Работа на азотных установках

Специалист по обучению ОТ, ПБ и ООС Волкова Ольга Алексеевна

Работа на азотных установках

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 А100 (Jereh)	5-85	700
УНГС 8/20	3-14	225
LMF 47-20/350D	20	350

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Обзор насосной установки подачи азота

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

Модель	Объём ёмкости, м3	Рабочее давление, атм.	Потери, %.	Производительность 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-3М	7,38	2,5	0,8	150	5,03x1,93x2,02	**3,2/8,87**
ЦТК 8/0,25	7,38	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**

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

СВОЙСТВА ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО АЗОТА

Характеристика	Значение / Пояснение
Характеристика	N_2
Температура жидкости	-320,4 °F (-195,8 °C)
Процентное содержание GN_2 в атмосфере	78% (объемных)
Вес 1 галлона LN_2	6,74 фунт/галлон (0,120 г/см³)
Количество стандартных кубических футов (SCF) в одном галлоне GN_2.	93,05 станд. фут³ (2,63 станд. м³) при 1 атм
Процентное содержание кислорода, вызывающее заметный эффект	от 10 до 14% (объемных)
Воздействие LN_2 на кожу	Может вызвать серьезные ожоги.
Воздействие LN_2 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)

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

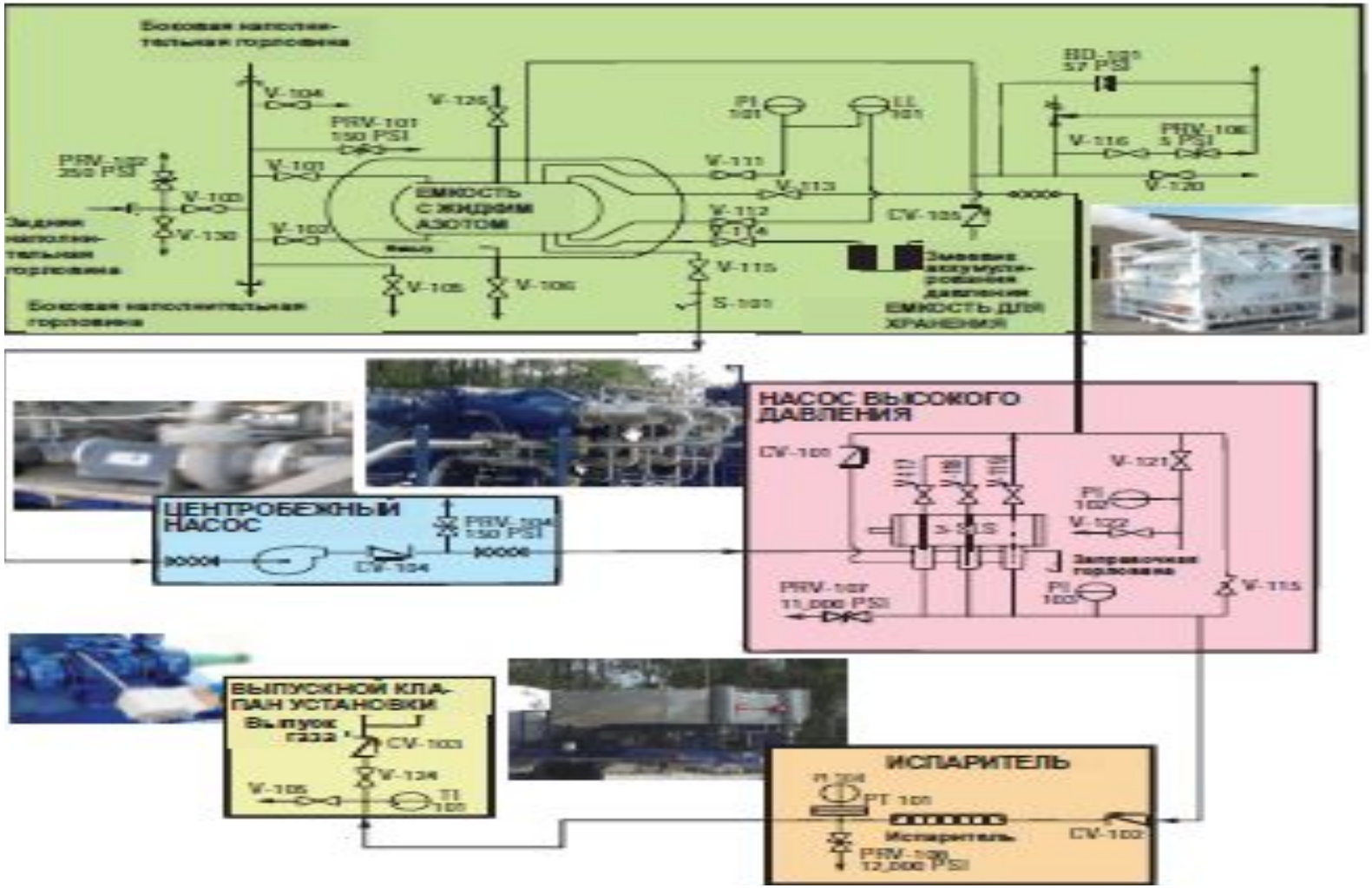
Материалы, совместимые с жидким азотом

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

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

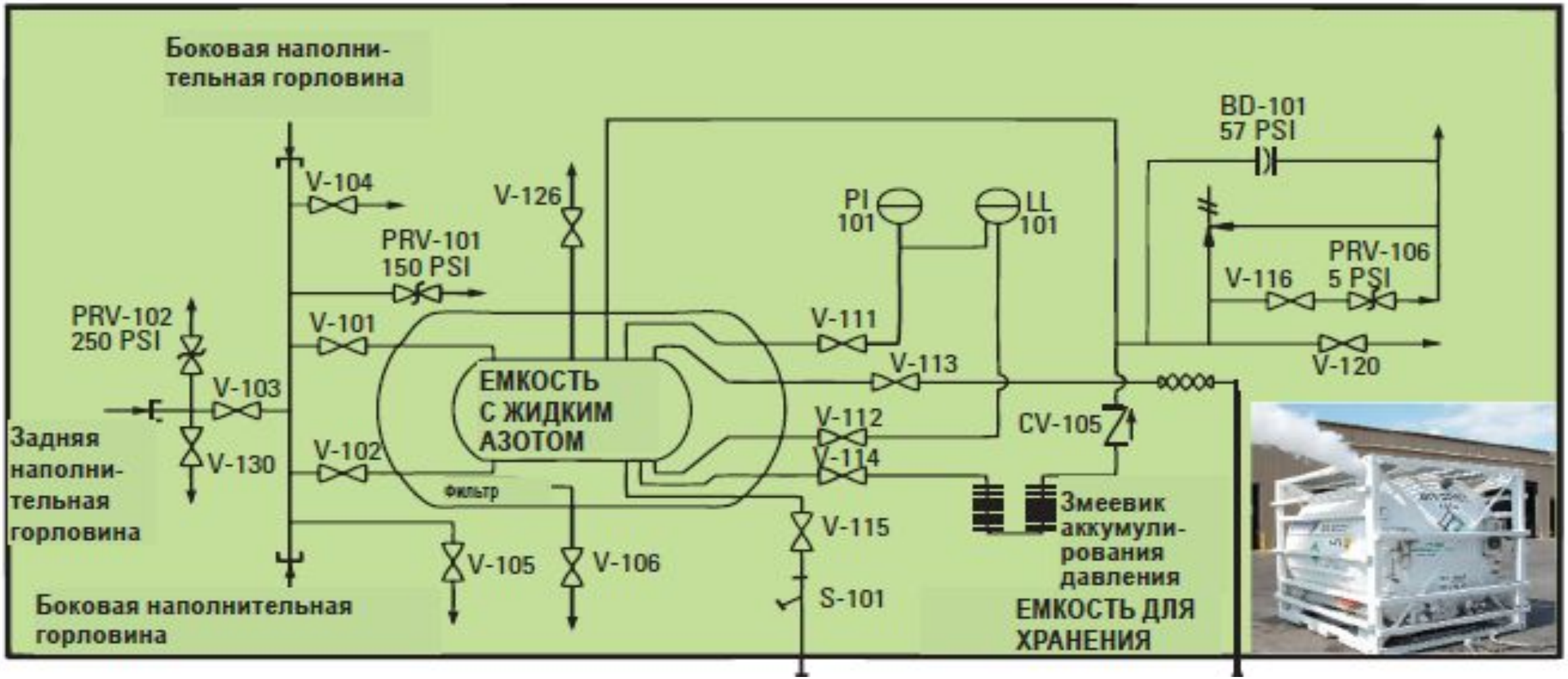
Подсистемы главной насосной установки подачи азота



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

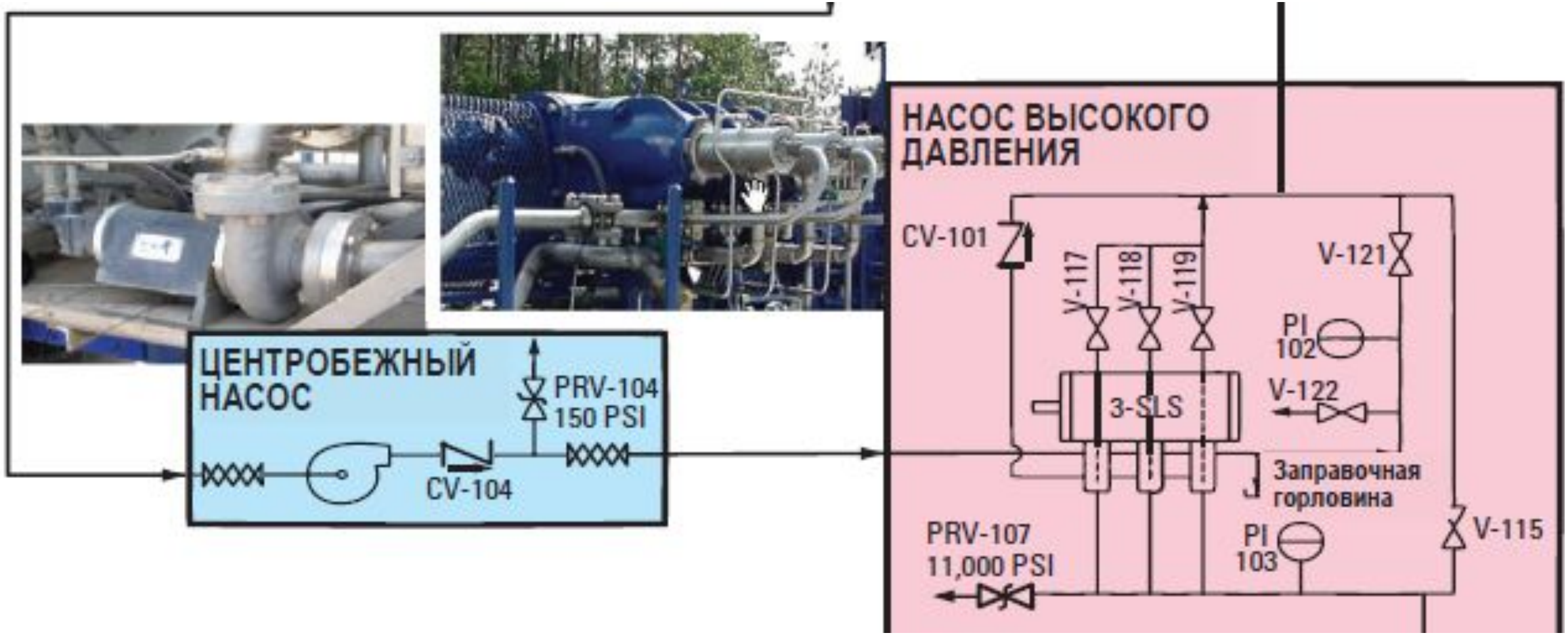
Подсистемы главной насосной установки подачи азота.



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

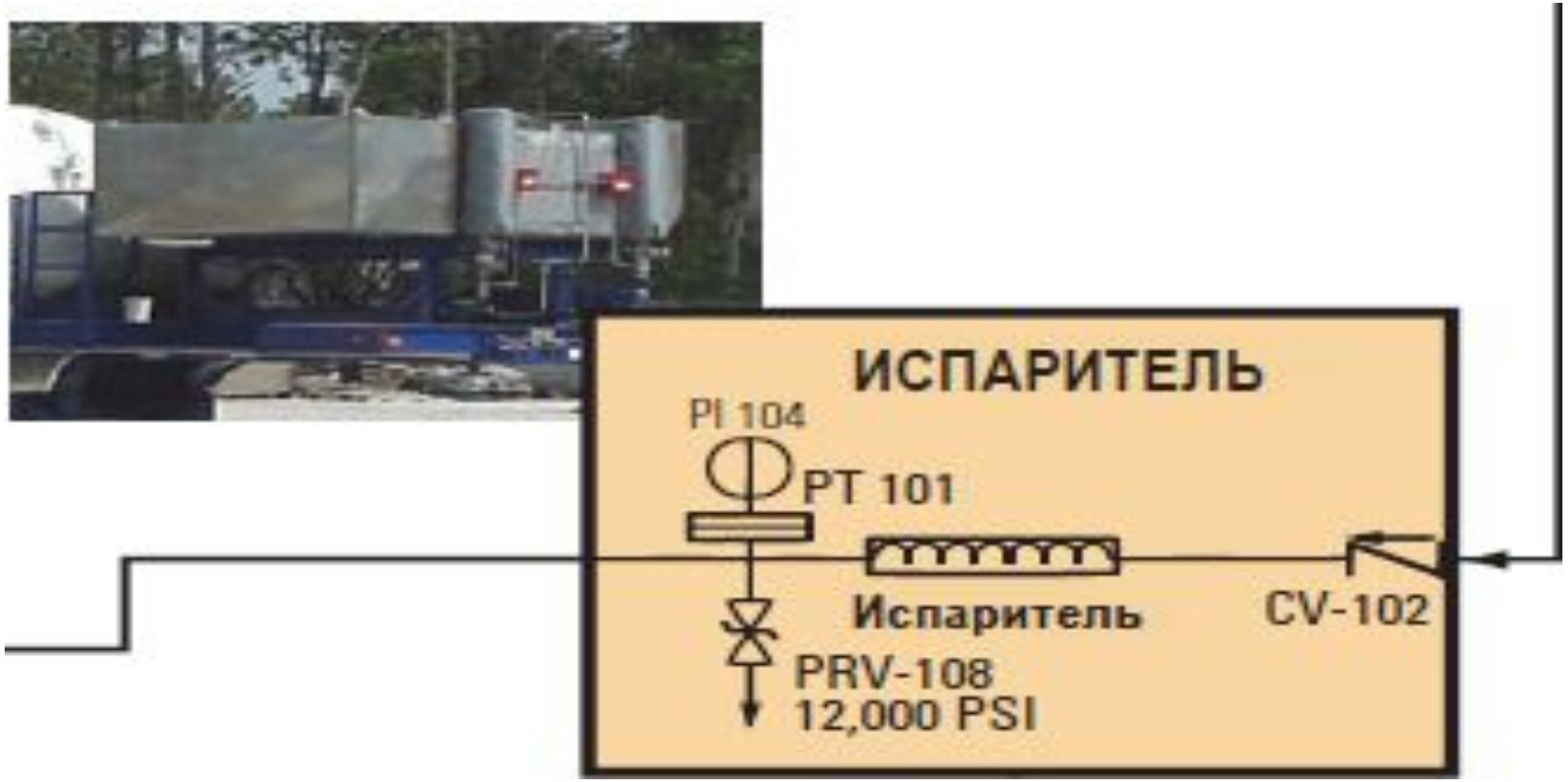
Подсистемы главной насосной установки подачи азота.



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

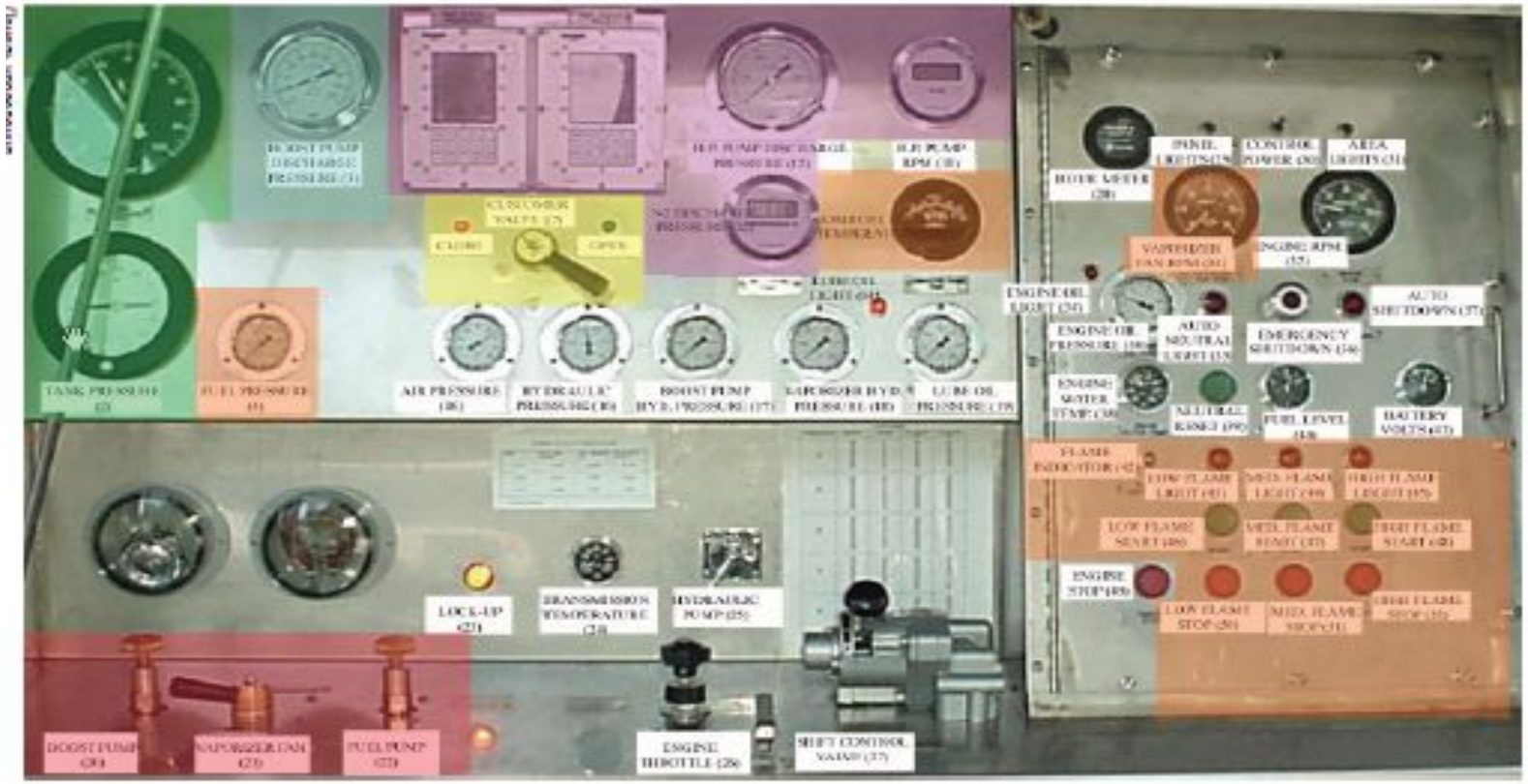
Подсистемы главной насосной установки подачи азота.



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Подсистемы главной насосной установки подачи азота.



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Емкость для хранения жидкого азота

Опорные кольца наружного резервуара

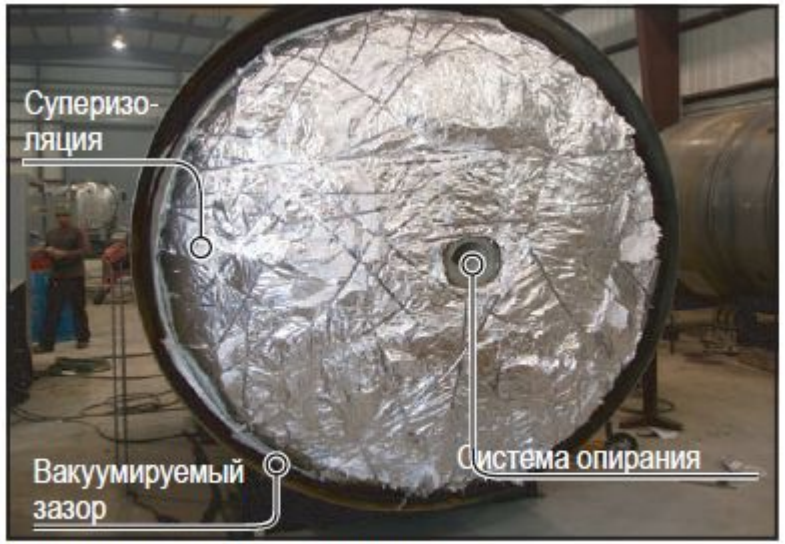
Емкость, смонтированная на салазках

1000 галлонов (3,78 м³)	3000 галлонов (11,36 м³)	1000 галлонов (3,78 м³)
2000 галлонов (11,36 м³)		2000 галлонов (7,57 м³)

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Емкость для хранения жидкого азота. Изоляция емкостей



Конструкция емкости с суперизоляцией

Внутренний резервуар с изоляцией на основе кремния

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.

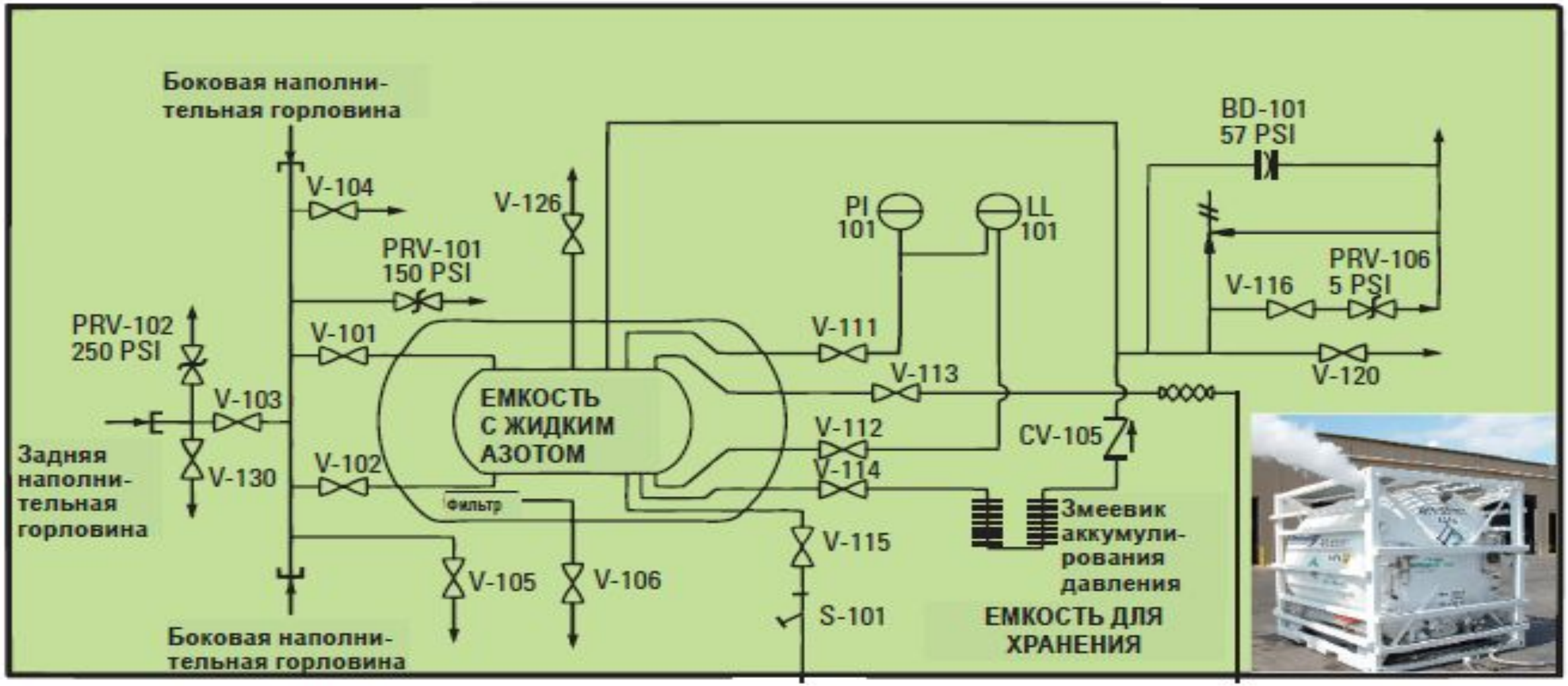
Тип емкости	Заводской уровень вакуума для захоложенной емкости
Новая емкость с перлитной изоляцией	15-16 микрон
Новая емкость с суперизоляцией	Менее 5 микрон

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.

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Емкость для хранения жидкого азота. Схема трубопроводов емкости для хранения



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Емкость для хранения жидкого азота. Емкости резервуаров.

ДИАГРАММА ПЕРЕВОДА УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕЕ КОЛИЧЕСТВО

2000 ГАЛЛОНОВ

АНГЛИЙСКИЕ МЕРЫ			
IN. 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	1,649	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
60.0 *	**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

МЕТРИЧЕСКИЕ			
IN. H20	ЛИТРЫ	КГ	СТ. M^3
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
60.0 *	**7,644**	**6,171**	**5,318**
62.0	7,760	6,265	5,399
64.0	7,826	6,318	5,445
66.0	7,828	6,319	5,446

Максимальная загрузка – 13 806 фунт / 6 262 кг

* Заполнение 95%

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Бустерный центробежный насос.

Всасывающий патрубок и патрубок нагнетания центробежного 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

Примечание:
Типовое описание центробежного насоса содержит следующие параметры:

Размер патрубка нагнетания (дюймы) X Размер патрубка всасывания (дюймы) X Размер крыльчатки (дюймы)

Пример: 2" X 3" X 6"

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

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

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Бустерный центробежный насос.

Важно!

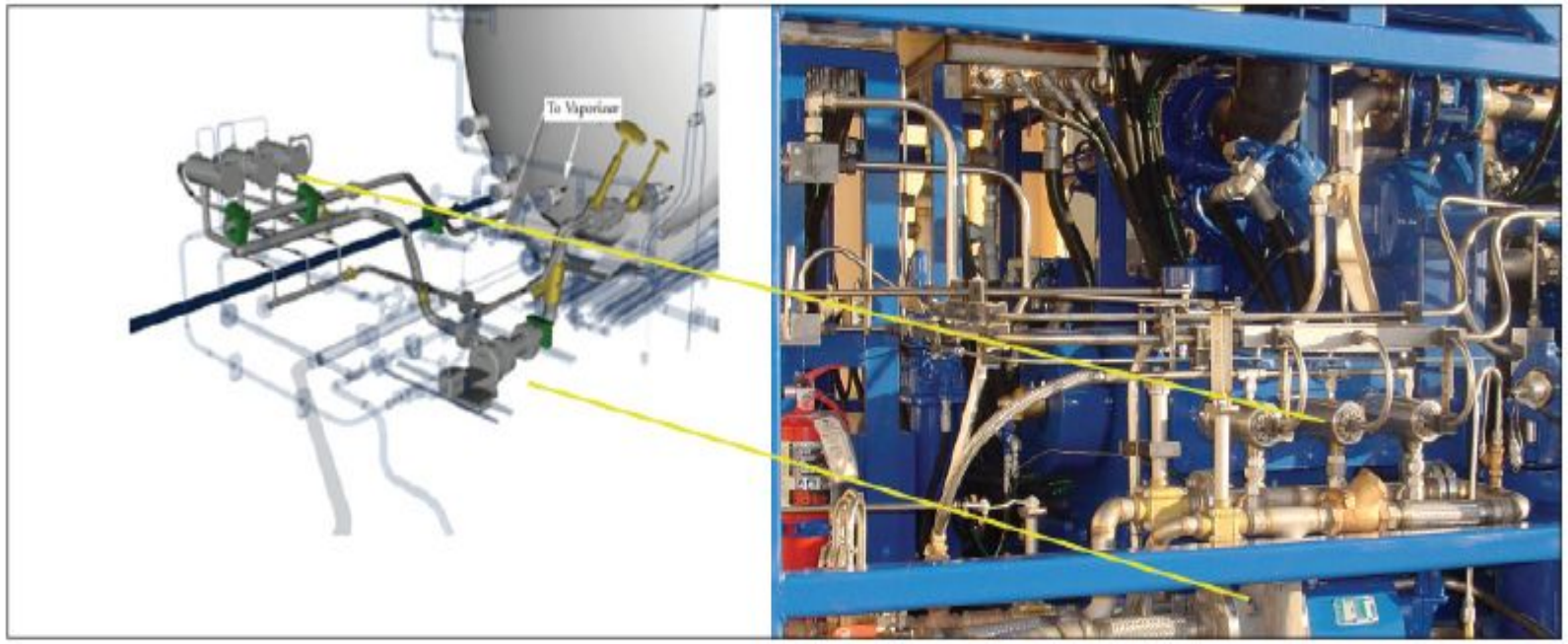
Нельзя считать появление намерзания на наружной поверхности центробежного насоса признаком его полного захолаживания. Влажность воздуха может вызвать намерзание на корпусе насоса задолго до завершения процесса его захолаживания. Единственным верным признаком полного захолаживания насоса является появление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

Захолаживание центробежного насоса с помощью жидкости

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Емкость для хранения жидкого азота. Бустерный центробежный насос.



Взаимное положение холодных концов и центробежного насоса

Типоразмер центробежного насоса	Типоразмер холодного конца	Давление всасывания на холодном конце
1 ½˝ X 2 ½˝ X 4˝	1 ¼˝	50-60 фунт/дюйм2 (3,4 – 4,1 бар)
	1 $^{5}/_{8}$˝	50-60 фунт/дюйм2 (3,4 – 4,1 бар
2˝X3˝X6˝	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)

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Насос высокого давления.

Примечание:
В криогенной отрасли промышленности они называются:

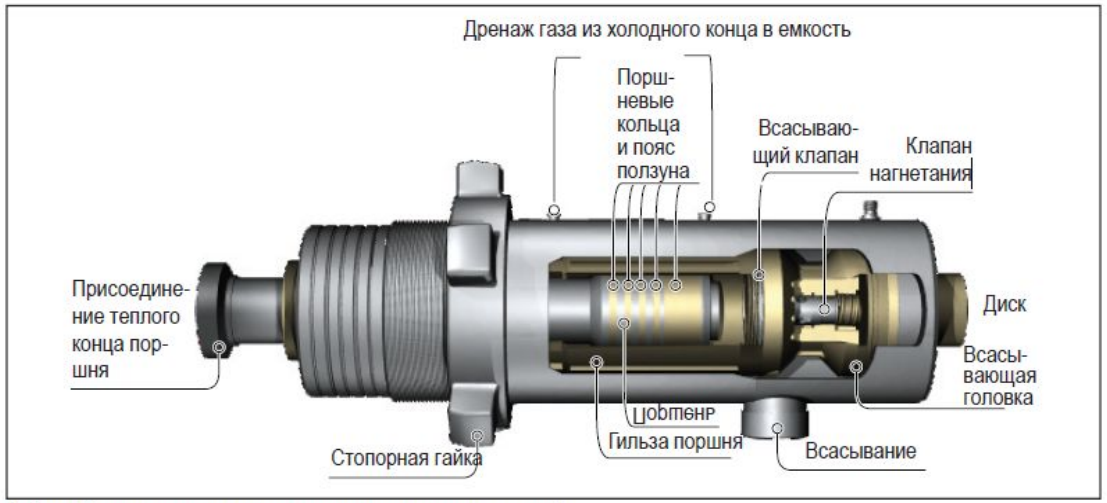
Приводная часть = теплый конец

Компоненты теплого и холодного концов

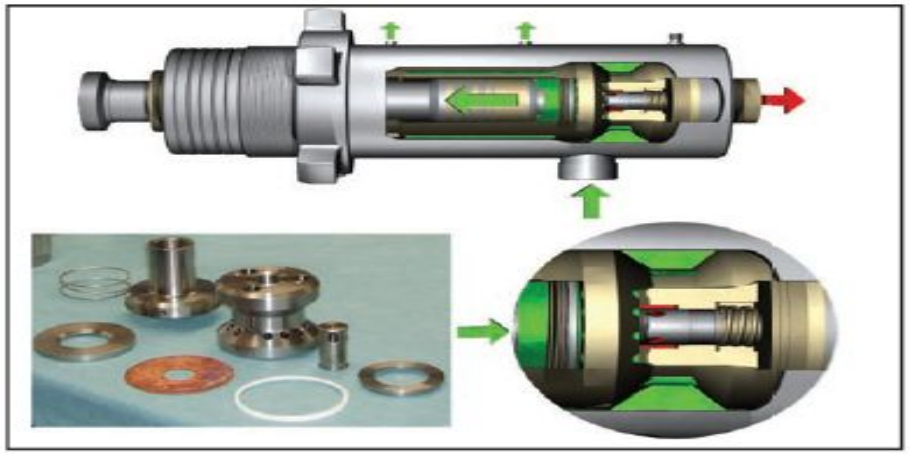
© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

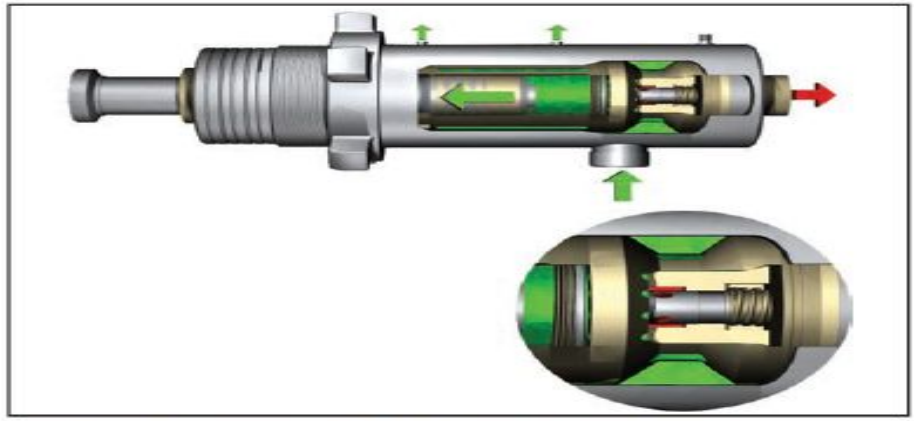
Насос высокого давления.



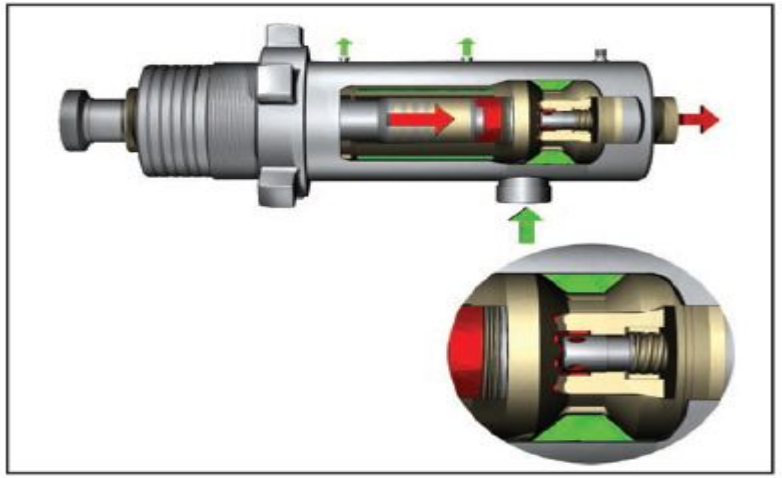
Вид холодного конца в разрезе с указанием его составных частей



Поршень холодного конца в начальном положении хода такта всасывания



Поршень холодного конца в нижней мертвой точке

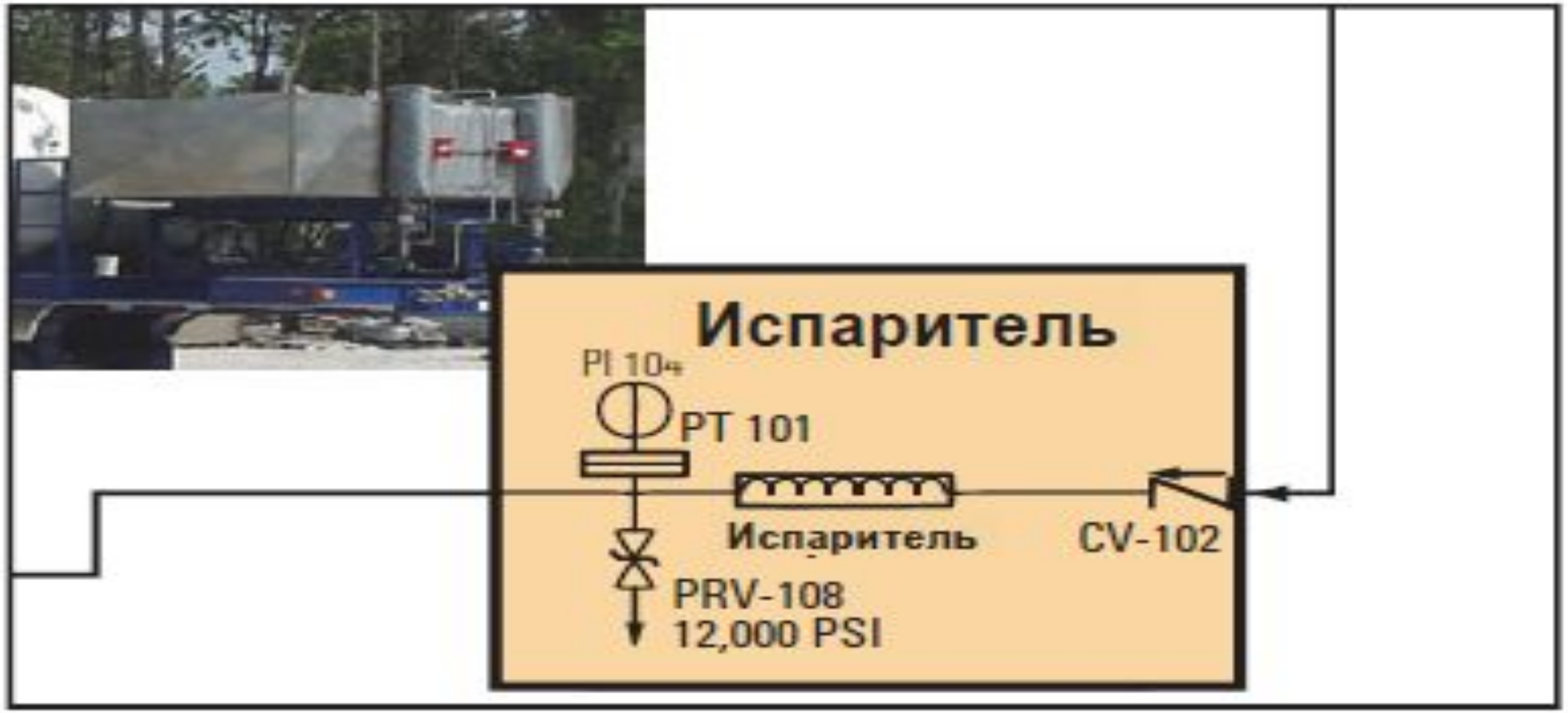


Поршень холодного конца в верхней мертвой точке

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

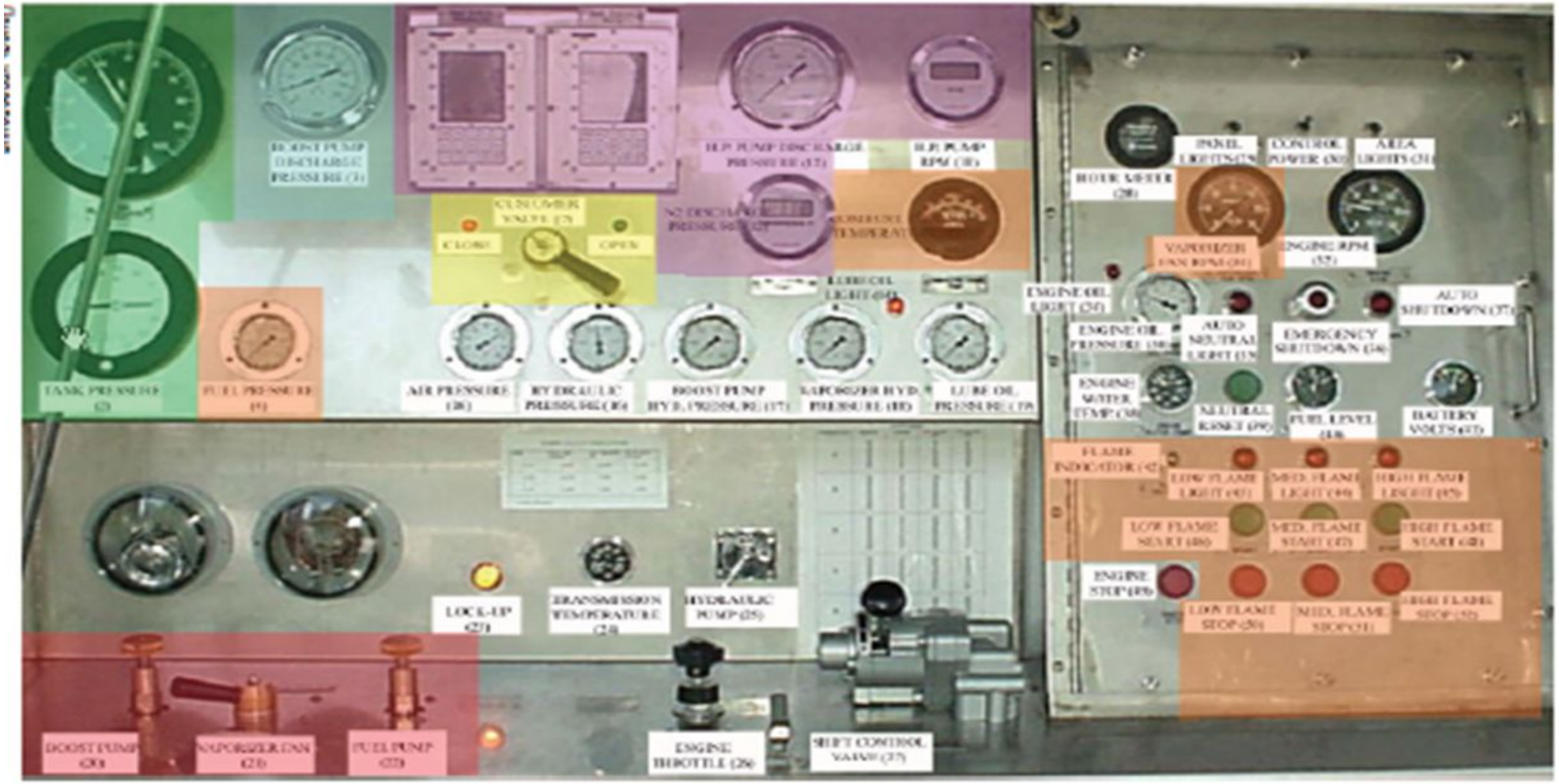
Испаритель (теплообменник).



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Панель управления.



© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Панель управления.

Указатель уровня жидкости

ДИАГРАММА ПЕРЕВОДА УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕЕ КОЛИЧЕСТВО

2000 ГАЛЛОНОВ

АНГЛИЙСКИЕ МЕРЫ				МЕТРИЧЕСКИЕ			
IN. H20	ГАЛЛОНЫ	ФУНТЫ	MSCF	IN. H20	ЛИТРЫ	КГ	СТ. М³
2.0	16	107	1.5	2.0	60	48	42
4.0	46	308	4.2	4.0	173	140	120
6.0	85	572	7.9	6.0	321	259	223
8.0	132	888	12.3	8.0	499	403	347
10.0	185	1,249	17.2	10.0	702	566	488
12.0	245	1,649	22.8	12.0	927	748	645
14.0	309	2,084	28.8	14.0	1,171	945	815
16.0	378	2,550	35.2	16.0	1,432	1,156	997
18.0	452	3,042	42.0	18.0	1,709	1,380	1,189
20.0	528	3,557	49.1	20.0	1,998	1,613	1,390
22.0	607	4,092	56.5	22.0	2,299	1,856	1,599
24.0	689	4,643	64.1	24.0	2,608	2,106	1,815
26.0	773	5,207	71.9	26.0	2,925	2,361	2,035
28.0	858	5,780	79.8	28.0	3,247	2,621	2,259
30.0	944	6,360	87.8	30.0	3,573	2,885	2,486
32.0	1,031	6,944	95.8	32.0	3,901	3,149	2,714
34.0	1,117	7,527	103.9	34.0	4,229	3,414	2,942
36.0	1,203	8,107	111.9	36.0	4,555	3,677	3,169
38.0	1,289	8,682	119.8	38.0	4,877	3,937	3,393
40.0	1,372	9,246	127.6	40.0	5,194	4,193	3,614
42.0	1,454	9,798	135.2	42.0	5,505	4,444	3,830
44.0	1,534	10,335	142.6	44.0	5,806	4,687	4,039
46.0	1,611	10,851	149.8	46.0	6,096	4,921	4,241
48.0	1,684	11,346	156.6	48.0	6,374	5,145	4,434
50.0	1,753	11,813	163.1	50.0	6,636	5,358	4,617
52.0	1,818	12,251	169.1	52.0	6,882	5,556	4,788
54.0	1,878	12,654	174.7	54.0	7,109	5,739	4,946
56.0	1,932	13,018	179.7	56.0	7,313	5,904	5,088
58.0	1,980	13,339	184.1	58.0	7,493	6,049	5,213
60.0 *	**2,020**	**13,607**	**187.8**	**60.0 ***	**7,844**	**6,171**	**5,318**
62.0	2,050	13,813	190.7	62.0	7,760	6,265	5,399
64.0	2,068	13,931	192.3	64.0	7,826	6,318	5,445
66.0	2,068	13,934	192.3	66.0	7,828	6,319	5,446

Максимальная загрузка = 13 606 фунт / 6 262 кг
* Заполнение 95%

ДИАГРАММА ПЕРЕВОДА УРОВНЕЙ ЖИДКОСТИ В ЕЕ КОЛИЧЕСТВО

3000 ГАЛЛОНОВ

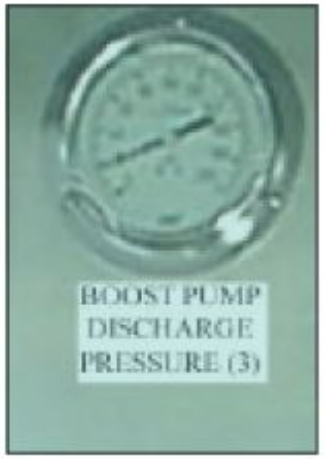
АНГЛИЙСКИЕ МЕРЫ				МЕТРИЧЕСКИЕ			
IN. H20	ГАЛЛОНЫ	ФУНТЫ	MSCF	IN. H20	ЛИТРЫ	КГ	СТ. М³
2.0	23	155	2.1	2.0	87	70	61
4.0	66	447	6.2	4.0	251	203	175
6.0	123	831	11.5	6.0	467	377	325
8.0	191	1,287	17.8	8.0	723	584	503
10.0	268	1,805	24.9	10.0	1,014	819	705
12.0	353	2,376	32.8	12.0	1,335	1,077	929
14.0	444	2,993	41.3	14.0	1,682	1,357	1,170
16.0	542	3,652	50.4	16.0	2,052	1,656	1,427
18.0	645	4,347	60.0	18.0	2,442	1,971	1,699
20.0	753	5,073	70.0	20.0	2,850	2,301	1,983
22.0	865	5,827	80.4	22.0	3,273	2,642	2,277
24.0	980	6,603	91.1	24.0	3,710	2,995	2,581
26.0	1,098	7,399	102.1	26.0	4,157	3,356	2,892
28.0	1,219	8,211	113.3	28.0	4,613	3,724	3,209
30.0	1,341	9,034	124.7	30.0	5,075	4,097	3,531
32.0	1,464	9,866	136.2	32.0	5,542	4,474	3,856
34.0	1,588	10,702	147.7	34.0	6,012	4,853	4,183
36.0	1,713	11,538	159.3	36.0	6,482	5,233	4,510
38.0	1,836	12,372	170.8	38.0	6,950	5,611	4,835
40.0	1,959	13,200	182.2	40.0	7,415	5,986	5,159
42.0	2,080	14,017	193.5	42.0	7,874	6,357	5,478
44.0	2,200	14,821	204.6	44.0	8,326	6,721	5,792
46.0	2,316	15,607	215.4	46.0	8,768	7,078	6,100
48.0	2,430	16,372	226.0	48.0	9,197	7,425	6,399
50.0	2,540	17,111	236.2	50.0	9,613	7,760	6,688
52.0	2,645	17,821	246.0	52.0	10,011	8,082	6,965
54.0	2,745	18,497	255.3	54.0	10,391	8,389	7,229
56.0	2,840	19,134	264.1	56.0	10,749	8,678	7,478
58.0	2,928	19,727	272.3	58.0	11,082	8,947	7,710
60.0	3,009	20,270	279.8	60.0	11,387	9,193	7,922
62.0 *	**3,081**	**20,756**	**286.5**	**62.0 ***	**11,660**	**9,413**	**8,112**
64.0	3,143	21,174	292.3	64.0	11,895	9,603	8,276
66.0	3,193	21,512	296.9	66.0	12,085	9,756	8,408
68.0	3,227	21,741	300.1	68.0	12,214	9,860	8,497
70.0	3,234	21,789	300.7	70.0	12,240	9,882	8,516

* МАКСИМАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА

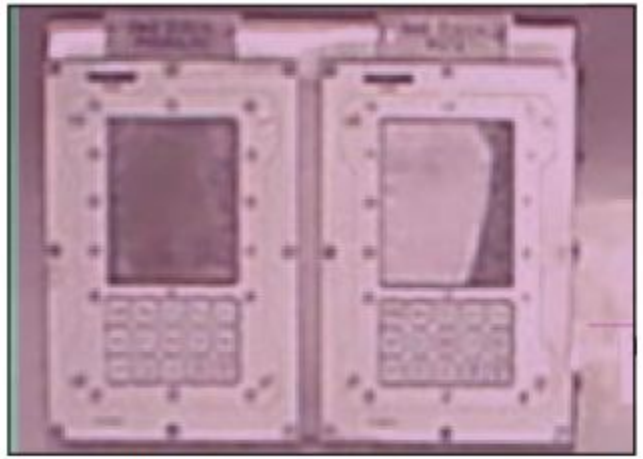
© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Панель управления.

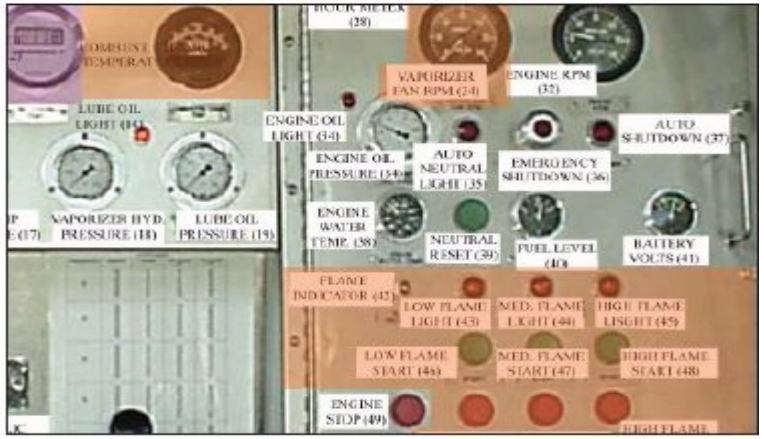


Органы управления центробежным насосом



Давление нагнетания и расход газа (розовый цвет)

Насос высокого давления (розовый цвет)



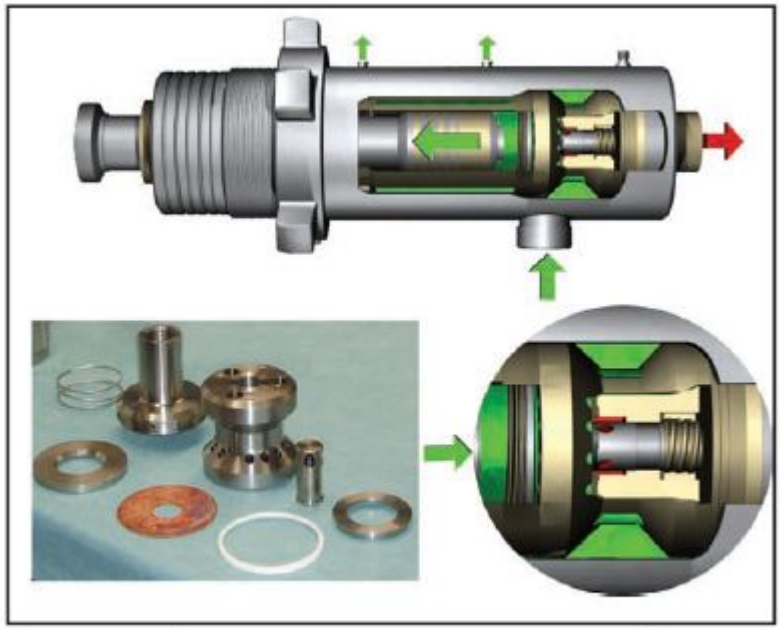
Индикатор испарителя

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..

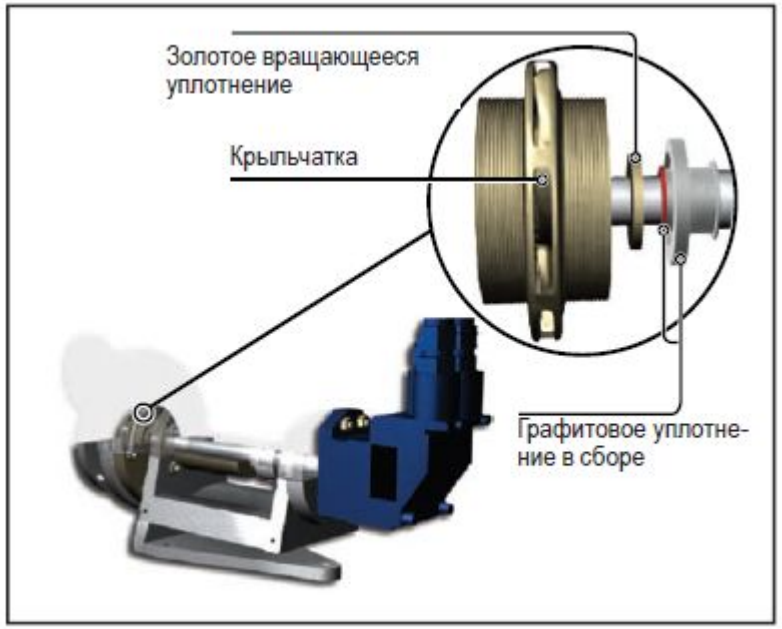
© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Подготовка к подаче азота. Хранение и кондиционирование жидкости.



Поршень холодного конца в начальном положении хода такта всасывания



Центробежный насос

Давление сбрасывается из емкости

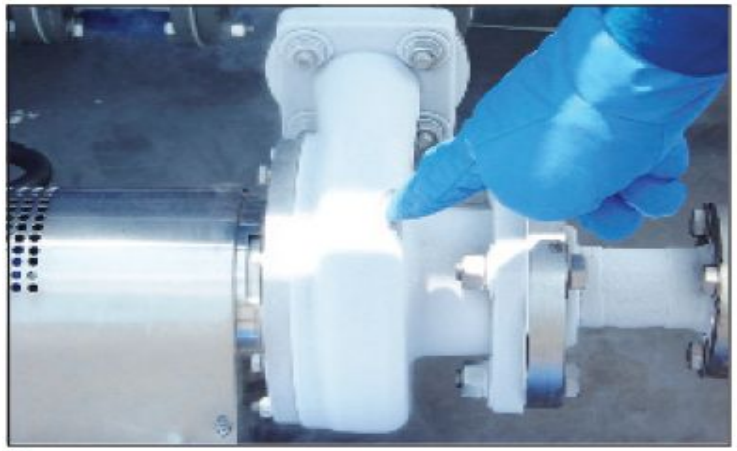
© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Подготовка к подаче азота. Захолаживание и заливка.

Вид до и после захолаживания

Насос без намерзания

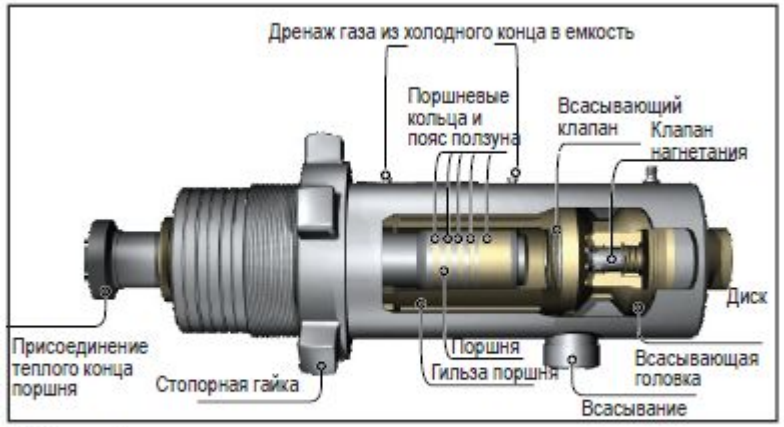


Насос с намерзанием

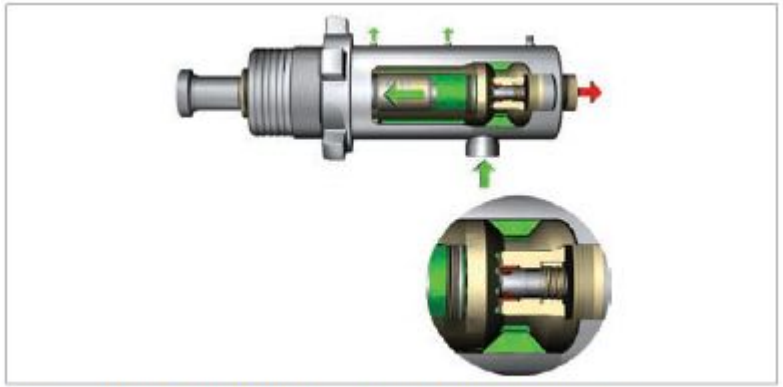
© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

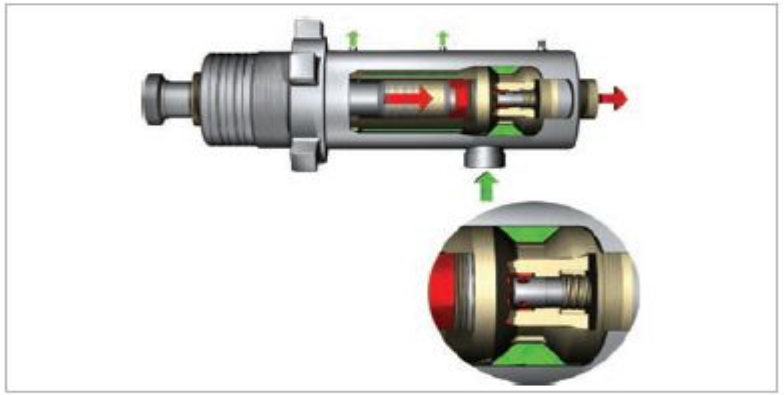
Подготовка к подаче азота. Захолаживание и заливка.



Вид холодного конца в разрезе с указанием его составных частей

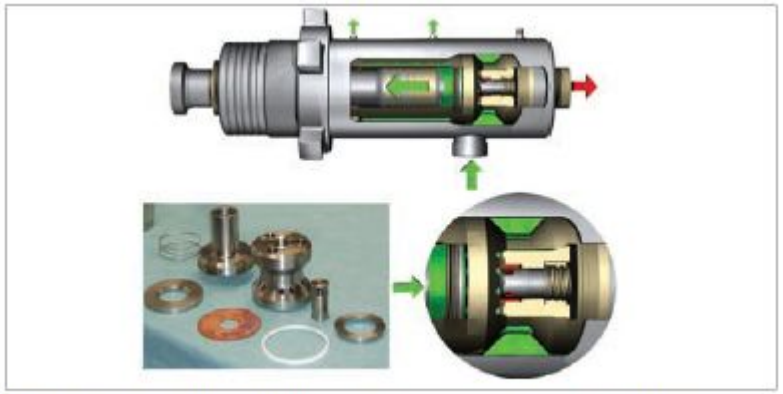


Поршень холодного конца в нижней мертвой точке



Поршень холодного конца в верхней мертвой точке

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 возвратно-поступательное движение поршня началось раньше, чем указанные уплотнения и опоры обрели требуемую температуру, может произойти поломка, и срок эксплуатации холодного конца может сократиться.



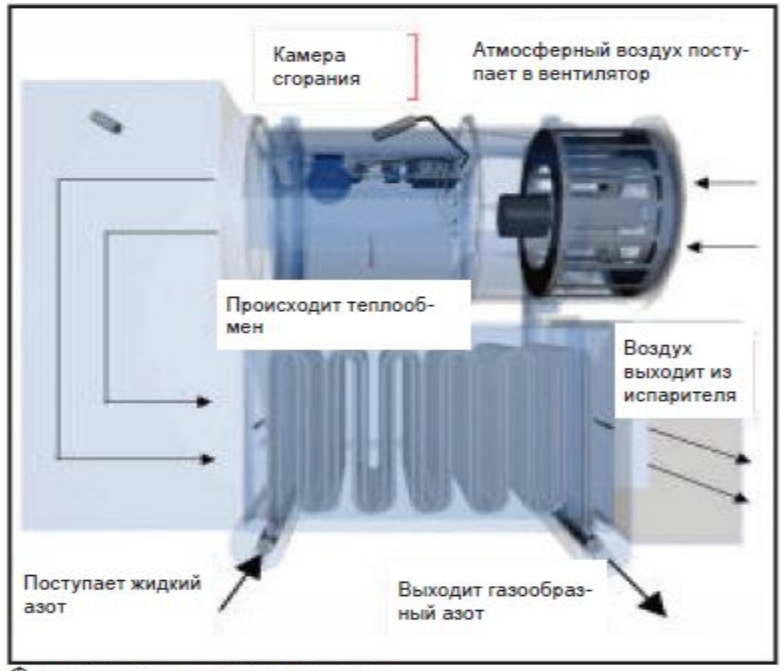
Поршень холодного конца в начале головки всасывания

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

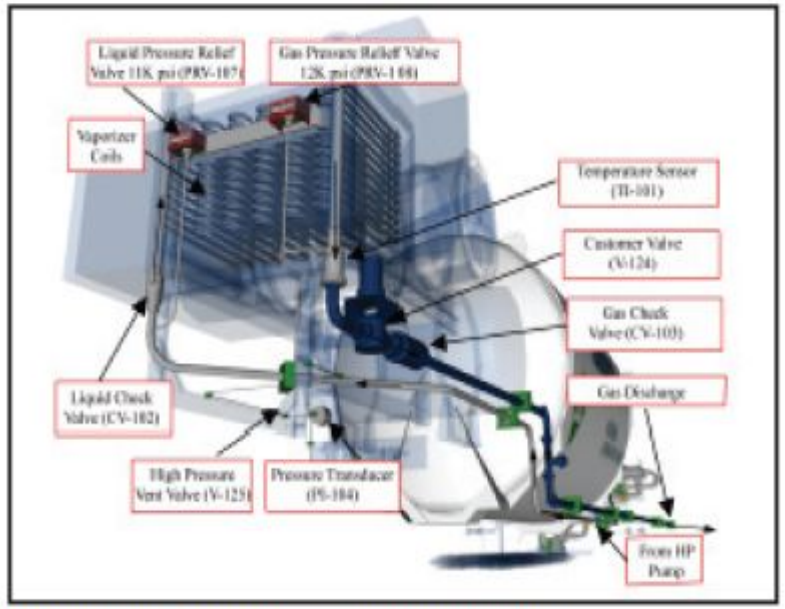
Работа на азотных установках

Подготовка к подаче азота. Запуск испарителя.

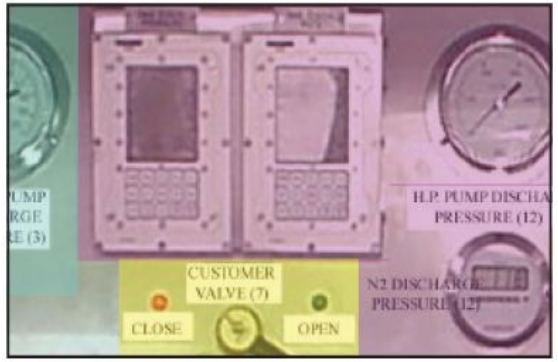
Пучок труб



Функционирование испарителя



Насосная подача газа в скважину – испаритель



Давление и расход нагнетания газа

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Опрессовка трубопроводов.

Датчик температуры газа на стороне нагнетания (TI 101)

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

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

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

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.

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Заправка жидкого азота.

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

Работа на азотных установках

Правила обращения с оборудованием жидкого азота..

© 2017 ФракДжет-Волга. Все права защищены

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!