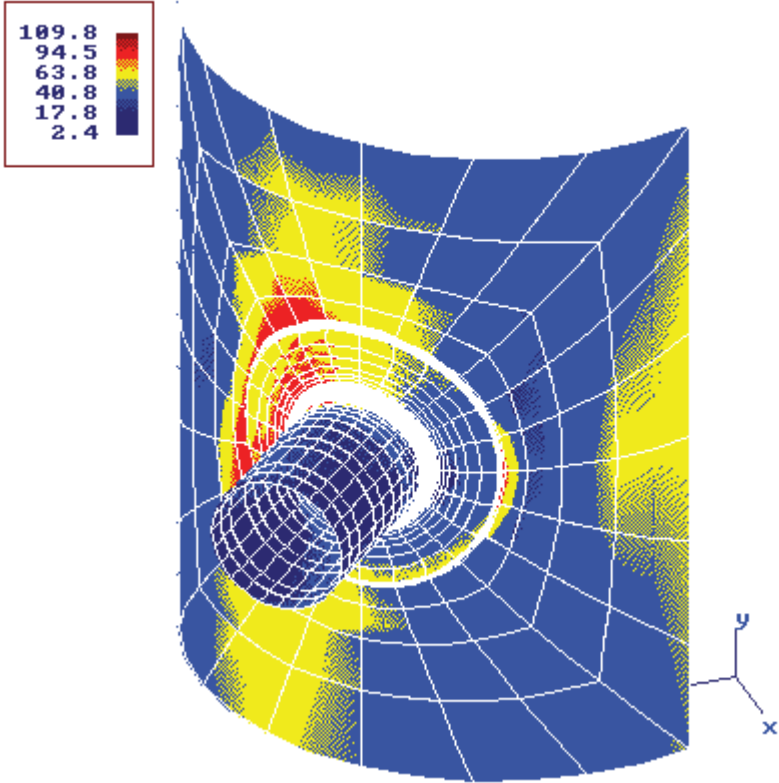
5) P1+Pb+Q < SPS <OPE Outside> Case 3



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

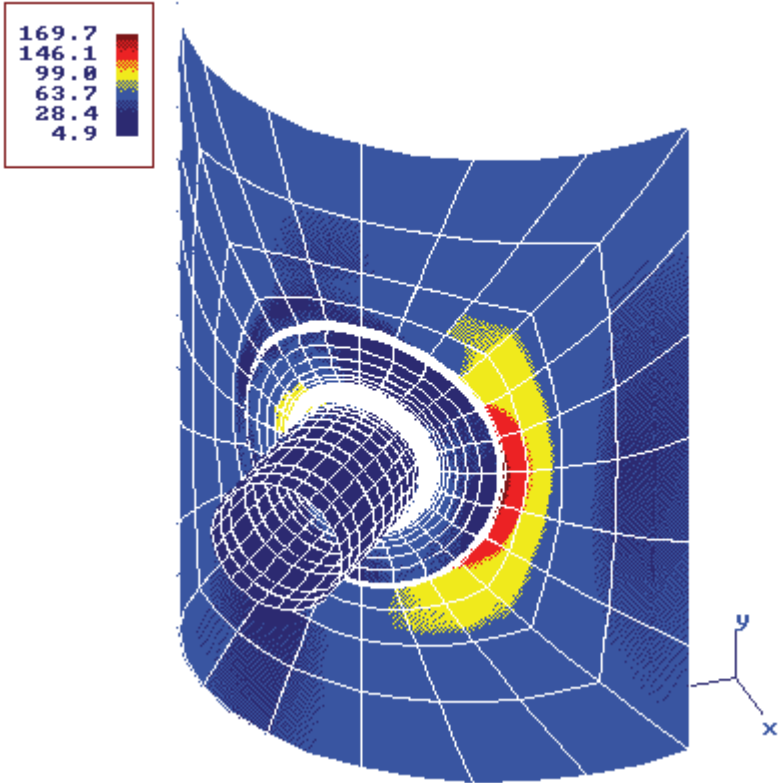
6) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Inside> Case 3



3d(Small) 3d

3d(Deformed)

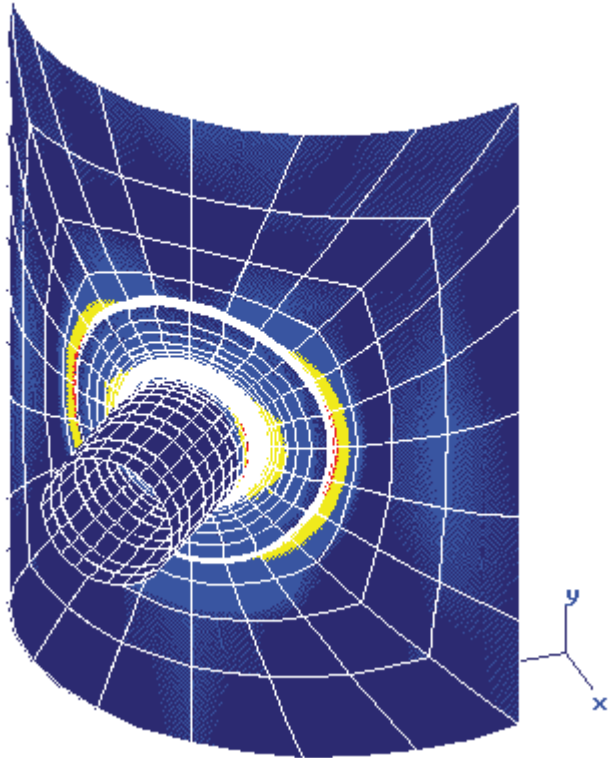
7) P1+Pb+Q+F < Sa <EXP Outside> Case 3



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

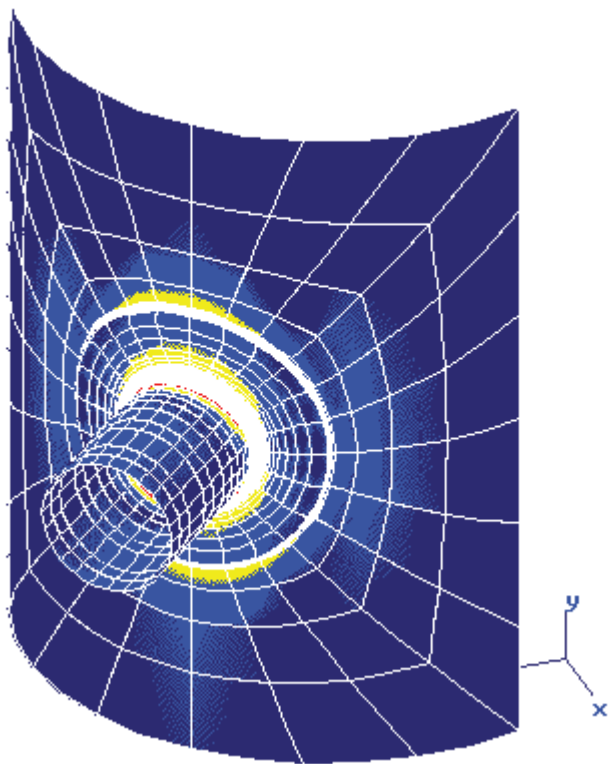
10> P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 4



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

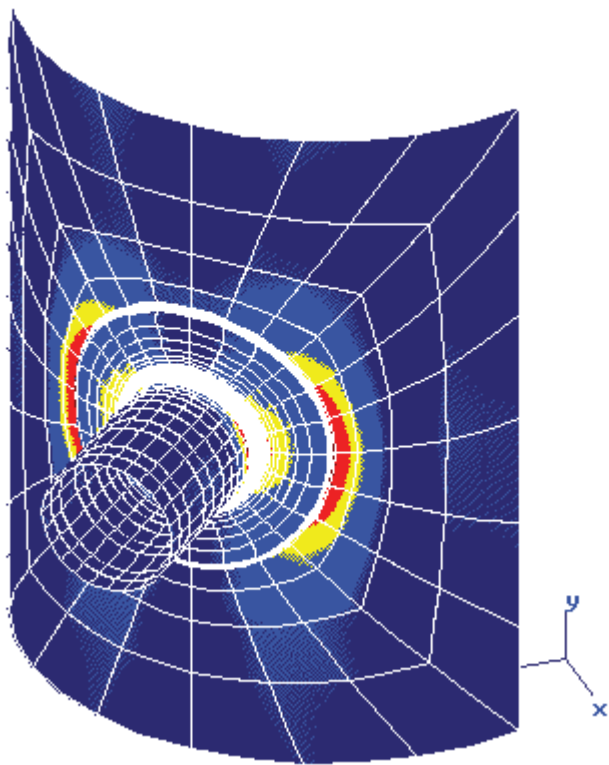
11) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 5



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

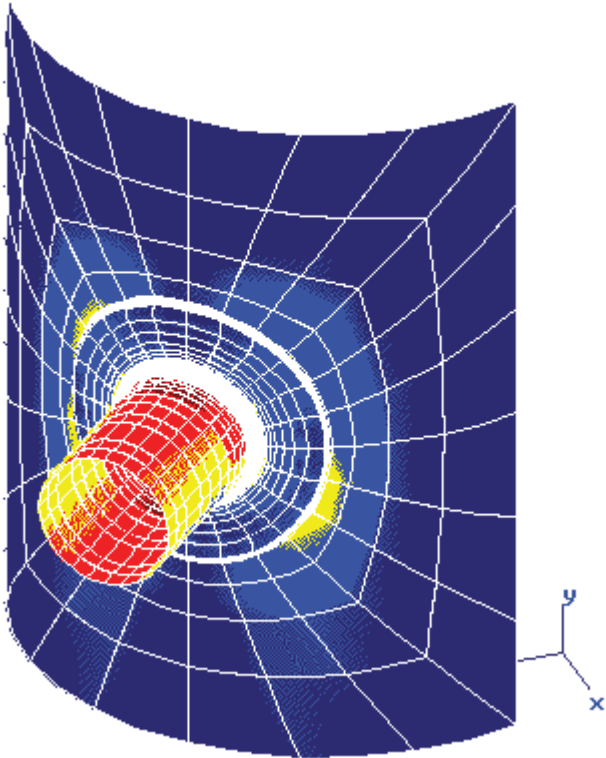
12) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 6



3d(Deformed)

3d(Small) 3d

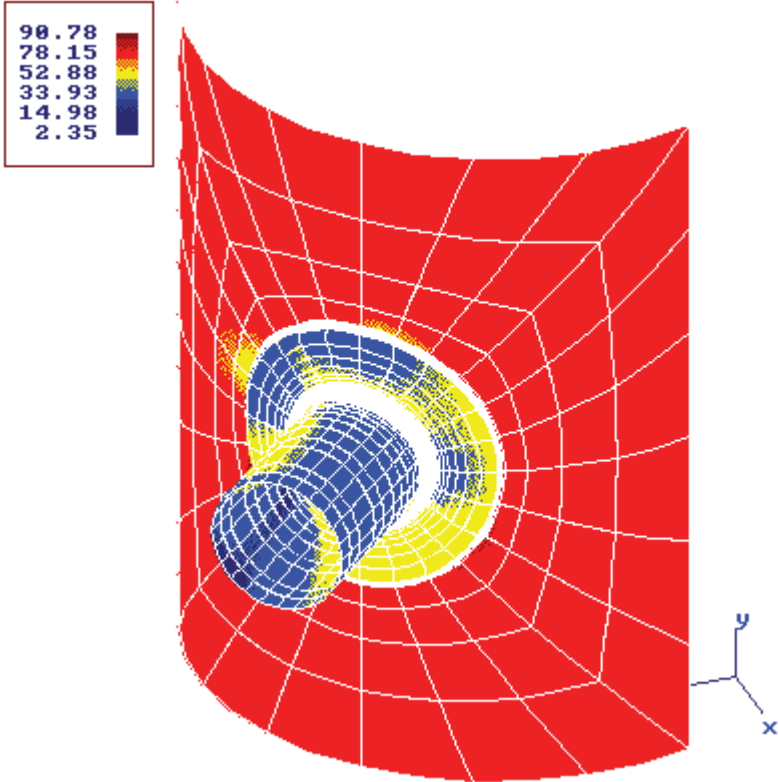
13) P1+Pb+Q+F < Sa <SIF Outside> Case 7



3d(Deformed)

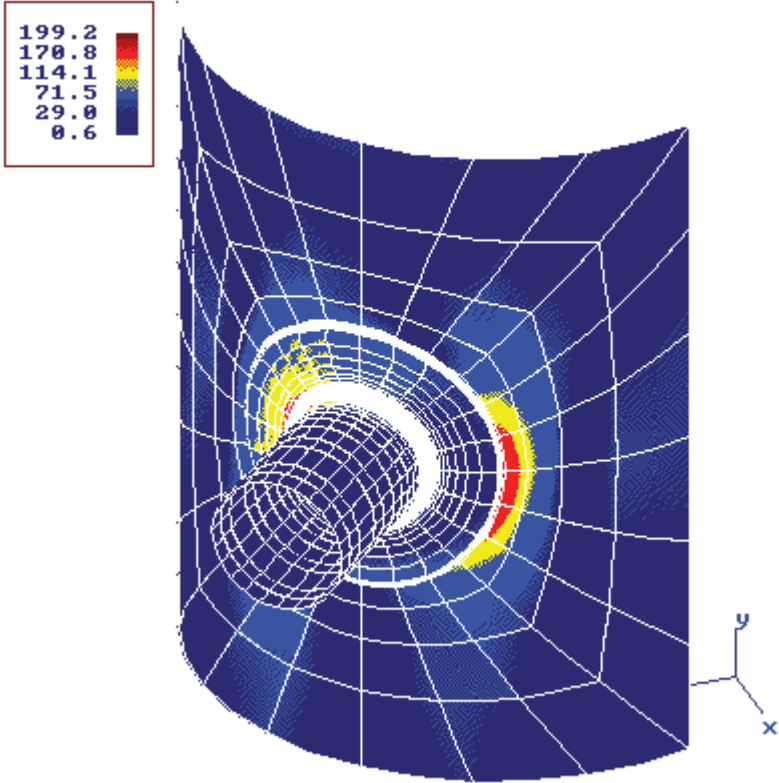
3d(Small) 3d

8) Membrane < User <OPE Membrane> Case 3



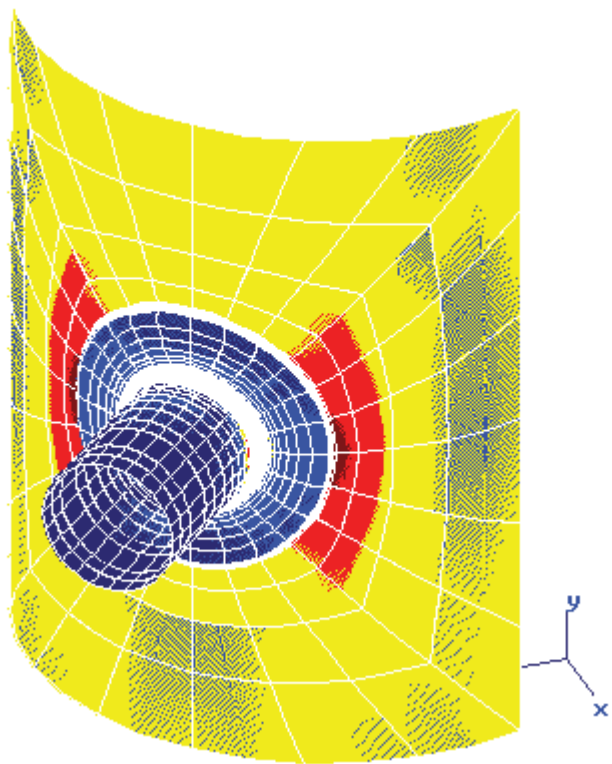
3d(Deformed)

9) Bending < User <OPE Bending> Case 3



3d(Deformed)

14) $P1+Pb+Q+F < Sa$ (SIF Outside) Case 8



3d(Deformed)

3d(Small)	3d
-----------	----

Расчетно-пояснительная записка

STRENGTH CALCULATION

АДСОРБЕР ХЛОРИДНОЙ ОЧИСТКИ

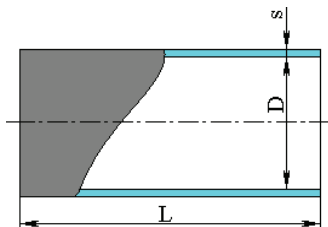
CHLORIDE ADSORBER

208-40-D-004



Расчет на прочность выполнен на ЭВМ по программе «Пассат 2.01», разработанной ООО НТП «Трубопровод».

Обечайка цилиндрическая



Исходные данные

Материал:	SA-516 70
Внутр. диаметр, D:	700 мм
Толщина стенки, s:	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c ₁ :	3 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c ₂ :	0 мм
Прибавка технологическая, c ₃ :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	3 мм
Длина обечайки, L:	3.295·10 ³ мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

$$\varphi_p = 1$$

Окружной шов:

$$\varphi_T = 1$$

Изоляция:

Название:	INSULATION
Толщина, s _{из} :	50 мм
Плотность, ρ _{из} :	224 кг/м ³

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	425 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	1.081 МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0 Н·м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0 Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0 Н

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.2-2007

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{c/t}/n_T; R_{m/t}/n_B; R_{m/10^{n/t}}/n_D; R_{p1,0/10^{n/t}}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Гладкая обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением (п. 5.3.1.).

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c = (1.081 \cdot 700) / (2 \cdot 176.8 \cdot 1 - 1.081) + 3 = 5.146 \text{ мм}$$

$$5.146 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие работоспособности выполнено**

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = 2 \cdot 176.8 \cdot 1 \cdot (10 - 3) / (700 + 10 - 3) = 3.501 \text{ МПа}$$

$$3.501 \text{ МПа} \geq 1.081 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Минимальное расстояние между "одинокими" штуцерами:

$$b_0 = 2 \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)} = 2 \cdot \sqrt{700 \cdot (10 - 3)} = 140 \text{ мм}$$

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление (с учётом гидростатического), p:	2.722 МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0 Н·м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0 Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0 Н

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.2-2007

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta * R_{e/20} / n_T = 1 * 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Гладкая обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением (п. 5.3.1.).

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c = (2.722 \cdot 700) / (2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 - 2.722) + 3 = 3.004 \text{ мм}$$

$$3.004 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}$$

Закключение: **Условие работоспособности выполнено**

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot (10 - 3)}{700 + 10 - 3} = 4.716 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

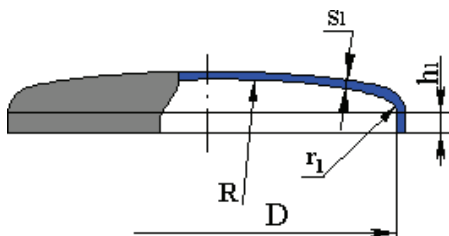
$$4.716 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.722 \text{ МПа}$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Минимальное расстояние между "одиночными" штуцерами:

$$b_0 = 2 \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)} = 2 \cdot \sqrt{700 \cdot (10 - 3)} = 140 \text{ мм}$$

Днище торосферическое



Исходные данные

Материал:	SA-516 70
Внутр. диаметр, D:	700 мм
Толщина стенки днища, s ₁ :	14.2 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c ₁ :	0 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c ₂ :	0 мм
Прибавка технологическая, c ₃ :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	0 мм
Радиус кривизны в вершине, R:	700 мм
Радиус скругления, r ₁ :	75 мм
Длина отбортовки, h ₁ :	328 мм

Полученная высота днища, H:	175 мм
Наруж. диаметр, D ₁ =D+2*s ₁ :	728.4 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

$$\varphi = 1$$

Изоляция:

Название: INSULATION
Толщина, $s_{из}$: 50 мм
Плотность, $\rho_{из}$: 224 кг/м³

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.084 МПа

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.2-2007

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eT}/n_T; R_{mT}/n_B; R_{m10nT}/n_D; R_{p1.0/10nT}/n_P) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; -/-; -/-\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 6.4.1)

Анализ типа днища:

Отношение $R/D_1 = 0.961$

Отношение $r_1/D_1 = 0.103$

Принятый тип днища: Тип А

$$\beta_1 = f(\text{Тип днища} = \text{Тип А}, p/[\sigma] = 0.006134) = 1.663$$

Расчётная толщина стенки в краевой зоне с учётом прибавок:

$$s_{\text{кр}} + c = \frac{p \cdot D_1 \cdot \beta_1}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} + c = (1.084 \cdot 728.4 \cdot 1.663) / (2 \cdot 176.8 \cdot 1) + 0 = 3.716 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки в центральной зоне с учётом прибавок:

$$s_{\text{ц}} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (1.084 \cdot 700) / (2 \cdot 176.8 \cdot 1 - 0.5 \cdot 1.084) + 0 = 2.15 \text{ мм}$$

$$3.716 \text{ мм} \leq 14.2 \text{ мм}$$

Закключение: **Условие работоспособности выполнено**

$$\beta_2 = f(\text{Тип днища} = \text{Тип А}, (s_1 - c)/D = 0.02029) = 1.25$$

Допускаемое давление из условия прочности краевой зоны:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{D_1 \cdot \beta_2} = 2 \cdot 176.8 \cdot 1 \cdot (14.2 - 0) / (728.4 \cdot 1.25) = 5.514 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия прочности центральной зоны:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = 2 \cdot 176.8 \cdot 1 \cdot (14.2 - 0) / (700 + 0.5 \cdot (14.2 - 0)) = 7.1 \text{ МПа}$$

$$5.514 \text{ МПа} \geq 1.084 \text{ МПа}$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт отбортовки.

$$h_1 > 0.8 \sqrt{D_1 (s_1 - c)} \quad 328 > 0.8 \cdot \sqrt{728.4 \cdot (14.2 - 0)}^{1/2} = 8.275, \text{ требуется расчёт участка отбортовки}$$

Расчётная толщина стенки отбортовки:

$$s_{h\text{кр}} + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p} + c = (1.084 \cdot 700) / (2 \cdot 176.8 \cdot 1 - 1.084) + 0 = 2.154 \text{ мм}$$

$$[p]_{hl} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{D + (s_1 - c)} = 2 \cdot 176.8 \cdot 1 \cdot (14.2 - 0) / (700 + (14.2 - 0)) = 7.03 \text{ МПа}$$

$$7.03 \text{ МПа} \geq 1.084 \text{ МПа}$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.726 МПа

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.2-2007

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала SA-516 70 при температуре $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 6.4.1)

$$\beta_1 = f(\text{Тип днища} = \text{Тип А}, p/[\sigma] = 0.1145 \cdot 10^{-4}) = 9.562$$

Расчётная толщина стенки в краевой зоне с учётом прибавок:

$$s_{\text{кр}} + c = \frac{p \cdot D_1 \cdot \beta_1}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} + c = (2.726 \cdot 728.4 \cdot 9.562) / (2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1) + 0 = 0.03986 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки в центральной зоне с учётом прибавок:

$$s_{\text{ц}} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (2.726 \cdot 700) / (2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 - 0.5 \cdot 2.726) + 0 = 0.004006 \text{ мм}$$

$$0.03986 \text{ мм} \leq 14.2 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие работоспособности выполнено**

$$\beta_2 = f(\text{Тип днища} = \text{Тип А}, (s_1 - c)/D = 0.02029) = 1.25$$

Допускаемое давление из условия прочности краевой зоны:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{D_1 \cdot \beta_2} = 2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot (14.2 - 0) / (728.4 \cdot 1.25) = 7.429 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия прочности центральной зоны:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = 2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot (14.2 - 0) / (700 + 0.5 \cdot (14.2 - 0)) = 9.566 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

$$7.429 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.726 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт отбортовки.

$$h_1 > 0.8 \sqrt{D_1 (s_1 - c)} \quad 328 > 0.8 \cdot (728.4 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 8.275, \text{ требуется расчёт участка отбортовки}$$

Расчётная толщина стенки отбортовки:

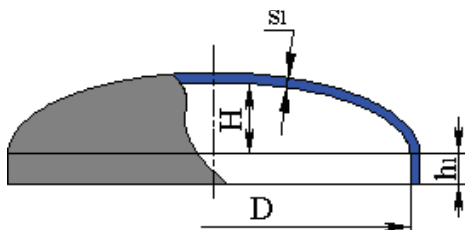
$$s_{\text{кп}} + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p} + c = (2.726 \cdot 700) / (2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 - 2.726) + 0 = 0.004006 \text{ мм}$$

$$[p]_{\text{кл}} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{D + (s_1 - c)} = 2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot (14.2 - 0) / (700 + (14.2 - 0)) = 9.471 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

$$9.471 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.726 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Днище эллиптическое



Исходные данные

Материал:	SA-516 70
Внутр. диаметр, D:	700 мм
Толщина стенки днища, s ₁ :	8.5 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c ₁ :	3 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c ₂ :	0 мм
Прибавка технологическая, c ₃ :	0 мм
Суммарная прибавка к толщине стенки, c:	3 мм
Высота днища, H:	175 мм
Длина отбортовки, h ₁ :	30 мм
Радиус кривизны в вершине днища:	

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 700^2 / (4 \cdot 175) = 700 \text{ мм}$$

Коэффициент прочности сварного шва:

$$\varphi = 1$$

Изоляция:

Название:	INSULATION	
Толщина, $s_{из}$:	50	мм
Плотность, $\rho_{из}$:	224	кг/м ³

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	425	°C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	1.054	МПа

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.2-2007

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eT}/n_T; R_{mT}/n_B; R_{m10T}/n_D; R_{p1.0/10T}/n_L) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением.

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (1.054 \cdot 700) / (2 \cdot 176.8 \cdot 1 - 0.5 \cdot 1.054) + 3 = 5.089 \text{ мм}$$

$$5.089 \text{ мм} \leq 8.5 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие работоспособности выполнено**

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = 2 \cdot 176.8 \cdot 1 \cdot (8.5 - 3) / (700 + 0.5 \cdot (8.5 - 3)) = 2.767 \text{ МПа}$$

$$2.767 \text{ МПа} \geq 1.054 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20	°C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	2.689	МПа

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.2-2007

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением.

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 700^2 / (4 \cdot 175) = 700 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (2.689 \cdot 700) / (2 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1 - 0.5 \cdot 2.689) + 3 = 3.004 \text{ мм}$$

$$3.004 \text{ мм} \leq 8.5 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие работоспособности выполнено**

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = 2 * 2.382 \cdot 10^5 * 1 * (8.5 - 3) / (700 + 0.5 * (8.5 - 3)) = 3.728 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

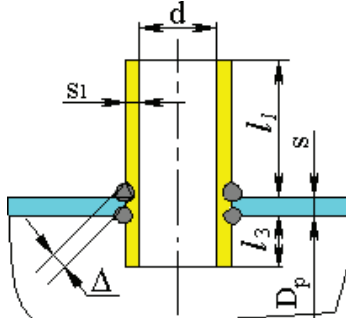
$3.728 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.689 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

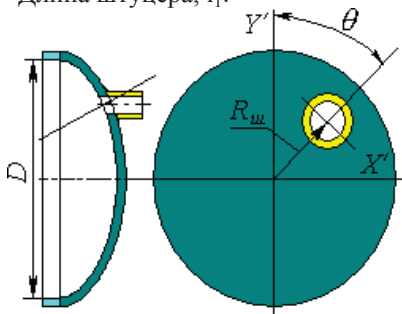
Штуцер В5

Исходные данные

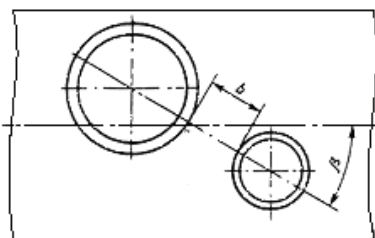
Элемент:	Штуцер В5
Условное обозначение (метка)	В5
Элемент, несущий штуцер:	Днище торосферическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище торосферическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:	SA-516 70
Толщина стенки несущего элемента, s:	14.2 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	0 мм
Материал штуцера:	SA-106B
Внутренний диаметр штуцера, d:	77.93 мм
Толщина стенки штуцера, s1:	5.49 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:	0 мм
Длина штуцера, l1:	225 мм



Смещение штуцера, Rш:	210 мм
Угол поворота штуцера, θ:	254 градус
Полученный угол наклона штуцера, γ:	(-42.98) градус
Длина внутр. части штуцера, l3:	0 мм
Прибавка на коррозию, cs1:	0 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ:	14.2 мм
Расчётные параметры размещения штуцера:	
Ближайший штуцер	



Название штуцера:	Штуцер В1
Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:	152.3 мм
(для наклонных штуцеров)	

определяется приближенно)

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi = 1$$

Расчётный диаметр торосферического или неотбортованного сферического днища:

$$D_p = 2 \cdot R_{\text{ш}} = 2 \cdot 700 = 1.4 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.086 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{mH}/n_D; R_{p1.0H}/n_n) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{mH}/n_D; R_{p1.0H}/n_n) = 1 \cdot \min\{208.9 / 1.5; 405.7 / 2.4; - / -; - / -\} = 139.3 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.086 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 139.3 \cdot 1 - 1.086) = 0.3049 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 139.3 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 18.33 \text{ МПа}$$

$$18.33 \text{ МПа} \geq 1.086 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.153 \text{ мм}$$

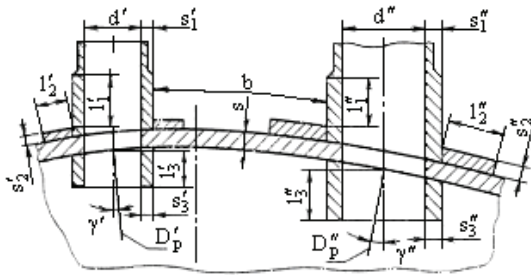
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на выпуклом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{\text{ш}}}{D_p} \right)^2} = (77.93 + 2 \cdot 0) / [1 - (2 \cdot 210 / 1.4 \cdot 10^3)^2] = 85.64 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 2.153 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 1.635 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер В1 не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D'_p \cdot (s - c)} + \sqrt{D''_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 282 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 225; 1.25 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0))^{1/2} \} = 25.86 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 139.3 / 176.8 \} = 0.7878$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + l'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + l'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + l''_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + l''_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + l''_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'_1}{\varphi'_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''_1}{\varphi''_1} \cdot \frac{l''_{1p}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (152.3 \cdot (14.2 - 0))] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 152.3)) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 152.3 + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 152.3]]) = 0.7882 \}$$

$$= 0.7882$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7882] \cdot 0.7882}{0.7882} = 5.608 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141)] = 0.9393 \}$$

$$= 0.9393$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot \varphi} \cdot \varphi = 2 * 2 * (14.2 - 0) * 1 * 176.8 * 0.9393 / [1.4 \cdot 10 + (14.2 - 0) * 0.9393] = 6.673 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min\{6.673; 5.608\} \text{ МПа}$

5.608 МПа \geq 1.086 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5(d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 * (85.64 - 56.4) * 2.153 = 0.3147 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) \\ = 25.86 * (5.49 - 0.3049 - 0) * 0.7878 + 0 * 0 * 0 + 0 * (5.49 - 0 - 0) * 0.7878 + 141 * (14.2 - 2.153 - 0) \\ = 0.001804 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3147 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.001804 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.728 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta * R_{e/20} / n_T = 1 * 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta * R_{e/20} / n_T = 1 * 248.2 / 1.1 = 225.6 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.728 * (77.93 + 2 * 0) / (2 * 225.6 * 1 - 2.728) = 0.4739 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 * 225.6 * 1 * (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 29.7 \text{ МПа}$$

29.7 МПа \geq 2.728 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.004008 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 * ((14.2 - 0) / 0.004008 - 0.8) * (1.4 \cdot 10^3 * (14.2 - 0))^{1/2} = 9.988 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 225.6 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.9473 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + l_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + l_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + l_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + l_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + l_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{l_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c''_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{l_{1p}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 * (5.49 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 * 0 * 0 + 0 * (5.49 - 0 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3} + 25.86 * (5.49 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 * 0 * 0 + 0 * (5.49 - 0 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3}) / (152.3 * (14.2 - 0))] / (1 * (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 * 152.3) + 2 * [(77.93 + 2 * 0) / 1.4 \cdot 10^3 * 1 / 1 * 25.86 / 152.3] + [(77.93 + 2 * 0) / 1.4 \cdot 10^3 * 1 / 1 * 25.86 / 152.3] * 1 / 1 * 25.86 / 152.3)) = 0.7144 \}$$

$$= 0.7144$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 * 2 * (14.2 - 0) * 1 * 2.382 \cdot 10^5 / [0.5 * (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) * 0.7144] * 0.7144}{6.854 \cdot 10^3 \text{ МПа}}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 * (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 * (1.4 \cdot 10^3 * (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 * (5.49 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 * 0 * 0 + 0 * (5.49 - 0 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3}) / (141 * (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 * (85.64 - 56.4) / 141 + 2 * (77.93 + 2 * 0) / 1.4 \cdot 10^3 * 1 / 1 * 25.86 / 141] = 0.8897 \}$$

$$= 0.8897$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 * 2 * (14.2 - 0) * 1 * 2.382 \cdot 10^5 * 0.8897 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) * 0.8897]}{8.52 \cdot 10^3 \text{ МПа}}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 8.52 \cdot 10^3; 6.854 \cdot 10^3 \}$ МПа

$$6.854 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.728 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 * (85.64 - 56.4) * 0.004008 = 0.586 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 * (5.49 - 0.4739 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 * 0 * 0 + 0 * (5.49 - 0 - 0) * 0.9473 \cdot 10^{-3} + 141 * (14.2 - 0.004008 - 0)$$

$$= 0.002002 \text{ м}^2$$

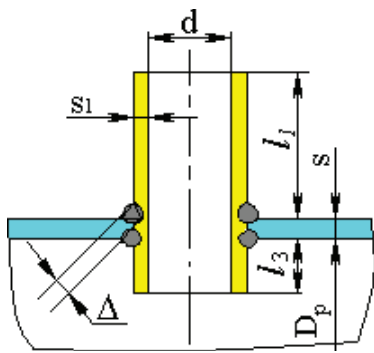
$$A_r = 0.586 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.002002 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

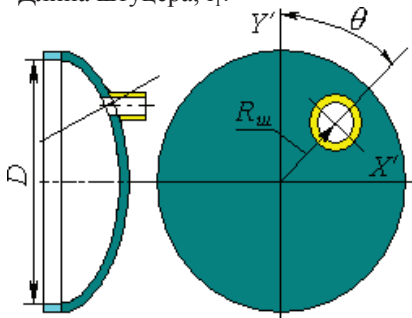
Штуцер В2

Исходные данные

Элемент:	Штуцер В2
Условное обозначение (метка)	В2
Элемент, несущий штуцер:	Днище торосферическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище торосферическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления

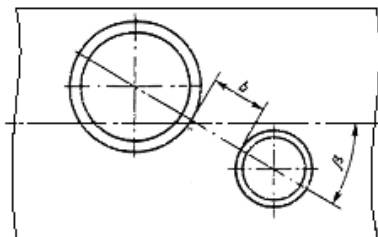


Материал несущего элемента:	SA-516 70
Толщина стенки несущего элемента, s:	14.2 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	0 мм
Материал штуцера:	SA-106B
Внутренний диаметр штуцера, d:	77.93 мм
Толщина стенки штуцера, s1:	5.49 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:	0 мм
Длина штуцера, l1:	225 мм



Смещение штуцера, Rш:	210 мм
Угол поворота штуцера, θ:	36 градус
Полученный угол наклона штуцера, γ:	(-42.98) градус
Длина внутр. части штуцера, l3:	0 мм
Прибавка на коррозию, cs1:	0 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ:	14.2 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:
Ближайший штуцер



Название штуцера:	Штуцер ВЗ
Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b: (для наклонных штуцеров определяется приближенно)	158.2 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi = 1$$

Расчётный диаметр торосферического или неотбортованного сферического днища:

$$D_p = 2 \cdot R = 2 \cdot 700 = 1.4 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, Т: 425 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 1.086 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре Т = 425 °С (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0H}/n_n) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °С:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106В при температуре Т = 425 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0H}/n_n) = 1 \cdot \min\{208.9 / 1.5; 405.7 / 2.4; - / -; - / -\} = 139.3 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °С:

$$E_1 = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{1p} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.086 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 139.3 \cdot 1 - 1.086) = 0.3049 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 139.3 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 18.33 \text{ МПа}$$

$$18.33 \text{ МПа} \geq 1.086 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.153 \text{ мм}$$

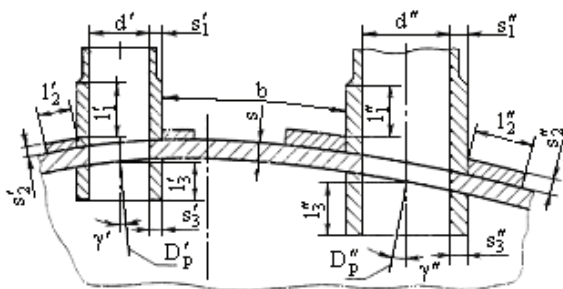
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на выпуклом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{mH}}{D_p} \right)^2} = (77.93 + 2 \cdot 0) / [1 - (2 \cdot 210 / 1.4 \cdot 10^3)^2] = 85.64 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 2.153 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 1.635 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер ВЗ не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 282 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min\{l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)}\} = \min\{225; 1.25 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0))^{1/2}\} = 25.86 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1, 0; \frac{[\sigma]}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1, 0; 139.3 / 176.8 \} = 0.7878$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p} \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p} \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{1p} \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_{11}'' + l_{2p} \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p} \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi_1'} \cdot \frac{l_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi_1''} \cdot \frac{l_{1p}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0) \cdot (158.2 \cdot (14.2 - 0))] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 158.2) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2 + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2] \cdot 1) \cdot 0.7981]) = 0.7981 \}$$

$$= 0.7981$$

$$[p]_E = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7981] \cdot 0.7981}{0.7981} = 5.678 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0) \cdot (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141)] = 0.9393 \}$$

$$= 0.9393$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 0.9393 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.9393]}{0.9393} = 6.673 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 6.673; 5.678 \} \text{ МПа}$

5.678 МПа \geq 1.086 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 2.153 = 0.3147 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.3049 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 141 \cdot (14.2 - 2.153 - 0)$$

$$= 0.001804 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3147 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.001804 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.728 МПа

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141] = 0.8897 \}$$

$$= 0.8897$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 0.8897 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.8897] = 8.52 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 8.52 \cdot 10^3; 6.963 \cdot 10^3 \}$ МПа

$6.963 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.728 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 0.004008 = 0.586 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.4739 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 141 \cdot (14.2 - 0.004008 - 0)$$

$$= 0.002002 \text{ м}^2$$

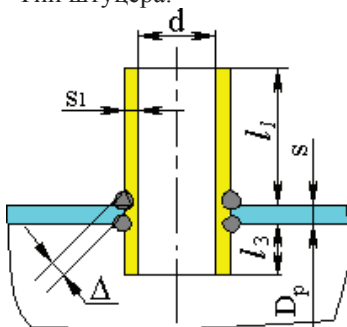
$$A_r = 0.586 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.002002 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер В4

Исходные данные

Элемент:	Штуцер В4
Условное обозначение (метка):	В4
Элемент, несущий штуцер:	Днище торосферическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище торосферическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s:

14.2 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:

0 мм

Материал штуцера:

SA-106B

Внутренний диаметр штуцера, d:

77.93 мм

Толщина стенки штуцера, s1:

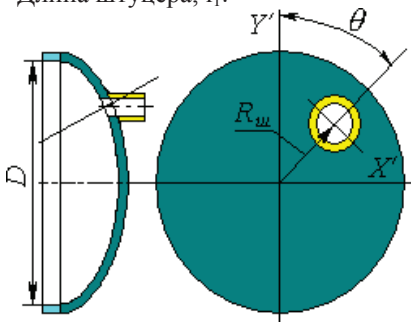
5.49 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:

0 мм

Длина штуцера, l1:

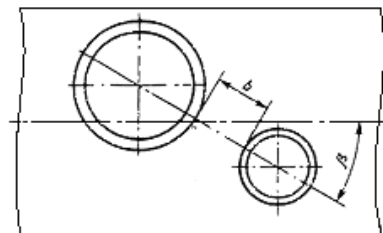
625 мм



Смещение штуцера, Rш:

210 мм

Угол поворота штуцера, θ : 180 градус
 Полученный угол наклона штуцера, γ : (-42.98) градус
 Длина внутр. части штуцера, l_3 : 0 мм
 Прибавка на коррозию, c_{s1} : 0 мм
 Минимальный размер сварного шва, Δ : 14.2 мм
 Расчётные параметры размещения штуцера:
 Ближайший штуцер



Название штуцера: Штуцер ВЗ
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b :
 (для наклонных штуцеров
 определяется приближенно) 158.2 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi = 1$$

Расчётный диаметр торосферического или неотбортованного сферического днища:

$$D_p = 2 \cdot R = 2 \cdot 700 = 1.4 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T : 425 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p : 1.089 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0H}/n_P) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0H}/n_P) = 1 \cdot \min\{208.9 / 1.5; 405.7 / 2.4; - / -; - / -\} = 139.3 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{ш} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.089 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 139.3 \cdot 1 - 1.089) = 0.3058 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 139.3 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 18.33 \text{ МПа}$$

$$18.33 \text{ МПа} \geq 1.089 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.159 \text{ мм}$$

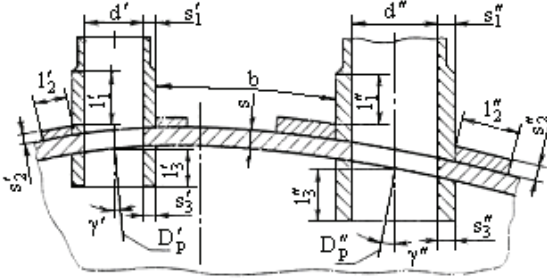
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на выпуклом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{\text{нп}}}{D_p} \right)^2} = (77.93 + 2 \cdot 0) / [1 - (2 \cdot 210 / 1.4 \cdot 10^3)^2] = 85.64 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 2.159 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 1.629 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер ВЗ не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 282 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 625; 1.25 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0))^{1/2} \} = 25.86 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma_1]}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 139.3 / 176.8 \} = 0.7878$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1 + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2 + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3 + l_{1p}'' \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_1 + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2 + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s' \cdot \frac{\varphi'}{D_p'} \cdot \frac{l_{1p}'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s'' \cdot \frac{\varphi''}{D_p''} \cdot \frac{l_{1p}''}{b}}{D_p' \cdot \frac{\varphi'}{D_p'} + D_p'' \cdot \frac{\varphi''}{D_p''}} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (158.2 \cdot (14.2 - 0))] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 158.2) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2 + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2])]) = 0.7981 \}$$

$$= 0.7981$$

$$[p]_{\text{ж}} = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s - c) \cdot V_1} = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7981]}{0.7981} = 5.678 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141] = 0.9393\}$$

$$= 0.9393$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 0.9393 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.9393] = 6.673 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 6.673; 5.678 \}$ МПа

5.678 МПа \geq 1.089 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 2.159 = 0.3156 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.3058 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 141 \cdot (14.2 - 2.159 - 0)$$

$$= 0.001803 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3156 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.001803 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.732 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 248.2 / 1.1 = 225.6 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.732 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 225.6 \cdot 1 - 2.732) = 0.4746 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 225.6 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 29.7 \text{ МПа}$$

$$29.7 \text{ МПа} \geq 2.732 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.004014 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 0.004014 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 9.974 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1, 0; \left[\frac{\sigma}{\sigma} \right] \right\} = \min \{ 1, 0, 225.6 / 2.382 \cdot 10^3 \} = 0.9473 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{1'_{lp} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + 1'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + 1'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + 1'_{lp} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + 1'_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + 1'_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{1'_{lp}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c''_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{1''_{lp}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3) / (158.2 \cdot (14.2 - 0))] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 158.2) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2] \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2 + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2] \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2)) = 0.7259 \}$$

$$= 0.7259$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7259] \cdot 0.7259}{\cdot 0.7259} = 6.963 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{1'_{lp} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + 1'_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + 1'_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{1'_{lp} \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{1'_{lp}} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{1'_{lp}}{1'_{lp}}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141] = 0.8897 \}$$

$$= 0.8897$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 0.8897 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.8897]}{\cdot 0.8897} = 8.52 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 8.52 \cdot 10^3; 6.963 \cdot 10^3 \} \text{ МПа}$

$$6.963 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.732 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 0.004014 = 0.5868 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = 1'_{lp} \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + 1'_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + 1'_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + 1'_{lp} \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.4746 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 141 \cdot (14.2 - 0.004014 - 0)$$

$$= 0.002002 \text{ м}^2$$

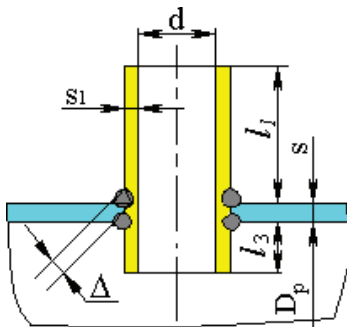
$$A_r = 0.5868 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.002002 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер ВЗ

Исходные данные

Элемент:	Штуцер ВЗ
Условное обозначение (метка)	ВЗ
Элемент, несущий штуцер:	Днище торосферическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище торосферическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s :

14.2 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c :

0 мм

Материал штуцера:

SA-106B

Внутренний диаметр штуцера, d :

77.93 мм

Толщина стенки штуцера, s_1 :

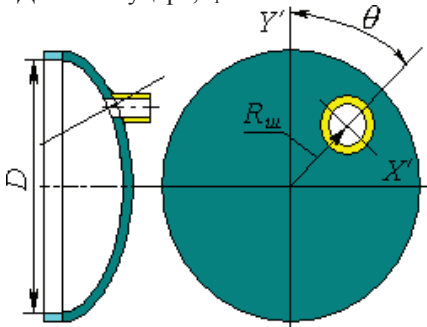
5.49 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c_s :

0 мм

Длина штуцера, l_1 :

425 мм



Смещение штуцера, $R_{ш}$:

210 мм

Угол поворота штуцера, θ :

108 градус

Полученный угол наклона штуцера, γ :

(-42.98) градус

Длина внутр. части штуцера, l_3 :

0 мм

Прибавка на коррозию, c_{s1} :

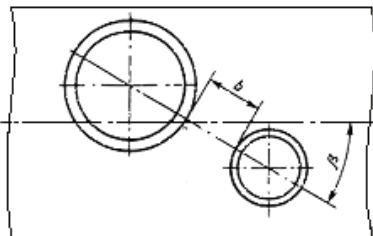
0 мм

Минимальный размер сварного шва, Δ :

14.2 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:

Ближайший штуцер



Название штуцера:

Штуцер В2

Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b :

(для наклонных штуцеров
определяется приближенно)

158.2 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$\phi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$\phi = 1$

Расчётный диаметр торосферического или неотбортованного сферического днища:

$D_p = 2 \cdot R_{ш} = 2 \cdot 700 = 1.4 \cdot 10^3$ мм

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.087 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10nH}/n_D; R_{p1,0/10nH}/n_n) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10nH}/n_D; R_{p1,0/10nH}/n_n) = 1 \cdot \min\{208.9 / 1.5; 405.7 / 2.4; - / -; - / -\} = 139.3 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p} = 1.087 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 139.3 \cdot 1 - 1.087) = 0.3054 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 139.3 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 18.33 \text{ МПа}$$

18.33 МПа \geq 1.087 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.156 \text{ мм}$$

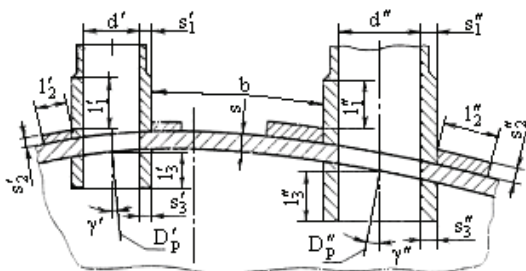
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на выпуклом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{mH}}{D_p} \right)^2} = (77.93 + 2 \cdot 0) / [1 - (2 \cdot 210 / 1.4 \cdot 10^3)^2] = 85.64 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 2.156 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 1.632 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер В2 не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 282 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_p = \min\{l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)}\} = \min\{425; 1.25 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0))^{1/2}\} = 25.86 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1, 0; \frac{[\sigma]}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1, 0, 139.3 / 176.8 \} = 0.7878$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l'_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + l'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + l'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + l'_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + l'_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + l'_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'_1}{\varphi'_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''_1}{\varphi''_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} \right)} \right\}$$
$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (158.2 \cdot (14.2 - 0))] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 158.2) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / (1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2) + [(77.93 + 2 \cdot 0) / (1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2)]]) = 0.7981) \} = 0.7981$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7981] \cdot 0.7981}{0.7981} = 5.678 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$
$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141)] = 0.9393 \} = 0.9393$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 0.9393 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.9393]}{0.9393} = 6.673 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 6.673; 5.678 \} \text{ МПа}$

5.678 МПа \geq 1.087 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 2.156 = 0.3152 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$
$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.3054 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 141 \cdot (14.2 - 2.156 - 0) = 0.001804 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3152 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.001804 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т: 20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 2.73 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 248.2 / 1.1 = 225.6 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.73 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 225.6 \cdot 1 - 2.73) = 0.4742 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 225.6 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 29.7 \text{ МПа}$$

$$29.7 \text{ МПа} \geq 2.73 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.004011 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 0.004011 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 9.981 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$$d_p < d_0: \text{Условие прочности выполнено}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 225.6 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.9473 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{lp}' \cdot (s_1'' - c_s) \cdot \chi_{11}'' + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s - c)} \right\}$$
$$= \min \left\{ 1; \frac{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi_1'} \cdot \frac{l_p'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi_1''} \cdot \frac{l_p''}{b} \right)}{25.86 / 158.2 + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 158.2]} \right\} = 0.7259$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0)]}{0.7259 \cdot 0.7259} = 6.963 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_{1p} \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_{1p}} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141] = 0.8897 \}$$

$$= 0.8897$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 0.8897 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.8897] = 8.52 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 8.52 \cdot 10^3; 6.963 \cdot 10^3 \}$ МПа

$6.963 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.73 \text{ МПа}$

Закключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 0.004011 = 0.5864 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_{1p} \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.4742 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^3 + 141 \cdot (14.2 - 0.004011 - 0)$$

$$= 0.002002 \text{ м}^2$$

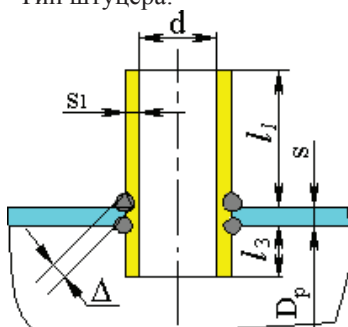
$$A_r = 0.5864 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.002002 \text{ м}^2$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер В1

Исходные данные

Элемент:	Штуцер В1
Условное обозначение (метка)	В1
Элемент, несущий штуцер:	Днище торосферическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище торосферическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s:

14.2 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:

0 мм

Материал штуцера:

SA-106B

Внутренний диаметр штуцера, d:

77.93 мм

Толщина стенки штуцера, s1:

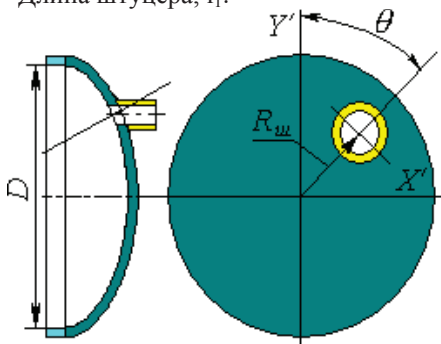
5.49 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:

0 мм

Длина штуцера, l1:

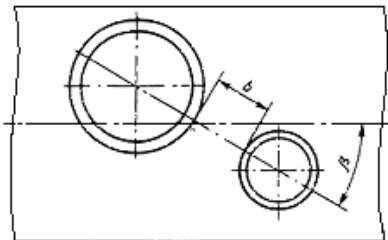
425 мм



Смещение штуцера, Rш:

210 мм

Угол поворота штуцера, θ : 324 градус
 Полученный угол наклона штуцера, γ : (-42.98) градус
 Длина внутр. части штуцера, l_3 : 0 мм
 Прибавка на коррозию, c_{s1} : 0 мм
 Минимальный размер сварного шва, Δ : 14.2 мм
 Расчётные параметры размещения штуцера:
 Ближайший штуцер



Название штуцера: Штуцер В5
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b :
 (для наклонных штуцеров
 определяется приближенно) 152.3 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi = 1$$

Расчётный диаметр торосферического или неотбортованного сферического днища:

$$D_p = 2 \cdot R = 2 \cdot 700 = 1.4 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T : 425 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p : 1.087 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eT}/n_T; R_{mT}/n_B; R_{m10nT}/n_D; R_{p1.0/10nT}/n_n) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eT}/n_T; R_{mT}/n_B; R_{m10nT}/n_D; R_{p1.0/10nT}/n_n) = 1 \cdot \min\{208.9 / 1.5; 405.7 / 2.4; - / -; - / -\} = 139.3 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.087 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 139.3 \cdot 1 - 1.087) = 0.3054 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 139.3 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 18.33 \text{ МПа}$$

$$18.33 \text{ МПа} \geq 1.087 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.156 \text{ мм}$$

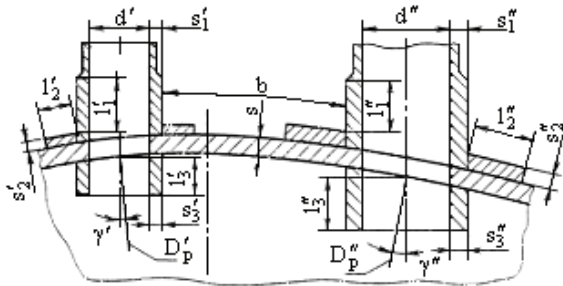
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на выпуклом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{\text{нп}}}{D_p} \right)^2} = (77.93 + 2 \cdot 0) / [1 - (2 \cdot 210 / 1.4 \cdot 10^3)^2] = 85.64 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = 2 \cdot ((14.2-0) / 2.156 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2-0))^{1/2} = 1.632 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер В5 не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s-c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s-c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2-0))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2-0))^{1/2} = 282 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 425; 1.25 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0))^{1/2} \} = 25.86 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma_1]}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 139.3 / 176.8 \} = 0.7878$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((77.93 + 2 \cdot 0) \cdot (5.49 - 0 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{1p}'' \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_1'' + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s-c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi_1'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi_1''}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 152.3) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 152.3 + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 152.3])]) = 0.7882 \} = 0.7882$$

$$[p]_{\text{в}} = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s-c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s-c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7882]}{0.7882} = 5.608 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141)] = 0.9393 \}$$

$$= 0.9393$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 0.9393 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.9393] = 6.673 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 6.673; 5.608 \}$ МПа

5.608 МПа \geq 1.087 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 2.156 = 0.3152 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.3054 - 0) \cdot 0.7878 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.7878 + 141 \cdot (14.2 - 2.156 - 0)$$

$$= 0.001804 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3152 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.001804 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т: 20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 2.73 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре Т = 20 °С (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-106B при температуре Т = 20 °С (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 248.2 / 1.1 = 225.6 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.73 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / (2 \cdot 225.6 \cdot 1 - 2.73) = 0.4742 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 225.6 \cdot 1 \cdot (5.49 - 0) / (77.93 + 5.49 + 0) = 29.7 \text{ МПа}$$

29.7 МПа \geq 2.73 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.004011 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((14.2 - 0) / 0.004011 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 9.981 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1, 0; \left[\frac{\sigma}{\sigma} \right] \right\} = \min \{ 1, 0, 225.6 / 2.382 \cdot 10^3 \} = 0.9473 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1, \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi_3 + l_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{l_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{l_{1p}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + [(25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3} + 25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3}) / (152.3 \cdot (14.2 - 0))] / (1 \cdot (0.8 + (85.64 + 85.64) / (2 \cdot 152.3) + 2 \cdot [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 152.3] + [(77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 152.3] \cdot 1)) = 0.7144] \}$$

$$= 0.7144$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (14.2 - 0) \cdot 0.7144]}{0.7144 \cdot 0.7144} = 6.854 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 141 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 141 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (14.2 - 0))^{1/2} = 56.4 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1, \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (25.86 \cdot (5.49 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3}) / (141 \cdot (14.2 - 0))] / [1 + 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) / 141 + 2 \cdot (77.93 + 2 \cdot 0) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 25.86 / 141] = 0.8897] \}$$

$$= 0.8897$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (14.2 - 0) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 \cdot 0.8897 / [1.4 \cdot 10^3 + (14.2 - 0) \cdot 0.8897]}{0.8897} = 8.52 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 8.52 \cdot 10^3; 6.854 \cdot 10^3 \} \text{ МПа}$

$$6.854 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.73 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (85.64 - 56.4) \cdot 0.004011 = 0.5864 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot [s_1 - s_p - c_s] \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot [s_3 - c_s - c_{s1}] \cdot \chi_3 + l_p \cdot [s - s_p - c]$$

$$= 25.86 \cdot (5.49 - 0.4742 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (5.49 - 0 - 0) \cdot 0.9473 \cdot 10^{-3} + 141 \cdot (14.2 - 0.004011 - 0)$$

$$= 0.002002 \text{ м}^2$$

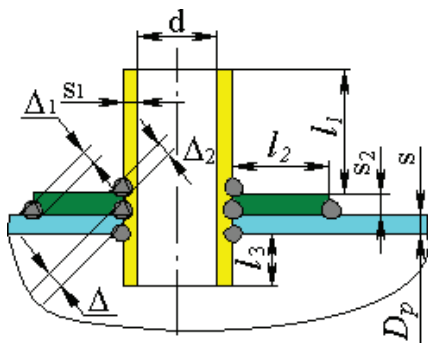
$$A_r = 0.5864 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.002002 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

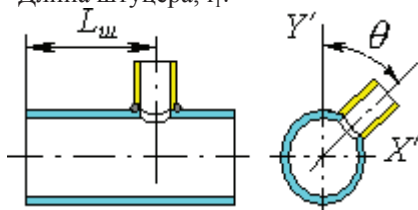
Штуцер Н

Исходные данные

Элемент:	Штуцер Н
Условное обозначение (метка)	Н
Элемент, несущий штуцер:	Обечайка цилиндрическая
Тип элемента, несущего штуцер:	Обечайка цилиндрическая
Тип штуцера:	Проходящий с накладным кольцом



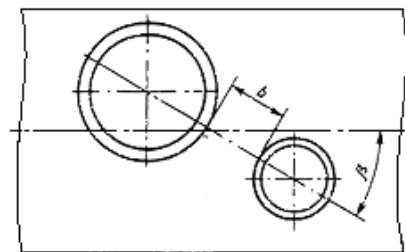
Материал несущего элемента:	SA-516 70
Толщина стенки несущего элемента, s:	10 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	3 мм
Материал штуцера:	SA-266-2
Внутренний диаметр штуцера, d:	457.2 мм
Толщина стенки штуцера, s ₁ :	10 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c _s :	3 мм
Длина штуцера, l ₁ :	130 мм



Смещение штуцера, L _ш :	2.625·10 ³ мм
Угол поворота штуцера, θ:	225 градус
Длина внутр. части штуцера, l ₃ :	0 мм
Прибавка на коррозию, c _{s1} :	0 мм
Материал кольца:	SA-266-2
Ширина кольца, l ₂ :	101.4 мм
Толщина кольца, s ₂ :	10 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ:	10 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ ₁ :	10 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ ₂ :	10 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:

Ближайший штуцер



Название штуцера:	Штуцер D
Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b: (для наклонных штуцеров определяется приближенно)	720 мм

Угол β:	90 градус
---------	-----------

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi = 1$$

Расчётный диаметр цилиндрической обечайки:

$$D_p = D = 700 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.059 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0/10H}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = 134 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.788 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_2 = 134 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_2 = 1.788 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p} = 1.059 \cdot (457.2 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 134 \cdot 1 - 1.059) = 1.838 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 134 \cdot 1 \cdot (10 - 3) / (457.2 + 10 + 3) = 3.99 \text{ МПа}$$

$$3.99 \text{ МПа} \geq 1.059 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

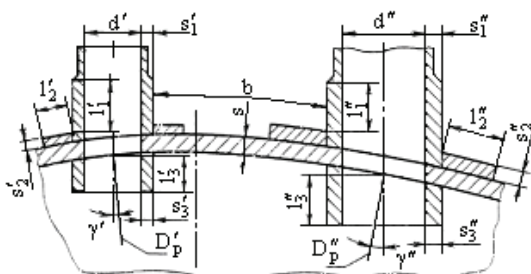
$$s_p = 2.103 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр отверстия (ось штуцера совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия):

$$d_p = d + 2 \cdot c_s = 457.2 + 2 \cdot 3 = 463.2 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 3) / 2.103 - 0.8) \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 354 \text{ мм}$$



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер D не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} + (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 140 \text{ мм}$$

Условие выполнено, дальнейших расчётов укреплений не требуется.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 130; 1.25 \cdot ((457.2 + 2 \cdot 3) \cdot (10 - 3))^{1/2} \} = 71.18 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 134 / 176.8 \} = 0.758$$

Расчётная ширина кольца:

$$l_{2p} = \min \left\{ l_2; \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - c)} \right\} = \min \{ 101.4; (700 \cdot (10 + 10 - 3))^{1/2} \} = 101.4 \text{ мм}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 134 / 176.8 \} = 0.758$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((457.2 + 2 \cdot 3) \cdot (10 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 70 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 70 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (71.18 \cdot (10 - 3) \cdot 0.758 + 101.4 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10 - 3 - 0) \cdot 0.758) / (70 \cdot (10 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (463.2 - 28) / 70 + 1 \cdot (457.2 + 2 \cdot 3) / 700 \cdot 1 / 1 \cdot 71.18 / 70] \} = 0.6984$$

$$= 0.6984$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} = 2 \cdot 1 \cdot (10 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 0.6984 / [700 + (10 - 3) \cdot 0.6984] = 2.452 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 2.452 \text{ МПа}$

$$2.452 \text{ МПа} \geq 1.059 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (463.2 - 28) \cdot 2.103 = 0.4576 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) = 71.18 \cdot (10 - 1.838 - 3) \cdot 0.758 + 101.4 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10 - 3 - 0) \cdot 0.758 + 70 \cdot (10 - 2.103 - 3) = 0.00139 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.4576 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \leq 0.00139 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т: 20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 2.696 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 20^\circ\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20°C :

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре $T = 20^\circ\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 220 / 1.1 = 200 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20°C :

$$E_1 = 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре $T = 20^\circ\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20}_2 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 220 / 1.1 = 200 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20°C :

$$E_2 = 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.696 \cdot (457.2 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 200 \cdot 1 - 2.696) = 3.143 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 200 \cdot 1 \cdot (10 - 3) / (457.2 + 10 + 3) = 5.955 \text{ МПа}$$

$$5.955 \text{ МПа} \geq 2.696 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.003961 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 3) / 0.003961 - 0.8) \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 2.473 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$$d_p < d_0: \text{Условие прочности выполнено}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 200 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.8397 \cdot 10^{-3}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 200 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.8397 \cdot 10^{-3}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 70 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 70 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (71.18 \cdot (10 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 101.4 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot (10 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3}) / (70 \cdot (10 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (463.2 - 28) / 70 + 1 \cdot (457.2 + 2 \cdot 3) / 700 \cdot 1 / 1 \cdot 71.18 / 70] \} = 0.2097$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot \varphi} \cdot V = 2 * 1 * (10 - 3) * 1 * 2.382 \cdot 10^5 * 0.2097 / [700 + (10 - 3) * 0.2097] = 996.8 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 996.8 \text{ МПа}$

$996.8 \text{ МПа} \geq 2.696 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 * (463.2 - 28) * 0.003961 = 0.862 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) \\ = 71.18 * (10 - 3.143 - 3) * 0.8397 \cdot 10^{-3} + 101.4 * 10 * 0.8397 \cdot 10^{-3} + 0 * (10 - 3 - 0) * 0.8397 \cdot 10^{-3} + 70 * (10 - 0.003961 - 3) \\ = 0.4908 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

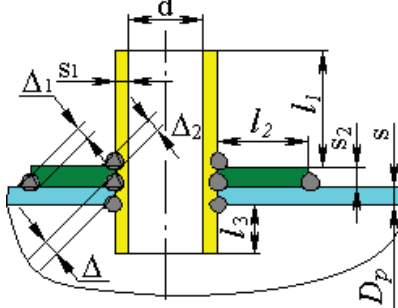
$$A_r = 0.862 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \leq 0.4908 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

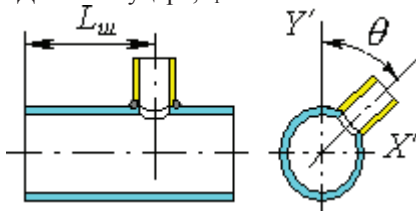
Штуцер С

Исходные данные

Элемент:	Штуцер С
Условное обозначение (метка)	С
Элемент, несущий штуцер:	Обечайка цилиндрическая
Тип элемента, несущего штуцер:	Обечайка цилиндрическая
Тип штуцера:	Проходящий с накладным кольцом



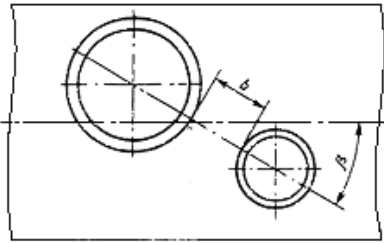
Материал несущего элемента:	SA-516 70
Толщина стенки несущего элемента, s:	10 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	3 мм
Материал штуцера:	SA-105
Внутренний диаметр штуцера, d:	152.4 мм
Толщина стенки штуцера, s1:	26.92 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:	3 мм
Длина штуцера, l1:	240 мм



Смещение штуцера, Lш:	$1.475 \cdot 10^3 \text{ мм}$
Угол поворота штуцера, theta:	270 градус
Длина внутр. части штуцера, l3:	0 мм
Прибавка на коррозию, cs1:	0 мм
Материал кольца:	SA-516 70
Ширина кольца, l2:	46.88 мм
Толщина кольца, s2:	10 мм
Минимальный размер сварного шва, Delta:	10 мм
Минимальный размер сварного шва, Delta1:	10 мм
Минимальный размер сварного шва, Delta2:	10 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:

Ближайший штуцер



Название штуцера: Штуцер Н
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:
 (для наклонных штуцеров
 определяется приближенно) 842.9 мм
 Угол β : 12.48 градус
 Коэффициенты прочности сварных швов:
 Продольный шов штуцера:
 $\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$\varphi = 1$

Расчётный диаметр цилиндрической обечайки:

$D_p = D = 700$ мм

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.068 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_m/n_B; R_m/10^{n_T}/n_D; R_{p1,0/10^{n_T}}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; -/-; -/-\} = 176.8$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$E = 1.887 \cdot 10^5$ МПа

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_m/n_B; R_m/10^{n_T}/n_D; R_{p1,0/10^{n_T}}/n_H) = 1 \cdot \min\{203.3 / 1.5; 452.1 / 2.4; -/-; -/-\} = 135.5$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$E_1 = 1.879 \cdot 10^5$ МПа

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$[\sigma]_2 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_m/n_B; R_m/10^{n_T}/n_D; R_{p1,0/10^{n_T}}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; -/-; -/-\} = 176.8$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$E_2 = 1.887 \cdot 10^5$ МПа

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.068 \cdot (152.4 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 135.5 \cdot 1 - 1.068) = 0.6268 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 135.5 \cdot 1 \cdot (26.92 - 3) / (152.4 + 26.92 + 3) = 35.57 \text{ МПа}$$

35.57 МПа \geq 1.068 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$s_p = 2.122$ мм

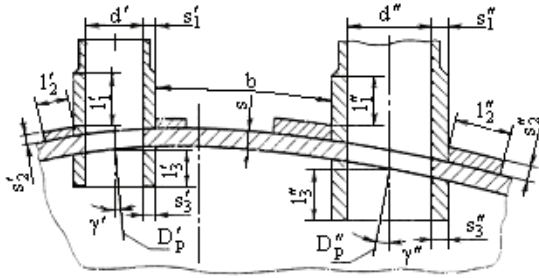
Расчётный диаметр отверстия (ось штуцера совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия):

$$d_p = d + 2 \cdot c_s = 152.4 + 2 \cdot 3 = 158.4 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s-c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = 2 \cdot ((10-3)/2.122 - 0.8) \cdot (700 \cdot (10-3))^{1/2} = 349.9 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер Н не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s-c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s-c)} = (700 \cdot (10-3))^{1/2} + (700 \cdot (10-3))^{1/2} = 140 \text{ мм}$$

Условие выполнено, дальнейших расчётов укреплений не требуется.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d+2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 240; 1.25 \cdot ((152.4 + 2 \cdot 3) \cdot (26.92 - 3))^{1/2} \} = 76.94 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 135.5 / 176.8 \} = 0.7667$$

Расчётная ширина кольца:

$$l_{2p} = \min \left\{ l_2; \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - c)} \right\} = \min \{ 46.88; (700 \cdot (10 + 10 - 3))^{1/2} \} = 46.88 \text{ мм}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 176.8 / 176.8 \} = 1$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d+2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((152.4 + 2 \cdot 3) \cdot (26.92 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = (700 \cdot (10-3))^{1/2} = 70 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 70 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = 0.4 \cdot (700 \cdot (10-3))^{1/2} = 28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s-c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d+2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (76.94 \cdot (26.92 - 3) \cdot 0.7667 + 46.88 \cdot 10 \cdot 1 + 0 \cdot (26.92 - 3 - 0) \cdot 0.7667) / (70 \cdot (10 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (158.4 - 28) / 70 + 1 \cdot (152.4 + 2 \cdot 3) / 700 \cdot 1 / 1 \cdot 1 \cdot 76.94 / 70] = 2.218 \}$$

$$= 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s-c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s-c)} \cdot V = 2 \cdot 1 \cdot (10-3) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 1 / [700 + (10-3) \cdot 1] = 3.501 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 3.501 \text{ МПа}$

3.501 МПа \geq 1.068 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (158.4 - 28) \cdot 2.122 = 0.1383 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = 1_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + 1_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + 1_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + 1_p \cdot (s - s_p - c) \\ = 76.94 \cdot (26.92 - 0.6268 - 3) \cdot 0.7667 + 46.88 \cdot 10 \cdot 1 + 0 \cdot (26.92 - 3 - 0) \cdot 0.7667 + 70 \cdot (10 - 2.122 - 3) \\ = 0.002184 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.1383 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \leq 0.002184 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.707 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 248 / 1.1 = 225.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_2 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p} = 2.707 \cdot (152.4 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 225.5 \cdot 1 - 2.707) = 0.9567 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 225.5 \cdot 1 \cdot (26.92 - 3) / (152.4 + 26.92 + 3) = 59.16 \text{ МПа}$$

$$59.16 \text{ МПа} \geq 2.707 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.003978 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 3) / 0.003978 - 0.8) \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 2.462 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 225.5 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.9466 \cdot 10^{-3}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1, 0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1, 0; 2,382 \cdot 10^5 / 2,382 \cdot 10^5 \} = 1$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 70 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 70 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0,4 \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (76,94 \cdot (26,92 - 3) \cdot 0,9466 \cdot 10^{-3} + 46,88 \cdot 10 \cdot 1 + 0 \cdot (26,92 - 3 - 0) \cdot 0,9466 \cdot 10^{-3}) / (70 \cdot (10 - 3))] / [1 + 0,5 \cdot (158,4 - 28) / 70 + 1 \cdot (152,4 + 2 \cdot 3) / 700 \cdot 1 / 1 \cdot 76,94 / 70] = 0,8992 \}$$

$$= 0,8992$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} = 2 \cdot 1 \cdot (10 - 3) \cdot 1 \cdot 2,382 \cdot 10^5 \cdot 0,8992 / [700 + (10 - 3) \cdot 0,8992] = 4,245 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 4,245 \cdot 10^3 \text{ МПа}$

$$4,245 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2,707 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0,5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0,5 \cdot (158,4 - 28) \cdot 0,003978 = 0,2594 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 76,94 \cdot (26,92 - 0,9567 - 3) \cdot 0,9466 \cdot 10^{-3} + 46,88 \cdot 10 \cdot 1 + 0 \cdot (26,92 - 3 - 0) \cdot 0,9466 \cdot 10^{-3} + 70 \cdot (10 - 0,003978 - 3)$$

$$= 0,9602 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

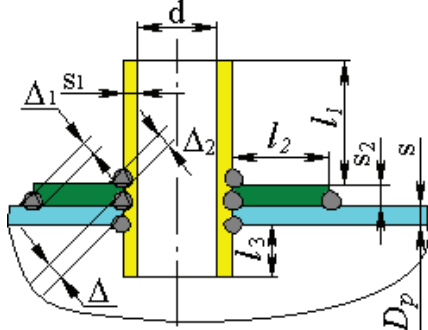
$$A_r = 0,2594 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \leq 0,9602 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер D

Исходные данные

Элемент:	Штуцер D
Условное обозначение (метка)	D
Элемент, несущий штуцер:	Обечайка цилиндрическая
Тип элемента, несущего штуцер:	Обечайка цилиндрическая
Тип штуцера:	Проходящий с накладным кольцом



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s:

10 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:

3 мм

Материал штуцера:

SA-266-2

Внутренний диаметр штуцера, d:

146,3 мм

Толщина стенки штуцера, s1:

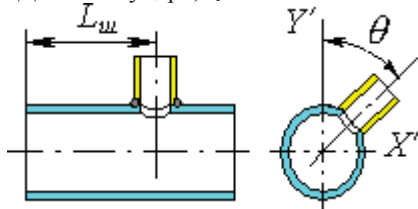
10,97 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:

3 мм

Длина штуцера, l_1 :

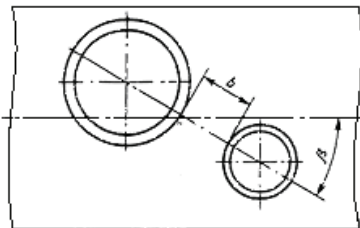
141 мм



Смещение штуцера, $L_{ш}$: $2.825 \cdot 10^3$ мм
Угол поворота штуцера, ϑ : 45 градус
Длина внутр. части штуцера, l_3 : 0 мм
Прибавка на коррозию, c_{s1} : 0 мм
Материал кольца: SA-266-2
Ширина кольца, l_2 : 65.86 мм
Толщина кольца, s_2 : 10 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ : 10 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ_1 : 10 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ_2 : 10 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:

Ближайший штуцер



Название штуцера: Штуцер Н
Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b :
(для наклонных штуцеров
определяется приближенно) 720 мм

Угол β : 180 градус

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$\varphi = 1$

Расчётный диаметр цилиндрической обечайки:

$D_p = D = 700$ мм

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T : 425 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p : 1.057 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0/10H}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$E = 1.887 \cdot 10^5$ МПа

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$[\sigma]_1 = 134$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.788 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре $T = 425^\circ\text{C}$ (рабочие условия):

$$[\sigma]_2 = 134 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425°C :

$$E_2 = 1.788 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.057 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 134 \cdot 1 - 1.057) = 0.6034 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 134 \cdot 1 \cdot (10.97 - 3) / (146.3 + 10.97 + 3) = 13.32 \text{ МПа}$$

$$13.32 \text{ МПа} \geq 1.057 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.1 \text{ мм}$$

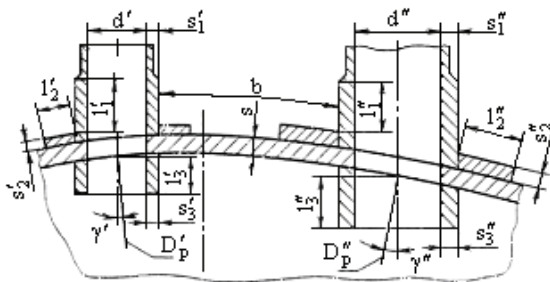
Расчётный диаметр отверстия (ось штуцера совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия):

$$d_p = d + 2 \cdot c_s = 146.3 + 2 \cdot 3 = 152.3 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 3) / 2.1 - 0.8) \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 354.7 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер Н не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} + (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 140 \text{ мм}$$

Условие выполнено, дальнейших расчётов укреплений не требуется.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 141; 1.25 \cdot ((146.3 + 2 \cdot 3) \cdot (10.97 - 3))^{1/2} \} = 43.55 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 134 / 176.8 \} = 0.758$$

Расчётная ширина кольца:

$$l_{2p} = \min \left\{ l_2; \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - c)} \right\} = \min \{ 65.86; (700 \cdot (10 + 10 - 3))^{1/2} \} = 65.86 \text{ мм}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 134 / 176.8 \} = 0.758$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((146.3 + 2 \cdot 3) \cdot (10.97 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 70 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:
 $l_p = L_0 = 70 \text{ мм}$

Расчётный диаметр:
 $d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 28 \text{ мм}$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{1; [1 + (43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758) / (70 \cdot (10 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (152.3 - 28) / 70 + 1 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / 700 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 70] = 1.263\}$$

$$= 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} = 2 \cdot 1 \cdot (10 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 1 / [700 + (10 - 3) \cdot 1] = 3.501 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 3.501 \text{ МПа}$

$3.501 \text{ МПа} \geq 1.057 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (152.3 - 28) \cdot 2.1 = 0.1305 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 43.55 \cdot (10.97 - 0.6034 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758 + 70 \cdot (10 - 2.1 - 3)$$

$$= 0.001085 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.1305 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \leq 0.001085 \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т: 20 °С
 Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 2.694 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре Т = 20 °С (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре Т = 20 °С (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 220 / 1.1 = 200 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:

$$E_1 = 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре Т = 20 °С (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_2 = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 220 / 1.1 = 200 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:

$$E_2 = 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{1p} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.694 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 200 \cdot 1 - 2.694) = 1.033 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 200 \cdot 1 \cdot (10.97 - 3) / (146.3 + 10.97 + 3) = 19.89 \text{ МПа}$$

$$19.89 \text{ МПа} \geq 2.694 \text{ МПа}$$

Закключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.003959 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 3) / 0.003959 - 0.8) \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 2.474 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$$d_p < d_0: \text{Условие прочности выполнено}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 200 / 2.382 \cdot 10^3 \} = 0.8397 \cdot 10^{-3}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 200 / 2.382 \cdot 10^3 \} = 0.8397 \cdot 10^{-3}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 70 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 70 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (700 \cdot (10 - 3))^{1/2} = 28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3}) / (70 \cdot (10 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (152.3 - 28) / 70 + 1 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / 700 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 70] \} = 0.4951$$

$$= 0.4951$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} = 2 \cdot 1 \cdot (10 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 \cdot 0.4951 / [700 + (10 - 3) \cdot 0.4951] = 2.347 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 2.347 \cdot 10^3 \text{ МПа}$

$$2.347 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.694 \text{ МПа}$$

Закключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (152.3 - 28) \cdot 0.003959 = 0.2461 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) \\ = 43.55 \cdot (10.97 - 1.033 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 70 \cdot (10 - 0.003959 - 3) \\ = 0.4905 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

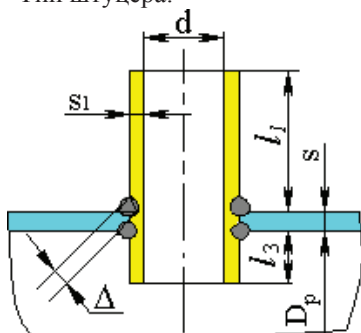
$$A_r = 0.2461 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \leq 0.4905 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

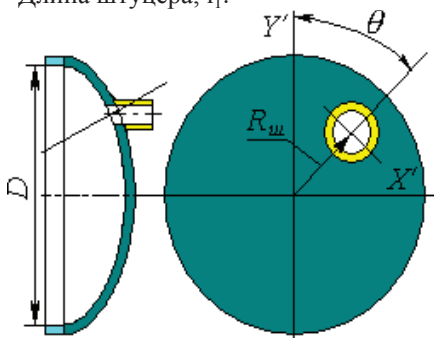
Штуцер Е

Исходные данные

Элемент:	Штуцер Е
Условное обозначение (метка)	Е
Элемент, несущий штуцер:	Днище эллиптическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище эллиптическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления

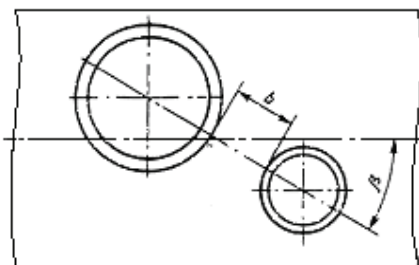


Материал несущего элемента:	SA-516 70
Толщина стенки несущего элемента, s:	8.5 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	3 мм
Материал штуцера:	SA-105
Внутренний диаметр штуцера, d:	50.8 мм
Толщина стенки штуцера, s1:	16.64 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:	3 мм
Длина штуцера, l1:	254.4 мм



Смещение штуцера, Rш:	270 мм
Угол поворота штуцера, θ :	180 градус
Полученный угол наклона штуцера, γ :	(-34.29) градус
Длина внутр. части штуцера, l3:	0 мм
Прибавка на коррозию, cs1:	0 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ :	8.5 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:
Ближайший штуцер



Название штуцера:	Штуцер G
Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b: (для наклонных штуцеров определяется приближенно)	161.3 мм
Коэффициенты прочности сварных швов:	
Продольный шов штуцера:	

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi = 1$$

Расчётный диаметр выпуклого эллиптического днища:

$$D_p = \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(D^2 - 4 \cdot H^2)}{D^4} \cdot R_{ш}^2} = 700^2 / (2 \cdot 175) \cdot (1 - 4 \cdot (700^2 - 4 \cdot 175^2) \cdot 270^2 / 700^4)^{1/2} = 1.042 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.052 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0/10H}/n_P) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1.0/10H}/n_P) = 1 \cdot \min\{203.3 / 1.5; 452.1 / 2.4; - / -; - / -\} = 135.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.879 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.052 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 135.5 \cdot 1 - 1.052) = 0.2214 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 135.5 \cdot 1 \cdot (16.64 - 3) / (50.8 + 16.64 + 3) = 52.49 \text{ МПа}$$

$$52.49 \text{ МПа} \geq 1.052 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.087 \text{ мм}$$

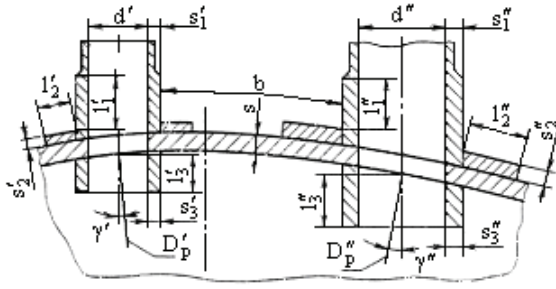
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на эллиптическом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{ш}}{D_p} \right)^2}} = (50.8 + 2 \cdot 3) / \sqrt{1 - (2 \cdot 270 / 1.042 \cdot 10^3)^2}^{1/2} = 66.42 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 2.087 - 0.8) \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 277.9 \text{ мм}$$

$$d_p < d_0: \text{Условие прочности выполнено}$$



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер G не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 163.4 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 254.4; 1.25 \cdot ((50.8 + 2 \cdot 3) \cdot (16.64 - 3))^{1/2} \} = 34.79 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 135.5 / 176.8 \} = 0.7667$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((50.8 + 2 \cdot 3) \cdot (16.64 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{1p}'' \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_1'' + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi_1'} \cdot \frac{l_{1p}'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi_1''} \cdot \frac{l_{1p}''}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667 + 43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758) / (161.3 \cdot (8.5 - 3))] / (1 \cdot (0.8 + (66.42 + 152.3) / (2 \cdot 161.3) + 2 \cdot [(50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3 + [(146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3])]) = 1.454 \}$$

$$= 1$$

$$[p]_{\Sigma} = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') \cdot (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.042 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) \cdot 1]}{1} = 3.171 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 30.28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 10 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667) / (75.69 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) / 75.69 + 2 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 75.69] = 1.454 \}$$

$$= 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 * 2 * (8.5 - 3) * 1 * 176.8 * 1 / [1.042 \cdot 10 + (8.5 - 3) * 1] = 3.714 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min\{3.714; 3.171\} \text{ МПа}$

$3.171 \text{ МПа} \geq 1.052 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5(d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 * (66.42 - 30.28) * 2.087 = 0.3771 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) \\ = 34.79 * (16.64 - 0.2214 - 3) * 0.7667 + 0 * 10 * 0 + 0 * (16.64 - 3 - 0) * 0.7667 + 75.69 * (8.5 - 2.087 - 3) \\ = 0.6163 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3771 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.6163 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.688 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta * R_{e20} / n_T = 1 * 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta * R_{e20} / n_T = 1 * 248 / 1.1 = 225.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.688 * (50.8 + 2 * 3) / (2 * 225.5 * 1 - 2.688) = 0.3406 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 * 225.5 * 1 * (16.64 - 3) / (50.8 + 16.64 + 3) = 87.31 \text{ МПа}$$

$87.31 \text{ МПа} \geq 2.688 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.00395 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 * ((8.5 - 3) / 0.00395 - 0.8) * (1.042 \cdot 10^3 * (8.5 - 3))^{1/2} = 2.107 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 225.5 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.9466 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{1p}'' \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_{11}'' + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi_1'} \cdot \frac{l_p'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi_1''} \cdot \frac{l_p''}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + [(34.79 * (16.64 - 3) * 0.9466 \cdot 10^3 + 0 * 0 * 0 + 0 * (16.64 - 3 - 0) * 0.9466 \cdot 10^3 + 43.55 * (10.97 - 3) * 0.8397 \cdot 10^3 + 65.86 * 10 * 0.8397 \cdot 10^3 + 0 * (10.97 - 3 - 0) * 0.8397 \cdot 10^3) / (161.3 * (8.5 - 3))] / (1 * (0.8 + (66.42 + 152.3) / (2 * 161.3) + 2 * [(50.8 + 2 * 3) / 1.042 \cdot 10^3 * 1 / 1 * 34.79 / 161.3 + [(146.3 + 2 * 3) / 1.4 \cdot 10^3 * 1 / 1 * 43.55 / 161.3]) = 0.6418] \} = 0.6418$$

$$[p]_{\Sigma} = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 * 2 * (8.5 - 3) * 1 * 2.382 \cdot 10^5 / [0.5 * (1.042 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) * 0.6418] * 0.6418}{0.6418} = 2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 * (8.5 - 3))^{1/2} = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} = 0.4 * (1.042 \cdot 10^3 * (8.5 - 3))^{1/2} = 30.28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3'}{l_p' \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p' - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (34.79 * (16.64 - 3) * 0.9466 \cdot 10^3 + 0 * 10 * 0 + 0 * (10.97 - 3 - 0) * 0.9466 \cdot 10^3) / (75.69 * (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 * (66.42 - 30.28) / 75.69 + 2 * (50.8 + 2 * 3) / 1.042 \cdot 10^3 * 1 / 1 * 34.79 / 75.69] = 0.7767 \}$$

$$= 0.7767$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 * 2 * (8.5 - 3) * 1 * 2.382 \cdot 10^5 * 0.7767 / [1.042 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) * 0.7767]}{0.7767} = 3.891 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 3.891 \cdot 10^3 ; 2.747 \cdot 10^3 \}$ МПа

$$2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.688 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 * (66.42 - 30.28) * 0.00395 = 0.7138 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 34.79 * (16.64 - 0.3406 - 3) * 0.9466 \cdot 10^3 + 0 * 10 * 0 + 0 * (10.97 - 3 - 0) * 0.9466 \cdot 10^3 + 75.69 * (8.5 - 0.00395 - 3)$$

$$= 0.4165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

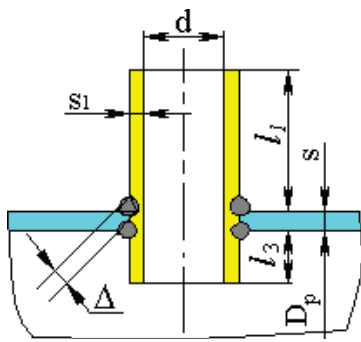
$$A_r = 0.7138 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.4165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер Р

Исходные данные

Элемент:	Штуцер Р
Условное обозначение (метка)	Р
Элемент, несущий штуцер:	Днище эллиптическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище эллиптическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s:

8.5 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:

3 мм

Материал штуцера:

SA-105

Внутренний диаметр штуцера, d:

50.8 мм

Толщина стенки штуцера, s1:

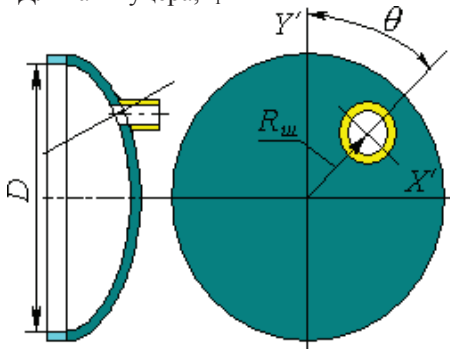
16.64 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:

3 мм

Длина штуцера, l1:

254.4 мм



Смещение штуцера, Rш:

270 мм

Угол поворота штуцера, theta:

90 градус

Полученный угол наклона штуцера, gamma:

(-34.29) градус

Длина внутр. части штуцера, l3:

0 мм

Прибавка на коррозию, cs1:

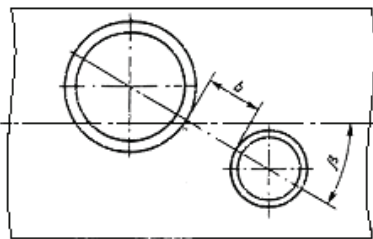
0 мм

Минимальный размер сварного шва, Delta:

8.5 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:

Ближайший штуцер



Название штуцера:

Штуцер G

Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:

(для наклонных штуцеров
определяется приближенно)

161.3 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$\phi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$\phi = 1$

Расчётный диаметр выпуклого эллиптического днища:

$$D_p = \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(D^2 - 4 \cdot H^2)}{D^4} \cdot R_{ш}^2} = 700^2 / (2 * 175) * (1 - 4 * (700^2 - 4 * 175^2) * 270^2 / 700^4)^{1/2} = 1.042 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, Т: 425 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 1.052 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре Т = 425 °С (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1,0/10H}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; -/-; -/-\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °С:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре Т = 425 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{eH}/n_T; R_{mH}/n_B; R_{m10H}/n_D; R_{p1,0/10H}/n_H) = 1 \cdot \min\{203.3 / 1.5; 452.1 / 2.4; -/-; -/-\} = 135.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °С:

$$E_1 = 1.879 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{ш} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.052 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 135.5 \cdot 1 - 1.052) = 0.2214 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 135.5 \cdot 1 \cdot (16.64 - 3) / (50.8 + 16.64 + 3) = 52.49 \text{ МПа}$$

$$52.49 \text{ МПа} \geq 1.052 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.087 \text{ мм}$$

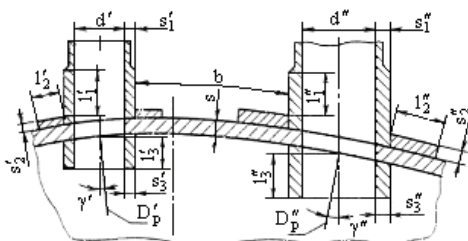
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на эллиптическом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{ш}}{D_p} \right)^2}} = (50.8 + 2 \cdot 3) / \sqrt{1 - (2 \cdot 270 / 1.042 \cdot 10^3)^2}^{1/2} = 66.42 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 2.087 - 0.8) \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 277.9 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер G не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 163.4 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{ш} = \min\{l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)}\} = \min\{254.4; 1.25 \cdot ((50.8 + 2 \cdot 3) \cdot (16.64 - 3))^{1/2}\} = 34.79 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1, 0; \frac{[\sigma]}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1, 0; 135.5 / 176.8 \} = 0.7667$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((50.8 + 2 \cdot 3) \cdot (16.64 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p} \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p} \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{1p}'' \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_1'' + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi_1'} \cdot \frac{l_{1p}'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi_1''} \cdot \frac{l_{1p}''}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667 + 43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758) / (161.3 \cdot (8.5 - 3))] / (1 \cdot (0.8 + (66.42 + 152.3) / (2 \cdot 161.3) + 2 \cdot [(50.8 + 2 \cdot 3) / (1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3 + [(146.3 + 2 \cdot 3) / (1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3)])]) = 1.454) \} = 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.042 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) \cdot 1]}{1} = 3.171 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 30.28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667) / (75.69 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) / 75.69 + 2 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 75.69)] = 1.454 \} = 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 1 / [1.042 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) \cdot 1]}{1} = 3.714 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 3.714; 3.171 \}$ МПа

3.171 МПа \geq 1.052 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) \cdot 2.087 = 0.3771 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) = 34.79 \cdot (16.64 - 0.2214 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667 + 75.69 \cdot (8.5 - 2.087 - 3) = 0.6163 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3771 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.6163 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.688 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (условия гидротестирования):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 248 / 1.1 = 225.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.688 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 225.5 \cdot 1 - 2.688) = 0.3406 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 225.5 \cdot 1 \cdot (16.64 - 3) / (50.8 + 16.64 + 3) = 87.31 \text{ МПа}$$

$$87.31 \text{ МПа} \geq 2.688 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.00395 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 0.00395 - 0.8) \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 2.107 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 225.5 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.9466 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{1'_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + 1'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + 1'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + 1'_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + 1'_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + 1'_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)} \right\}$$
$$= \min \left\{ 1; \frac{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{1'_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{1'_{1p}}{b} \right)}{1} \right\}$$
$$= \min \{ 1; (1 + [(34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3}) / (161.3 \cdot (8.5 - 3))] / (1 \cdot (0.8 + (66.42 + 152.3) / (2 \cdot 161.3) + 2 \cdot [(50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3 + [(146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3])]) = 0.6418 \}$$
$$= 0.6418$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 / [0.5 \cdot (1.042 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (8.5 - 3)]}{0.6418 \cdot 0.6418} = 2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 30.28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3}) / (75.69 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) / 75.69 + 2 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 75.69)] \} = 0.7767$$

$$= 0.7767$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 0.7767 / [1.042 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) \cdot 0.7767] = 3.891 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 3.891 \cdot 10^3; 2.747 \cdot 10^3 \}$ МПа

$2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.688 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) \cdot 0.00395 = 0.7138 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 34.79 \cdot (16.64 - 0.3406 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 75.69 \cdot (8.5 - 0.00395 - 3)$$

$$= 0.4165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

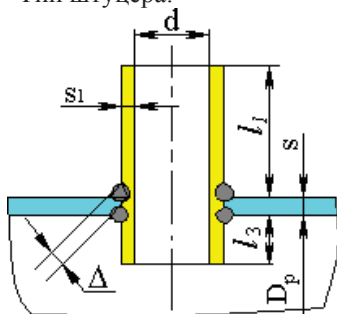
$$A_r = 0.7138 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.4165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер F

Исходные данные

Элемент:	Штуцер F
Условное обозначение (метка)	F
Элемент, несущий штуцер:	Днище эллиптическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище эллиптическое
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s:

8.5 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:

3 мм

Материал штуцера:

SA-105

Внутренний диаметр штуцера, d:

50.8 мм

Толщина стенки штуцера, s1:

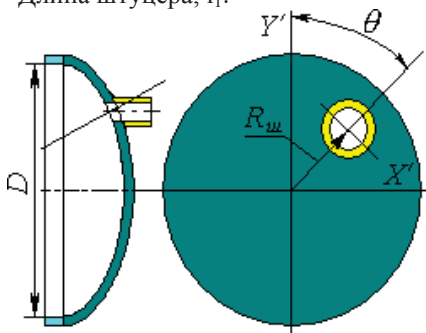
16.64 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:

3 мм

Длина штуцера, l1:

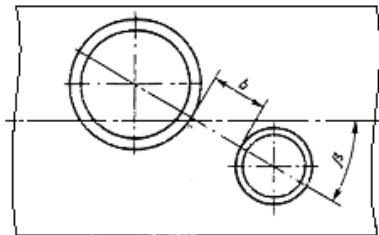
254.4 мм



Смещение штуцера, Rш:

270 мм

Угол поворота штуцера, θ : 270 градус
 Полученный угол наклона штуцера, γ : (-34.29) градус
 Длина внутр. части штуцера, l_3 : 0 мм
 Прибавка на коррозию, c_{s1} : 0 мм
 Минимальный размер сварного шва, Δ : 8.5 мм
 Расчётные параметры размещения штуцера:
 Ближайший штуцер



Название штуцера: Штуцер G
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b :
 (для наклонных штуцеров
 определяется приближенно) 161.3 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:
 Продольный шов штуцера:
 $\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:
 $\varphi = 1$

Расчётный диаметр выпуклого эллиптического днища:

$$D_p = \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(D^2 - 4 \cdot H^2)}{D^4} \cdot R_{ш}^2} = 700^2 / (2 \cdot 175) \cdot (1 - 4 \cdot (700^2 - 4 \cdot 175^2) \cdot 270^2 / 700^4)^{1/2} = 1.042 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T : 425 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p : 1.052 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{e/t}/n_T; R_{m/t}/n_B; R_{m/10n/t}/n_D; R_{p1,0/10n/t}/n_H) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; -/-; -/-\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре $T = 425$ °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min(R_{e/t}/n_T; R_{m/t}/n_B; R_{m/10n/t}/n_D; R_{p1,0/10n/t}/n_H) = 1 \cdot \min\{203.3 / 1.5; 452.1 / 2.4; -/-; -/-\} = 135.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.879 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{ш} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.052 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 135.5 \cdot 1 - 1.052) = 0.2214 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 135.5 \cdot 1 \cdot (16.64 - 3) / (50.8 + 16.64 + 3) = 52.49 \text{ МПа}$$

$$52.49 \text{ МПа} \geq 1.052 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.087 \text{ мм}$$

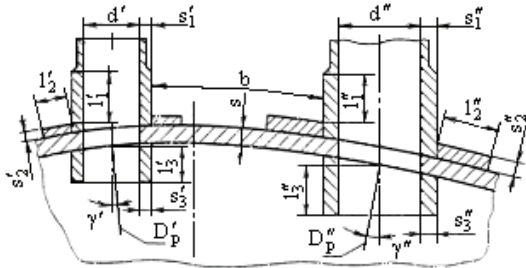
Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на эллиптическом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot c_s}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{\text{ш}}}{D_p} \right)^2}} = (50.8 + 2 \cdot 3) / [1 - (2 \cdot 270 / 1.042 \cdot 10^3)^2]^{1/2} = 66.42 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 2.087 - 0.8) \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 277.9 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер G не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D'_p \cdot (s - c)} + \sqrt{D''_p \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} + (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 163.4 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 254.4; 1.25 \cdot ((50.8 + 2 \cdot 3) \cdot (16.64 - 3))^{1/2} \} = 34.79 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma_1]}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 135.5 / 176.8 \} = 0.7667$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((50.8 + 2 \cdot 3) \cdot (16.64 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l'_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + l'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + l'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + l'_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + l'_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + l'_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c''_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667 + 43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758) / (161.3 \cdot (8.5 - 3))] / (1 \cdot (0.8 + (66.42 + 152.3) / (2 \cdot 161.3) + 2 \cdot [(50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3 + [(146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3])]) = 1.454 \} = 1$$

$$[p]_k = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.042 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) \cdot 1]}{1} = 3.171 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 30.28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667) / (75.69 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) / 75.69 + 2 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 75.69)] = 1.454 \}$$

$$= 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = 2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 1 / [1.042 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) \cdot 1] = 3.714 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 3.714; 3.171 \}$ МПа

3.171 МПа \geq 1.052 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) \cdot 2.087 = 0.3771 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 34.79 \cdot (16.64 - 0.2214 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667 + 75.69 \cdot (8.5 - 2.087 - 3)$$

$$= 0.6163 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.3771 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \leq 0.6163 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.688 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-105 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e20} / n_T = 1 \cdot 248 / 1.1 = 225.5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 2.688 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 225.5 \cdot 1 - 2.688) = 0.3406 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 225.5 \cdot 1 \cdot (16.64 - 3) / (50.8 + 16.64 + 3) = 87.31 \text{ МПа}$$

87.31 МПа \geq 2.688 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.00395 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 0.00395 - 0.8) \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 2.107 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1, 0; \left[\frac{\sigma}{\sigma} \right] \right\} = \min \{ 1, 0, 225.5 / 2.382 \cdot 10^3 \} = 0.9466 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l'_{1p} \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + l'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + l'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + l'_{1p} \cdot (s''_1 - c_s) \cdot \chi''_1 + l'_{2p} \cdot s''_2 \cdot \chi''_2 + l'_{3p} \cdot (s''_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c''_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^{-3})] / (161.3 \cdot (8.5 - 3))) / (1 \cdot (0.8 + (66.42 + 152.3) / (2 \cdot 161.3)) + 2 \cdot [(50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3 + [(146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3])]) = 0.6418 \}$$

$$= 0.6418$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 / [0.5 \cdot (1.042 \cdot 10^3 + 1.4 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) \cdot 0.6418]}{0.6418} = 2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 75.69 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 30.28 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3})] / (75.69 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) / 75.69 + 2 \cdot (50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 75.69] = 0.7767 \}$$

$$= 0.7767$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 \cdot 0.7767 / [1.042 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) \cdot 0.7767]}{0.7767} = 3.891 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 3.891 \cdot 10^3; 2.747 \cdot 10^3 \} \text{ МПа}$

$2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.688 \text{ МПа}$

Закключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (66.42 - 30.28) \cdot 0.00395 = 0.7138 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 34.79 \cdot (16.64 - 0.3406 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^{-3} + 75.69 \cdot (8.5 - 0.00395 - 3)$$

$$= 0.4165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

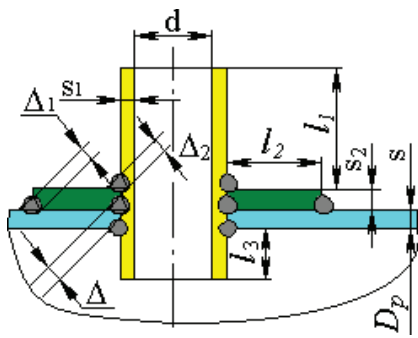
$$A_r = 0.7138 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \leq 0.4165 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Штуцер G

Исходные данные

Элемент:	Штуцер G
Условное обозначение (метка)	G
Элемент, несущий штуцер:	Днище эллиптическое
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище эллиптическое
Тип штуцера:	Проходящий с накладным кольцом



Материал несущего элемента:

SA-516 70

Толщина стенки несущего элемента, s:

8.5 мм

Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:

3 мм

Материал штуцера:

SA-266-2

Внутренний диаметр штуцера, d:

146.3 мм

Толщина стенки штуцера, s₁:

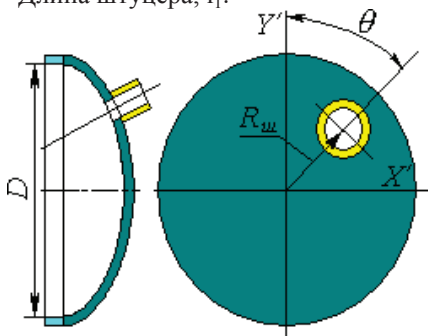
10.97 мм

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c_s:

3 мм

Длина штуцера, l₁:

224 мм



Смещение штуцера, R_ш:

0 мм

Угол поворота штуцера, θ :

0 градус

Длина внутр. части штуцера, l₃:

0 мм

Прибавка на коррозию, c_{s1}:

0 мм

Материал кольца:

SA-266-2

Ширина кольца, l₂:

65.86 мм

Толщина кольца, s₂:

10 мм

Минимальный размер сварного шва, Δ :

8.5 мм

Минимальный размер сварного шва, Δ_1 :

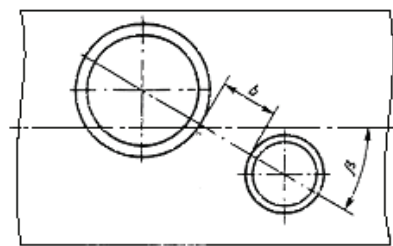
8.5 мм

Минимальный размер сварного шва, Δ_2 :

8.5 мм

Расчётные параметры размещения штуцера:

Ближайший штуцер



Название штуцера:

Штуцер Е

Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:
(для наклонных штуцеров
определяется приближенно)

161.3 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$\varphi = 1$

Расчётный диаметр выпуклого эллиптического днища:

$$D_p = \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(D^2 - 4 \cdot H^2)}{D^4} \cdot R_{\text{ш}}^2} = 700^2 / (2 \cdot 175) \cdot (1 - 4 \cdot (700^2 - 4 \cdot 175^2) \cdot 0^2 / 700^4)^{1/2} = 1.4 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 425 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 1.052 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma] = \eta \cdot \min(R_{eT}/n_T; R_{mT}/n_B; R_{m10nT}/n_D; R_{p1,0/10nT}/n_n) = 1 \cdot \min\{1.831 \cdot 10^4 / 1.5; 424.3 / 2.4; - / -; - / -\} = 176.8 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E = 1.887 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1 = 134 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_1 = 1.788 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре T = 425 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_2 = 134 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 425 °C:

$$E_2 = 1.788 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = 1.052 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 134 \cdot 1 - 1.052) = 0.6002 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 134 \cdot 1 \cdot (10.97 - 3) / (146.3 + 10.97 + 3) = 13.32 \text{ МПа}$$

$$13.32 \text{ МПа} \geq 1.052 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 2.086 \text{ мм}$$

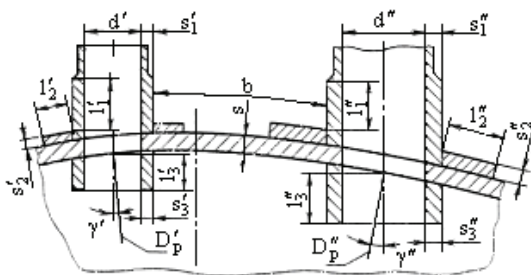
Расчётный диаметр отверстия (ось штуцера совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия):

$$d_p = d + 2 \cdot c_s = 146.3 + 2 \cdot 3 = 152.3 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 2.086 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 322.4 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**



Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие Штуцер Е не оказывает на него влияния, т.е. расстояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию:

$$b > \sqrt{D_p' \cdot (s - c)} + \sqrt{D_p'' \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} + (1.042 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 163.4 \text{ мм}$$

Условие не выполнено, требуется дополнительный расчёт укреплений.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 224; 1.25 \cdot ((146.3 + 2 \cdot 3) \cdot (10.97 - 3))^{1/2} \} = 43.55 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 134 / 176.8 \} = 0.758$$

Расчётная ширина кольца:

$$l_{2p} = \min \left\{ l_2; \sqrt{D_p \cdot (s_2 + s - c)} \right\} = \min \{ 65.86; (1.4 \cdot 10^3 \cdot (10 + 8.5 - 3))^{1/2} \} = 65.86 \text{ мм}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 134 / 176.8 \} = 0.758$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0.5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right\} = \min \{ 0; 0.5 \cdot ((146.3 + 2 \cdot 3) \cdot (10.97 - 3 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3' + l_{1p}'' \cdot (s_1'' - c_s'') \cdot \chi_{11}'' + l_{2p}'' \cdot s_2'' \cdot \chi_2'' + l_{3p}'' \cdot (s_3'' - c_s'' - c_{s1}'') \cdot \chi_3''}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d_p' + d_p''}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c_s'}{D_p'} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi_1'} \cdot \frac{l_{1p}'}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c_s''}{D_p''} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi_1''} \cdot \frac{l_{1p}''}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758 + 34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.7667 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.7667) / (161.3 \cdot (8.5 - 3))] / (1 \cdot (0.8 + (152.3 + 66.42) / (2 \cdot 161.3)) + 2 \cdot [(146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3 + [(50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3])]) = 1.454 \}$$

$$= 1$$

$$[p]_E = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D_p' + D_p'') + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.042 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) \cdot 1]}{1} = 3.171 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 87.75 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 87.75 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 35.1 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p}' \cdot (s_1' - c_s') \cdot \chi_1' + l_{2p}' \cdot s_2' \cdot \chi_2' + l_{3p}' \cdot (s_3' - c_s' - c_{s1}') \cdot \chi_3'}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758) / (87.75 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (152.3 - 35.1) / 87.75 + 2 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 87.75] = 1.452 \}$$

$$= 1$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 176.8 \cdot 1 / [1.4 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) \cdot 1]}{1} = 2.767 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 2.767; 3.171 \} \text{ МПа}$

2.767 МПа \geq 1.052 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5(d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (152.3 - 35.1) \cdot 2.086 = 0.1425 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = 1_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + 1_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + 1_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + 1_p \cdot (s - s_p - c) \\ = 43.55 \cdot (10.97 - 0.6002 - 3) \cdot 0.758 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.758 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.758 + 87.75 \cdot (8.5 - 2.086 - 3) \\ = 0.001042 \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.1425 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \leq 0.001042 \text{ м}^2$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T: 20 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 2.687 МПа

Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 52857.3-2007

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала SA-516 70 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20} = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 2.62 \cdot 10^5 / 1.1 = 2.382 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_1 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 220 / 1.1 = 200 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала кольца

Допускаемые напряжения для материала SA-266-2 при температуре T = 20 °C (условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]^{20}_2 = \eta \cdot R_{e/20} / n_T = 1 \cdot 220 / 1.1 = 200 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_2 = 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p} = 2.687 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / (2 \cdot 200 \cdot 1 - 2.687) = 1.03 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 200 \cdot 1 \cdot (10.97 - 3) / (146.3 + 10.97 + 3) = 19.89 \text{ МПа}$$

$$19.89 \text{ МПа} \geq 2.687 \text{ МПа}$$

Закключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчётная толщина стенки несущего элемента:

$$s_p = 0.003949 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((8.5 - 3) / 0.003949 - 0.8) \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 2.443 \cdot 10^5 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1.0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1.0, 200 / 2.382 \cdot 10^5 \} = 0.8397 \cdot 10^{-3}$$

Для накладного кольца:

$$\chi_2 = \min \left\{ 1, 0; \frac{[\sigma]_2}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1, 0; 200 / 2.382 \cdot 10^3 \} = 0.8397 \cdot 10^{-3}$$

$$K_3 = 1$$

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l'_p \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi'_1 + l'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi'_2 + l'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi'_3 + l'_p \cdot (s'_1 - c'_s) \cdot \chi''_1 + l'_{2p} \cdot s'_2 \cdot \chi''_2 + l'_{3p} \cdot (s'_3 - c'_s - c'_{s1}) \cdot \chi''_3}{b \cdot (s - c)}}{K_3 \left(0.8 + \frac{d'_p + d''_p}{2 \cdot b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2 \cdot c'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{l'_p}{b} + \frac{d'' + 2 \cdot c''_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{l''_p}{b} \right)} \right\}$$

$$= \min \{ 1; (1 + [(43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 34.79 \cdot (16.64 - 3) \cdot 0.9466 \cdot 10^3 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (16.64 - 3 - 0) \cdot 0.9466 \cdot 10^3) / (161.3 \cdot (8.5 - 3))] / (1 \cdot (0.8 + (152.3 + 66.42) / (2 \cdot 161.3) + 2 \cdot [(146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 161.3 + [(50.8 + 2 \cdot 3) / 1.042 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 34.79 / 161.3] \cdot 1)) = 0.6418) \}$$

$$= 0.6418$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0.5 \cdot (D'_p + D''_p) + (s - c) \cdot V_1} \cdot V_1 = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 / [0.5 \cdot (1.4 \cdot 10^3 + 1.042 \cdot 10^3) + (8.5 - 3) \cdot 0.6418] \cdot 0.6418}{0.6418} = 2.747 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 87.75 \text{ мм}$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 87.75 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр:

$$d_{op} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0.4 \cdot (1.4 \cdot 10^3 \cdot (8.5 - 3))^{1/2} = 35.1 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_p \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_p}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (43.55 \cdot (10.97 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^3) / (87.75 \cdot (8.5 - 3))] / [1 + 0.5 \cdot (152.3 - 35.1) / 87.75 + 2 \cdot (146.3 + 2 \cdot 3) / 1.4 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 43.55 / 87.75] = 0.5641 \}$$

$$= 0.5641$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} \cdot V = \frac{2 \cdot 2 \cdot (8.5 - 3) \cdot 1 \cdot 2.382 \cdot 10^3 \cdot 0.5641 / [1.4 \cdot 10^3 + (8.5 - 3) \cdot 0.5641]}{0.5641} = 2.106 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = \min \{ 2.106 \cdot 10^3; 2.747 \cdot 10^3 \} \text{ МПа}$

$2.106 \cdot 10^3 \text{ МПа} \geq 2.687 \text{ МПа}$

Закключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (152.3 - 35.1) \cdot 0.003949 = 0.2315 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_p - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c)$$

$$= 43.55 \cdot (10.97 - 1.03 - 3) \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 65.86 \cdot 10 \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 0 \cdot (10.97 - 3 - 0) \cdot 0.8397 \cdot 10^3 + 87.75 \cdot (8.5 - 0.003949 - 3)$$

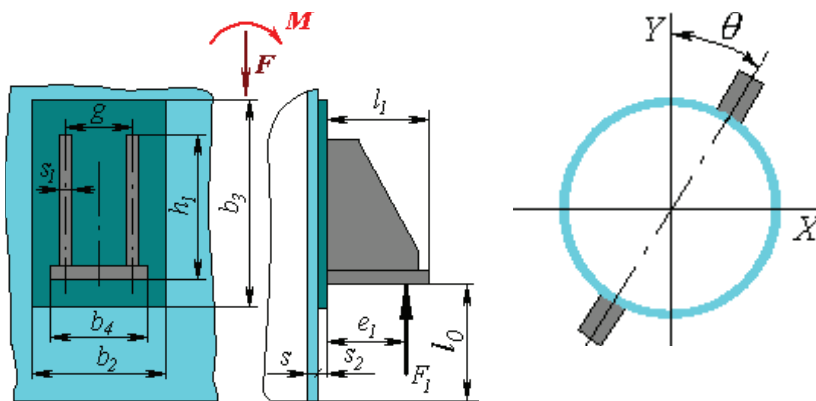
$$= 0.4831 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$A_r = 0.2315 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \leq 0.4831 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Закключение: **Условие прочности выполнено**

Опорные лапы

Расчёт на прочность обечаек от воздействия опорных нагрузок



Исходные данные

Элемент, связанный с опорой:

Тип опоры:

Внутренний диаметр обечайки, D:

Толщина стенки обечайки, s:

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c₁:

Прибавка для компенсации минусового допуска, c₂:

Прибавка технологическая, c₃:

Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:

Число опор:

Расстояние от края элемента, l₀:

Ширина основной плиты, b₄:

Высота опорной лапы, h₁:

Расстояние между средними линиями рёбер, g:

Толщина стенки лапы, s₁:

Длина опорной лапы, l₁:

Расстояние между точкой приложения усилия и обечайкой или подкладным листом, e₁:

Угол расположения опор, θ:

Ширина подкладного листа, b₂:

Длина подкладного листа, b₃:

Толщина подкладного листа, s₂:

Коэффициенты прочности сварных швов:

$\varphi_p = 1$

Обечайка цилиндрическая

Тип А

700 мм

10 мм

3 мм

0 мм

0 мм

3 мм

Две

$1.276 \cdot 10^3$ мм

200 мм

300 мм

170 мм

10 мм

339 мм

239 мм

0 градус

250 мм

350 мм

10 мм

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:

425 °C

Расчётное внутреннее избыточное давление, p:

1.07 МПа

Расчётный изгибающий момент, M:

270.9 Н м

Расчётное внешнее осевое усилие, F:

0 Н

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.5-2007

Определение расчётных усилий

Номер элемента, i	Название элемента	Вес элемента *, G _i , Н
1	Днище торосферическое	$3.009 \cdot 10^3$
2	Штуцер В5	33.63
3	Штуцер В2	33.63
4	Штуцер В4	93.42
5	Штуцер В3	63.53
6	Штуцер В1	63.53
7	Обечайка цилиндрическая	$1.67 \cdot 10^4$

9	Штуцер Н	383.7
10	Штуцер С	323.9
11	Штуцер D	92.47
12	Днище эллиптическое	910.1
13	Штуцер Е	72.78
14	Штуцер Р	72.78
15	Штуцер F	72.78
16	Штуцер G	138.5

* Включая вес продукта при его наличии

Общий вес сосуда:

$$G = \sum G_i = 2.206 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Диаметр обечайки в середине опоры:

$$D_K = D = 700 \text{ мм}$$

Действие момента допускается только в плоскости опорных лап.

Усилие, действующее на опорную лапу:

$$F_1 = \frac{G + F}{2} + \frac{M}{D_K + 2 \cdot (e_1 + s + s_2)} = (2.206 \cdot 10^4 + 0) / 2 + 270.9 / (700 + 2 \cdot (239 + 10 + 10)) = 1.125 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Для опор типов А, В, С (при укреплении подкладным листом – для всех типов):

$$\sigma_m = \frac{p \cdot D_R}{2 \cdot (s - c)} = 1.07 \cdot 700 / (2 \cdot (10 - 3)) = 53.51 \text{ МПа}$$

$$\varphi_2 = \frac{\sigma_m}{K_2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = 53.51 / (1.25 \cdot 176.8 \cdot 1) = 0.2421$$

$$\varphi_1 = 0.4$$

$$K_1 = \frac{1 - \varphi_2^2}{\left(\frac{1}{3} + \varphi_1 \cdot \varphi_2 \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \varphi_1 \cdot \varphi_2 \right)^2 + (1 - \varphi_2^2) \cdot \varphi_1}} = 0.9325$$

Примечание: при $\varphi_2 < 0$ в расчёте K_1 знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma_1] = K_1 \cdot K_2 \cdot [\sigma] = 0.9325 \cdot 1.25 \cdot 176.8 = 206.1 \text{ МПа}$$

$$x = \ln \left(\frac{D_R}{2 \cdot (s - c)} \right) = \ln (700 / (2 \cdot 10 - 3)) = 3.912$$

$$y = \ln \frac{b_1}{D_R} = \ln (300 / 700) = (-0.8473)$$

$$y_1 = \ln \frac{b_3}{D_R} = \ln (350 / 700) = (-0.6931)$$

Коэффициент K_8 (определяется в зависимости от конструкции опорной лапы):

$$K_8 = \min \left\{ \begin{aligned} & e^{\left(\frac{-49.919 - 39.119x - 107.01y_1 - 1.693x^2 - 11.920xy_1 - 39.276y_1^2}{+0.237x^3 + 1.608x^2 \cdot y_1 + 2.761xy_1^2 - 3.854y_1^3} \right) \cdot 10^{-2}} \\ & e^{\left(\frac{-5.964 - 11.395x - 18.984y - 2.413x^2 - 7.286xy - 2.042y^2}{+0.1322x^3 + 0.4833x^2 \cdot y + 0.8469xy^2 + 1.428y^3} \right) \cdot 10^{-2}} \end{aligned} \right.$$

$$= \min \left\{ \begin{aligned} & \exp[(-49.919 - 39.119 \cdot 3.912 - 107.01 \cdot (-0.6931) - 1.693 \cdot 3.912^2 - 11.920 \cdot 3.912 \cdot (-0.6931) - 39.276 \cdot (-0.6931)^2 + \\ & 0.237 \cdot 3.912^3 + 1.608 \cdot 3.912^2 \cdot (-0.6931) + 2.761 \cdot 3.912 \cdot (-0.6931)^2 - 3.854 \cdot (-0.6931)^3) \cdot 10^{-2}] \exp[(-5.964 - \\ & 11.395 \cdot 3.912 - 18.984 \cdot (-0.8473) - 2.413 \cdot 3.912^2 - 7.286 \cdot 3.912 \cdot (-0.8473) - 2.042 \cdot (-0.8473)^2 + 0.1322 \cdot 3.912^3 + \\ & 0.4833 \cdot 3.912^2 \cdot (-0.8473) + 0.8469 \cdot 3.912 \cdot (-0.8473)^2 + 1.428 \cdot (-0.8473)^3) \cdot 10^{-2}] \end{aligned} \right. = 0.2525$$

Допускаемое осевое усилие в месте приварки опорной лапы (при $b_2/b_3 = 0.7143$):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_1] \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8 \cdot (e_1 + s_2)} = 206.1 \cdot 350 \cdot (10 - 3)^2 / (0.2525 \cdot (239 + 10)) = 5.621 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы определяется выполнением условия:

$$F_1 \leq [F_1]$$

$$F_1 = 1.125 \cdot 10^4 \text{ Н} \leq [F_1] = 5.621 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Расчёт в условиях испытаний (Гидроиспытания)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т:	20 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, р:	2.709 МПа
Расчётный изгибающий момент, М:	286.7 Н м

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 52857.5-2007**Определение расчётных усилий**

Номер элемента, i	Название элемента	Вес элемента*, G _i , Н
1	Днище торосферическое	3.277·10 ³
2	Штуцер В5	35.37
3	Штуцер В2	35.37
4	Штуцер В4	98.24
5	Штуцер В3	66.81
6	Штуцер В1	66.81
7	Обечайка цилиндрическая	1.875·10 ⁴
9	Штуцер Н	418.2
10	Штуцер С	331
11	Штуцер D	96.31
12	Днище эллиптическое	1.001·10 ³
13	Штуцер Е	73.61
14	Штуцер Р	73.61
15	Штуцер F	73.61
16	Штуцер G	144.6

* Включая вес продукта при его наличии

Общий вес сосуда:

$$G = \sum G_i = 2.454 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Действие момента допускается только в плоскости опорных лап.

Усилие, действующее на опорную лапу:

$$F_1 = \frac{G + F}{2} + \frac{M}{D_K + 2 \cdot (e_1 + s + s_2)} = (2.454 \cdot 10^4 + 0) / 2 + 286.7 / (700 + 2 \cdot (239 + 10 + 10)) = 1.25 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Для опор типов А, В, С (при укреплении подкладным листом – для всех типов):

$$\sigma_m = \frac{p \cdot D_R}{2 \cdot (s - c)} = 2.709 \cdot 700 / (2 \cdot (10 - 3)) = 135.5 \text{ МПа}$$

$$\varphi_2 = \frac{\sigma_m}{K_2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = 135.5 / (1.05 \cdot 2.382 \cdot 10^5 \cdot 1) = 0.5416 \cdot 10^{-3}$$

$$\varphi_1 = 0.4$$

$$l = 1.17$$

Примечание: при $\varphi_2 < 0$ в расчёте K_1 знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma_1] = K_1 \cdot K_2 \cdot [\sigma] = 1.17 \cdot 1.05 \cdot 2.382 \cdot 10^5 = 2.927 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$x = \ln \left(\frac{D_R}{2 \cdot (s - c)} \right) = \ln (700 / (2 \cdot 10 - 3)) = 3.912$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} = \ln (300 / 700) = (-0.8473)$$

$$y_1 = \ln \frac{b_3}{D_R} = \ln (350 / 700) = (-0.6931)$$

Коэффициент K_8 (определяется в зависимости от конструкции опорной лапы):

$$K_8 = \min \left\{ \begin{aligned} & \left(\frac{-49.919 - 39.119x - 107.01y - 1.693x^2 - 11.920xy - 39.276y^2}{+0.237x^3 + 1.608x^2 \cdot y + 2.761x \cdot y^2 - 3.854y^3} \right) \cdot 10^{-2} \\ & \left(\frac{-5.964 - 11.395x - 18.984y - 2.413x^2 - 7.286xy - 2.042y^2}{+0.1322x^3 + 0.4833x^2 \cdot y + 0.8469x \cdot y^2 + 1.428y^3} \right) \cdot 10^{-2} \end{aligned} \right.$$

$$= \min \{ \exp[(-49.919 - 39.119 \cdot 3.912 - 107.01 \cdot (-0.6931) - 1.693 \cdot 3.912^2 - 11.920 \cdot 3.912 \cdot (-0.6931) - 39.276 \cdot (-0.6931)^2 + 0.237 \cdot 3.912^3 + 1.608 \cdot 3.912^2 \cdot (-0.6931) + 2.761 \cdot 3.912 \cdot (-0.6931)^2 - 3.854 \cdot (-0.6931)^3) \cdot 10^{-2}] \exp[(-5.964 - 11.395 \cdot 3.912 - 18.984 \cdot (-0.8473) - 2.413 \cdot 3.912^2 - 7.286 \cdot 3.912 \cdot (-0.8473) - 2.042 \cdot (-0.8473)^2 + 0.1322 \cdot 3.912^3 + 0.4833 \cdot 3.912^2 \cdot (-0.8473) + 0.8469 \cdot 3.912 \cdot (-0.8473)^2 + 1.428 \cdot (-0.8473)^3) \cdot 10^{-2}] \} = 0.2525$$

Допускаемое осевое усилие в месте приварки опорной лапы (при $b_2/b_3 = 0.7143$):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_1] \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8 \cdot (e_1 + s_2)} = 2.927 \cdot 10^5 \cdot 350 \cdot (10 - 3)^2 / (0.2525 \cdot (239 + 10)) = 7.984 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы определяется выполнением условия:

$$F_1 \leq [F_1]$$

$$F_1 = 1.25 \cdot 10^4 \text{ Н} \leq [F_1] = 7.984 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

20.5. Форма «U» совета ASME

ASME U-Form

FORM U-1A MANUFACTURER'S DATA REPORT FOR PRESSURE VESSELS
(Alternative Form for Single Chamber, Completely Shop or Field Fabrication Vessel Only)

As Required by the Provisions of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code Rules, Section VIII, Division 1

1. Manufactured and certified by G-PEM Heavy Industries Corp. / Block #38, Daebul National Industrial Complex, 520, Yongang-ro, Samho-Eup
Yeongam-Gun, Jeollanam-Do, 526-703, Republic of Korea
 (Name and Address of Manufacturer)

2. Manufactured for UOP A Honeywell Company / 25 East Algonquin Road Des Plaines, Illinois 60017-5017, USA
 (Name and Address of Purchaser)

3. Location of installation Not Known
 (Name and Address)

4. Type Vertical GP-V-078 N/A 974049-D004-001-A1, Rev.6 N/A 2014
 (Horizontal or vertical, tank) (Manufacturer's serial number) (CRN) (Drawing Number) (National Board Number) (Year built)

5. The chemical and physical properties of all parts meet the requirements of materials specifications of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE
 The design, construction, and workmanship conform to ASME Rules, Section VIII, Division 1 2010 ED.
 to 2011 ADD. (July 01) N/A N/A
 (Addenda if applicable (date)) (Code Case Numbers) (Special Service per UG-120(d))

6. Shell SA516-70/SA516-70+C276 OVERLAY 10/12+3 mm 3.0/0.0mm 700 mm 3653 mm
 (Material Spec. Number, grade) (Nominal thickness) (Corr. allow.) (Inner diameter) (Length (overall))

7. Seams Type 1 FULL 100 N/A N/A Type 1 FULL 100 TWO(2)
 (Long (Welded Dbl., Sngl., Lap, Butt)) (R.T (Spot or Full)) (Eff., %) (H.T Temp.) (Time, hr) (Girth (Welded Dbl., Sngl., Lap, Butt)) (R.T (Spot or Full)) (Eff., %) (No. of Courses))

8. Heads: (a) Material SA516-70(HT:640°C, 1.4HR) (b) Material SA516-70+C276 OVERLAY(HT:625°C, 1.4HR)
 (Spec. No., Grade) (Spec. No., Grade)

	Location (Top, Bottom, Ends)	Minimum Thickness	Corrosion Allowance	Crown Radius	Knuckle Radius	Elliptical Ratio	Conical Apex Angle	Hemispherical Radius	Flat Diameter	Side to Pressure (Convex or Concave)
(a)	Top	8.5 mm	3.0 mm	N/A	N/A	2:1	N/A	N/A	N/A	Concave
(b)	Bottom	10.2+4 mm	0.0 mm	633	75	N/A	N/A	N/A	N/A	Concave

If removable, bolts used (describe other fasten) — N/A
 (Material Spec. number, grade, Size, number)

9. MAWP 1318.22 kPa N/A at max. temp. 425°C N/A
 (Internal) (External) (Internal) (External)

Min. design metal temp. -35°C at 1318.22 kPa Hydro., Pneu., or Comb. test pressure Hydro. 2685.52 kPa

Proof test N/A

10. Nozzles, inspection and safety valve openings:

Purpose (Inlet, Outlet, Drain, etc.)	No.	Diameter or Size	Type	Material		Nozzle Thickness		Reinforcement Material	Attachment Details		Location (Insp. Open.)
				Nozzle	Flange	Nom.	Corr.		Nozzle	Flange	
CATALYST OUTLET	5	NPS 3	Cl.300 fig.	SA266-2+C276 OVERLAY	SA105+C276 OVERLAY	8.5 mm	0.0 mm	Inherent	Fig.UW-16.1(c)	N/A	-
GAS INLET	1	NPS 6	Cl.300 in.	SA105	-	25.95mm	3.0 mm	Inherent	Fig.UW-16.1(f-1)	N/A	-
GAS OUTLET	1	NPS 6	Cl.300 fig.	SA266-2	SA105	10.97mm	3.0 mm	N/A	Fig.UW-16.1(f-1)	FULL/1.0	-
BLANK OFF	1	NPS 2	Cl.300 lwn	SA105	-	16.6mm	3.0 mm	N/A	Fig.UW-16.1(c)	N/A	-
THERMOWELL	1	NPS 2	Cl.300 lwn	SA105	-	16.6mm	3.0 mm	N/A	Fig.UW-16.1(c)	N/A	-
INSPECTION	1	NPS 6	Cl.300 fig.	SA266-2	SA105	10.97mm	3.0 mm	N/A	Fig.UW-16.1(f-1)	FULL/1.0	-
MANWAY	1	I.D 18"	Cl.300 fig.	SA266-2	SA266-2	10.0mm	3.0 mm	N/A	Fig.UW-16.1(f-1)	FULL/1.0	Shell
PI	1	NPS 2	Cl.300 lwn	SA105	-	16.6mm	3.0 mm	N/A	Fig.UW-16.1(c)	N/A	-
				-Blank-							

11. Supports: Skirt NO Lugs TWO(2) Legs N/A Other N/A Attached WELDED TO SHELL
 (Yes or no) (Number) (Number) (Describe) (Where and how)

12. Remarks Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors have been furnished for the following items of
 the report N/A
 (Name of part, item number, Manufacture's name and identifying stamp)

1. Item No.: 208-40-D-004 (CHLORIDE ADSORBER)

2. Impact test was exempted per UCS-66, UCS-66(b)(1)(b), UCS-66(b)(2)-(3), UCS-66(d), Fig.UCS-66M, Fig.UCS-66.1M and Fig.UCS-66 note(c).

3. Over pressure protection is provided by user.

CERTIFICATE OF SHOP / FIELD COMPLIANCE

We certify that the statements made in this report are correct and that all details of design, material, construction, and workmanship of this vessel conform to the ASME CODE BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, Section VIII, Division 1. "U" Certificate of Authorization Number 37,732
 expires July 15, 2017

Date August 21, 2014 Co. name G-PEM Heavy Industries Corp. Signed [Signature]
 (Manufacturer) (Representative)

CERTIFICATE OF SHOP / FIELD INSPECTION

Vessel Constructed by G-PEM Heavy Industries Corp. at Block #38, Daebul National Industrial Complex, 520, Yongang-ro, Samho-Eup
Yeongam-Gun, Jeollanam-Do, 526-703, Republic of Korea


I, the undersigned, holding a valid commission issued by the National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors and/or the State or Province of OHIO and employed by LR Insurance, Inc. / Delaware

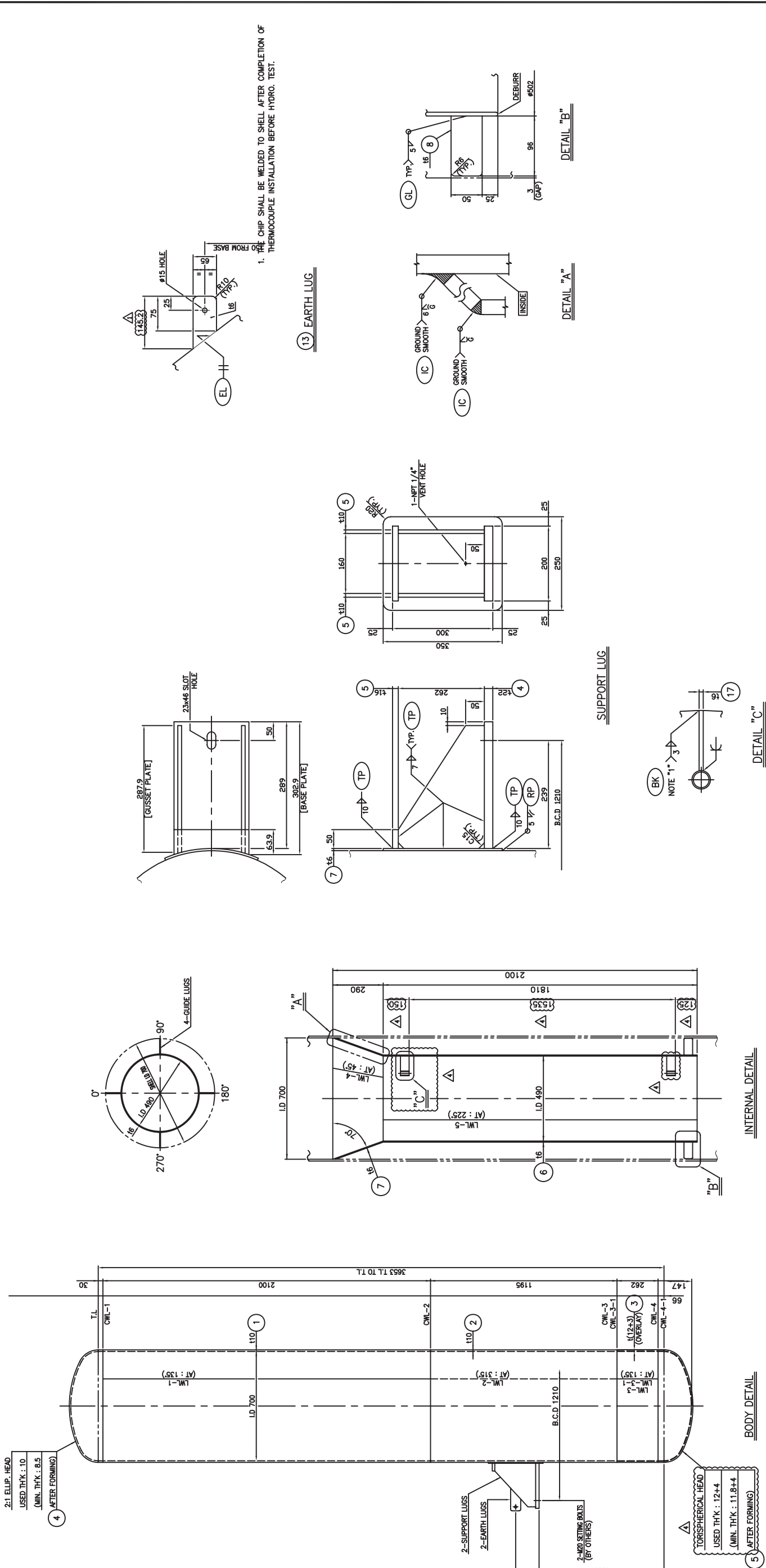
have inspected the component described in this Manufacturer's Data Report on August 21, 2014, and state that, to the best of my knowledge and belief, the Manufacturer has constructed this pressure vessel in accordance with ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, Section VIII, Division 1. By signing this certificate neither the Inspector nor his/her employer makes any warranty, expressed or implied, concerning the pressure vessel described in this Manufacturer's Data Report. Furthermore, neither the Inspector nor his/her employer shall be liable in any manner for any personal injury or property damage or loss of any kind arising from or connected with this inspection.

Date August 21, 2014 Signed [Signature] Commissions NB 12968 (A,N), OH 616
 (Authorized Inspector) (Nat'l Board (incl. endorsement), state, province and no.)

20.6. Карты сварных швов сосуда

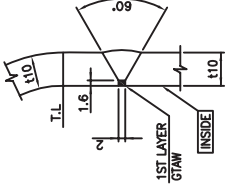
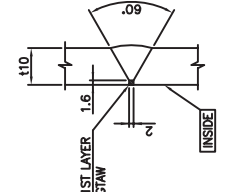
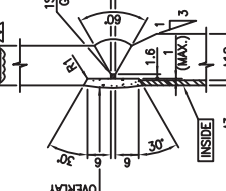
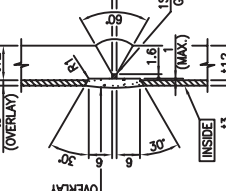
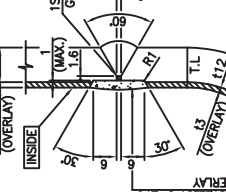
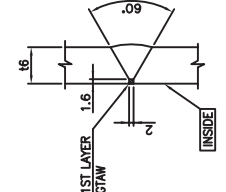
Vessel Weld Map


 PEM HEAVY INDUSTRIES CORP.	WELDING MAP		PAGE		1 OF 5	
	PROJECT	ZAO Antipinsky CCR	WELDING MAP NO.	WN-LCP-974049-R301-004		
ITEM	CHLORIDE ADSORBER	(208-40-D-004)	Rev. NO.	3	DATE.	2014/04/23
APP. CODE	ASME SEC.VIII DIV.1 , 2010 ED. + 2011 ADD.		APP. MAT'L	SHELL (UPPER/LOWER) SA516-70SA516-70HC-276 OVERLAY HEAD (TOP/BTM.) SA516-70SA516-70HC-276 OVERLAY		
			P.W.H.T / S.R	YSE / YES		

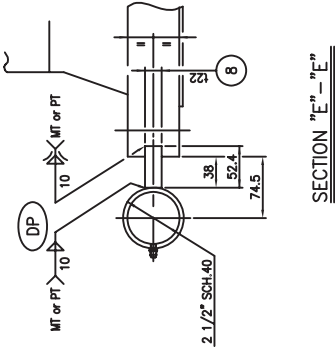
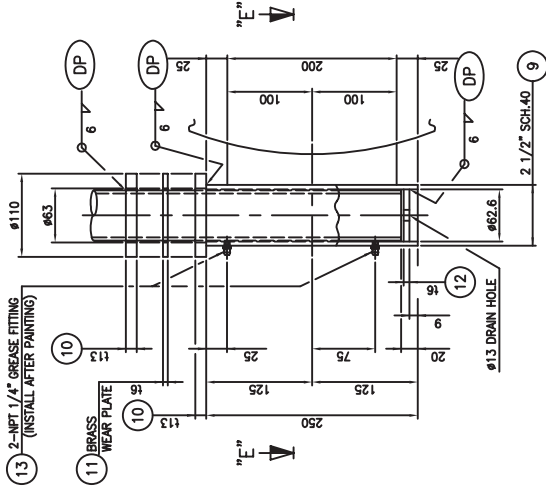
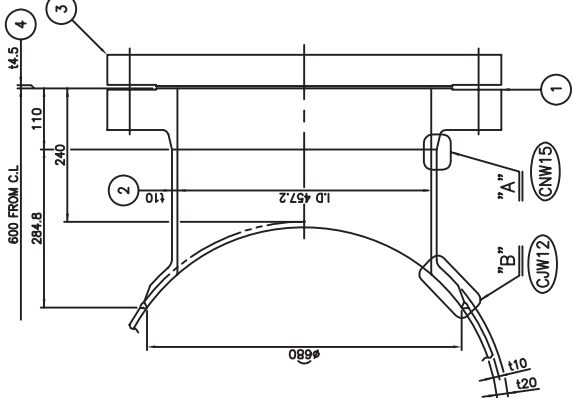
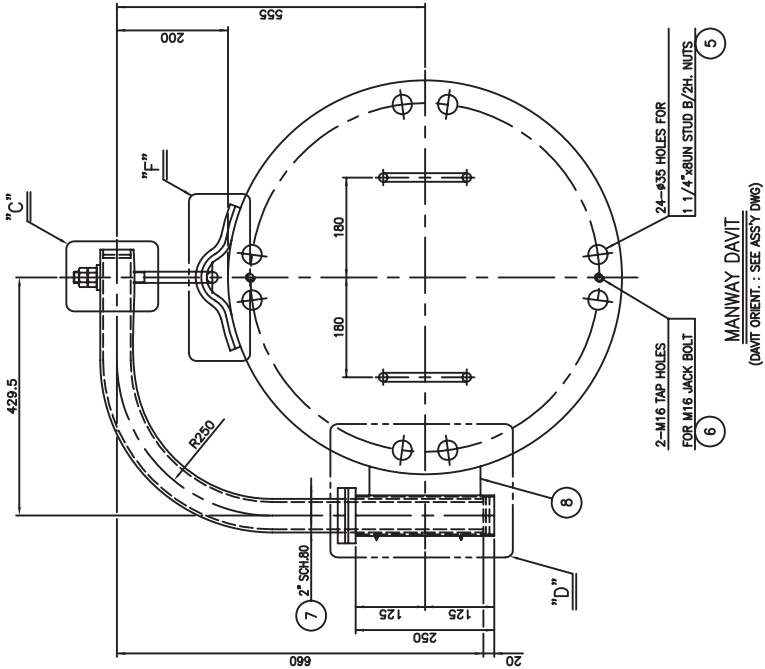
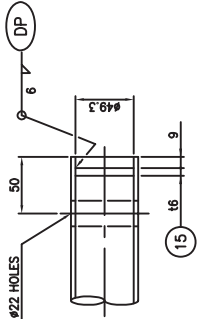
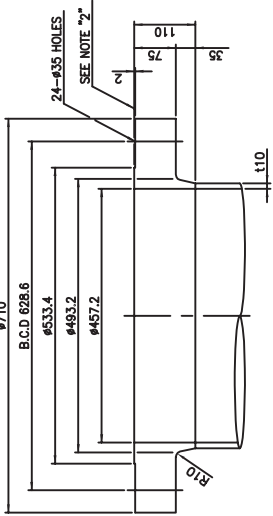
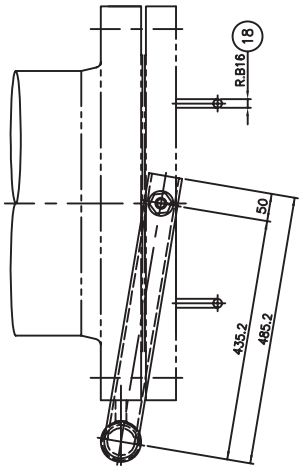


Note 1. THE CHIP SHALL BE WELDED TO SHELL AFTER COMPLETION OF THERMOCOUPLE INSTALLATION BEFORE HYDRO. TEST.

JOINT SECTION NUMBER	WELD PROCESS	WPS NO.	PQR NO.	Th'k Range	WPS REV. NO	PAGE	Welding Engineer	Preheat TCM.
LWL-1~2,4~5 CWL-1~2, IC, GL, TP, RP, BK	GTAW + SMAW or GTAW	WP-GT-SM-1.1-0315 WP-GT-1.1-0315	PQ-GT-SM-1.1-0315	5 ~ 200 mm	0	427~435	K.K.KANG	40℃
LWL-3, CWL-3~4	GTAW + SMAW	WP-GT-SM-1.1-0302	PQ-GT-SM-1.1-0302	5 ~ 200 mm	1	285 ~ 292	K.K.KANG	15℃
LWL-3~1, CWL-3~1,4~1	SMAW (Overlay)	WP-SM-1.43-0301	PQ-SM-1.43-0301	Min. 3mm	0	334 ~ 341	K.K.KANG	15℃
EL	GTAW	WP-GT-1.8-0307	PQ-GT-1.8-0307	1.5 ~ 14 mm	3	102~110-1	K.K.KANG	15℃

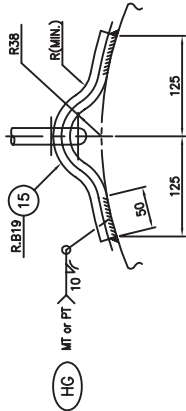
					
CWL-1	LWL-1,2, CWL-2	CWL-3	LWL-3	CWL-4	LWL-4,5

 PEM HEAVY INDUSTRIES CORP.	WELDING MAP		PAGE		2 OF 5	
	PROJECT	ZAO Antipinsky CCR	WELDING MAP NO.	WM-GP-974049-R301-004		
ITEM	CHLORIDE ADSORBER	(208-40-D-004)	Rev. NO.	3	DATE.	2014/04/23
APP. CODE	ASME SEC.VIII DIV.1, 2010 ED. + 2011 ADD.		APP. MAT'L	SHELL (UPPER/LOWER) SA516-70SA516-70HC-276 OVERLAY HEAD (TOP/BTM.) SA516-70SA516-70HC-276 OVERLAY		
			P.W.H.T / S.R	YSE / YES		

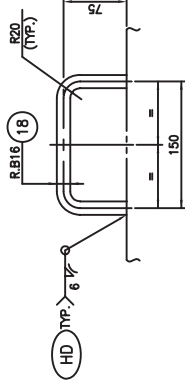


MANWAY

DETAIL "D"



DETAIL "F"



DETAIL OF HANDLE

DETAIL "A"		DETAIL "B"	

JOINT SECTION NUMBER	WELD PROCESS	WPS NO.	PQR NO.	Th'k Range	WPS REV. NO	PAGE	Welding Engineer	Preheat TEL.
CJW12, CNW15, DP, HG, HD	GTAW + SMAW or GTAW	WP-GT.SM-1.1-0315 WP-GT-1.1-0315	PQ-GT.SM-1.1-0315	5 ~ 200 mm	0 0	427~435	K.K.KANG K.K.KANG	40 °C