

ГРУППА КОМПАНИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ОБОРУДОВАНИЯ АЗС, АГЗС И НЕФТЕБАЗ



# СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ



## СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Специалисты ОАО «ПРОМПРИБОР» разработали систему рекуперации паров нефтепродуктов при загрузке автоцистерн, которая позволяет завязать в единый комплекс:

- посты налива,
- резервуары,
- автоцистерны с газоотводящим коллектором (изготовленным согласно наших рекомендаций),
- установки сжижения паров углеводородов в вытесняемой паровоздушной смеси при наливке автоцистерн и закачке продукта в резервуары,
- трубопроводы, проводящие паровоздушную смесь, оснащенные необходимыми приборами и арматурой.

Для каждого терминала разрабатывается проект рекуперации, производится изготовление и поставка комплекта наливного и утилизационного оборудования с приборами контроля и газопроводящими системами трубопроводов.

Система рекуперации легких углеводородов полностью изолирована от окружающей среды и применяется при перевалке бензинов, газоконденсатов нефти и других нефтепродуктов с давлением насыщенных паров выше 500 мм. рт. ст.

Система рекуперации полностью состоит из отечественных изделий производство которых организовано на ОАО «ПРОМПРИБОР» и ООО «ГАЗСПЕЦТЕХНИКА».

Система рекуперации обеспечивает снижение выбросов легких углеводородов с  $1500\text{г/м}^3$  до  $30\text{г/м}^3$  в точке выброса.

Стоимость системы в 4 раза дешевле, чем аналогичные импортные предложения.

Система рекуперации может поставляться с наливным оборудованием, а также может применяться с действующим оборудованием при его незначительной модернизации.

Сроки монтажа и пусконаладки указанного оборудования наливного терминала минимальные.

## ЭМИССИЯ «ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ» ПРИ ПЕРЕВАЛКЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ И СПОСОБЫ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

В связи с ужесточением Росприроднадзором требований по выбросам в атмосферный воздух загрязняющих веществ, к которым относятся пары нефтепродуктов, возникла необходимость разработать технологии и создать оборудование, которое снижает объем выбросов при операциях перевалки нефтепродуктов и разобраться:

1. Пары каких нефтепродуктов образуются при операциях перевалки?
2. В каких местах происходит эмиссия паров в воздушное пространство и в каком количестве?

Применяются следующие данные:

1. Исследуются «паровоздушные смеси» (ПВС):
  - бензина АИ93 летнего ГОСТ 2084-77;
  - бензина АИ93 зимнего ГОСТ 2084-77;
  - дизельного топлива летнего ГОСТ 305-82;
  - дизельного топлива зимнего ГОСТ 305-82.
2. Концентрация насыщенных паров в зависимости от давления насыщенных паров продукта определяются по формуле  $C_{н.п.}\% = \frac{P_n}{P_n + A} \cdot 100$ , где

$C_{н.п.}\%$  – концентрация насыщенных паров в смеси «легких углеводородов» (ЛУВ) с воздухом;

$P_n$  – давление насыщенных паров ЛУВ в ПВС в кПа;

$A$  – величина атмосферного давления принята 100 кПа.

3. Величина давления насыщенных паров в зависимости от температуры рассчитывается по формуле Антуана  $\lg P_n = A - \frac{B}{C + t}$ , где

$A$ ;  $B$ ;  $C$  – коэффициенты.

Таблица 1. Коэффициенты.

	A	B	C
бензин АИ93 летний	4,99831	664,976	221,695
бензин АИ93 зимний	5,14831	695,019	223,22
дизельное топливо летнее	5,87629	1314,04	192,473
дизельное топливо зимнее	5,95338	1255,73	199,523

$t$  – температура в °С;

$P_n$  – величина давления насыщенных паров в мм.рт.ст.

Примечание. Величина давления насыщенных паров в таблицах 2 и 3 приведена в единицы кПа

Таблица 2. Величина давления насыщенных паров бензинов в зависимости от температуры

Температура t	А	Бензин летний		Формула Антуана A-B/(C+t)	Pn, кПа	Концентрация, %	А	бензин зимний		Формула Антуана A-B/(C+t)	Pn, кПа	Концентрация, %
		Б	С					Б	С			
-40	4,99831	664,976	221,695	1,33846	2,87	2,761627932	5,14031	695,019	223,22	1,346952288	2,92508638	2,814610487
-35	4,99831	664,976	221,695	1,46648	3,59	3,436812456	5,14031	695,019	223,22	1,44772154	3,688993988	3,523764865
-30	4,99831	664,976	221,695	1,52938	4,45	4,221956861	5,14031	695,019	223,22	1,543275532	4,596867007	4,35322291
-25	4,99831	664,976	221,695	1,61756	5,45	5,12372506	5,14031	695,019	223,22	1,63400892	5,664940179	5,31096738
-20	4,99831	664,976	221,695	1,70137	6,62	6,147286056	5,14031	695,019	223,22	1,720277523	6,909775394	6,403289571
-15	4,99831	664,976	221,695	1,78113	7,95	7,296061382	5,14031	695,019	223,22	1,802402979	8,348133515	7,634454514
-10	4,99831	664,976	221,695	1,85711	9,47	8,571524846	5,14031	695,019	223,22	1,880676757	9,96849755	9,006426558
-5	4,99831	664,976	221,695	1,92959	11,19	9,973067957	5,14031	695,019	223,22	1,959363616	11,87271447	10,51867541
0	4,99831	664,976	221,695	1,99880	13,12	11,49794098	5,14031	695,019	223,22	2,026704588	13,99236083	12,16807858
2,5	4,99831	664,976	221,695	2,03225	14,17	12,30518519	5,14031	695,019	223,22	2,061189851	15,14873118	13,04252834
5	4,99831	664,976	221,695	2,06496	15,28	12,14127506	5,14031	695,019	223,22	2,094919587	16,37216056	13,94893003
10	4,99831	664,976	221,695	2,12826	17,68	14,89618555	5,14031	695,019	223,22	2,160209666	19,0281284	15,85305766
15	4,99831	664,976	221,695	2,18889	20,33	16,75395151	5,14031	695,019	223,22	2,222758997	21,97583595	17,87004397
20	4,99831	664,976	221,695	2,24701	23,24	18,70426107	5,14031	695,019	223,22	2,28273661	25,23033502	19,98753708
25	4,99831	664,976	221,695	2,30277	26,42	20,73550834	5,14031	695,019	223,22	2,340297914	28,80609056	22,19163248
30	4,99831	664,976	221,695	2,35632	29,89	22,83512495	5,14031	695,019	223,22	2,395586045	32,71692303	24,46730174
35	4,99831	664,976	221,695	2,40778	33,65	24,98992776	5,14031	695,019	223,22	2,44873305	36,97595996	26,79884233
38	4,99831	664,976	221,695	2,43771	36,05	26,30370403	5,14031	695,019	223,22	2,47964466	39,703708	28,21795428
40	4,99831	664,976	221,695	2,45728	37,71	27,18646494	5,14031	695,019	223,22	2,499860946	41,59559622	29,17032315
45	4,99831	664,976	221,695	2,50491	42,08	29,41134397	5,14031	695,019	223,22	2,549082649	46,58746259	31,56600281
50	4,99831	664,976	221,695	2,55080	46,77	31,65152838	5,14031	695,019	223,22	2,596502812	51,96240211	33,97070221

Таблица 3. Величина давления насыщенных паров дизеля в зависимости от температуры

Температура t	А	дизель летний		Формула Антуана A-B/(C+t)	Pn, кПа	Концентрация, %	А	дизель зимний		Формула Антуана A-B/(C+t)	Pn, кПа	Концентрация, %
		Б	С					Б	С			
-40	5,87629	1314,04	192,473	-2,741189	0,00	0,000236033	5,95338	1255,73	199,523	-1,918400245	0,001587765	0,00157202
-35	5,87629	1314,04	192,473	-2,46852	0,00	0,000443212	5,95338	1255,73	199,523	-1,679169856	0,002754334	0,002726989
-30	5,87629	1314,04	192,473	-2,21145	0,00	0,000800586	5,95338	1255,73	199,523	-1,45405144	0,004625247	0,004579243
-25	5,87629	1314,04	192,473	-1,96999	0,00	0,001395948	5,95338	1255,73	199,523	-1,241832092	0,007539704	0,007464497
-20	5,87629	1314,04	192,473	-1,74253	0,00	0,002356835	5,95338	1255,73	199,523	-1,041434035	0,011960584	0,01174076
-15	5,87629	1314,04	192,473	-1,52788	0,00	0,003863401	5,95338	1255,73	199,523	-0,851896307	0,027978669	0,018318469
-10	5,87629	1314,04	192,473	-1,32499	0,01	0,006163731	5,95338	1255,73	199,523	-0,672359356	0,041412782	0,027693981
-5	5,87629	1314,04	192,473	-1,13293	0,01	0,009591592	5,95338	1255,73	199,523	-0,502052005	0,060104367	0,040985949
0	5,87629	1314,04	192,473	-0,95085	0,01	0,01458654	5,95338	1255,73	199,523	-0,34028038	0,071900952	0,059473882
2,5	5,87629	1314,04	192,473	-0,86331	0,02	0,017843403	5,95338	1255,73	199,523	-0,262397411	0,085658004	0,071147316
5	5,87629	1314,04	192,473	-0,77799	0,02	0,021716205	5,95338	1255,73	199,523	-0,186418458	0,120029068	0,084738039
10	5,87629	1314,04	192,473	-0,61366	0,03	0,031700462	5,95338	1255,73	199,523	-0,039599974	0,165567447	0,118699598
15	5,87629	1314,04	192,473	-0,45726	0,05	0,045437104	5,95338	1255,73	199,523	0,99788544	0,225060974	0,16315988
20	5,87629	1314,04	192,473	-0,30821	0,06	0,064028515	5,95338	1255,73	199,523	0,233113786	0,301777796	0,222337208
25	5,87629	1314,04	192,473	-0,16602	0,09	0,088808774	5,95338	1255,73	199,523	0,360500874	0,399506905	0,297899802
30	5,87629	1314,04	192,473	-0,03022	0,12	0,121370491	5,95338	1255,73	199,523	0,482337882	0,522596142	0,393992946
35	5,87629	1314,04	192,473	0,09960	0,17	0,163590522	5,95338	1255,73	199,523	0,598979792	0,610652556	0,51475845
38	5,87629	1314,04	192,473	0,17480	0,20	0,194454303	5,95338	1255,73	199,523	0,666607772	0,675987011	0,60097297
40	5,87629	1314,04	192,473	0,22385	0,22	0,217654366	5,95338	1255,73	199,523	0,710751943	0,865245749	0,664844307
45	5,87629	1314,04	192,473	0,34286	0,29	0,286076232	5,95338	1255,73	199,523	0,817953067	0,865245749	0,849402309

4. Средняя молярная масса 100% концентрации паров нефтепродуктов 65г/моль.

5. Молярный объем паров 22,4 литра.

*Исследуя результаты расчетов величины концентрации паров бензина и дизтоплива по таблице 1, можно сделать вывод, что пары бензина необходимо утилизировать, а паров дизельного топлива в атмосферном воздухе во всем диапазоне температур нет.*

#### **Места выбросов паров бензина, подлежащие исследованию**

1. Заправка транспорта автомобильным бензином:
  - а) налив в бензобаки;
  - б) замещение воздухом освобождающегося объема в ёмкости АЗС.
2. Слив бензина из автоцистерны в ёмкость АЗС:
  - а) вытеснение ПВС из ёмкости АЗС в атмосферу;
  - б) замещение воздухом освобождающихся объемов автоцистерны.
3. Налив автоцистерн бензином на нефтебазе:
  - а) вытеснение ПВС из автоцистерны в атмосферу;
  - б) поступление воздуха в освобождающийся объем резервуара-донора.
4. Слив бензина из Ж.Д. цистерн на нефтебазе:
  - а) вытеснение ПВС из резервуара;
  - б) замещение воздухом освобождающегося объема Ж.Д. цистерны.

Результаты расчетов отнесены к объему перевалки бензина  $50\text{м}^3$

**1а.** Заправка транспорта. При заполнении бензобаков из них вытесняется ПВС в атмосферу. Принимается, что процесс происходит при температуре  $20^\circ\text{C}$ . В атмосферу вытесняется ПВС с концентрацией ЛУВ 19% в объёме  $50 \times 1,19 = 59,5\text{м}^3$ , в котором в перерасчете на жидкий продукт содержится  $\frac{59500 \times 0,19}{22,4} \cdot 65 = 32804\text{г} = 32,8\text{кг}$  бензина

**1б.** В процессе отбора продукта  $50\text{м}^3$  бензоколонкой из ёмкости АЗС в неё поступает свежий воздух в объёме  $50\text{м}^3$ , который дооснащается парами ЛУВ до концентрации (при температуре в ёмкости  $10 \div 15^\circ\text{C}$ ) порядка 15%. В ёмкости АЗС за счет испарения ЛУВ образуется  $57,5\text{м}^3$  ПВС. При этом  $7,5\text{м}^3$  будет вытеснено в атмосферу, что в переводе на жидкий продукт составит 3,26кг бензина.

**2а.** При операциях слива  $50\text{м}^3$  бензина из автоцистерн в ёмкости АЗС, в последних, при средних температурах  $10 \div 15^\circ\text{C}$ , в атмосферу будет вытеснена ПВС в объёме  $50\text{м}^3$  с концентрацией 15%. В переводе на жидкий продукт это составит 21,76кг бензина.

**2б.** При сливе бензина из автоцистерны в ёмкости последней будет заходить свежий воздух, который будет дооснащаться ЛУВ. При температуре  $20^\circ\text{C}$  образуется ПВС с концентрацией 19% в объёме  $59,5\text{м}^3$  часть которой в объёме  $50\text{м}^3$  или в перерасчете на жидкий продукт 27,5кг будет увезена автоцистерной на нефтебазу. А объём в  $9,5\text{м}^3$  ПВС будет вытеснен в атмосферу, что составляет 5,23кг бензина.

**3а.** На нефтебазу автоцистерна приходит с ПВС внутри отсеков концентрация которой при температуре  $20^\circ\text{C}$  составляет 19%. При наливе в неё бензина эта ПВС будет вытеснена в атмосферу с объёме  $50\text{м}^3$ , что в перерасчете на жидкий продукт составит 27,5кг.

**3б.** При наливе автоцистерны в соответствующий резервуар будет поступать свежий воздух, который будет дооснащён ЛУВ при температуре  $20^\circ\text{C}$  до концентрации 19%.

При этом образуется  $59,5\text{ м}^3$  ПВС,  $50\text{ м}^3$  из которой остаётся в резервуаре, а  $9,5\text{ м}^3$  будет вытеснено в атмосферу, что в перерасчете на жидкий продукт составит  $5,23\text{ кг}$ .

**4а.** При приёмке бензина от Ж.Д. цистерн в объёме  $50\text{ м}^3$  из резервуара хранения будет вытеснено  $50\text{ м}^3$  ПВС с концентрацией 19% при температуре  $20^\circ\text{C}$ . В перерасчете на жидкий продукт это составит  $27,5\text{ кг}$  бензина.

**4б.** При сливе бензина из Ж.Д. цистерн в освободившееся пространство займет  $50\text{ м}^3$  чистого воздуха. При температуре  $20^\circ\text{C}$  будет образовываться ПВС с концентрацией 19% в объём  $59,5\text{ м}^3$ , часть которой в количестве  $50\text{ м}^3$  остаётся в Ж.Д. цистерне ( $27,5\text{ кг}$  бензина), а  $9,5\text{ м}^3$  будет вытеснена в атмосферу, что составит  $5,2\text{ кг}$  бензина.

В результате анализа потери и эмиссия «легких углеводородов» в атмосферу распределяется следующим образом при продаже партии бензина в количестве  $50\text{ м}^3$

Таблица 4. Результаты анализа потери и эмиссии «легких углеводородов» в атмосферу.

Виды операций	Эмиссия в атмосферу, кг	Потери собственника, кг	Потери покупателя, кг	Рекомендации
<b>1а.</b> Заправка автомобиля покупателем бензином	32,8		32,8	Применение ТРК с возвратом ПВС. Исключает загрязнение атмосферы.
<b>1б.</b> Вытеснение из ёмкости АЗС части ПВС в количестве $7,5\text{ м}^3$	3,26	3,26		При использовании ТРК с газовозвратом при из бака автомобиля перемещаются в ёмкость АЗС
<b>2а.</b> Вытеснение ПВС из ёмкости АЗС при сливе автоцистерн	21,76	21,76		Применение системы рекуперации (возврат ПВС из ёмкости АЗС в автоцистерну) исключает эмиссию
<b>2б.</b> Вытеснение из автоцистерны при сливе части ПВС $9,5\text{ м}^3$	5,23	5,23		При использовании системы рекуперации не образуется лишней ПВС
<b>2в.</b> В случае не собственной автоцистерны увоз ПВС с АЗС после слива бензина		27,5		В случае чужой транспортной организации эти потери исключаются применением установки рекуперации. Однако, в а/ц все равно произойдет образование ПВС за счёт продукта собственника
<b>3а.</b> Налив автоцистерн на нефтебазе	27,5			Применение системы возврата паров в резервуар или установки рекуперации, снижающей образование ПВС
<b>3б.</b> Вытеснение избытка ПВС из резервуара	5,23	5,23		
<b>4а.</b> Вытеснение избытка ПВС из резервуара при сливе Ж.Д. цистерны на нефтебазе	27,5	27,5		Применение установки рекуперации
<b>4б.</b> Вытеснение избытка ПВС из Ж.Д. цистерны	5,2	5,2		При сливе за счёт поступления воздуха в Ж.Д. цистерне образуется ПВС, которая будет увезена Ж.Д. цистерной
<b>4в.</b> Увоз ПВС Ж.Д. цистерной		27,5		

**Выводы:**

1. При перевалке партии бензина в количестве  $50\text{м}^3$  через АЗС эмиссия «легких углеводородов» в окружающую среду составит **63,05кг** в том числе потери собственника в случае использования транспорта другого юридического лица составят **57,75кг** бензина.
2. При перевалке партии бензина в количестве  $50\text{м}^3$  через нефтебазу эмиссия «легких углеводородов» в окружающую среду составит **65,43кг**. Потери собственника также составят **65,43кг** бензина.
3. Суммарная эмиссия «легких углеводородов» в окружающую среду при перевалке партии бензина в количестве  $50\text{м}^3$  **составит 128,48кг**.
4. Расчётные данные концентрации ЛУВ в исходной ПВС в приведённом материале составляют  $400\text{-}550\text{г/м}^3$  при температурах от  $10$  до  $20^\circ\text{C}$ . В 2006 г. на НПЗ г. Уфа на хроматографе был проведен анализ качественного и количественного состава ПВС, вытесняемой из автоцистерн при наливке при температурах окружающей среды  $0^\circ\text{C}$ ,  $-10^\circ\text{C}$  и  $-15^\circ\text{C}$ .

Результаты приведены в таблице 5 и 6.

Таблица 5. Объёмная концентрация компонентов ПВС в %

№	Компонент Время отбора и температура окружающей среды	Дата отбора проб 23.10.2006 г.			24.10.2006 г.	09.12.2006 г.
		11-00 час	11-50 час	15-45 час	15-15 час	12-15 час
		$\sim 0^\circ\text{C}$	$\sim 0^\circ\text{C}$	$\sim 0^\circ\text{C}$	$-10^\circ\text{C}$	$-15^\circ\text{C}$
1	Метан	3,3	3,11	5,43	2,19	3,06
2	Этан	6,15	5,41	10,33	2,79	5,41
3	Пропан	4,65	5,64	8,19	3,33	4,56
4	i Бутан	2,31	2,71	3,92	2,08	1,99
5	n Бутан	3,06	4,68	3,49	1,97	2,96
6	i Пентан	1,27	1,63	1,31	0,98	1,25
7	n Пентан	1,01	1,51	0,94	1,05	1,19
8	Сумма С6	0,36	0,15	0,14	0,11	0,08
9	Бензол, $\text{мг/м}^3$	17,8	62,2	11,1	29,2	-
10	Толуол, $\text{мг/м}^3$	6,5	46,4	3,4	13,4	-
11	Сумма ксилола, $\text{г/м}^3$	0,4	4,6	0,4	0,8	-
12	Сумма С1-С6, %	22,1	24,8	33,75	14,5	20,5
13	Давление паров, мм.рт.ст.	165,7	186	253	108	153

Мольная масса паров определяется по формуле:  $M_{\text{пар}} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot Y_i}{100}$ , где

$M_i$  – мольная масса компонентов приведена г/моль;

$Y_i$  – объёмная доля каждого или концентрация компонента в смеси, %

$$m'_{\text{эмисс}} = \frac{100 \sum M_{\text{пар}}}{22,4}, \text{ где}$$

$M_{\text{пар}}$  – мольная масса чистой смеси углеводородов, г/моль;

$m_{\text{эмисс}}$  – величина эмиссии паров,  $\text{г/м}^3$ .

Таблица 6. Пересчет процентных долей в физические единицы

№ п/п	Компонент	Мольная масса	Количество продуктов (г/моль x 100%)				
			11-00 час	11-50 час	15-45 час	15-5 час	12-45 час
			~ 0°C	~ 0°C	~ 0°C	-10°C	-15°C
1	Метан	16	53	50	87	35	54
2	Этан	30	185	162	310	84	161
3	Пропан	44	204	248	360	147	135
4	i Бутан	58	134	157	227	121	44
5	n Бутан	58	178	271	202	114	36
6	i Пентан	72	92	117	94	71	5
7	n Пентан	72	73	108	68	76	2
8	Сумма C6	100	36	15	14	11	-
9	$\frac{\sum M_{пар}}{100}$ , г/моль	-	9,55	11,28	13,62	6,59	4,37
10	Величина эмиссии, г/м3	-	426,3	503,5	608	294	195

Анализ экспериментальных данных, полученных при температуре 0°C, показывает, что концентрация «легких углеводородов» при температурах перевалки бензина 20°C и выше может быть в 2-3 раза выше, чем приведена на основе уравнения Антуана.

5. Использование систем возврата ПВС из акцепторной ёмкости в донорскую (рекуперации) при операциях:
  - заправки автомобилей;
  - слива бензина из автоцистерны в ёмкость АЗС;
  - налива бензина в автоцистерну
 в десятки раз снижают величину эмиссии паров в атмосферу.
6. Схемы налива, слива, а так же схемы использования систем рекуперации приведены на рисунках 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Из рисунков 2, 5, 8, 11 видим, что основным способом построения систем рекуперации является организация возврата ПВС из резервуара, в который поступает бензин, в резервуар из которого производится забор бензина. Установка утилизации ПВС служит для утилизации части ПВС, возникающей за счёт дебаланса давлений, которые могут иметь место при разных гидравлических сопротивлениях труб для проводки ПВС между акцепторными и донорскими ёмкостями (рисунки 3, 6, 9, 12).
7. Суммарная расчетная величина эмиссии легких в окружающую среду при температурах перевалки близких к 20°C составляет 0,35% от переваливаемого объема.

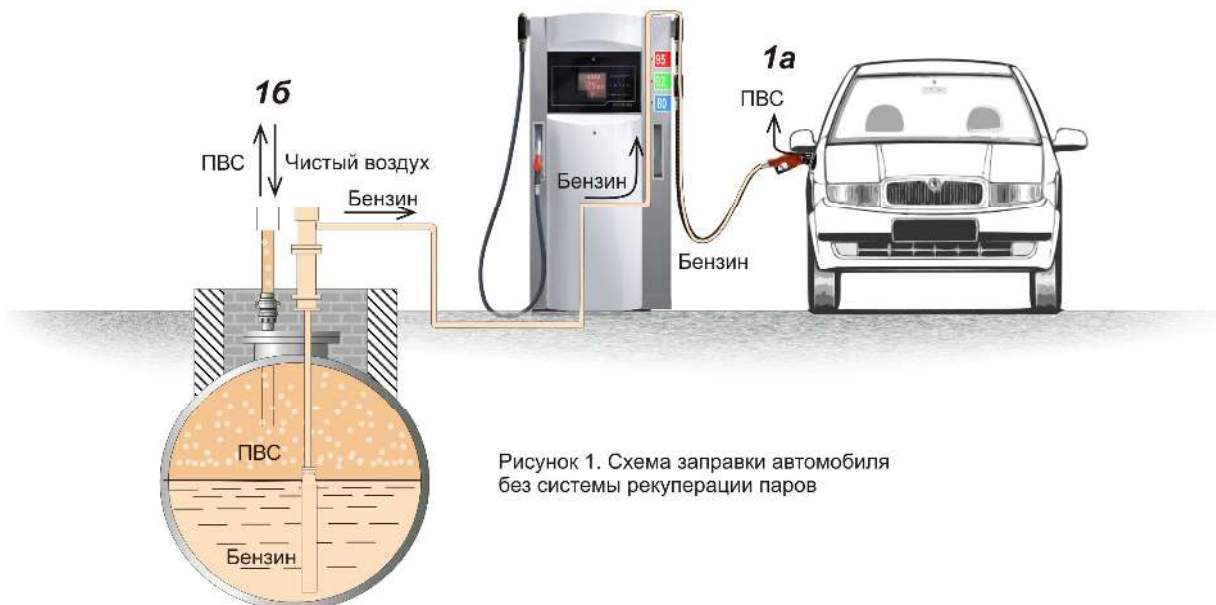


Рисунок 1. Схема заправки автомобиля без системы рекуперации паров



Рисунок 2. Схема рекуперации ПВС на АЗС при заправке автомобиля методом возврата паров

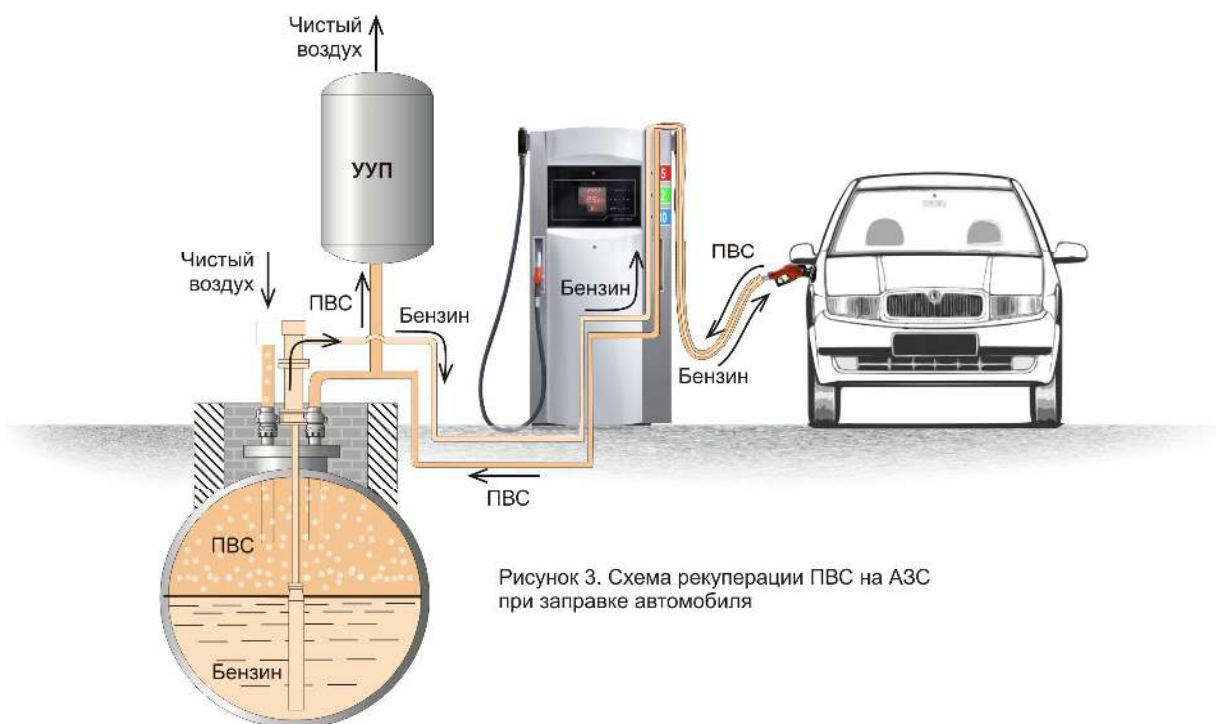


Рисунок 3. Схема рекуперации ПВС на АЗС при заправке автомобиля

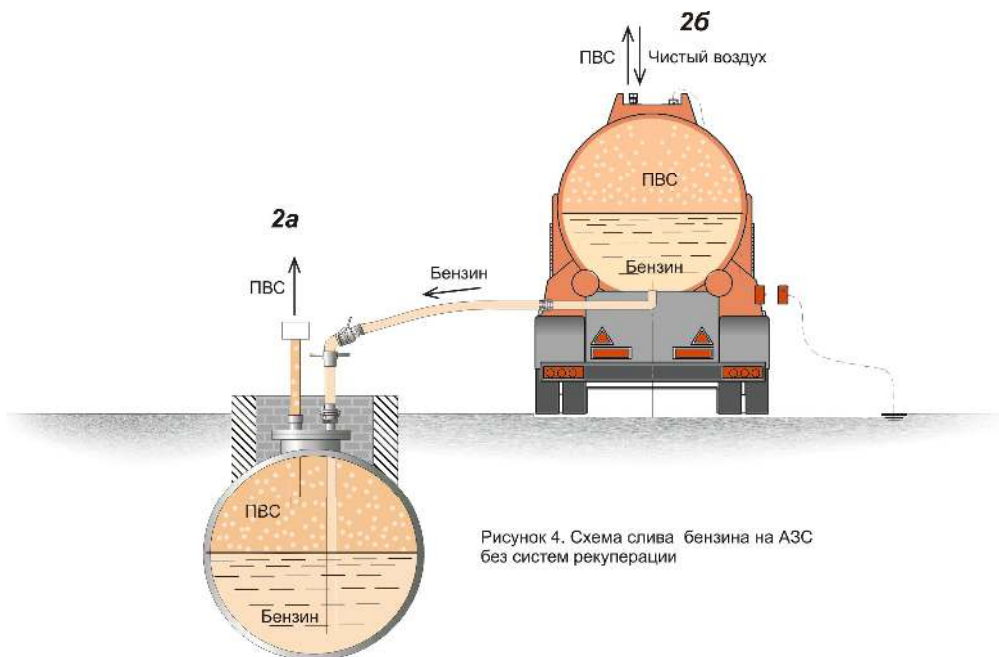


Рисунок 4. Схема слива бензина на АЗС без систем рекуперации

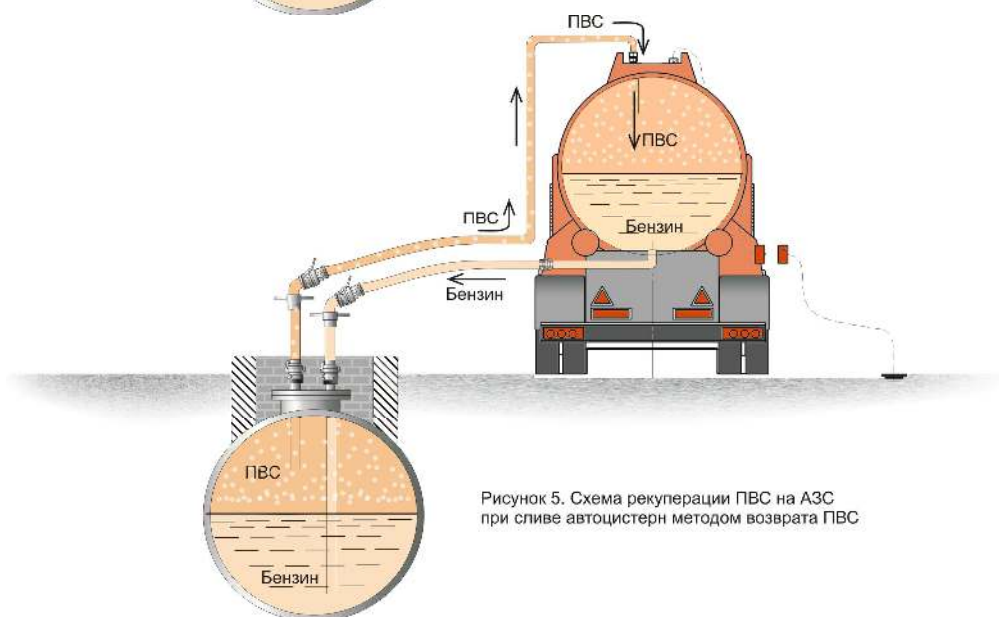


Рисунок 5. Схема рекуперации ПВС на АЗС при сливе автоцистерн методом возврата ПВС

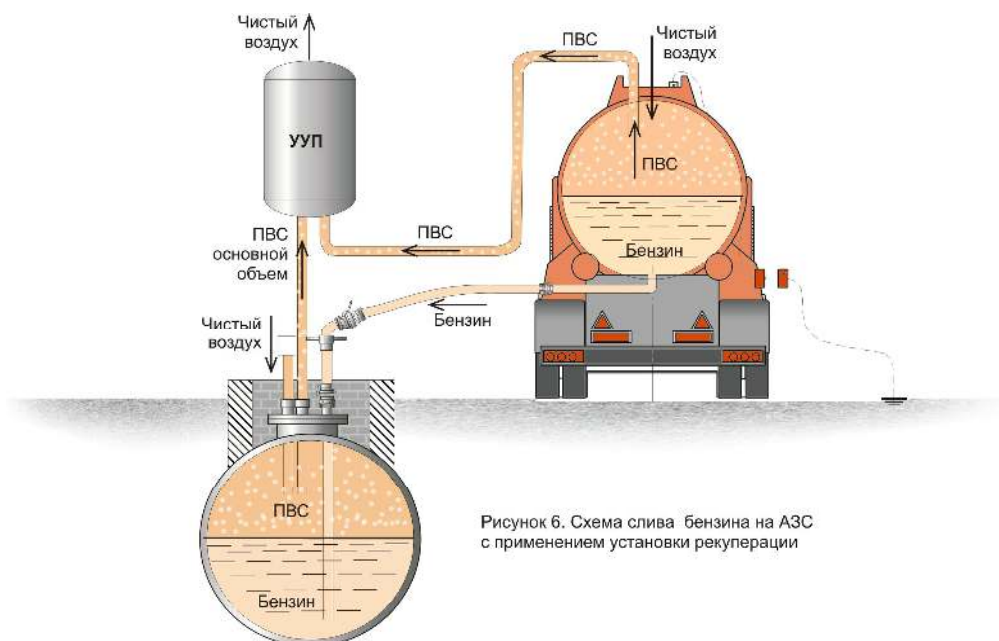


Рисунок 6. Схема слива бензина на АЗС с применением установки рекуперации

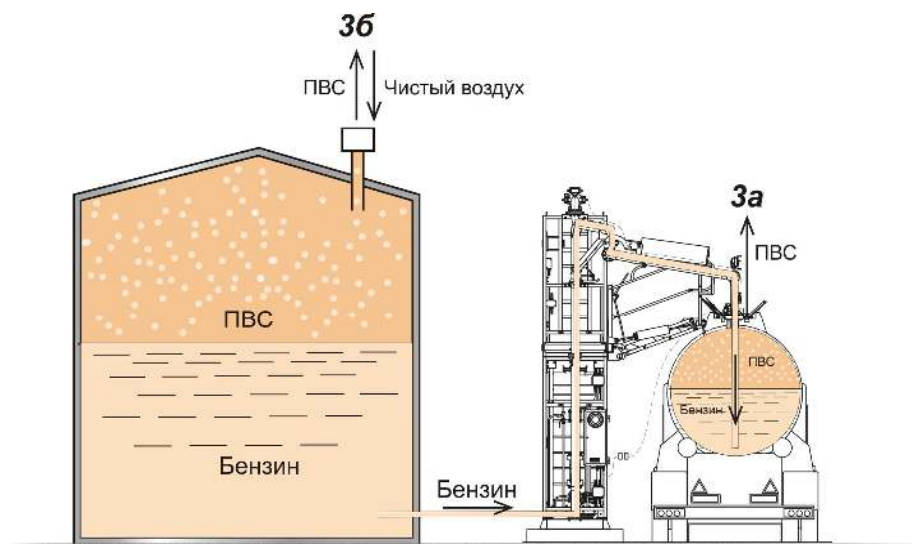


Рисунок 7. Схема налива автоцистерн без системы рекуперации

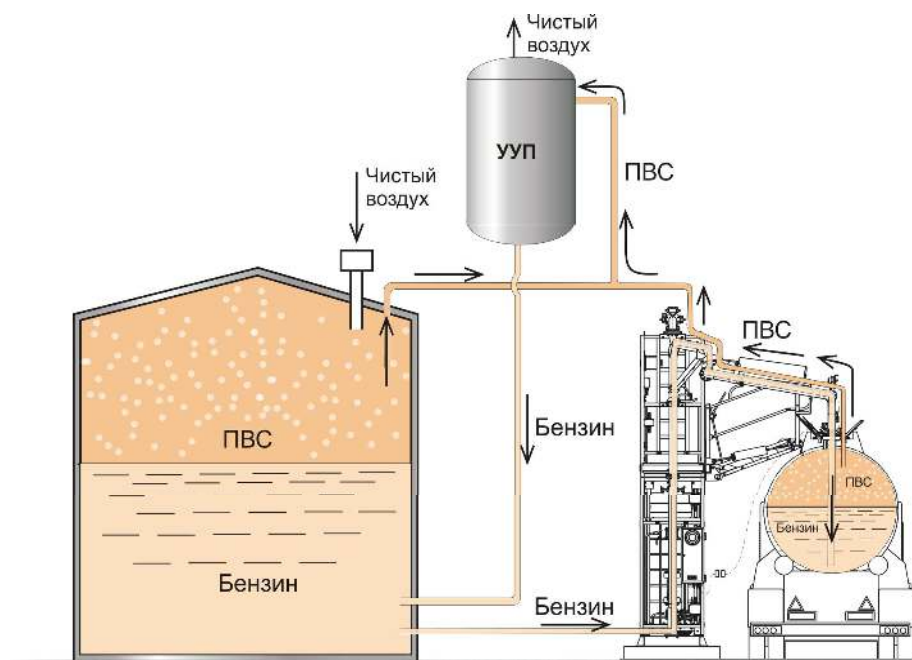


Рисунок 9. Схема налива автоцистерн с применением установки рекуперации

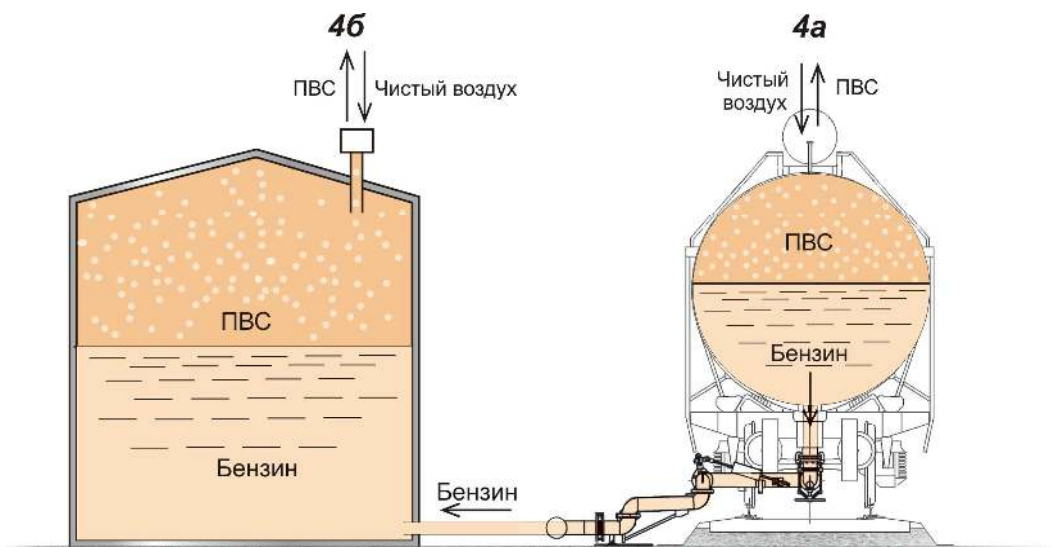


Рисунок 10. Схема слива Ж.Д. цистерн без системы рекуперации

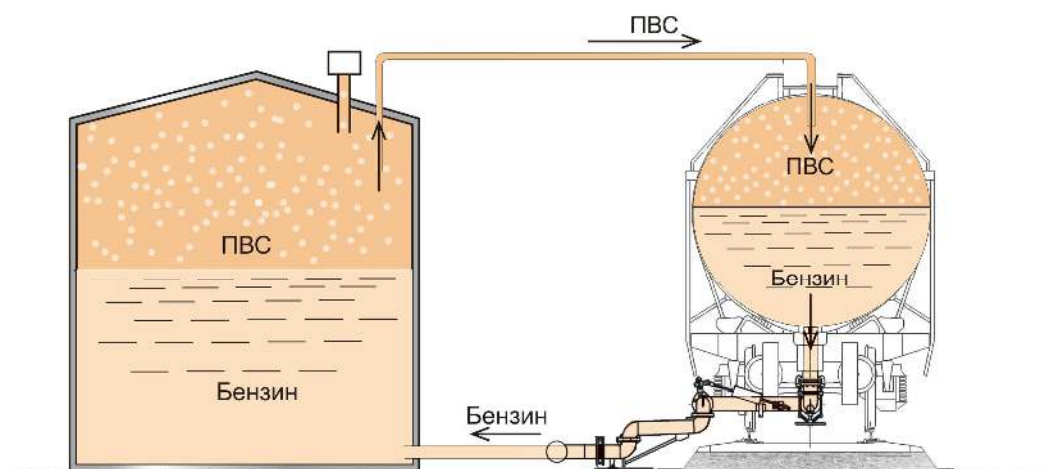


Рисунок 11. Схема слива Ж.Д. цистерн с использованием рекуперации методом возврата

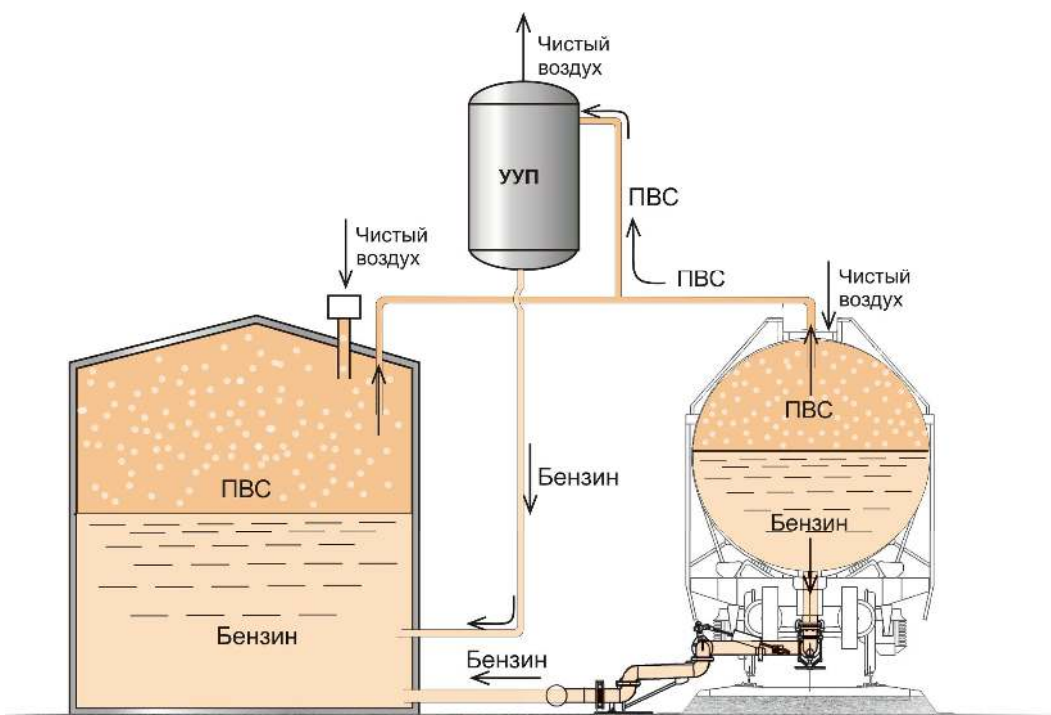


Рисунок 12. Схема слива Ж.Д. цистерн с использованием установки рекуперации

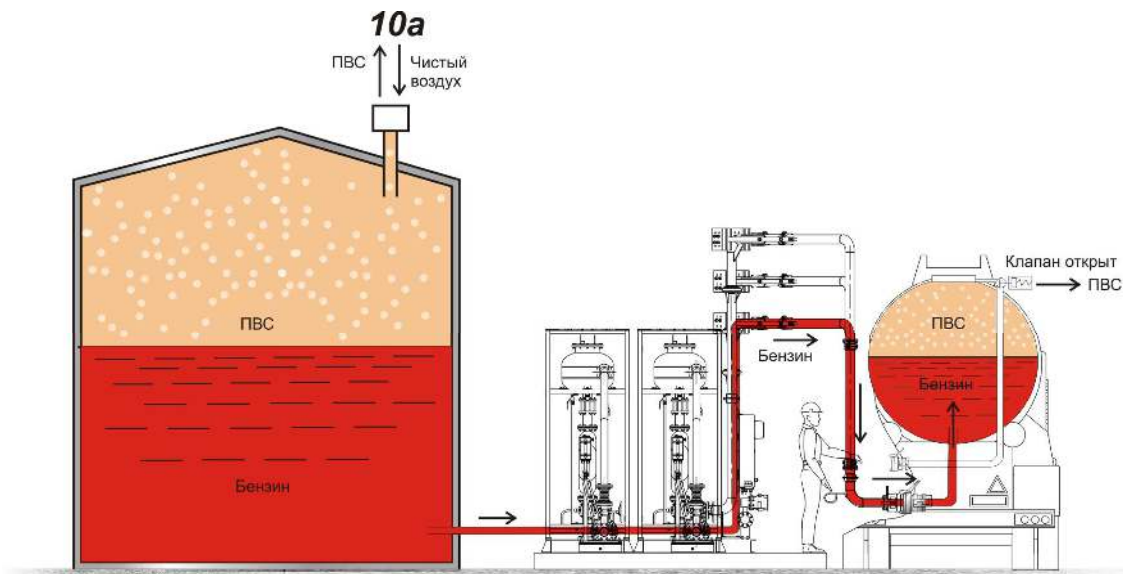


Рисунок 10. Схема нижнего налива автоцистерн без систем рекуперации

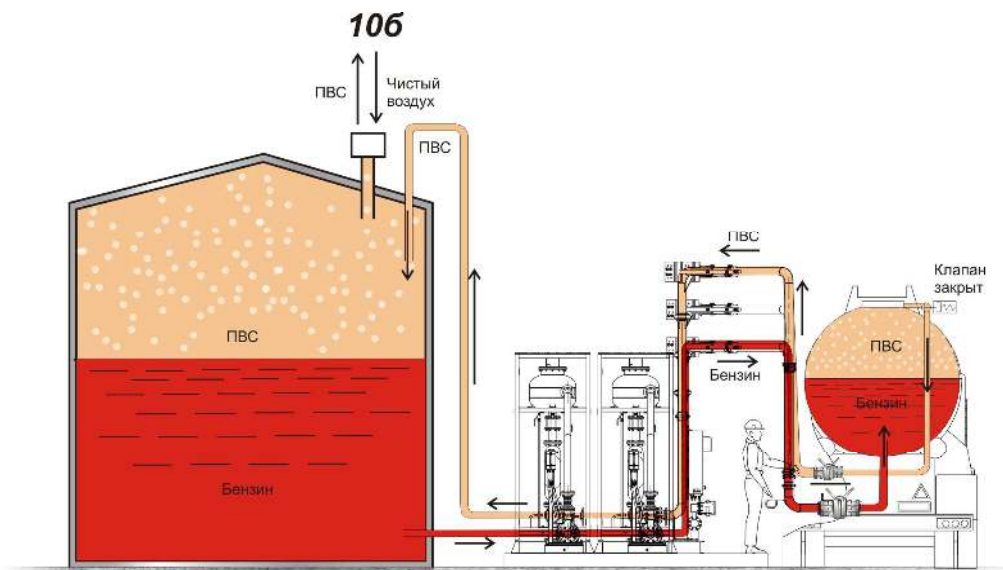


Рисунок 11. Схема нижнего налива автоцистерн с использованием рекуперации методом возврата паров

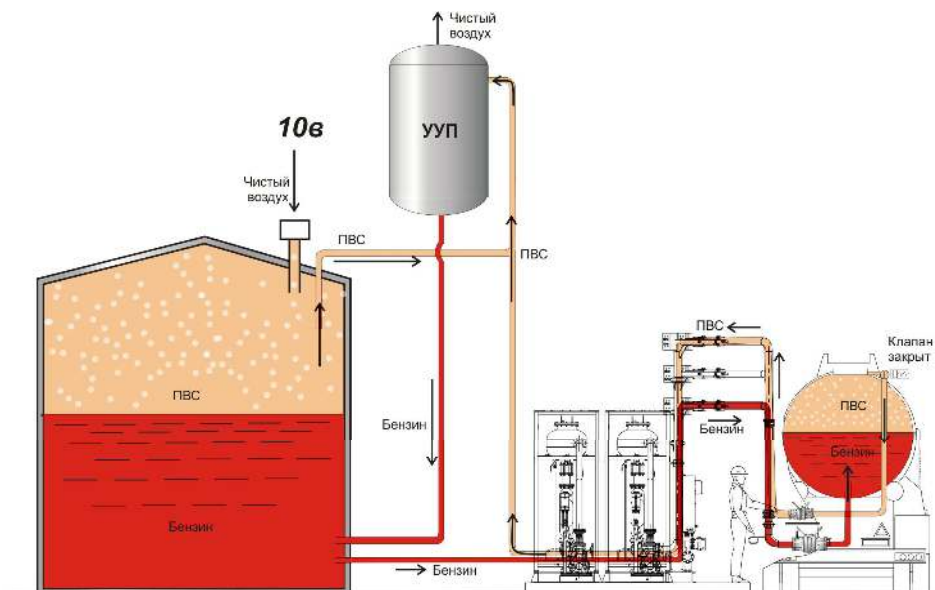


Рисунок 12. Схема нижнего налива автоцистерн с применением установки рекуперации

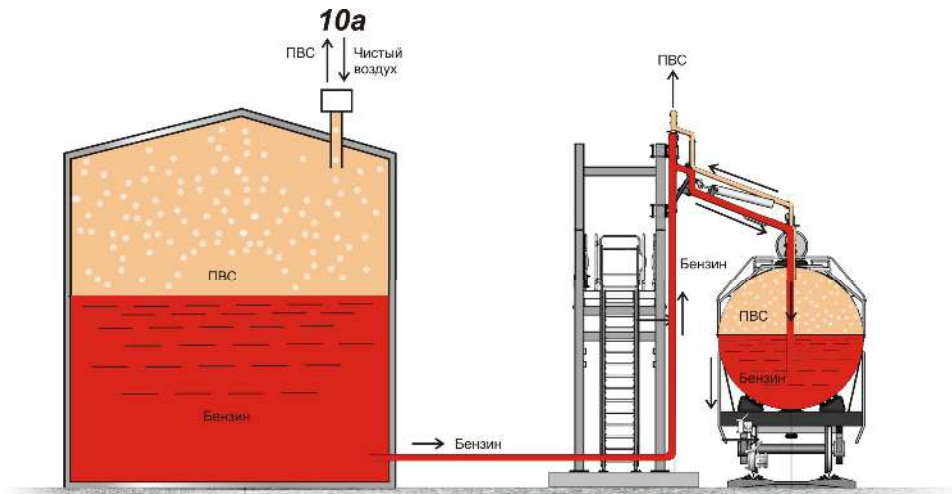


Рисунок 16. Схема налива бензинов и нефти в Ж.Д. цистерны без систем рекуперации

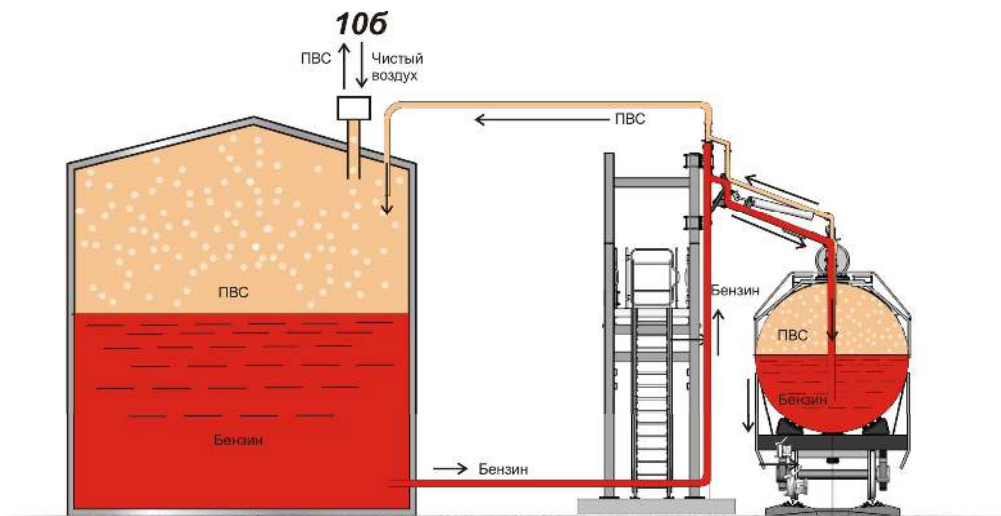


Рисунок 17. Схема налива бензинов и нефти в Ж.Д. цистерны с использованием системы рекуперации методом возврата ПВС

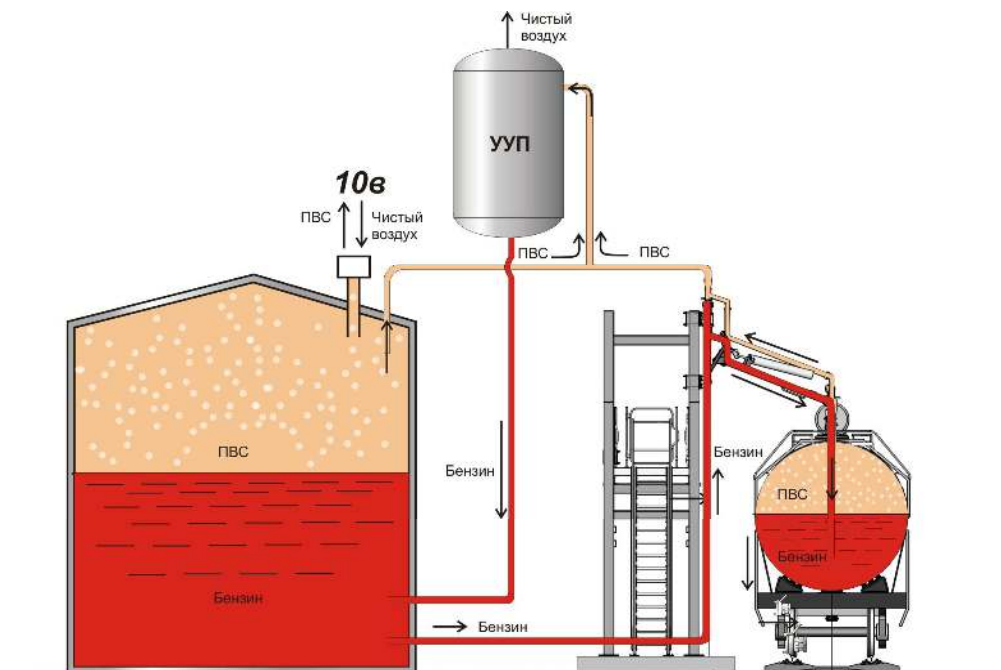


Рисунок 18. Схема налива бензинов и нефти в Ж.Д. цистерны с использованием установок рекуперации

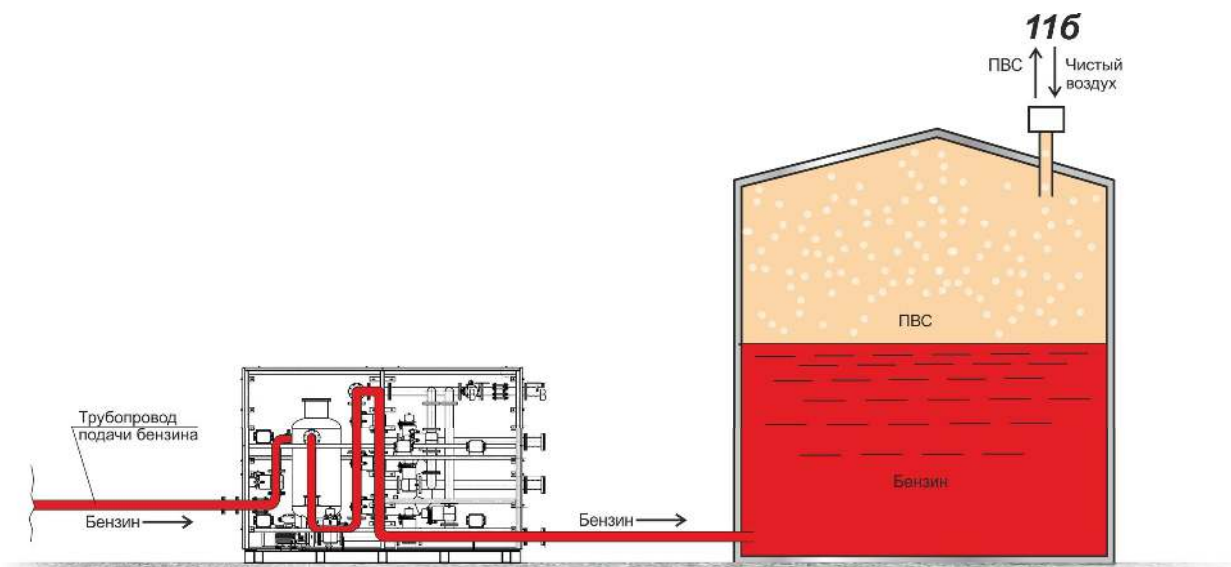


Рисунок 19. Схема приемки бензинов и нефти по трубопроводу без систем рекуперации

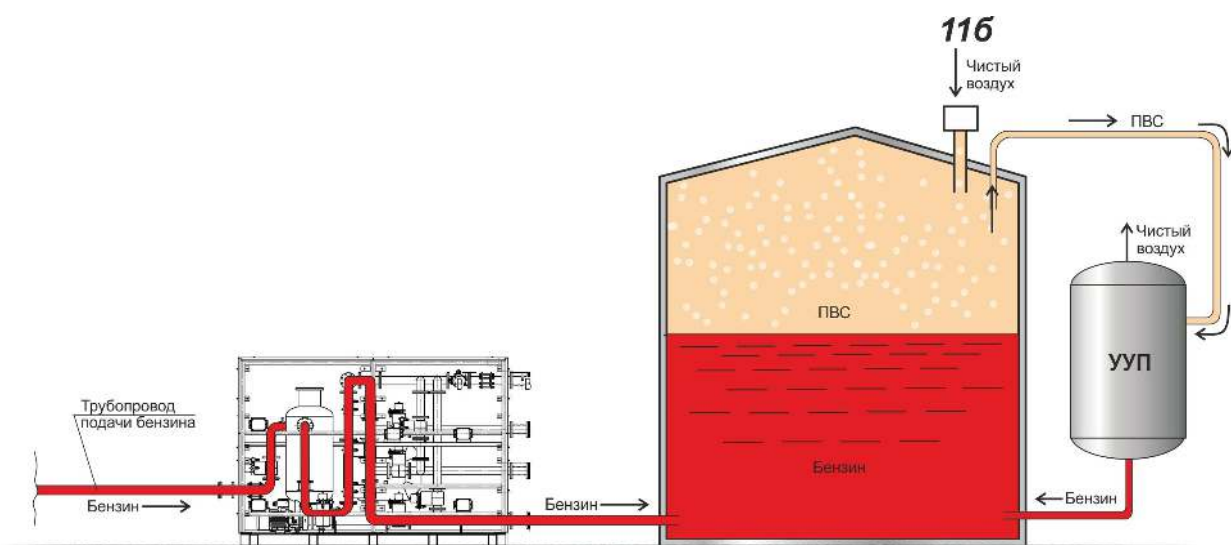


Рисунок 20. Схема приемки бензинов и нефти по трубопроводу с использованием установки рекуперации

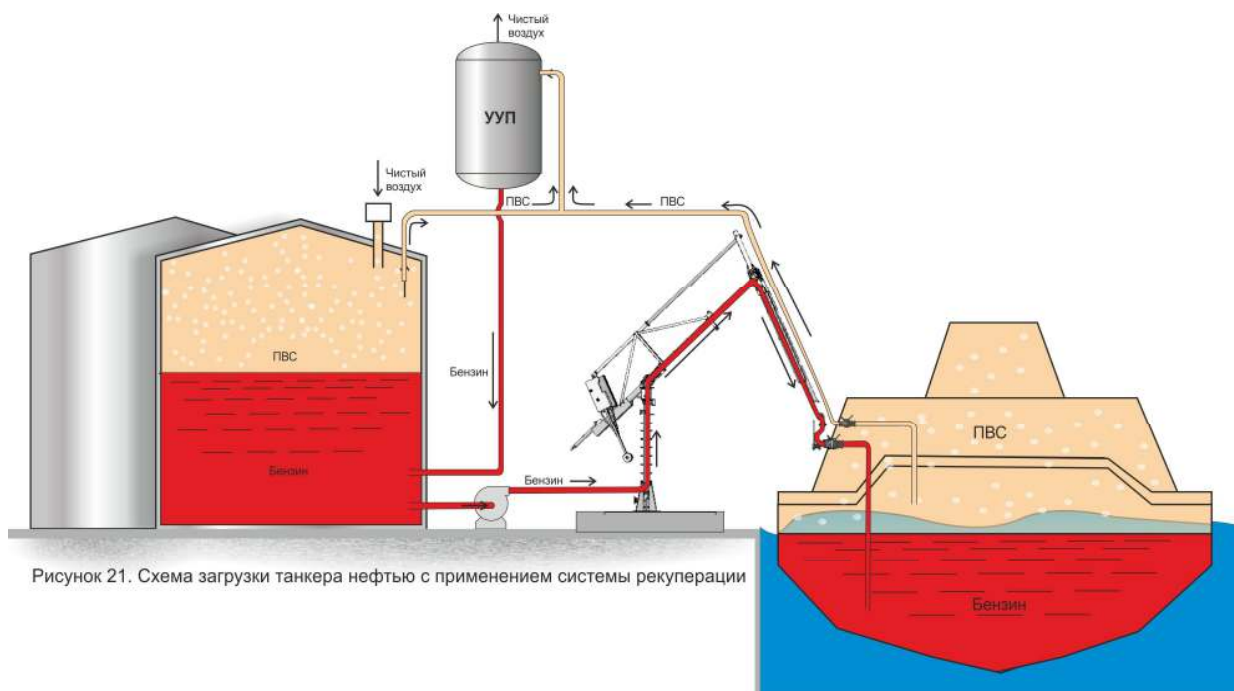


Рисунок 21. Схема загрузки танкера нефтью с применением системы рекуперации

Примечания:

- 1) Танкеры могут быть с собственной системой рекуперации.
- 2) Танкеры могут быть с патрубками для вывода паровоздушной смеси и подачи её на причал по газопроводящей линии стендера если такая предусмотрена.
- 3) Танкеры могут быть и без патрубков для вывода ПВС и без системы рекуперации

7. Схемы реализации способов рекуперации.

7.1 Для реализации схем приведенных на рис. 2 и 3 необходимо осуществить следующие действия:

- а) установка топливозаправочной колонки с возвратом паров из бензобака автомобиля в емкость АЗС;
- б) смонтировать трубопровод проводки паровоздушной смеси от ТРК до емкости АЗС и соединить его с верхней (паровой) частью емкости АЗС, с уклоном в сторону емкости. В некоторых случаях трубопровод ПВС могут опускать до дна емкости полагая, что легкие углеводороды будут поглощаться из проходящей через продукт ПВС. Однако это не всегда верно, т.к. уровень бензина изменяется от минимального до максимального, нагрузка на компрессор подачи ПВС в ТРК также изменяется и необходимо его регулирование по недоступному параметру (гидростатическое давление). И третья причина заключается в том, что в систему газозврата в силу негерметичного уплотнения раздаточного крана в горловину бензобака может поступать бедная смесь, и при прохождении через слой бензина, она будет донасыщаться. При этом её объем будет увеличиваться, и при отсутствии установки утилизации паров, будет вытесняться через дыхательный клапан;
- в) в силу разницы температур продукта в баке автомобиля и емкости АЗС величина давления насыщенных паров и концентрация ЛУВ в ПВС будет разная. Соответственно объемы ПВС, которые состоят из воздуха и паров ЛУВ из-за этого будут разные. При заправке 50 литров бензина, хранящегося в емкости АЗС при температуре 15°C, образуется свободное пространство в объеме 50л. В баке автомобиля при температуре 20°C при его заправке образуется 59,5 литров ПВС, которая поступает в емкость АЗС, из которой 9,5 литров должна вытесняться через дыхательную систему;

- г) при применении установки утилизации паров эти 9,5 литров должны поступать в УУП производительность которой необходимо рассчитывать, исходя из максимальной разницы объемов ПВС, вытесняемой из емкости АЗС при максимальных значениях температур.

7.2 Для реализации схем рекуперации на Рис. 5 и 6 необходимо:

- а) на емкости АЗС установить патрубок для рекуперации ПВС при сливе автоцистерн с условным проходом  $du=50\text{мм}$  с быстроразъемным соединением поворотного или кулачкового типов;
- б) автоцистерна должна иметь газопроводящий коллектор, который соединен со свободным пространством грузовых отсеков и оканчивающийся огнепреградителем и специальным разъемом для ПВС нормально закрытого типа;
- в) гибкий рукав с быстроразъемными соединениями, стыкующимися с разъемом автоцистерны и разъемом емкости АЗС. После соединения рукавами отсека автоцистерны с емкостью АЗС по жидкому продукту и по ПВС произвести гравитационный слив продукта в емкость АЗС. При этом ПВС из емкости АЗС будет вытесняться в сливаемый отсек;
- г) при сливе бензина в количестве  $10\text{м}^3$  и температуре последнего  $20^\circ\text{C}$  из емкости АЗС в отсек будет поступать ПВС с температурой  $15^\circ\text{C}$ , которая будет донасыщаться парами ЛУВ из сливаемого продукта и увеличивать свой объем из-за повышения концентрации. При сливе  $10\text{м}^3$  бензина за счет повышения температуры объем ПВС, вытесняемой в отсек автоцистерны с  $15^\circ\text{C}$  до  $20^\circ\text{C}$  будет увеличен на 2%, т.е. на 200 литров, которые будут вытеснены в окружающее пространство в случае отсутствия УУП;
- д) при использовании установки УПП по схеме на ирис.6 указанная величина должна быть утилизирована. Производительность установки УУП для оснащения АЗС необходимо рассчитывать исходя из разницы объемов ПВС, образовавшихся при предельных значениях температур. Естественно, при реализации схем рекуперации, приведенных на рис. 3 и рис. 6, необходимо применять одну установку УПП на максимальную производительность утилизации ПВС, образующейся при сливе автоцистерн максимальных количеств бензина при предельных минимальных температурах в емкости АЗС и максимальных температурах продукта. Нерационально и неэффективно устанавливать установки УПП на максимальную производительность слива бензина без системы газозоврата. Они будут в 4-5 раз дороже и сложнее.

7.3 Для реализации схем 8 и 9 необходимо осуществить следующие мероприятия:

- а) укомплектовать автоцистерны унифицированными крышками отсеков с диаметром заливных люков  $\varnothing 300\text{мм}$ .;
- б) установки налива должны иметь наливной стояк с жестким трубопроводом отвода ПВС и быть укомплектованными наливным наконечником, герметично стыкующимся с заливным люком диаметром  $\varnothing 300\text{мм}$ . Трубопровод для отвода ПВС на установке налива должен иметь обратный клапан и огнепреградитель для исключения обратного потока ПВС из сборного коллектора и недопущения распространения пламени в отсеки автоцистерны при аварийных ситуациях;
- в) трубопровод сбора ПВС от наливных стояков и проводки ее в резервуар должен разрабатываться индивидуально для каждого объекта с учетом производительности проводки ПВС и должен оснащаться определенным

количеством огнепреградителей, клапанов и отводов для установки утилизации УУП, конденсатосборников, клапанов безопасности, геодезических уклонов и воздухоловков.

7.4 Для реализации схем на рис. 11 и 12 при нижнем наливе автоцистерн необходимо:

- а) укомплектовать установку нижнего налива рукавом отвода ПВС с быстроразъемным соединением для присоединения к автоцистерне;
- б) автоцистерна должна быть оборудована под технологию нижнего налива, т.е. укомплектована газопроводящим коллектором, к которому через дыхательные устройства с пневмоуправлением присоединены все продуктовые отсеки;
- в) коллектор должен иметь адаптер, огнепреградитель и переключающий клапан для соединения с атмосферой во время транспортирования, чтобы переключать поток ПВС при присоединении к нему головки рукава отвода паров установки налива;
- г) трубопровод сбора ПВС от установки налива и проводки ее в резервуар должен проектироваться аналогично, что и при верхнем наливе.

7.5 Для реализации схем на рис. 14 и 15 при сливе продукта из Ж.Д. цистерн необходимо:

- а) трубопровод проводки ПВС от резервуара до эстакады слива, укомплектованный согласно проекта огнепреградителями, конденсатосборниками, воздуходувками;
- б) коллектор проводки ПВС по эстакаде слива с устройствами герметизации и подачи ПВС в Ж.Д. цистерны.

7.6 Для реализации схем рис. 12 и 17 при наливе Ж.Д. цистерн бензином или нефтью необходимо:

- а) трубопровод проводки ПВС от резервуара до эстакады аналогичный, что и рис. 14 и 15;
- б) коллектор проводки ПВС по наливной эстакаде;
- в) наливные рукава с жестким трубопроводом отвода ПВС, оборудованные огнепреградителями и клапанами;
- г) наливные наконечники герметизировано стыкующиеся с горловинами Ж.Д. цистерн.

7.7 Для реализации схемы на рис. 20 при приемке нефтепродуктов по трубопроводу необходимо иметь установку утилизации на полную производительность налива.

7.8. Для реализации схемы на рис. 21 при загрузке танкера необходимо:

- 1) Иметь стендер с рукавом отвода паров.
- 2) Газопроводящий трубопровод, разработанный по индивидуальному проекту, оснащенный огнепреградителями, конденсатоотводчиками, воздуходувками и клапанами.
- 3) Танкер с патрубками для вывода и подачи на причал ПВС через рукав отвода паров стендера.

Примечание.

- 1) Танкер может иметь собственную систему рекуперации
- 2) Танкеры могут быть без патрубков для подачи ПВС на причал и без собственной системы рекуперации.

- 4) Установка утилизации ЛУВ в ПВС рассчитывается на разницу объемов ПВС для крайних значений температур.

7.9 Примечание. В некоторых случаях для повышения безопасности процессов перевалки жидкостей с высоким значением (более 500 мм.рт.ст.) давления насыщенных паров применяются флегматизирующие компоненты: азот и углекислый газ, которые вводят в газовое пространство резервуаров или загружаемых емкостей с целью уменьшения количества кислорода в ПВС. Однако следует отметить, что для предотвращения реакции горения (взрыва) необходимо поддерживать концентрацию флегматизатора в ПВС более 50% от объема свободного пространства. Тогда количество кислорода для обеспечения реакции горения будет недостаточно. Однако следует учитывать, что величина абсолютного давления в емкости может быть незначительно выше, чем атмосферное давление (на величину давления срабатывания дыхательных клапанов в емкостях и резервуарах). При этом концентрация ЛУВ в ПВС при текущих температурах будет снижаться незначительно в силу закона Дальтона «Сумма парциальных давлений газов в замкнутой системе равна общему давлению в системе». Наличие флегматизатора не снижает объем эмиссии ЛУВ в атмосферу при перевалке нефтепродуктов с высоким значением давлений насыщенных паров.

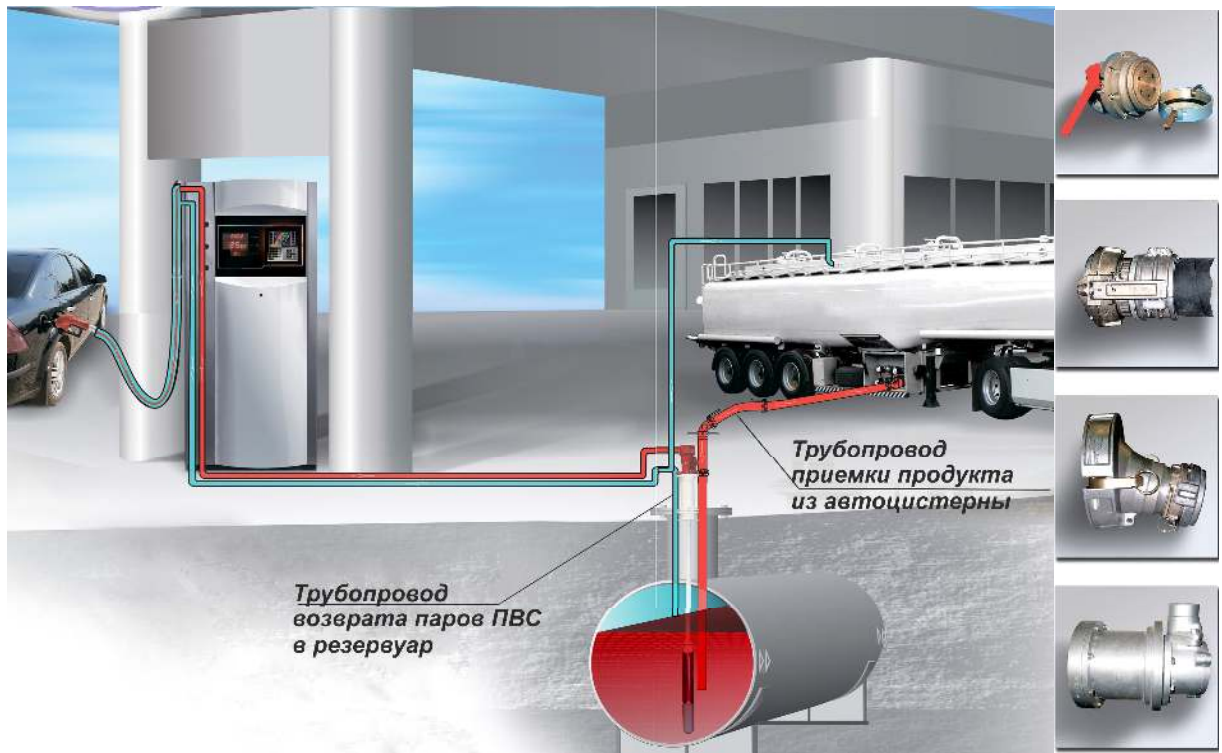
8. Способы утилизации легких углеводородов в паровоздушной смеси:

- 1) **метод адсорбции** на специальном угле с последующей десорбцией методом вакуумирования;
- 2) **метод захлаживания** путем пропуска ПВС через теплообменник, охлажденный до  $-30^{\circ}\text{C}$  с последующей абсорбцией (пропуск через сжиженный продукт);
- 3) **пропуск ПВС через специальные мембраны**, в которых происходит разделение легких углеводородов от воздуха;
- 4) **моторный метод** путем подготовки и использования ПВС в качестве топлива в двигателе внутреннего сгорания, который соединен с электрогенератором для получения электроэнергии;
- 5) **метод сжигания ПВС** на факел или в закрытых печах после соответствующей подготовки.

9. Вспомогательное оборудование для рекуперации ПВС:

- 1) оборудование для емкостей АЗС при сливе бензина для возврата ПВС в автоцистерну;
- 2) оборудование автоцистерн для рекуперации ПВС при сливе и наливе;
- 3) оборудование нефтебазы для налива автоцистерн с рекуперацией ПВС;
- 4) оборудование Ж.Д. эстакад для налива и сливе Ж.Д. цистерн;
- 5) оборудование и построение трубопроводов проводки ПВС для нефтебаз и эстакад при сливе и наливе Ж.Д. цистерн и танкеров.

## Оборудование емкостей АЗС при сливе бензина для возврата ПВС в автоцистерну



## Резервуарный парк. Схема технологической линии наполнения, деаэрации и рециркуляции резервуарного парка.

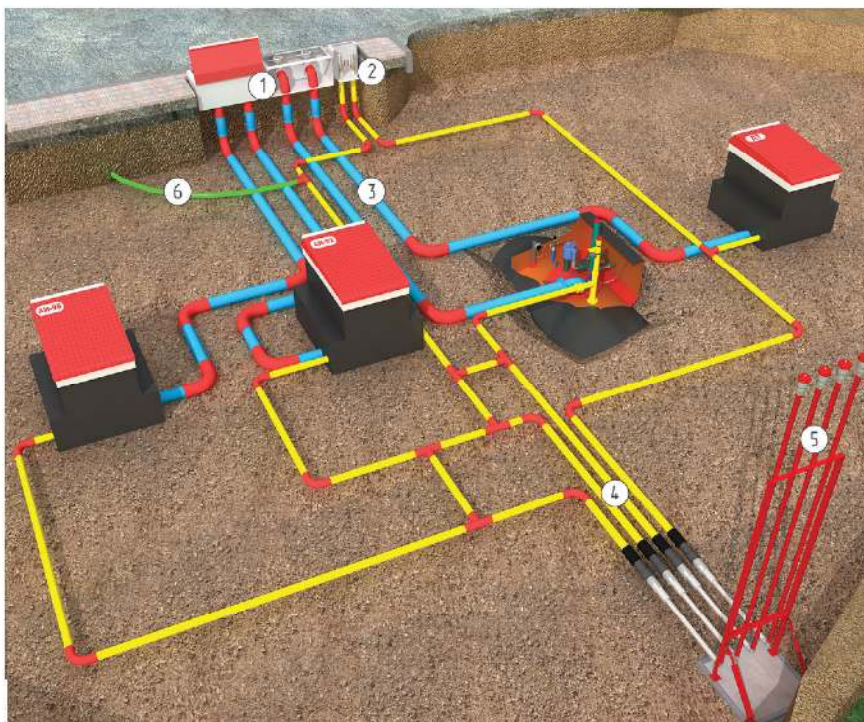
Обозначения на схемах

- 1 технологический отсек узла наполнения
- 2 технологический отсек узла рециркуляции
- 3 трубопровод линии наполнения Ду90
- 4 газопровод линии деаэрации
- 5 стойка линии деаэрации
- 6 трубопровод паровозврата ТРК

Обозначения на схемах

- линия деаэрации
- линия наполнения нефтепродуктов
- возврат паров от ТРК

Стойка деаэрации



## Оборудование автоцистерны для рекуперации (возврата) ПВС при сливе и наливе.

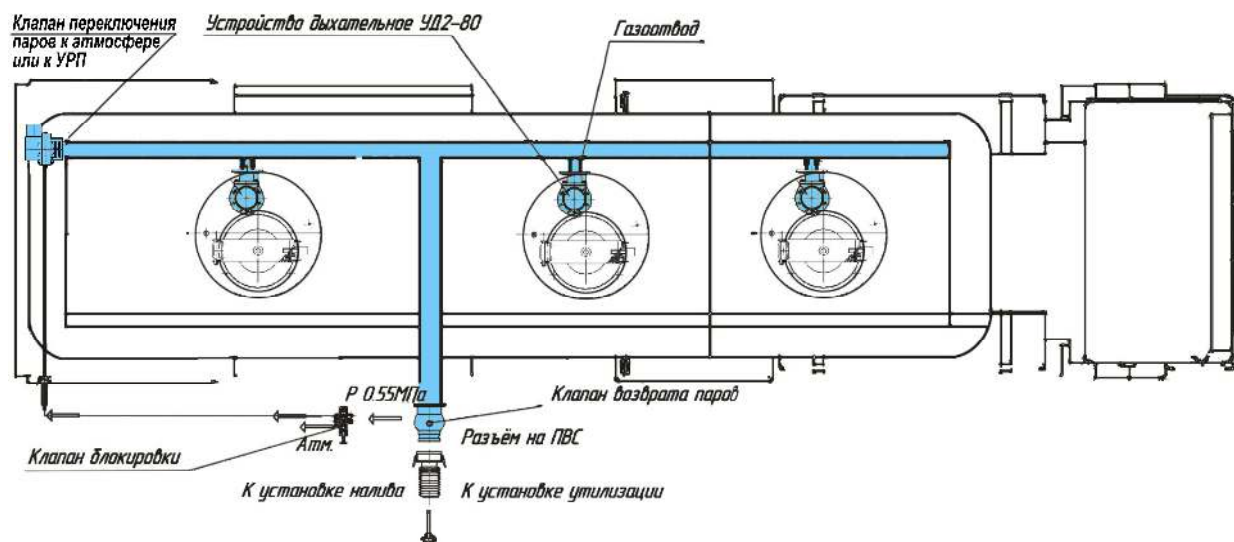
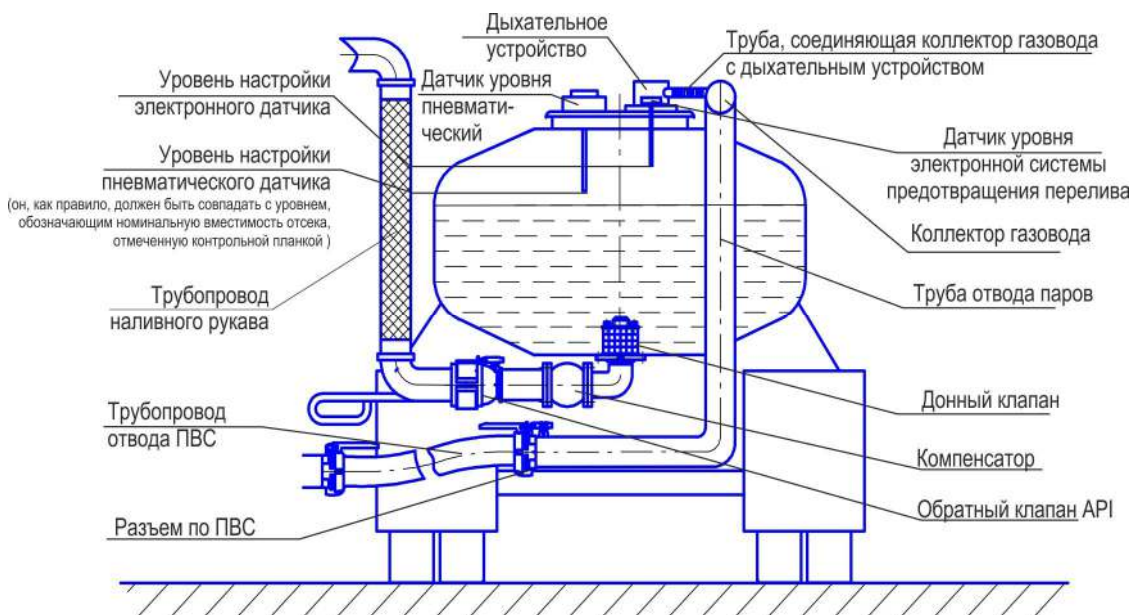


Схема газовада

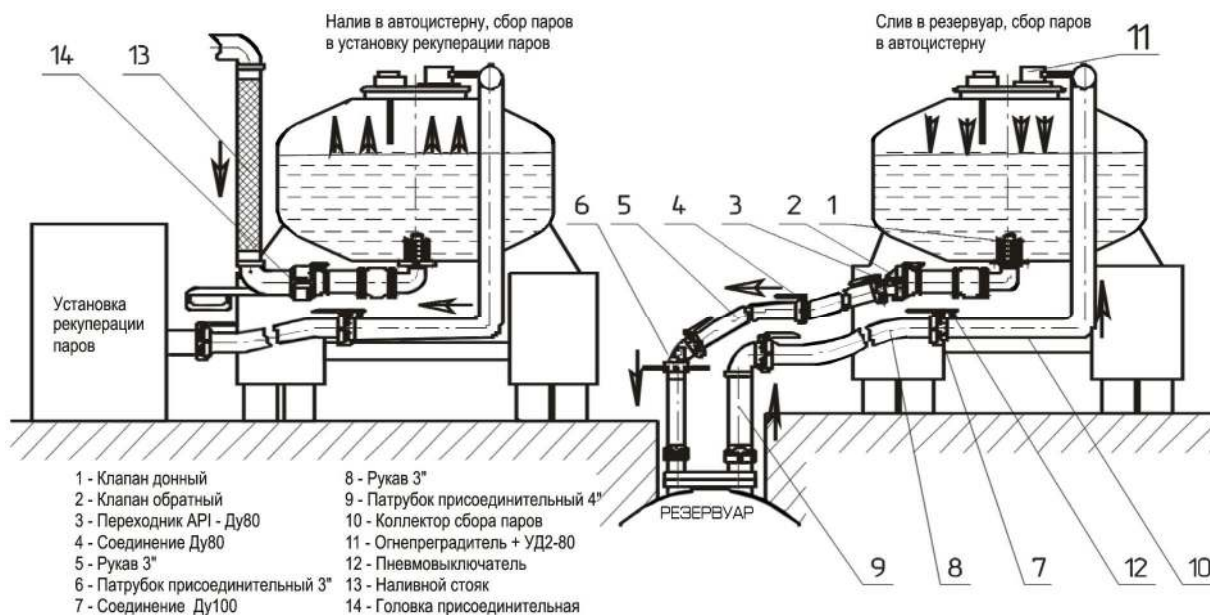
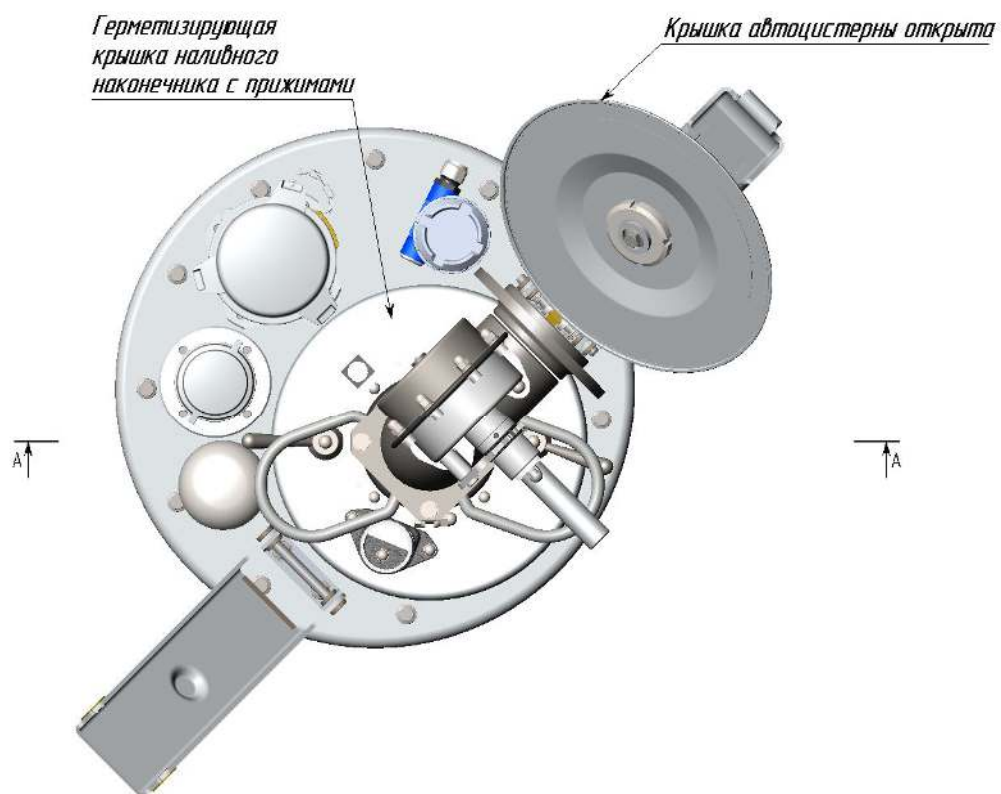
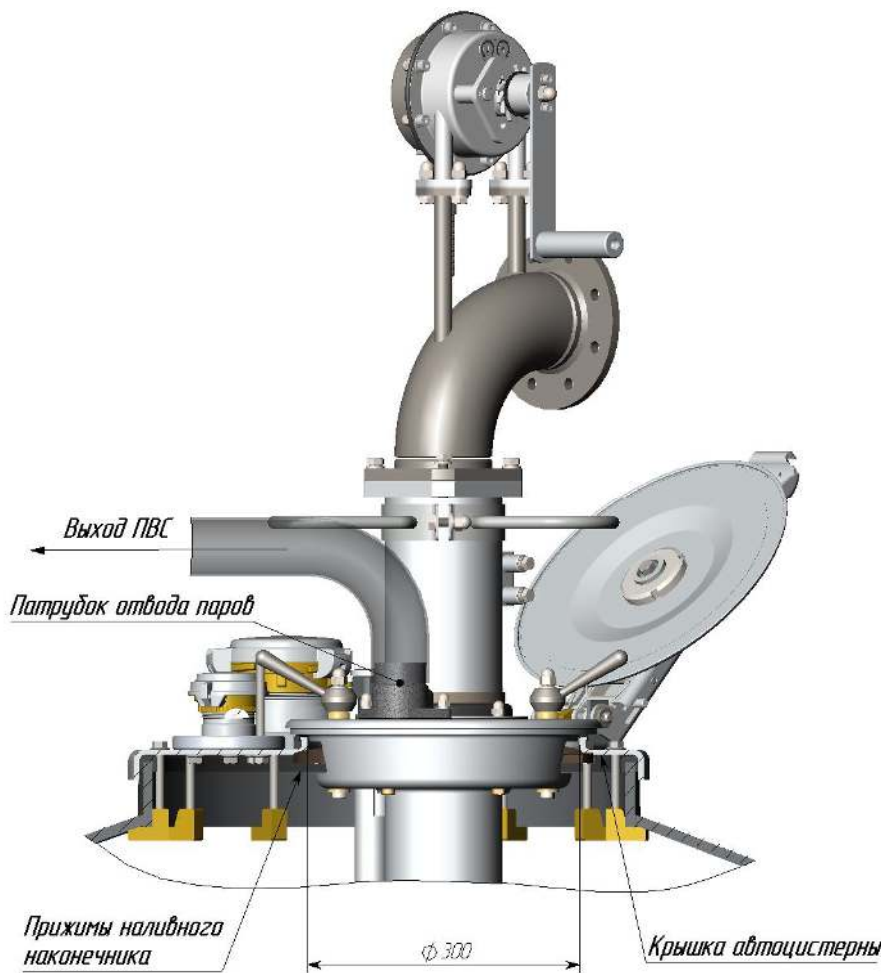
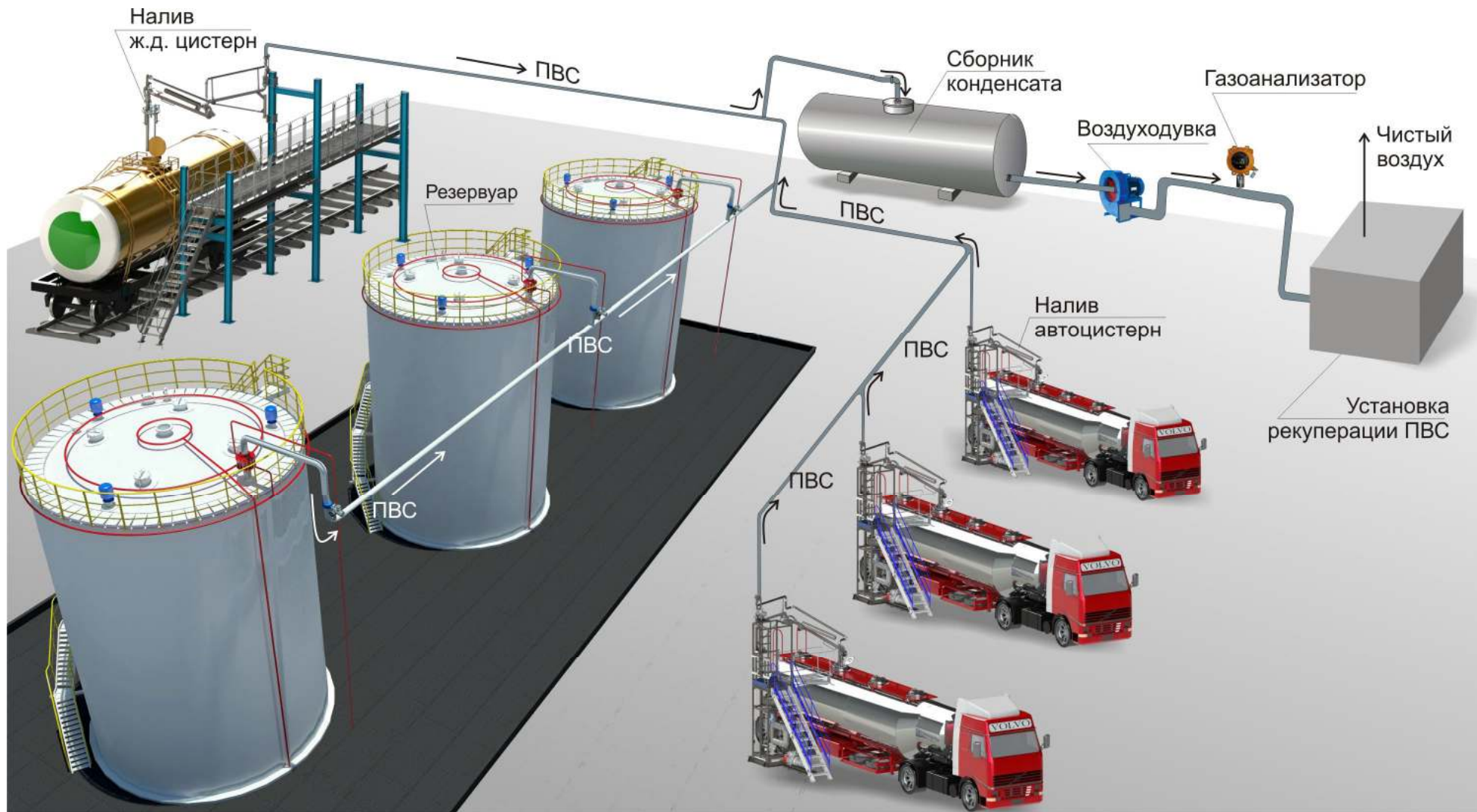


Схема рекуперации при нижнем наливе и сливе

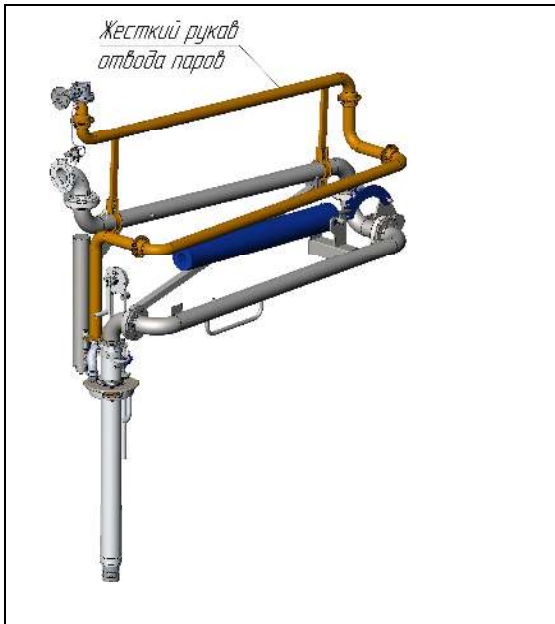
Для крышки люка по европейскому стандарту разработан и запущен в производство надежный стыковочный узел наливного наконечника установки налива, обеспечивающий удобную стыковку и абсолютную герметичность отвода паров.



Оборудование и построение трубопроводов проводки ПВС для нефтебаз, эстакад при сливе/наливе Ж.Д. и автоцистерн.



Оборудование нефтебазы для налив автоцистерн с рекуперацией ПВС



Стойк верхнего налива автоцистерн с жестким трубопроводом отвода паров



Стойк верхнего налива Ж.Д. цистерн с жестким трубопроводом отвода паров



Стойк нижнего налива автоцистерн с трубопроводом отвода паров



Установки сжижения ЛУВ для АЗС (ООО «Газспецтехника») методом захолаживания



Установки сжижения ЛУВ для нефтебаз (ООО «Газспецтехника») методом захолаживания



Установки сжижения ЛУВ для АЗС (ООО «Промприбор») – адсорбция на угле



Установки сжижения ЛУВ для нефтебаз (ООО «Промприбор») – адсорбция на угле