

О выполнении расчетов на прочность
испытателя пластов
в рамках СЧ ОКР «Создание скважинного
комплекса для испытания пластов с закрытием на
забое»

г. Москва, август
2018



Киселев Игорь Алексеевич
к.т.н.
старший научный
сотрудник,
НИИ «Автоматизации
производственных
процессов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Состав комплекса для испытания пластов

Ход выполнения расчетов на

прочность

Номер	Название компонента	Получена CAD-модель	Расчеты	Отчет
1	Клапан для подачи химических реагентов			
2	Телескопическое соединение			
3	Патрубок для радиоактивной метки			
4	Предохранительный циркуляционный клапан			
5	Держатель глубинных манометров			
6	Многokrатный циркуляционный клапан			
7	Клапан контроля наполнения трубы			
8	Дренажный клапан			
9	Глубинный испытательный клапан			
10	Гидравлический ударный яс			
11	Безопасный переводник			
12	Извлекаемый пакер для обсадных колонн 7".			
13	Извлекаемый пакер для обсадных колонн 9 5/8"			
14	Извлекаемый пакер для обсадных колонн 13 3/8".			
15	Вертикальный амортизатор			
			подготовка	
	- 1 этап работы (до 25.05.2018)		выполнено	
	- 2 этап работы (до 12.07.2018)		выполняется	
			внесение правок	

Номенклатура, нагрузки и условия

эксплуатации типоразмеры

ГОСТ Р 55288-2012

Испытатели пластов на
трубах. Скважинное и
устьевое
оборудование. Общие
технические
требования

Наружный диаметр ИПТ, мм	Диапазон диаметров обслуживаемых скважин, мм		Значение гидростатического давления, МПа, не более	Температурный ряд окружающей среды, °С
	открытый ствол	обсадная колонна		
65	76—93	89—102	100, 140	120, 150, 180, 200, 220
80	97—112	114—127		
95	118—161	127—178		
110	—	140—178	60, 140	
116	135—171	146—178		
127	161—251	178—273	100, 140	
146	187—295	219—324		

Основные характеристики

Наименование параметра	Наружный диаметр ИПТ, мм						
	65	80	95	110	116	127	146
Длина составной части ИПТ, мм, не более	2600	2600	3000	3000	2500	3300	3300
Масса составной части ИПТ (без сменных и запасных частей), кг, не более	55	100	120	135	170	230	250
Максимальный перепад давления, МПа, не более	35	35	35	35	35	45	35
Максимальная нагрузка на составные части:							
сжимающая осевая, кН	50	60	120	150	150	120	200
растягивающая осевая, кН	150	250	270	300	400	500	700
крутящий момент, Н·м	1000	1800	2500	4000	5000	6500	9000
Диапазон диаметров сменных уплотнительных манжет пакеров, мм (рекомендуемый)	67—82	87—102	109—145	115—155	127—155	145—220	170—270
Присоединительная резьба по ГОСТ 28487, ГОСТ 7918, ГОСТ 633	3-50	3-65 3-66	3-76	3-88 НКТ-73	3-101 3-102	3-101 3-102	3-121 3-122 3-133

Расчетные случаи по требованию

Заказчика

№	Наименование изделия	Рабочие нагрузки			Аварийные нагрузки			
		внутреннее давление, МПа	давление опрессовки клапанов, МПа	опрессовка азотной полости, МПа	внутреннее давление, МПа	внешнее давление, МПа	предел прочности на разрыв, кН	крутящий момент, кН·м
1	Клапан для подачи химических реагентов	105			150	139	1320	23
2	Телескопическое соединение	105			150	139	1320	23
3	Патрубок для радиоактивной метки	105			150	139	725,5	-
4	Предохранительный циркулярный клапан	105	35		150	139	2139	61
5	Держатель глубинных манометров	X			150	145	2157	61
6	Многократный циркуляционный клапан	105	35	86,1	146	-	2034	31,6
7	Клапан контроля наполнения трубы	105	105		151	141	2139	X
8	Дренажный клапан	105			151	141	1779	27
9	Глубинный испытательный клапан	105	35	113,7	151	141	2020	30,9
10	Гидравлический ударный яс	105			151	141	1406	22
11	Безопасный переводник	105			151	141	192	22
12	Извлекаемый пакер для обсадных колонн 7 in	105			161,4	149,4	1024	15,2
13	Извлекаемый пакер для обсадных колонн 9 5/8 in	70			105	105	1918,5	36,6
14	Извлекаемый пакер для обсадных колонн 13 3/8 in	70			98	92	1550	126
15	Вертикальный амортизатор	105			154	154	2014	56

- нагрузки из технического задания, превышающие значения из ГОСТ Р 55288-2012

Критерии для оценки прочности изделий

1) Нормативные коэффициенты запаса прочности изделия

Документ	$n_{T,раб}$, (4.1)	$n_{B,раб}$, (4.1)	$n_{T,исп}$, (4.2)
[17]	1.5	2.4	1.2
[19]	1.5	2.4	1.1
[20]	1.5	2.4 (3.0 для аустенитной хромоникелевой стали)	1.1
[25]	1.5 (2.0 для случая нагрузки наружным давлением, превышающим внутреннее)	2.6	-

$$[\sigma] = \text{Min} \left\{ \frac{\sigma_T}{n_{T,раб}}; \frac{\sigma_B}{n_{B,раб}} \right\}$$

[17] ГОСТ Р 51365-2009 (ИСО 10423:2003)
Нефтяная и газовая промышленность оборудование для бурения и добычи. оборудование устья скважины и фонтанное устьевое оборудование

[19] ГОСТ 14249-89
Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность

[20] ГОСТ Р 52857.1—2007
Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность

[25] ПНАЭ Г-7-002-86
Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, 1987 г.

2) Классификация напряжений и условия прочности по группам

Мембранные σ_m (общие) σ_L (местные)
Первичные σ_B
Вторичные σ_Q (изгибные и мембранные)
е $\sigma_m < n_1 * [\sigma]$

$$\sigma_m + \sigma_L + \sigma_B < n_2 * [\sigma]$$

$$\sigma_m + \sigma_L + \sigma_B + \sigma_Q < n_3 * [\sigma]$$

Документ	n_1	n_2	n_3
[17]	1.0	1.5	3.0
[19]	-	-	-
[20]	1.0	1.5	3.0
[25]	1.0	1.3	min n_2 2.5 - $\frac{n_1 n_2 n_3}{n_1 n_2 n_3}, 2 n_1 n_2 / n_1 n_2,$ $\frac{n_1 n_2}{n_1 n_2}$

Материалы и допускаемые

4130M (США) напряжения 30ХМА (Россия)

	4130m (USA)	30ХМА (РФ)	разница %
20°			
Предел текучести σ_T , МПа	С 910	750	-17,6
Временное сопротивление σ_B , МПа	994	950	-4,4
Допускаемое сопротивление [], МПа	414	395	-4,6
200°			
Предел текучести σ_T , МПа	С 813	650	-20,0
Временное сопротивление σ_B , МПа	925	800	-13,5
Допускаемое сопротивление [], МПа	385	333	-13,5

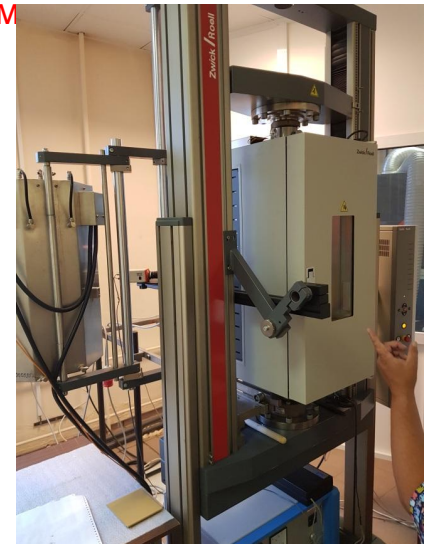
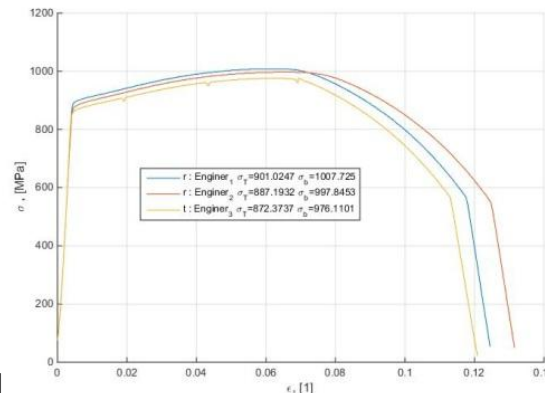
Требуется проведение испытаний образцов из партии материала для производства опытного образца

Сталь 30ХМА обладает составом, схожим со сталью 4130M

Сталь 30ХМА выбрана в качестве наиболее предпочтительной в результате сопоставления 7 отечественных марок сталей с учетом особенностей условий работы

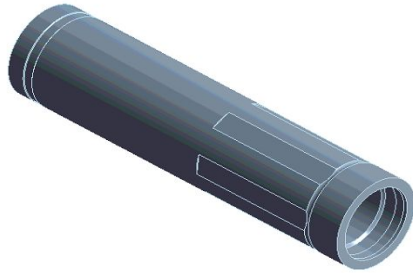
Результат испытаний

По справочным данным

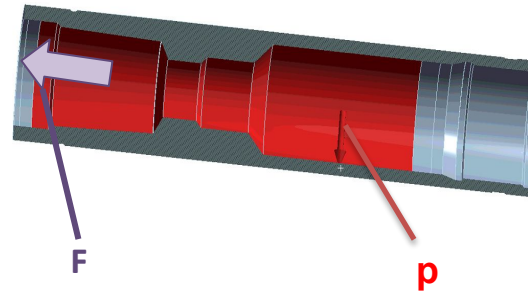


Процедура оценки прочности для рабочих

Разделение на детали, упрощение CAD-модели



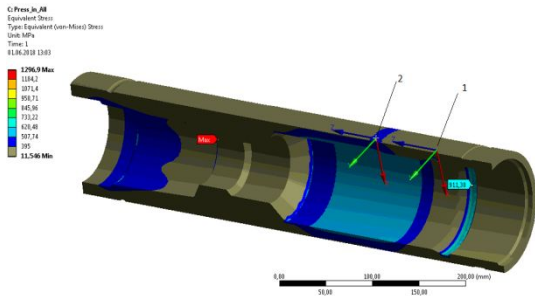
режимов
Задание



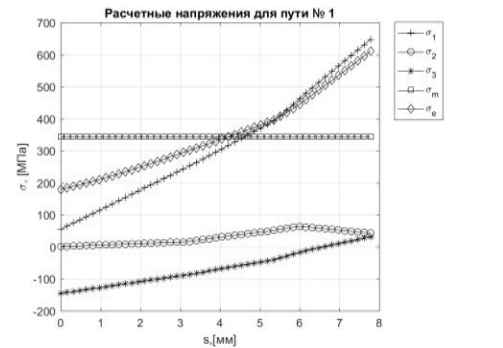
Создание конечно-элементной сетки



Расчет напряженно-деформированного состояния (лин. упр.)



Построение и анализ эпюр для опасных



№ пути	$\sigma_{\text{ср}}$, МПа	σ_{max} , МПа	$n_{\text{ср}}$	n_{max}	$n_{\text{ср}}$	n_{max}
1	342,4	610,3	1,15	0,97	2,19	1,23
2	462,7	548,1	0,85	1,08	1,62	1,37

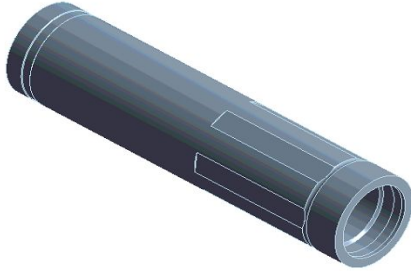
Дополнительная обработка:

- расчет перемещений в зонах уплотнений
- расчет пластических деформаций в отдельных концентраторах

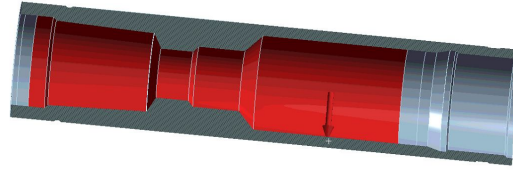
Определение напряженно-деформированного состояния выполняется в ПО ANSYS 17.0

Процедура оценки прочности для аварийных режимов

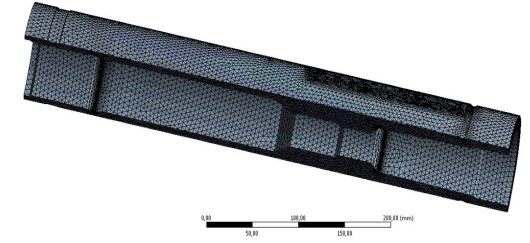
Разделение на детали,
упрощение CAD-модели



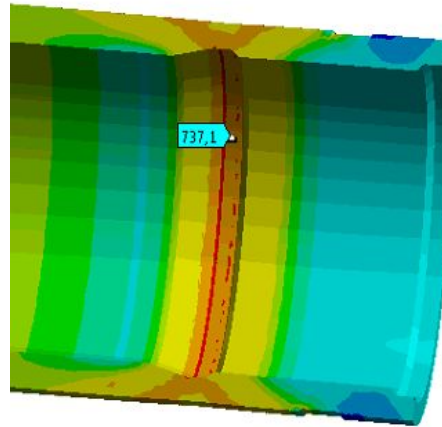
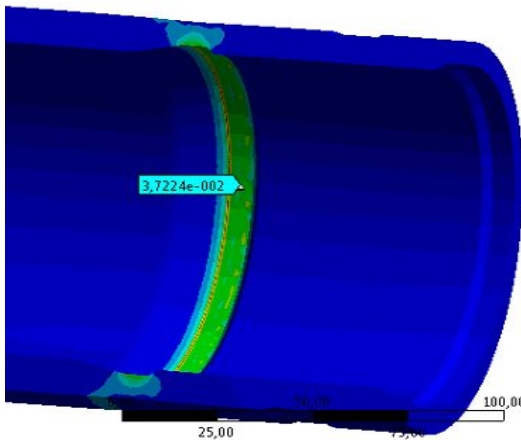
РЕЖИМОВ
Расчет и задание
граничных
условий



Создание конечно-
элементной сетки



Расчет напряженно-деформированного
состояния (нелинейный, упр.-пласт. расчет)



Оценка прочности

- расчет коэффициента запаса по временному сопротивлению или
- расчет допустимых нагрузок

Определение напряженно-деформированного состояния выполняется в ПО ANSYS 17.0