



## Обзор насосной установки подачи азота









Модель	Производительность газообразного азота при н.у., м3/мин	Давление, атм.
СДА 5/101	5	101
СДА 10/251	10	251
ПКСА 9/200	9	200
Тип A100 (Jereh)	5-85	700
УНГС 8/20	3-14	225
LMF 47-20/350D	20	350

## Обзор насосной установки подачи азота



# Емкостной парк для перевозки и хранения жидкого азота состоит из следующих емкостей:

Модель	Объём ёмкости, мЗ	Рабочее давление, атм.	Потери, %.	Производител ьность по азоту, кг/мин	Габаритные размеры, м.	Масса пустой/ полной, т
CDW-11/0.8	11,35	8	0,8		4,5x2,49x2,6	7,5/16,4
тржк-зм	7,38	2,5	0,8	150	5,03x1,93x2,02	3,2/8,87
ЦТК 8/0,25	<i>7</i> ,38	2,5	0,79	150	5x2.09x2.05	3,05/8,72
ППЦК-19/0,25	19	2,5	0,8	140	11x2,5x3,57	13,6/28
ППЦК-25/0,25	25	2,5	0,8	140	11x2,5x3,9	15/34,1

## Работа на азотных установках СВОЙСТВА ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО АЗОТА



Характеристика	Значение / Пояснение		
Характеристика	N <sub>2</sub>		
Температура жидкости	-320,4 °F (-195,8 °C)		
Процентное содержание GN <sub>2</sub> в атмосфере	78% (объемных)		
Вес 1 галлона LN <sub>2</sub>	6,74 фунт/галлон (0,120 г/см <sup>3</sup> )		
Количество стандартных кубических футов (SCF) в одном галлоне GN <sub>2</sub> .	93,05 станд. фут <sup>3</sup> (2,63 станд. м <sup>3</sup> ) при 1 атм		
Процентное содержание кислорода, вызывающее заметный эффект	от 10 до 14% (объемных)		
Воздействие LN <sub>2</sub> на кожу	Может вызвать серьезные ожоги.		
Воздействие LN <sub>2</sub> на мягкую малоуглеродистую сталь	Вызывает коробление, образование трещин и полный выход из строя элемента конструкции.		
Критическая температура	-232,3 °F (-150 °C)		
Точка кипения	-320 °F (-195,8 °C)		

## Материалы, совместимые с жидким азотом

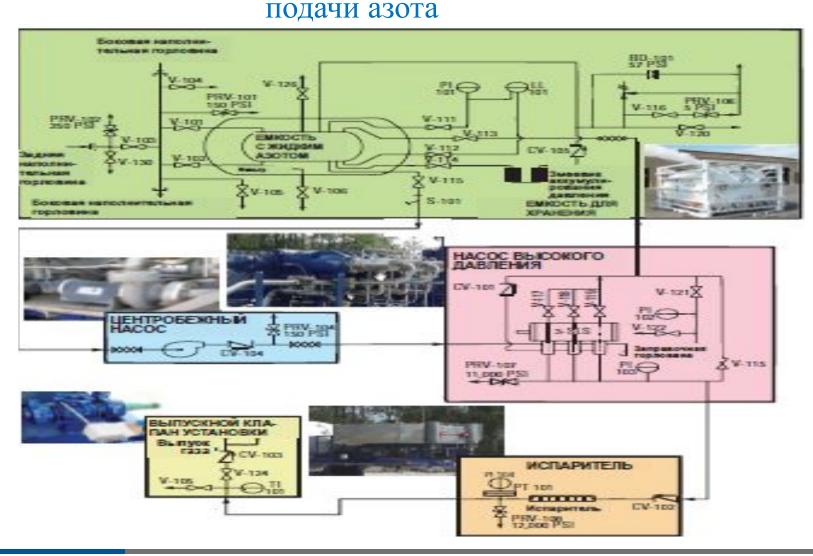


Материал	Применение
Нержавеющая сталь	Трубопроводы высокого давления и холодные концы
Алюминий	Центробежные насосы
Бронза	БРС и центробежные насосы

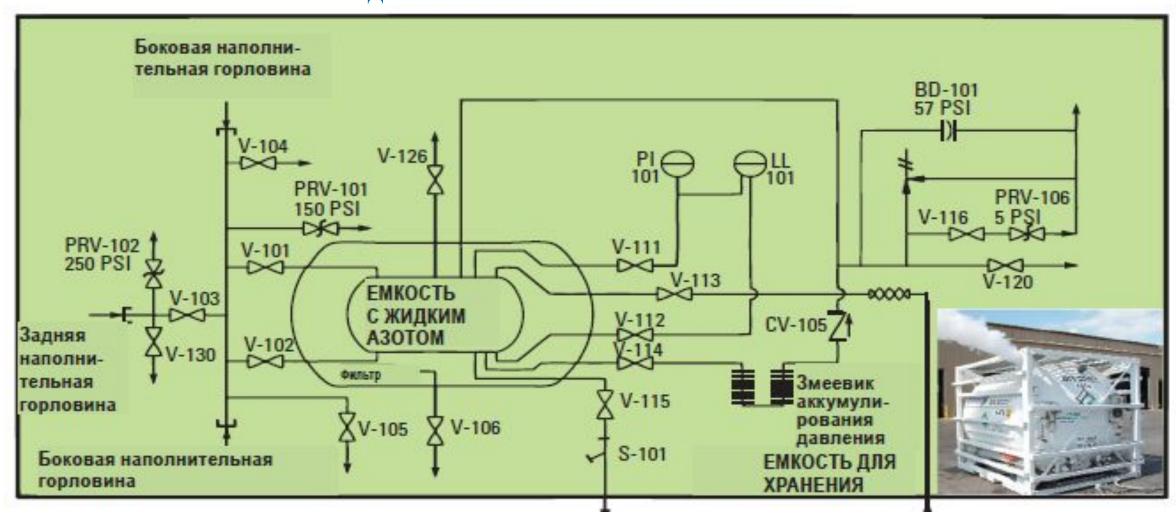


## Подсистемы главной насосной установки

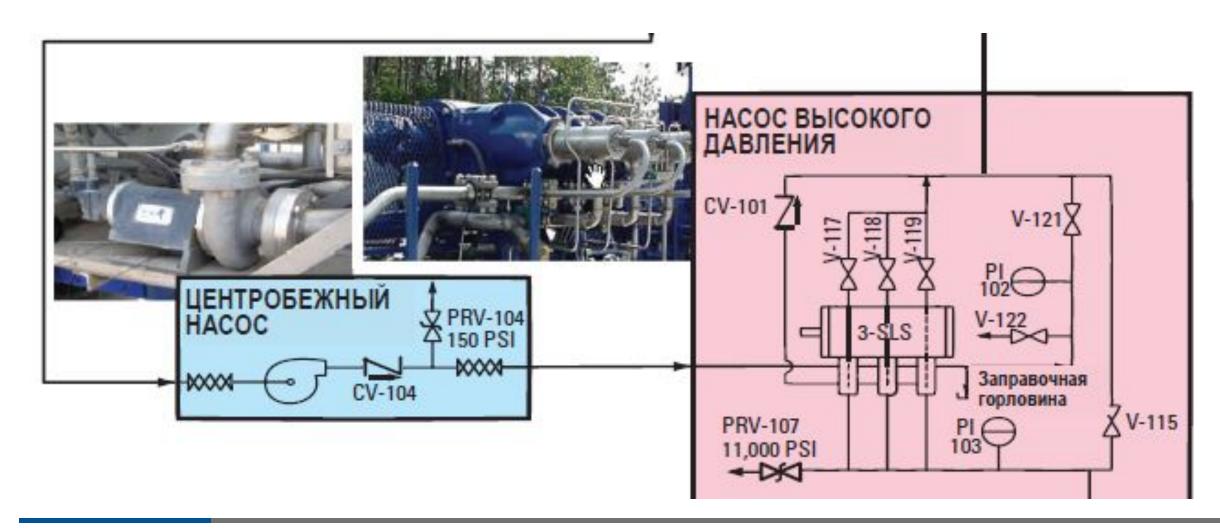




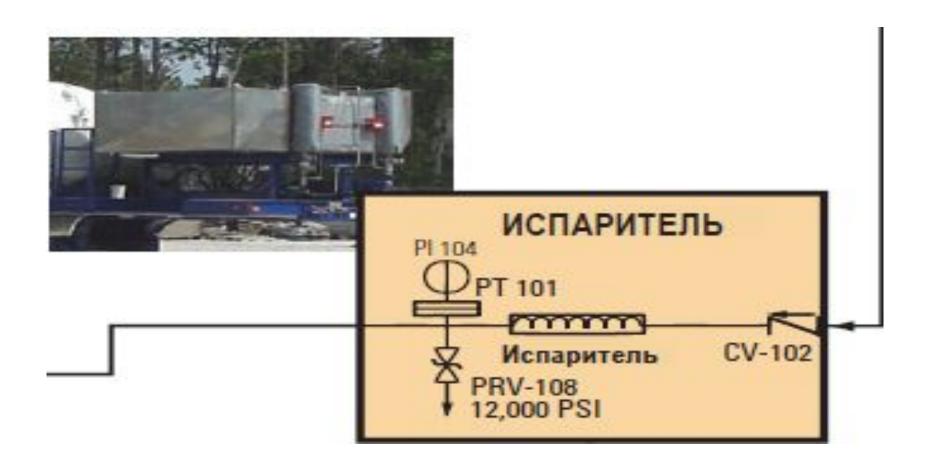
# **F**



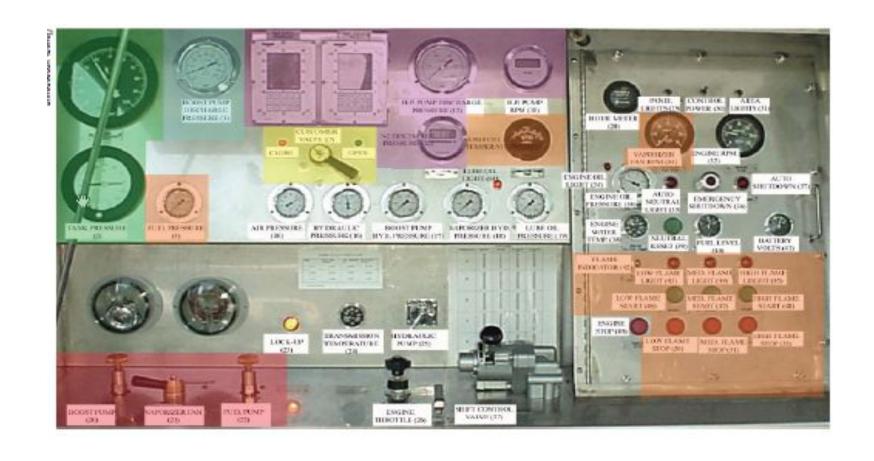












## Емкость для хранения жидкого азота







Емкость, смонтированная на салазках





Опорные кольца наружного резервуара

1000 галлонов	3000 галлонов	1000 галлонов
(3,78 м³)	(11,36 м³)	(3,78 м³)
2000 галлонов (11,36 м³)		2000 галлонов (7,57 м <sup>3)</sup>



## Емкость для хранения жидкого азота. Изоляция емкостей





Конструкция емкости с суперизоляцией

## Warning

#### Предупреждение:

Вакуумирование емкостей должно осуществляться обученным персоналом. Лица, не разбирающиеся в типах вакуума и не прошедшие практический курс, основанный на правильных процедурах, не должны допускаться к проведению вакуумирования. При отклонении от правильных процедур вакуум в емкости может быть утерян.

	1	

Внутренний резервуар с изоляцией на основе кремния

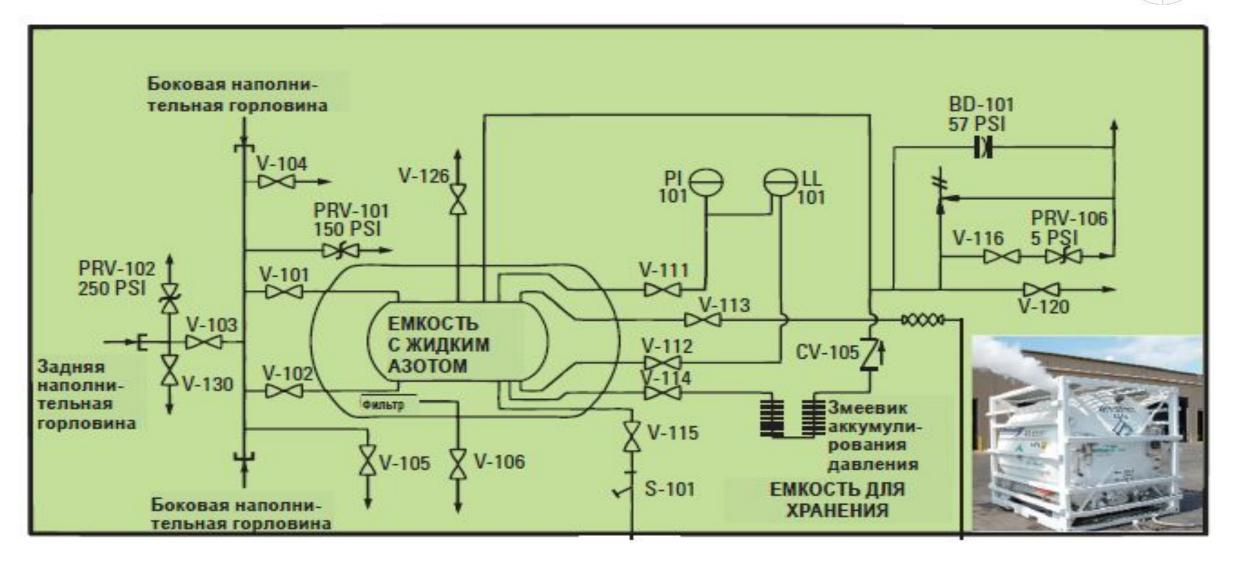
Тип емкости	Заводской уровень вакуума для захоложенной емкости
Новая емкость с перлитной изоляцией	15-16 микрон
Новая емкость с суперизоляцией	Менее 5 микрон

## i

#### Примечание:

Чтобы определить, какого типа емкость входит в состав установки, нужно слегка постучать предметом из легкого металла по наружной оболочке. Если вы услышите звук, подобный звону колокола, скорее всего, емкость имеет суперизоляцию. Если вы услышите глухой звук, скорее всего, емкость имеет перлитовую изоляцию. Причиной того, что перлитовая изоляция дает глухой звук, является тот факт, что перлит наносится на внутреннюю поверхность наружного резервуара.

## Емкость для хранения жидкого азота. Схема трубопроводов емкости для хранения





## Емкость для хранения жидкого азота. Емкости резервуаров.

#### ДИАГРАММА ПЕРЕВОДА УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕЕ КОЛИЧЕСТВО 2000 ГАЛЛОНОВ

IN. H20	галлоны	фунты	MSCF
2.0	16	107	1.5
4.0	46	308	42
6.0	85	572	79
8.0	132	888	12.3
10.0	185	1,249	17.2
12.0	245	1,649	22.8
14.0	309	2,084	28.8
16.0	378	2,550	35.2
18.0	452	3,042	42.0
20.0	528	3,557	49.1
22.0	607	4,092	56.5
24.0	689	4,643	64.1
26.0	773	5,207	71.9
28.0	858	5,780	79.8
30.0	944	6,360	87.8
32.0	1,031	6,944	95.8
34.0	1,117	7,527	103.9
36.0	1,203	8,107	111.9
38.0	1,289	8,682	119.8
40.0	1,372	9,246	127.6
42.0	1,454	9,798	135.2
44.0	1,534	10,335	142.6
46.0	1,611	10,851	149.8
48.0	1,684	11,346	156.6
50.0	1,753	11,813	163.1
52.0	1,818	12,251	169.1
54.0	1,878	12,654	174.7
56.0	1,932	13,018	179.7
58.0	1,980	13,339	184.1
* 0.08	2,020	13,607	187.8
62.0	2,050	13,813	190.7
64.0	2,068	13,931	192.3
66.0	2.068	13,934	192.3

IN. H20	литры		OT 140
		KT	CT. MP
2.0	60	48	42
4.0	173	140	120
6.0	321	259	223
8.0	499	403	347
10.0	702	566	488
12.0	927	748	645
14.0	1,171	945	815
16.0	1,432	1,156	997
18.0	1,709	1,380	1,189
20.0	1,998	1,613	1,390
22.0	2,299	1,856	1,599
24.0	2,608	2,106	1,815
26.0	2,925	2,361	2,035
28.0	3,247	2,621	2,259
30.0	3,573	2,885	2,486
32.0	3,901	3,149	2,714
34.0	4,229	3,414	2,942
36.0	4,555	3,677	3,169
38.0	4,877	3.937	3,393
40.0	5,194	4,193	3,614
42.0	5,505	4,444	3,830
44.0	5,806	4,687	4,039
46.0	6,096	4,921	4,241
48.0	6,374	5,145	4,434
50.0	6,636	5,358	4,617
52.0	6,882	5,556	4,788
54.0	7,109	5,739	4,946
56.0	7,313	5,904	5,088
58.0	7,493	6,049	5,213
80.0*	7,844	6,171	6,318
62.0	7,760	6.265	5,309
64.0	7,826	6,318	5,445
66.0	7,828	6,319	5,446

Менсимальная загрузка = 13 806 фунт / 6 262 кг

Заполнение 95%.

## Бустерный центробежный насос.





Всасывающий патрубок и патрубок нагнетания центробежно-го насоса

Типоразмер центробежного насоса	Производительность насосной установки (ст. фут3/ч)	Типовой испаритель
1 ½ " x 2 ½ " x 4 "	90 000 ст. фут3/ч 180 000 ст. фут3/ч	Окружающая среда / Рекуператор тепла Окружающая среда / Рекуператор тепла
2" X 3" X 6"	360 000 ст. фут3/ч 450 000 ст. фут3/ч	Прямого нагрева Прямого нагрева



## Бустерный центробежный насос.



Компонент	Материал
Улитка	Алюминий или бронза
Задняя пластина	Алюминий или бронза
Крыльчатка	Алюминий или бронза
Шайбы	Нержавеющая сталь
Вращающееся уплотнение	Нержавеющая сталь
Графитовое уплотнение	Графитовое кольцо в корпусе из нержавеющей стали



Графитовое уплотнение в сборе и вращающееся уплотнение

## Бустерный центробежный насос.





#### Важно!

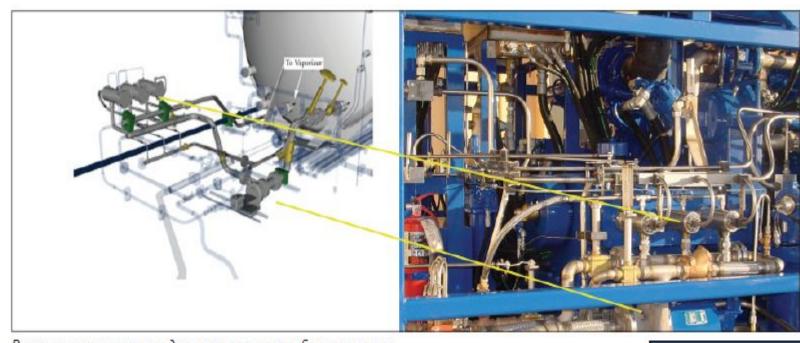
Нельзя считать появление намерзания на наружной поверхности центробежного насоса признаком его полного захолаживания. Влажность воздуха может вызвать намерзание на корпусе насоса задолго до завершения процесса его захолаживания. Единственным верным признаком полного захолаживания насоса является появление жидкости на выходе из нижнего выпускного клапана.



Захолаживание центробежного насоса с помощью жидкости

## Емкость для хранения жидкого азота. Бустерный центробежный насос.





Взаимное положение холодных концов и центробежного насоса

Типоразмер холодного конца	Давление всасывания на холодном конце
1 1/4"	50-60 фунт/дюйм2 (3,4 – 4,1 бар)
1 5/,"	50-60 фунт/дюйм2 (3,4 – 4,1 бар
2"	60-80 фунт/дюйм2 (4,1 – 5,5 бар)
2 3/8"	60-80 фунт/дюйм2 (4,1 - 5,5 бар)
2 1/2"	60-80 фунт/дюйм2 (4,1 - 5,5 бар)
2 7/8"	80 - 100 фунт/дюйм2 (5,5 - 6,9 бар)
3 1/4"	80 - 100 фунт/дюйм2 (5,5 - 6,9 бар)
	холодного конца  1 ¼"  1 5/8"  2" 2 3/8" 2 1/2" 2 7/8"

### Насос высокого давления.





#### Примечание:

В криогенной отрасли промышленности они называются:

Приводная часть = теплый конец



Компоненты теплого и холодного концов

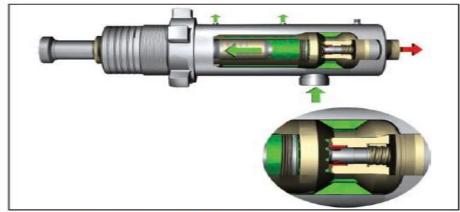
### Насос высокого давления.



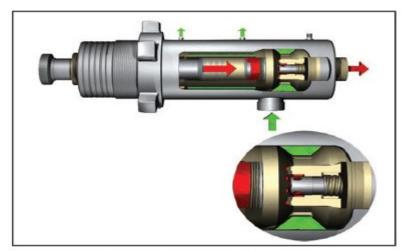


Поршень холодного конца в начальном положении хода такта всасывания

Вид холодного конца в разрезе с указанием его составных частей



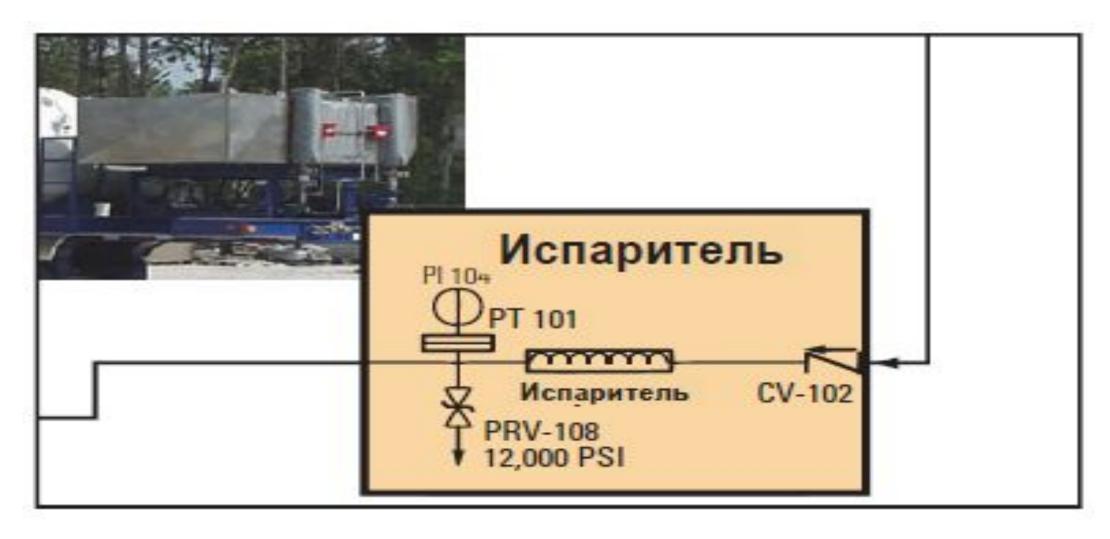
Поршень холодного конца в нижней мертвой точке



Поршень холодного конца в верхней мертвой точке

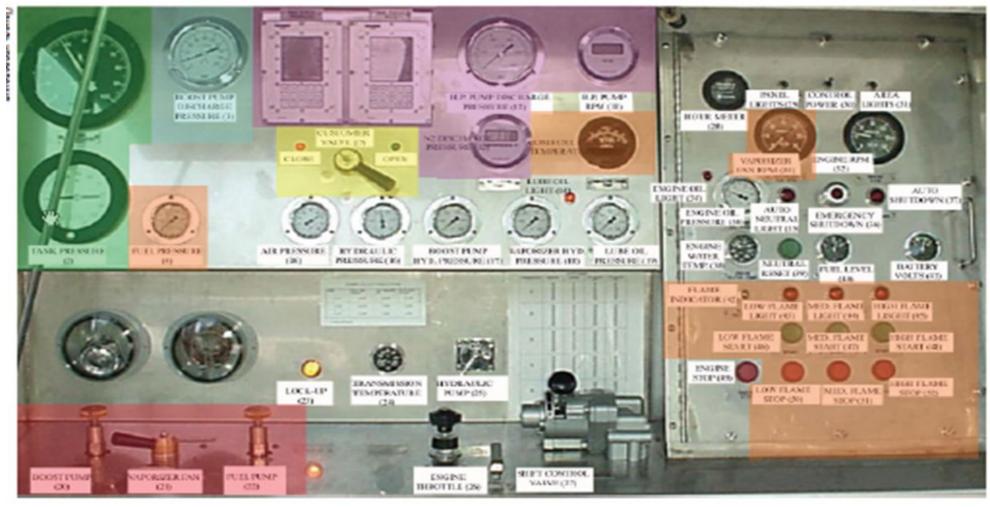
## Испаритель (теплообменник).





## Панель управления.





## Панель управления.





Указатель уровня жидкости

#### ДИАГРАММА ПЕРЕВОДА УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕЕ КОЛИЧЕСТВО 2000 ГАЛЛОНОВ

IN. H20

CT. Mª

42 120

815 997 1,189

1.390 1,599

3,169 3,393 3,614

4,241

4,434 4,617 4,788 4,946

5,213 5,399

5,445

48

1,613

5,145

6,049

6,318

7,826

N. H20	ГАЛЛОНЫ	фУНТЫ	MSCF
2.0	16	107	1.5
4.0	46	308	4.2
6.0	85	572	7.9
8.0	132	888	12.3
10.0	185	1,249	17.2
12.0	245	1,849	22.8
14.0	309	2,084	28.8
16.0	378	2,550	35.2
18.0	452	3,042	42.0
20.0	528	3,557	49.1
22.0	607	4,092	58.5
24.0	689	4,843	64.1
26.0	773	5,207	71.9
28.0	858	5,780	79.8
30.0	944	6,360	87.8
32.0	1,031	6,944	95.8
34.0	1,117	7,527	103.9
36.0	1,203	8,107	111.9
38.0	1,289	8,682	119.8
40.0	1,372	9,248	127.6
42.0	1,454	9,798	135.2
44.0	1,534	10,335	142.6
46.0	1,611	10,851	149.8
48.0	1,684	11,346	156.6
50.0	1,753	11,813	163.1
52.0	1,818	12,251	169,1
54.0	1,878	12,654	174.7
56.0	1,932	13,018	179.7
58.0	1,980	13,339	184.1
* 0.08	2,020	13,807	187.8
62.0	2,050	13,813	190.7
64.0	2,068	13,931	192.3
66.0	2,068	13,934	192.3

Максимальная загрузка = 13 806 фунт / 6 262 кг

#### ДИАГРАММА ПЕРЕВОДА УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕЕ КОЛИЧЕСТВО 3000 ГАЛЛОНОВ

IN. H20	галлоны	ФУНТЫ	MSCF
2.0	23	155	2.1
4.0	66	447	6.2
6.0	123	831	11.5
8.0	191	1,287	17.8
10.0	268	1,805	24.9
12.0	353	2,376	32.8
14.0	444	2,993	41,3
16.0	542	3,652	50.4
18.0	645	4,347	60.0
20.0	753	5,073	70.0
22.0	865	5,827	80.4
24.0	980	6,603	91.1
26.0	1,098	7,399	102.1
28.0	1,219	8,211	113.3
30.0	1,341	9,034	124.7
32.0	1,464	9,866	136.2
34.0	1,588	10,702	147.7
36.0	1,713	11,538	159.3
38.0	1,836	12,372	170.8
40.0	1,959	13,200	182.2
42.0	2,080	14,017	193.5
44.0	2,200	14,821	204.6
46.0	2,316	15,607	215.4
48.0	2,430	16,372	226.0
50.0	2,540	17,111	236.2
52.0	2,645	17,821	246.0
54.0	2,745	18,497	255.3
56.0	2,840	19,134	264.1
58.0	2,928	19,727	272.3
60.0	3,009	20,270	279.8
62.0 *	3,081	20,756	286.5
64.0	3,143	21,174	292.3
66.0	3,193	21,512	296.9
68.0	3,227	21,741	300.1
70.0	3,234	21,789	300.7

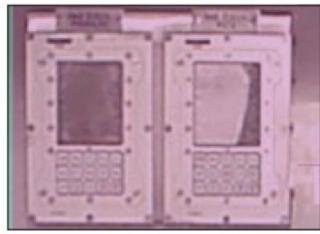
METPW4ECKME					
IN. H20	литры	KT.	CT. M <sup>3</sup>		
2.0	87	70	61		
4.0	251	203	175		
6.0	467	377	325		
8.0	723	584	503		
10.0	1,014	819	705		
12.0	1,335	1,077	929		
14.0	1,682	1,357	1,170		
16.0	2,052	1,656	1,427		
18.0	2,442	1,971	1,699		
20.0	2,850	2,301	1,983		
22.0	3,273	2,642	2,277		
24.0	3,710	2,995	2,581		
26.0	4,157	3,356	2,892		
28.0	4,613	3,724	3,209		
30.0	5,075	4,097	3,531		
32.0	5,542	4,474	3,856		
34.0	6,012	4,853	4,183		
36.0	6,482	5,233	4,510		
38.0	6,950	5,611	4,835		
40.0	7,415	5,988	5,159		
42.0	7,874	6,357	5,478		
44.0	8,326	6,721	5,792		
46.0	8,768	7,078	6,100		
48.0	9,197	7,425	6,399		
50.0	9,613	7,760	6,688		
52.0	10,011	8,082	6,965		
54.0	10,391	8,389	7,229		
56.0	10,749	8,678	7,478		
58.0	11,082	8,947	7,710		
60.0	11,387	9,193	7,922		
62.0 *	11,660	9,413	8,112		
64.0	11,895	9,603	8,276		
66.0	12,085	9,758	8,408		
68.0	12,214	9,860	8,497		
70.0	12,240	9.882	8,516		

### Панель управления.





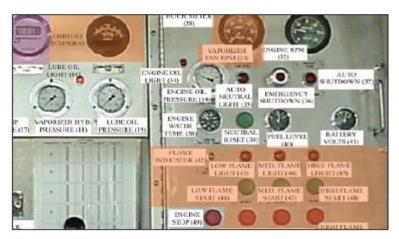
Органы управления центробежным насосом



Давления нагнетания и расход газа (розовый цвет)



Насос высокого давления (розовый цвет)



Индикатор испарителя

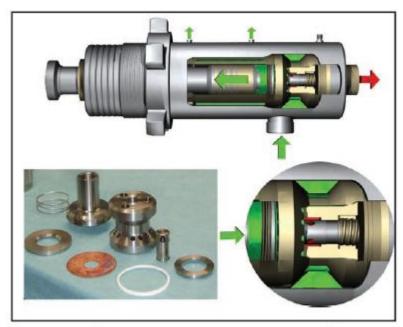
## i

#### Примечание:

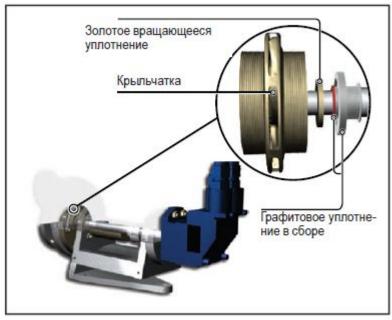
Любой из приборов измерения давления позволяет оператору задать значение предельного максимального давления в установке в ходе ее работы. Важным моментом является поддержание данного предохранительного устройства в постоянном рабочем состоянии...

## Подготовка к подаче азота. Хранение и кондиционирование жидкости.





Поршень холодного конца в начальном положении хода такта всасывания



Центробежный насос



Давление сбрасывается из емкости

## Подготовка к подаче азота. Захолаживание и заливка.

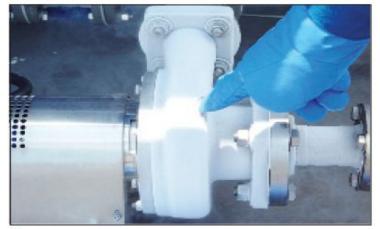




Вид до и после захолаживания



Насос без намерзания

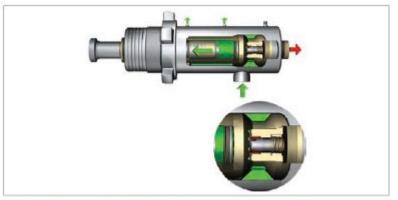


Насос с намерзанием

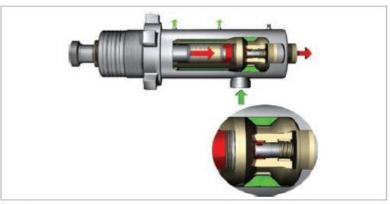
### Подготовка к подаче азота. Захолаживание и заливка.







Поршень холодного конца в нижней мертвой точке



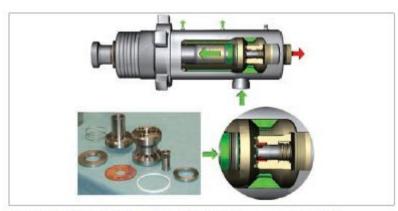
Поршень холодного конца в верхней мертвой точке

Вид холодного конца в разрезе с указанием его составных частей



#### Примечание:

На изображении холодного конца в разрезе, приведенном выше, можно видеть, что компрессионные кольца поршня и пояс ползуна задвинулись назад до стопорной гайки на внешней стороне холодного конца. Если возвратнопоступательное движение поршня началось раньше, чем указанные уплотнения и опоры обрели требуемую температуру, может произойти поломка, и срок эксплуатации холодного конца может сократиться.



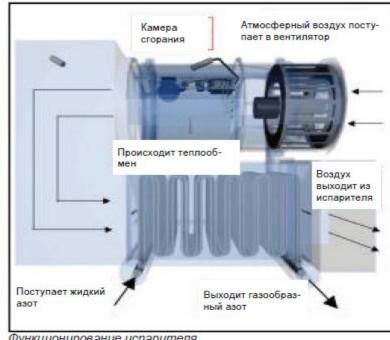
Поршень холодного конца в начале головки всасывания

## Подготовка к подаче азота. Запуск испарителя.

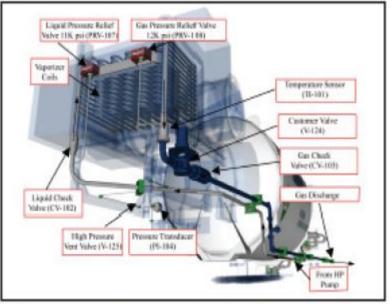




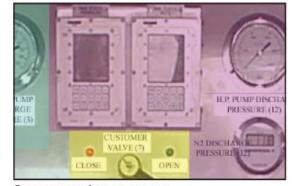




Функционирование испарителя



Насосная подача газа в скважину – испаритель

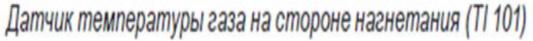


Давление и расход нагнетания газа

## Опрессовка трубопроводов.









## Дежурный режим.



Возможная продолжительность	Испаритель	Испаритель	Трубопроводы установки
< 15 минут	Возврат жидкости в емкость на максимально низких оборотах	Поддержание пламени на максимально более низких режимах	Давление циркуляции
15-30 минут	Остановить возврат жидкости в емкость. Оставить двигатель работающим.	Перекрыть подачу топлива. Вентилятор оставить работающим.	Открыть все трубопроводы, в которых мог остаться LN2.
> 30 минут	Остановить	Остановить	Сбросить все давление

## По окончанию работ.



- Остановить трехплунжерный насос установки
- Перекрыть подачу топлива в испаритель.
- Продолжить охлаждение системы, оставив вентилятор испарителя работать.
- Остановить центробежный насос.
- Перекрыть подачу на всасывание центробежного насоса.
- Открыть все дренажи на трубопроводе высокого давления.
- Открыть дренаж емкости в атмосферу.
- Обеспечить открытие дренажа высокого давления на трубопроводе обработки скважины.
- Остановить вентилятор испарителя.
- Демонтировать трубную обвязку.
- Выбрать конфигурацию клапанов емкости для проведения автомобильной транспортировки.

## Заправка жидкого азота.





## Правила обращения с оборудованием жидкого азота..







### СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

