



НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО

«Центр экологии топливно-энергетического комплекса»

**ПОЛЕВОЕ РУКОВОДСТВО ПО ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ:
НАСОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛРН**

МОСКВА
2010

Перед Вами демонстрационная версия (проект) одной из частей «**ПОЛЕВОГО РУКОВОДСТВА ПО ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ**». Предполагается, что оно будет состоять из видеороликов (в идеале по каждому виду рекомендуемого оборудования для ЛРН; основных стратегий и тактик ЛРН); презентаций (по каждой теме; основным стратегиям и тактикам); справочника о производителях оборудованиях и официальных дилерах в России и комплекта отдельных справочных брошюр карманного формата:

- 1 ВВЕДЕНИЕ
- 2 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА
- 3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СВЯЗЬ
- 4 НАБЛЮДЕНИЕ И СЛЕЖЕНИЕ
- 5 ЛОКАЛИЗАЦИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ
- 6 ЛИКВИДАЦИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ
 - 6.1 Механический сбор
 - 6.2 Насосное оборудование для ЛРН**
 - 6.3 Накопление
 - 6.4 Использование сорбентов
- 7 ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ
- 8 ОСОБЕННОСТИ ЛРН В ЗИМНИЙ ПЕРИОД
- 9 НЕ РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СРЕДСТВА ЛРН

Составитель: Тарасов А.Г.

За методической помощью, исправлениями и предложениями следует обращаться в «Центр экологии ТЭК»:

Адрес: 117105, Россия, Москва, Варшавское шоссе д. 39, офис 3

Тел./Факс: +7(495) 981 42 36

e-mail: cetek@cetek.ru

Тема для писем: Семинары

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И СОКРАЩЕНИЯ | 3 |
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ..... | 4 |
| 6.2.1 ВАКУУМНЫЕ НСУ | 7 |
| 6.2.1.1 Вакуумные автоцистерны | 7 |
| 6.2.1.2 Вакуумные прицепы | 8 |
| 6.2.1.3 Вакуумные установки непрерывного действия | 9 |
| 6.2.1.4 Мини-вакуумные установки | 10 |
| 6.2.2 ДИАФРАГМОВЫЕ (ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МЕМБРАННЫЕ) НАСОСЫ..... | 10 |
| 6.2.3 ДИАФРАГМОВО-ПОРШНЕВЫЕ НАСОСЫ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ (МЕМБРАННЫЕ НАСОСЫ ВПД) | 11 |
| 6.2.4 ОСЕДИАГОНОНАЛЬНЫЕ НАСОСЫ (ОДН) | 12 |
| 6.2.5 РОТОРНО-ЛОПАСТНЫЕ НАСОСЫ | 13 |
| 6.2.6 ШНЕКОВЫЕ ВИНТОВЫЕ НАСОСЫ..... | 13 |
| 6.2.7 ШЛАНГОВЫЕ (ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКИЕ) НАСОСЫ | 14 |
| 6.2.7 ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НЕФТЯНЫЕ НАСОСЫ | 15 |
| 6.2.8 НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АКСЕССУАРЫ..... | 16 |
| 6.2.9 ВИДЕОМАТЕРИАЛЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НАСОСОВ И ВАКУУМНЫХ НСУ..... | 17 |
| 6.2.10 КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕВОДА ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОСТИ И ДАВЛЕНИЯ | 18 |
| 6.2.11 СПИСОК НЕДОБРОСОВЕСТНЫХ ПОСТАВЩИКОВ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЛРН..... | 19 |

Основные понятия и сокращения

Вязкость – характеристика текучести материала. Чем гуще жидкость, тем выше ее вязкость. Основные единицы измерения динамической вязкости являются сSt (сантисток) – система СГС и mPas (сантипуаз) – система СИ. В России, обычно, вязкость измеряют при 20°C (мазатов при 50, 80 и 100°C. Вязкость судовых топлив IFO-30, IFO-180 и IFO-380 соответствует предельным (максимальным) значениям 30, 180 и 380 сСт при 50°C); по методу Американской ассоциацией автомобильных инженеров (SAE) – при 40 и 100°C; динамическая вязкость измеряется при 150°C. При 20°C вязкость бензинов – >0.5 сСт; воды – 1.012 сСт (1 МПа*с); керосинов – 2.5÷3.5; дизельных топлив – 1.8÷6.0; печного топлива темного – <8; большинства нефтей 2÷300 (средняя 40÷60), тогда как предельная вязкость пластовой жидкости (смеси нефти, попутной воды и нефтяного газа) – до 1000 сСт. С понижением температуры вязкость увеличивается и доходит перед застыванием до нескольких миллионов сСт. Для предварительного выбора насоса можно использовать приблизительные диапазоны вязкости основных нефтепродуктов

| | | | |
|-------------------|---|--|---|
| |  |  |  |
| Вязкость | НИЗКАЯ) | СРЕДНЯЯ (20~500 сСт) | ВЫСОКАЯ |
| Истечение | СВОБОДНОЕ | МЕДЛЕННОЕ | ЗАТРУДНЕННОЕ |
| Продукты (Т~20°C) | <ul style="list-style-type: none"> • бензин; • керосин; • дизтопливо; • печное топливо. | <ul style="list-style-type: none"> • масла смазочные; • масла гидравлические; • товарная нефть. | <ul style="list-style-type: none"> • битуминизированная нефть; • сильно выветрелая нефть; • судовое топливо IFO-380; • битум. |

Гравий – неорганический сыпучий материал с зернами крупностью св. 5 мм.

Крупнозернистый песок – минеральный сыпучий материал с зернами 1-5 мм.

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости (асфальт и битум, разбавленные нефтяным дистиллятом; газоконденсат; дизтопливо; дистилляты нефти; нефти; топливо авиационное для турбинных двигателей и т.п.), способные воспламеняться от кратковременного (до 30 с) воздействия источника зажигания с низкой энергией (пламя спички, искра, тлеющая сигарета и т. п.).

ПШУ – установки парогенераторные (паропромысловые).

н/д (нет данных) – данные не сообщаются производителем или официальным дилером.

НСУ – нефтесборные устройства (скиммеры).



Рисунок 6.2.1 – Одна из классификаций насосов

Общие сведения

При ликвидации разливов нефти (ЛРН) насосы используются для обеспечения непрерывности операций по ее сбору с поверхности воды и почвы для:

- откачки нефти в транспортную емкость или трубопровод;
- перекачки нефти от НСУ во временные емкости (внутренними и внешними насосами НСУ (скиммеров));
- от временного хранилища к транспортному средству;
- от транспортного средства на место утилизации, хранения или переработки.

Существует широкий спектр насосов, которые могут использоваться для перекачки сырой и товарной нефти. Например, для откачки нефти танков из терпящих аварию судов могут быть использованы штатные насосы танкеров-лихтеров, а у причалов нефтебаз – штатные системы перекачки, которыми обводненные и загрязненные нефтепродукты и подтоварная вода откачивается из аварийного, грузотечного или водотечного судна в отдельные емкости резервуарного парка. Опорожнение аварийных цистерн может быть произведено автоцистернами с распространенными шестеренными системами перекачки. Однако при выветривании нефти – повышении ее вязкости и, особенно, при накоплении мусора проблема выбора насосного оборудования усложняется, поскольку, абсолютное большинство нефтяных насосов предназначены для перекачки жидкостей без механических примесей или слабозагрязненных минеральными частицами до 0.2 мм.

Насосы – высокотехнологичное и дорогое оборудование, поэтому их выбор и приобретение необходимо проводить заблаговременно. При этом, не следует доверять рекламной информации (не редко такие важные характеристики как вязкость перекачиваемых жидкостей и их возможное загрязнение минеральными частицами завышается продавцами оборудования в несколько раз), а всегда обращаться к сведениям, сообщаемым производителями (далеко не всегда текст на русском языке соответствует оригиналу) или результатам независимых испытаний и опыту использования изделий при ликвидации реальных разливов. В качестве примера Вы можете ознакомиться с презентациями в которых анимированы принципы работы упоминаемых насосных систем и приведены фотографии их испытаний или реального применения:

- **Ликвидация разливов вакуумными устройствами;**
- **Насосное оборудование для ЛРН.**

Для работ по ЛРН **не подходят** насосы (рис. 6.2.2), которые могут выйти из строя:

- при работе «всухую» из-за засорения подающей линии (например, винтовые; двухвинтовые; импеллерные (с гибкими лопастями); крыльчатые (лопастные) насосы);
- при перекачке продуктов с волокнистыми материалами (водными растениями) и крупнозернистым песком (двухвинтовые; крыльчатые (лопастные));
- из-за не устойчивости пластмассовых и резиновых деталей **насосов общего пользования, водяных, грязевых, дренажных, фекальных насосов** к воздействию нефти (например, продолжительность работы центробежного насоса Гном-Ех (взрывозащищенное исполнение) при перекачке сырой нефти не более 5 часов в течение срока службы до капитального ремонта).

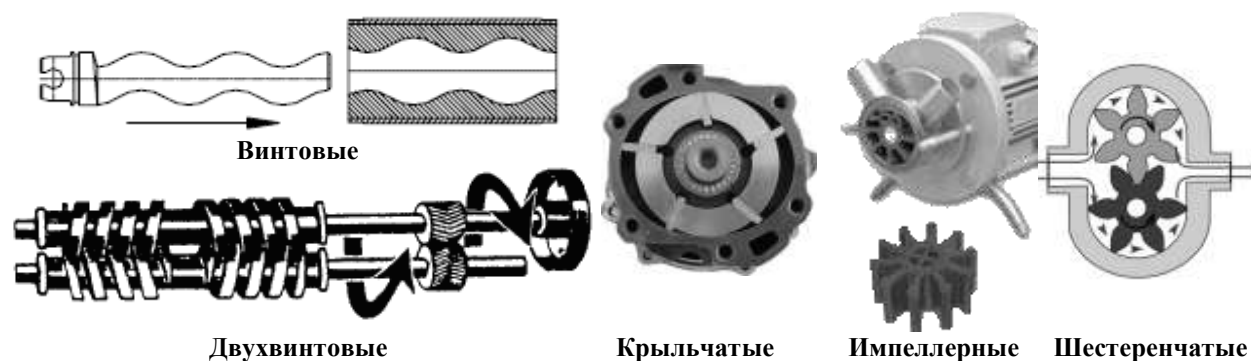


Рисунок 6.2.2 – Типы насосов, которые не могут применяться для работ по ЛРН

Конструкция шестеренчатых насосов отличается жесткими допусками и множеством точек контакта металлических поверхностей. По этой причине они не могут работать с жидкостями, содержащими крупные абразивные частицы. Например, отечественные шестеренные насосы типов Ш, НМШ предназначены для перекачивания нефтепродуктов, не содержащих механических примесей.

При сборе с воды и перекачке обводненной нефти **не желательно** применение высокооборотных центробежных насосов, которые приведут к сильному эмульгированию нефти и воды, что затруднит дальнейшую сепарацию эмульсии.

Имеют **ограниченное применение** насосы:

- которые не могут обеспечить самовсасывание и с ограниченной всасывающей способностью;
- из которых нельзя слить жидкость при остановке (при отрицательных температурах это может привести к разрушению корпуса).

При ЛРН не требуется применение насосов с уникальными характеристиками (табл. 6.2.1). Во-первых, перекачивающее оборудование должно соответствовать вязкости нефти. Во-вторых – загрязнению. В-третьих, эксплуатационные характеристики – условиям ЛРН (например, для проведения работ на сильнопересеченной местности нужны насосы с большой высотой всасывания или с высокими напорными характеристиками. При этом важно ознакомиться с кривой напора-производительности, поскольку, некоторые модели могут только поднять жидкость на номинальную высоту, а не перекачивать ее). Наконец, рабочая производительность насосов должна соотноситься не сколько с объемом разлива, сколько с возможностью его концентрации и планируемым временем сбора.

Таблица 6.2.1 – Матрица основных характеристик выбора насосов

| Типы насосов | Вязкость | | | Мусор | | | Эксплуатационные хар-ки | | | | | | | Примечания | |
|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------|--------|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|--------------------|-------|------------|--------------------|
| | Высокая (>500 сСт) | Средняя (20~500 сСт) | Низкая (<20 сСт) | Крупнозернистый песок | Гравий | Волокнистые материалы | Скорость перекачки | Эмульгирование | Работа в сухую | Непрерывность работы | Самовсасывание | Глубина всасывания | Напор | | Ремонтопригодность |
| Вакуумные | ± | + | + | + | + | ± | С | Н | В | С | В | В | 1 | С | 2 |
| Диафрагмовые НСМ | ± | ± | + | + | ± | ± | С | С | В | С | С | С | С | В | 2-6 |
| Диафрагмовые ВПД | ± | + | + | + | ± | ± | С | С | В | С | С | В | В | С | 2,4-6 |
| Оседиагональные | 1 | + | + | + | ± | + | С | О | 1 | В | Н | Н | С | С | 2 |
| Роторно-лопастные | + | + | + | ± | ± | ± | С | Н | 1 | С | С | С | В | В | 2 |
| Центробежные | Х | ± | + | Х | Х | Х | В | В | 1 | В | 1 | Н | 1 | В | 2,7 |
| Шланговые | ± | + | + | + | + | ± | С | О | В | С | В | В | 1 | 1 | 5 |
| Шнековые винтовые | + | + | 1 | + | + | ± | Н | О | В | С | О | О | С | С | 2,8 |

Обозначения: + – эффективен; ± – удовлетворительно; Х – не эффективен; В – высокая; Н – низкая; О – отсутствует; С – средняя. **Примечания:** 1 – зависит от модели; 2 – модели с дистанционными источниками питания (воздушными, масляными) безопасны при сборе ЛВЖ; 3 – пневмоприводные модели имеют тенденцию к замерзанию при отрицательных температурах; 4 – модели одностороннего действия характеризуются сильной пульсацией потока и самопроизвольным перемещением; 5 – поток скорее пульсирующий, чем непрерывный; 6 – насосы с изношенными шаровыми клапанами трудно запускать в работу; 7 – высокое эмульгирование водонефтяных смесей вызвано энергией гидравлического сдвига; 8 – для работы нужна гидростанция.

Иные достоинства и недостатки насосного оборудования приведены при его описании.

Пример выбора насоса: ~2 тыс. т топочного мазута в зимнее время попали в небольшой ручей на селитебной местности. При стоке вниз по течению в него вероятнее всего попал песок и значительное количество бытового мусора. Исходя из этого, при его сборе и перекачке не могут применяться центробежные насосы – из-за непригодности для работы с высоковязкими продуктами. Диафрагмовые насосы в указанных условиях будут не эффективны и могут выйти из строя из-за замерзания, а производительность мембранных насосов ВПД, в лучшем случае, резко упадет. Из оставшихся, предпочтение следует отдать выбору наиболее подходящих типов и моделей:

- вакуумным автоцистернам¹ с открывающимся задним днищем (АВ, АКН ОД и АКН С) и вакуум-насосом ВР-8/2,2– из-за доступности и устойчивости к мусору, оборудованным трубчатой или щелевой насадкой – из-за не эффективности использования олеофильных и пороговых НСУ при сборе сред вязкостью >5-7 тыс. сСт;

- шнековым винтовым и шланговому (перистальтическому) насосу Salaroll – из-за способности собирать и перекачивать загрязненные продукты с очень высокой вязкостью.

При этом в обоих случаях необходимо:

- обеспечить концентрацию мазута в месте удобном для подъезда транспортных автоцистерн;

- окружить место сбора крупночешуйстой металлической сеткой (для предотвращения попадания крупного мусора в заборные устройства);

- иметь ручной инструмент (грабли, вилы и сетчатые черпаки) для удаления крупного мусора из зоны сбора и очистки сетчатого барьера;

- иметь емкости для сбора нефтезагрязненного мусора.

В реальной обстановке была выбрана мобильная система с насосом **Netzsch Tornado XLB4-JD-60**, которая по уверениям ООО «ЭКОсервис-НЕФТЕГАЗ» предназначена «для перекачки жидкостей с низкой и высокой вязкостью (от 1 МПа*с до 10⁶ МПа*с) содержащих большое количество абразивных включений (допустимый размер мех. примесей - 60 мм)², таких как ... нефтепродукты, нефтешламы и т.д.». В результате этого все операции от сбора мазута до его отгрузки выполнялись вручную (рис. 6.2.3).

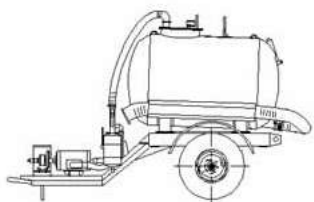


Рисунок 6.2.3 – Попытка применения пожарного насоса Netzsch Tornado XLB4-JD-60 при ликвидации разлива мазута в г. Королёв зимой 2008 г. была безуспешной (см. презентацию и видео).

¹ для обеспечения ее работы, вероятно, потребуется ППУ.

² в оригинале технического описания – диаметр шарового прохода.

6.2.1 Вакуумные НСУ




Вакуумный насос* создает разрежение в емкости, под действием которого по приемному шлангу происходит ее заполнение.


Примечание: * - время заполнения цистерны, глубина всасывания, а в некоторых случаях и высота перекачки определяется типом насоса – вакуум-компрессора.

6.2.1.1 Вакуумные автоцистерны

| | | |
|---|---|---|
|  | Автоцистерна нефтяная с вакуумной установкой (АЦН) Рабочая вместимость – 6,6; 10 м ³ ; Заполнение цистерны эжекторным насосом; перекачка – оседагональным ОДН 120-100-65 | - |
|  | Агрегат для сбора конденсата и нефтепродуктов (АКН) Рабочая вместимость – 6,6; 10 м ³ ; Заполнение цистерны насосами ВК-3М2; ВК-6М2; КО-505; НВПР-310 ; перекачка – оседагональными ОДН 120-100-65; ОДН-120-100-65-К. | - |
|  | Агрегат для сбора конденсата и нефтепродуктов (АКН 10 ОД) Рабочая вместимость – 10 м ³ ; Заполнение цистерны насосами ВК-6М2; НВПР-310 | - |
|  | Агрегат для сбора конденсата и нефтепродуктов (АКНС) Рабочая вместимость – 10; 18 м ³ ; Заполнение цистерны насосами ВК-3М2; ВК-6М2, ВР-8/2,2; НВПР-310 | - |
|  | Машины вакуумные нефтепромысловые (АВ) Рабочая вместимость – 10 м ³ ; Заполнение цистерны насосом ВК-6М2. | - |

Вакуум-компрессоры

| | | |
|---|--|---|
|  | ВК-3М2; ВК-6М2 Макс. производительность – 132 и 240 м ³ /ч; Глубина всасывания – 5 м; Рабочее давление – 0.04 МПа | - |
|  | ВР-8/2,2 Макс. производительность – 480 м ³ /ч; Глубина всасывания – 6 м; Рабочее давление – 0.22 МПа | - |
| НЕТ ФОТО | Эжекторный насос – н/д: Глубина всасывания – 3.5 м; Рабочее давление – 0.05 МПа | - |

| | | |
|--|--|---|
|  | <p>КО-505; НВПР-310 Макс. производительность – 310 м³/ч; Глубина всасывания – не менее 4 м; Рабочее давление – 0.06 МПа</p> | - |
|--|--|---|

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • для перемещения крупного оборудования требуются дороги и оборудование мест сбора и подъезда к ним; • длительный период ввода в рабочий режим после потери вакуума; • не известна предельная вязкость собираемых продуктов. | <ul style="list-style-type: none"> • имеются в промышленно развитых районах; • продувка струей воздуха загазованных колодцев, резервуаров, помещений и т.п.; • перевозка собранной нефти; • АКН С, АКН ОД и некоторые модели АВ имеют открывающееся заднее днище. |

6.2.1.2 Вакуумные прицепы

| | | |
|---|---|-------------------------|
|  | <p>Вакуумная установка ВАУ-2 Макс. производительность – 10 м³/ч; Объем емкости – 0.3-0.6 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – 5 м; Разряжение – 0.08 МПа.</p> | - |
|  | <p>Вакуумная установка ВАУ-5 Макс. производительность – 10 м³/ч; Объем емкости – 1.3 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – 5 м; Разряжение – 0.08 МПа.</p> | - |
|  | <p>Мобильное вакуумное нефтесборное устройство Макс. производительность – н/д; Объем емкости – 2 м³; Макс. размер примесей – 30 мм; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – ~0.5 МПа.</p> | - |
|  | <p>All Terrain Vac Макс. производительность – н/д; Объем емкости – ~0.38 м³; Макс. размер примесей – 50 мм; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – н/д</p> | Видео |
|  | <p>PACS-1000 Макс. производительность – 90 м³/ч; Объем емкости – ~3.7 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – 8 м; Разряжение – 0.05 МПа.</p> | Видео Видео Видео |
|  | <p>RO-VAC 2000; RO-VAC 4000 Макс. производительность – 240 м³/ч; 0.3-0.5 т/мин; Объем емкости – 2; 4 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – до 0.09-0.095 МПа.</p> | - |

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • небольшая скорость транспортировки (в сравнении с автоцистернами); • рабочий цикл изменяется минутами; • не известна предельная вязкость собираемых продуктов. | <ul style="list-style-type: none"> • могут быть доставлены в места, недоступные вакуумным машинам; • отделение твердых частиц (у моделей оборудованных гидроциклонами). |

6.2.1.3 Вакуумные установки непрерывного действия

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>Вакуумное нефтесборное устройство Макс. производительность – 10 м³/ч; Объем емкости – 0.2 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – до ~0.1 МПа; Вязкость продуктов – н/д</p> | - |
|  | <p>Вакуумная установка ВАУ-6; ВАУ-7 Макс. производительность – 10 м³/ч; Объем емкости – 0.07 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – 5 м; Разряжение – до 0.08 МПа; Вязкость продуктов – н/д</p> | - |
|  | <p>Передвижная вакуумная нефтесборочная установка ПВНУ 18/15 «ВИХРЬ» Макс. производительность – 20 м³/ч; Объем емкости – н/д; Макс. размер примесей – 50 мм (насоса – 5 мм); Глубина всасывания – 8 м; Разряжение – до 0.96 МПа; Вязкость продуктов – до 1000 сСт (насоса – 500 сСт).</p> | - |
|  | <p>Mini-Vac Plus Макс. производительность – 24 м³/час; Объем емкости – 0.17 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – до ~0.05 МПа; Вязкость продуктов – до 13000 сСт</p> | - |
|  | <p>Экспаустеры РА, МРА Макс. производительность – 9.6; 11.5 м³/ч; Объем емкости – 0.045; 0.1 м³; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – до ~0.02 МПа; Вязкость продуктов – н/д ВНИМАНИЕ: сбор ЛВЖ и взрывоопасных веществ ЗАПРЕЩЕН.</p> | - |

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • для работы большинства моделей необходимы два насоса – вакуумный и продуктовый; • некоторые модели предназначены только | <ul style="list-style-type: none"> • могут быть доставлены в места, недоступные вакуумным машинам и прицепах; • некоторые модели с эжектором имеют |

| | |
|---|--|
| для сбора нефтезагрязненной воды и машинных масел; • для работы моделей с олеофильными НСУ (предельная вязкость ~ 4500 сСт) необходима маслостанция. | только один продуктовый насос. ВНИМАНИЕ: продукты насосы не всегда соответствуют характеристикам вакуумных НСУ по вязкости, загрязнению, производительности. |
|---|--|

6.2.1.4 Мини-вакуумные установки



| | | |
|---|---|---|
|  | Вакуумная установка ВАУ-1 Макс. производительность – 10-12 м ³ /ч; Объем емкости – 0.3 м ³ ; Макс. размер примесей – 10 мм; Глубина всасывания – 5 м; Разряжение – до 0.08 МПа; Вязкость продуктов – н/д | - |
|  | Вакуумная установка ВАУ-3 Макс. производительность – 10 м ³ /ч; Объем емкости – 0.25 м ³ ; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – н/д; Вязкость продуктов – н/д | - |
|  | Вакуумная установка дозированной отгрузки «ВУДО-2» Макс. производительность – 18 м ³ /ч; Объем емкости – 0.2 м ³ ; Макс. размер примесей – 50 мм; Глубина всасывания – 9 м; Разряжение – до 0.07 МПа; Вязкость продуктов – до 2000 сСт | - |
|  | Мини вакуумная установка НВ-17С Макс. производительность – 3.5 м ³ /ч; Объем емкости – 0.2 м ³ ; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – н/д; Разряжение – до ~0.05 МПа; Вязкость продуктов – до 7000 сСт | - |

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|--|
| • для работы моделей с олеофильными НСУ (предельная вязкость ~4500 сСт) необходима маслостанция. | • в сравнении с вакуумными установками непрерывного действия НЕ ВЫЯВЛЕНЫ. |

6.2.2 Диафрагмовые (пневматические мембранные) насосы

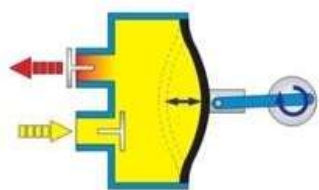


При движении диафрагмы создается разрежение в одной камере насоса и избыточное давление в другой. При этом закрывается выпускной клапан и открывается впускной, позволяя жидкости из впускного коллектора заполнить камеру. При перемещении диафрагмы к другой стороне камеры, клапаны срабатывают в обратном порядке. Таким образом, на каждом такте работы двухдиафрагменных насосов обеспечивается относительно постоянный поток перекачиваемой жидкости.



| | | |
|---|--|--|
|  | НСМ Макс. производительность – 40 м ³ /ч; Макс. размер примесей – 10 мм; Глубина всасывания – 3-5 м; Макс. высота подъема – 55 м; Вязкость продуктов – до 100000 сСт | - |
|  | Wilden Advanced; Original Макс. производительность – ~62.5 м ³ /ч; Макс. размер примесей – 35 мм; Глубина всасывания – 3.7-7.4 м; Макс. высота подъема – 80 м; Вязкость продуктов – н/д | Видео Видео |

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • падение производительности при увеличении вязкости продуктов и абразивном износе клапанов, • выход из строя при износе диафрагм; • работают от воздушных компрессоров, которые, как правило, не применяются с другими типами насосов; • необходимость периодической очистки клапанов от волокнистых материалов. | <ul style="list-style-type: none"> • работа в затопленном состоянии; • малые габариты; • отсутствие утечек и износа основных деталей, не требуется смазка (нет уплотнений и подшипников, двигателя, редуктора и вращающихся деталей); • производительность регулируется подачей воздуха. |

6.2.3 Диафрагмово-поршневые насосы возвратно-поступательного движения (мембранные насосы ВПД)



Приводной шток двигает диафрагму, создавая вакуум в одной камере и избыточное давление в другой. Под действием вакуума открывается впускной клапан и закрывается выпускной. При возвратном движении клапаны срабатывают в обратном порядке. Таким образом, у двухпоршневых систем обеспечивается относительно постоянный поток жидкости.

| | | |
|---|--|---|
|  | Robin-Subaru PTG 307D Макс. производительность – 15 м ³ /ч; Макс. размер примесей – 30~35 мм; Глубина всасывания – 7.6 м; Макс. высота подъема – 15 м; Вязкость продуктов – н/д ВНИМАНИЕ: диафрагма из маслобензостойкой резины заказывается специально; ПРИ НАКЛОНЕ МОЖЕТ ЗАКЛИНИТЬ ДАЖЕ ПРИ МАКСИМАЛЬНОМ УРОВНЕ МАСЛА | - |
|  | Selwood PD-75; PD-100 Макс. производительность – 30; 77 м ³ /ч; Макс. размер примесей – 6; 16 мм; Глубина всасывания – 9.1 м; Макс. высота подъема – 30; 20 м; Вязкость продуктов – н/д | - |

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • падение производительности с увеличением вязкости; • не известна предельная вязкость собираемых продуктов. | <ul style="list-style-type: none"> • перекачка жидкостей с низкой и средней вязкостью при высоких давлениях. |

6.2.4 Оседиагональные насосы (ОДН)



Вращающийся шнек спиральной формы (улитка) продвигает жидкость вдоль корпуса в нагнетательную полость. Повышенная устойчивостью к засорению минеральными частицами достигается благодаря большой ширине межлопаточного канала, к волокнистым примесям становится возможной благодаря особой форме кромки рабочего колеса, которая предотвращает их наматывание.

| | | |
|--|--|---|
| | <p>ОДН 120-100-65 (оснащаются: АКН, НС-10; НС-16; насосы оседиагональные регулируемые (НОР)) Макс. производительность – 54 м³/ч; Макс. размер примесей – 5 мм; Глубина всасывания – 8 м; Макс. высота подъема – 13 м; Вязкость продуктов – до 500 сСт</p> | - |
| | <p>ОДН 120-100-67 (оснащаются: АКН; мотопомпа «Заря»; НСУ (скиммеры)) Макс. производительность – 110 м³/ч; Макс. размер примесей – 5 мм; Глубина всасывания – 7.5 м; Макс. высота подъема – 34 м; Вязкость продуктов – до 500 сСт</p> | - |
| | <p>ОДН 130-100-65 (оснащаются: НСУ (скиммеры)) Макс. производительность – 90 м³/ч; Макс. размер примесей – 5 мм; Глубина всасывания – 7.5 м; Макс. высота подъема – 34 м; Вязкость продуктов – до 500 сСт</p> | - |
| | <p>ОДН 170-150-125 (оснащается: мобильные системы аварийной разгрузки цистерн (САР)) Макс. производительность – 198 м³/ч; Макс. размер примесей – 6 мм; Глубина всасывания – 8 м; Макс. высота подъема – 30 м; Вязкость продуктов – до 500 сСт</p> | - |
| | <p>ОДН 290-150-125 (оснащаются: мотопомпа «Двина»; САР) Макс. производительность – 180 м³/ч; Макс. размер примесей – 20 мм; Глубина всасывания – 8 м; Макс. высота подъема – 30 м. Вязкость продуктов – до 500 сСт</p> | - |
| | <p>S3SCR; S4SCR Макс. производительность – 135; 272 м³/ч; Макс. размер примесей – 38; 53 мм; Макс. высота подъема – 25; 50 м. Вязкость продуктов – до 25000 сСт</p> | - |

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • некоторые модели не могут работать всухую. | <ul style="list-style-type: none"> • с легкими жидкостями шнековая лопасть работает как центробежный насос. |

6.2.5 Роторно-лопастные насосы



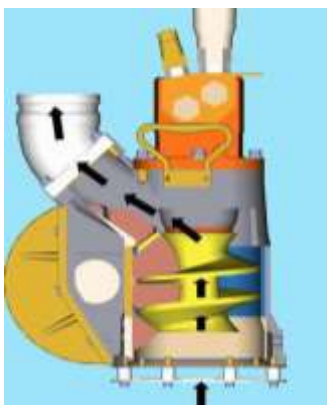
При встречном синхронном вращении двух кулачковых роторов, пространство между ними и корпусом последовательно заполняется перекачиваемой жидкостью, которая перемещается к выходному отверстию. Повышение вязкости может привести к незначительному снижению производительности насоса, тогда как в напорной линии может создаться очень высокое давление. Поэтому, для предотвращения ее разрыва, на выходе насоса устанавливается предохранительный клапан.

| | | |
|--|--|-----------------------|
| | <p>V190 Макс. производительность – 5-200 м³/ч; Макс. размер примесей – н/д; Глубина всасывания – 8 м; Макс. высота подъема – ~7 м; Вязкость продуктов – н/д</p> | - |
| | <p>Tornado XLB Макс. производительность – 2-1000 м³/ч; Макс. размер примесей – до 76 мм; Глубина всасывания – до 8 м; Макс. высота подъема – до ~12 м; Вязкость продуктов – до ~100000 сСт ВНИМАНИЕ: для перекачки сред с крупными механическими примесями применяются ДВУХКОНЕЧНЫЕ поршни из нефтестойкого материала.</p> | Видео |





ВНИМАНИЕ: предлагаемая в этом сегменте шестеренчатые насосы не предназначены для перекачки **загрязненной нефти**.

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • большинство моделей не могут работать при наличии песка и других абразивных материалов; • модели без шестеренчатого привода не могут работать всухую. | <ul style="list-style-type: none"> • перекачивают высоковязкую жидкость с постоянной скоростью; • реверсивность – забитый всасывающий рукав очищается обратной промывкой. |

6.2.6 Шнековые винтовые насосы

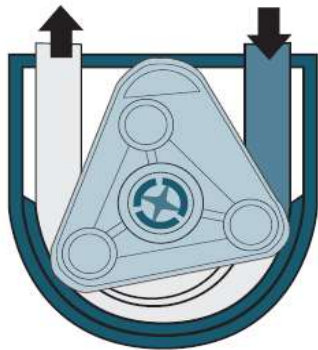


Вращающийся винт или винтовой шнек продвигает жидкость вдоль корпуса, до места, где она выскребается встроенным вращающимся зубчатым изолирующим диском или нефтесъемником и выбрасывается из насоса. Волокнистые материалы измельчаются режущими ножами на диске или корпусе. Из-за низкой скорости вращения и относительно большого зазора между винтовой частью, корпусом насоса и диском не чувствителен к высокому содержанию механических примесей, но имеет очень ограниченные самовсасывающие возможности. При работе уровень входного отверстия насоса должен находиться на 5-10 см ниже уровня продукта.


| | | |
|--|--|--------------|
|  | НВЖ-30; НВЖ-100 Макс. производительность – 30; 100 м ³ /ч; Макс. размер примесей – н/д; Макс. высота подъема – ~10 м; Вязкость продуктов – до 1000000 сСт | Видео |
|  | ДОР-160; ДОР-200; ДОР-250 Макс. производительность – 30; 60; 125 м ³ /ч; Макс. размер примесей – н/д; Макс. высота подъема – 30 м; Вязкость продуктов – до 3000000 сСт (с подогревом забранного продукта в нагнетательной линии паром до 200000 сСт) | Видео |
|  | ГТА20; ГТА30; ГТА50; ГТА70 ГТА115; ГТА140 Макс. производительность – 20;30;50;70;115;140 м ³ /ч; Макс. размер примесей – 30 мм; Макс. высота подъема – ~12 м; Вязкость продуктов – н/д | Видео |
|  | TDS 150; TDS 200; TDS 250 Макс. производительность – 37; 70; 140 м ³ /ч; Макс. размер примесей – н/д; Макс. высота подъема – н/д; Вязкость продуктов – до 3000000 сСт (с подогревом забранного продукта) | Видео |


| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> низкое соотношение производительности и мощности. | <ul style="list-style-type: none"> может перекачивать полутвердые материалы. |

6.2.7 Шланговые (перистальтические) насосы



Шланг сжимается роликом, вращающемся на роторе, прижимается к статору и наглухо закрывается. При восстановлении его исходной формы создается вакуум, который всасывает перекачиваемый продукт. Жидкость перед роликом переносится внутри шланга из всасывающей части в выпускную. Производительность зависит от диаметра шланга и скорости вращения ротора. При выборе насоса следует уделять особое внимание материалу трубки, от которого зависит межремонтный период.

| | | |
|--|---|---|
|  | ELRO M300 M20 Макс. производительность – 20 м ³ /ч; Макс. размер примесей – 12 мм; Глубина всасывания – 9 м; Макс. высота подъема – 2 м; Вязкость продуктов – до 40000~60000 сСт | - |
| ВНИМАНИЕ: полость насоса заполнена глицерином или силиконом, что снижает ремонтпригодность в полевых условиях; непрерывная работа <5 час. | | |

| | | |
|--|---|-----------------------|
|  | <p>Salaroll Макс. производительность – 11 м³/ч; Макс. размер примесей – 37 мм; Глубина всасывания – 6 м; Макс. высота подъема – 12 м; Вязкость продуктов – до 5000000 сСт (с впрыском воды в отбираемый продукт)</p> | Видео |
|--|---|-----------------------|

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> частая замена изношенного внутреннего шланга; ограничение по давлению: для трубчатого – 0.7 МПа, для шлангового – 1.6 МПа. | <ul style="list-style-type: none"> реверсивность – прочистка засоренного всасывающего рукава может быть выполнена обратной промывкой. |

6.2.7 Центробежные нефтяные насосы



Жидкость поступает к центру быстро вращающегося рабочего колеса с лопатками, которые отбрасывают ее от центра к периферии – в пространство нагнетания. Большинство центробежных нефтяных насосов рассчитаны на перекачку незагрязненных жидкостей до 300 сСт (предельная вязкость товарной нефти в магистральном трубопроводе), а их технический предел ~880 сСт. Для предотвращения кавитации производится расчет диаметра трубопроводов.

Диаметры всасывающего (**дв**) и напорного трубопроводов (**дн**) определяются по формуле 6.2.1:

$$d = 0,0188 \sqrt{\frac{Q}{v}}, \text{ где} \quad (6.2.1)$$

Q – расход в м³/с;

Vв – скорость во всасывающем трубопроводе;



Vн – скорость в напорном (табл. 6.2.2)


Таблица 6.2.2 – Рекомендуемая скорость жидкости

| Вязкость, сСт | Vв, м/с | Vн, м/с |
|---------------|---------|---------|
| 1÷11.5 | 1.5 | 2.5 |
| 11.5÷27.7 | 1.3 | 2.0 |
| 27.7÷72.5 | 1.2 | 1.5 |
| 72.5÷145.9 | 1.1 | 1.2 |
| 145.9÷438.5 | 1.0 | 1.1 |
| 438.5÷877.2 | 0.8 | 1.0 |

Дополнительные возможности применения:

- подача воды к пожарным стволам;
- заводнение зоны разлива для предотвращения загрязнения грунта и грунтовых вод;
- закачка нефти в отремонтированный магистральный трубопровод (подпорные и основные насосы ПНУ);
- перекачки нефти по магистральному трубопроводу до устранения аварии (основной насос ПНУ, ПНА).

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>НПС 200-700 (основной насос ПНА-2) Макс. производительность – 200 м³/ч; Макс. размер примесей – 0.2 мм; Глубина всасывания – 7 м; Макс. высота подъема – 700 м; Вязкость продуктов – н/д</p> | - |
|  | <p>ПН 150-50 (основной насос ПНУ-1М; ПНУ-2) Макс. производительность – 150 м³/ч; Макс. размер примесей – 2 мм; Глубина всасывания – н/д; Макс. высота подъема – 530±30 м; Вязкость продуктов – н/д</p> | - |

| | | |
|--|--|---|
|  | <p>ЦНС 150-50 (подпорный насос ПНУ-1М; ПНУ-2) Макс. производительность – 150 м³/ч; Макс. размер примесей – 2 мм; Глубина всасывания – 6.5 м; Макс. высота подъема – 50±5 м; Вязкость продуктов – н/д ВНИМАНИЕ: работа всухую не более 6 мин.</p> | - |
|--|--|---|

ВНИМАНИЕ: предлагаемая в этом сегменте центробежные погружные насосы **SP30** (DOA) и **S2-3TC** (Hydra-Tech) предназначены для перекачки загрязненной воды, а не для нефти и нефтепродуктов.

| НЕДОСТАТКИ | Достоинства |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • заметное снижение производительности с увеличением вязкости и при попадании волоконных материалов; • многие модели не самовсасывающие. | <ul style="list-style-type: none"> • высокая производительность при перекачке маловязких жидкостей; • простая конструкция (одна движущая часть). |

6.2.8 Необходимое оборудование и аксессуары



Рисунок 6.2.4 – Насадки для вакуумных НСУ

| Оборудование и аксессуары | Назначение | Тема |
|---|---|--------|
| Ветошь | Очистка оборудования | 5.3.2b |
| Инжекторы паровые и водяные | Работа с высоковязкими продуктами | 2.1.1a |
| Источники питания: воздушные компрессоры, масляные станции, электрогенераторы | Для обеспечения работы диафрагмовых насосов; гидроприводов и э/двигателей насосов | 2.1.1b |
| Рукава | Всасывающие для перекачки от НСУ к насосам; напорные – от насосов к транспортным средствам или временным хранилищам | 2.1.1a |

| | | |
|---|---|---------------|
| Емкости для хранения | Накопление собранной нефти | 3.2 |
| Инструмент и запасные части | Техническое обслуживание и ремонт | - |
| Канаты | Крепление насосов и рукавов | - |
| НСУ (скиммеры) | Сбор нефти (насадки для вакуумных НСУ рис. 6.2.4) | 2.1.1a |
| Паровая установка | Подогрев высоковязких продуктов | 2.1.1a |
| Подъемные устройства и стропы | Разгрузка тяжелого оборудования | - |
| Сепараторы и деэмульгаторы | Разделение воды и нефти | 3.2 |
| Фитинги (зажимы, соединения, переходники) | Соединение рукавов между собой, присоединения к насосам и транспортным емкостям | - |

6.2.9 Видеоматериалы по использованию насосов и вакуумных НСУ

- Вакуумная головка для сбора нефти в бочки
- Вакуумно-роторные очистители твердых поверхностей
- НСУ (скиммер) с оседагональной помпой
- НСУ (скиммер) со шланговой помпой
- НСУ (скиммер) со шнековым винтовым насосом
- Принцип работы вакуумного НСУ с эжектором
- Техника сбора нефти на твердой поверхности вакуумным НСУ с широкой насадкой

6.2.10 Коэффициенты перевода единиц измерения вязкости и давления

Кинематическая вязкость – мера потока жидкости имеющей сопротивление под влиянием силы тяжести.

Таблица 6.2.4 – Соотношения единиц кинематической вязкости.

| | 1 стокс (Ст) | м ² /с | см ² /с |
|--------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| 1 стокс (Ст) | 1 | 0.0001 | 0.00000001 |
| м ² /с | 98.1 | 1 | 10000 |
| см ² /с | 1.00 ^{E+08} | 0.0001 | 1 |

Примечания: St (Ст – сток) – ед. измерения кинематической вязкости (ν) в системе СГС. В системе СИ единицей измерения вязкости служит м²/с. 1 st (Ст) = см²/с = 10⁻⁴ м²/с. На практике применяется в 100 раз меньшая – сантистокс (сСт, cSt): 1 cSt (сСт) = 1 мм²/с;

Кинематическая вязкость (ν) – отношение динамической вязкости (η) к плотности жидкости (ρ) при той же температуре: $\nu = \eta : \rho$.

Вязкость в сантипуазах (η) = вязкость в сантистоках (ν) * плотность жидкости (ρ) при той же температуре: $cP = cSt * \rho$.

Таблица 6.2.5 – Соотношение единиц измерения динамической вязкости














| | Пз | кгс·с/м ² | кгс·с/см ² | Н с/м ² | Н с/см ² |
|-----------------------|----------|----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| Пз | 1 | 0.0101937 | 0.000010194 | 0.1 | 0.0001 |
| кгс·с/м ² | 98.1 | 1 | 0.0001 | 9.81 | 0.000981 |
| кгс·с/см ² | 98096.92 | 10000 | 1 | 98100 | 9.81 |
| Н с/м ² | 10 | 0.1019368 | 0.000101937 | 1 | 0.0001 |
| Н с/см ² | 10000 | 1019.367992 | 0.1019368 | 10000 | 1 |

Примечания: P (Пз – пуаз) – ед. измерения динамической вязкости (η) в системе СГС. На практике применяется в 100 раз меньшая – сантипуаз (сПз, cP): 1 пз (Ст) = кг·сек/ м² = дин·сек/см²; Pas (Па·с) – единица измерения динамической вязкости (η) в системе СИ. 1 Па·с = 10 Пз. На практике применяется сантипуаз МПаск (mPas) – миллипаскаль-секунда (мПа·с): 1 мПа с = 1 сП.

Давление – физическая величина, измеряемая в паскалях (Pa, Па) – в системе СИ (Н/м² = Дж/м³) и кг с/мс² (г см /с²) – в системе СГС. На практике, обычно применяют меньшую величину – МПа (mPa). Соотношения единиц измерения давления приведены в таблице 6.2.3.

Таблица 6.2.3 – Соотношение единиц измерения давления

| | МПа | бар | атм. (тех) | кгс/см ² | PSI | мм рт.ст. | мм в.ст. |
|-----------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|
| 1 МПа | 1 | 10 | 9.8692 | 10.197 | 145.04 | 7500.7 | 1.01972*10 ⁵ |
| 1 бар | 0.1 | 1 | 0.98692 | 1.0197 | 14.504 | 750.07 | 1.01972*10 ⁴ |
| 1 атм. (тех) | 0.10133 | 1.0133 | 1 | 1.0333 | 14.896 | 760 | 1.0332*10 ⁴ |
| 1 кгс/см ² | 0.098066 | 0.98066 | 0.96784 | 1 | 14.223 | 735.6 | 10 ⁴ |
| 1 PSI | 6.894 кПа | 0.068946 | 0.068045 | 0.070307 | 1 | 51.715 | 703.0705 |
| 1 мм рт. ст. | 133.32 Па | 1.333*10 ⁻³ | 1.316*10 ⁻³ | 1.359*10 ⁻³ | 0.01934 | 1 | 13.5951 |
| 1 мм в. ст. | 9.8066 Па | 9.80665*10 ⁻⁵ | 9.67841*10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁴ | 0.001422 | 7.3556*10 ⁻² | 1 |

| Вязкость, до сСт | МИНЕРАЛЬНЫЙ МУСОР | | | | | | | |
|--|---|---|--|-----|--|---|---|--|
| | ПЕСОК | ГРАВИЙ | | | | | >75 | |
| | | <5 | <10 | <30 | <40 | <50 | | <75 |
| 5 000 000 | Salaroll  | | | |  | | | |
| 3 000 000 | DOP, GTA, TDS | GTA, TDS | Salaroll | | | | | |
| 1 000 000 ~280 000 – зубная паста |  | НВЖ  | Tornado XLB  | | | |  | |
| 100 000 | НСМ  | | | | | | | |
| 25 000 ~20 000 патока | | S3SCR; S4SCR  | | | | | XLB  |  |
| 13 000 ~10 000 – мед ~1000 – масло касторовое ~650 - глицерин | Mini-Vac+  | | | | | Вакуумные цистерны с разряжением не менее 0.96 МПа | | |
| 500 | ОДН  | АКН ОД, АКН С с вакуумным насосом ВР-8/2,2  | | | | | | |
| ~1.0 вода 0.5 бензин | | | | | | | | |
| Вязкость, до сСт | <5 | <10 | <30 | <40 | <50 | <75 | >75 | |
| | ПЕСОК | ГРАВИЙ | | | | | >75 | |
| | | МИНЕРАЛЬНЫЙ МУСОР | | | | | | |