

## **Предложение от предприятия ООО «Производственно-торговая компания завода Байкал» (ООО «ПТК завода Байкал»)**

### **Общие положения.**

Любое засорение скважины различными видами отложений (песок, солевые отложения, парафин, биопленки, побочные продукты коррозии и т.п.) приводит к сокращению производительности скважины. Также отложения вызывают повреждения перфораций в скважине и негативно влияют на фильтрационные свойства призабойной зоны. Все вышеперечисленное может стать причиной снижения производительности, нестабильности добычи и даже полной остановки скважины.

Скопление песка и твердой фазы в скважинах значительно ухудшает добычу нефти и газа как в недавно законченных, так и в скважинах на поздних стадиях эксплуатации. Однако во втором случае подобные отложения чаще встречаются, отсюда и необходимость к более частой очистке таких скважин.

Эффективная очистка является важным этапом при проведении работ на скважине и обеспечивает доступ к призабойной зоне и пласту для последующего планирования и проведения мероприятий по обработке скважин, что является неотъемлемой частью рабочего цикла. Также целесообразно проводить очистку скважин после ремонта и ГРП.

Способы очистки скважин можно разделить на три группы: механический, химический и гидравлический, а также их сочетания.

Механический способ предполагает спуск в скважину инструмента для измельчения и скобления. Химический способ предусматривает растворение отложений или улучшение переносящих свойств вязких материалов.

Гидравлический способ основан на применении оборудования для промывки и обратной циркуляции.

Одним из главных направлений при гидравлическом способе очистки является применение технологий и инструмента, основанных на гидроструйных (гидродинамических или струйных) методах очистки. Важно отметить, что применение гидроструйной очистки позволяет одновременно проводить некоторые виды обработки, направленные на улучшение характеристик скважины. Например, при очистке от отложений зоны перфорации возможно проведение вибро-волновой обработки ПЗС, что существенно улучшает проницаемость ПЗС.

*Гидроструйная технология очистки* и обработки скважин основана на режущих свойствах струи жидкости, способной отделять любые отложения от поверхностей и размельчать их.

Особенности гидроструйной очистки скважин нефтегазового комплекса.

1. Очистка осуществляется высоким давлением 300...1000 бар и более. Как показывает практика, до 80% всех отложений удаляются при давлении в струе 300 бар; до 90% удаляется при давлении 500 бар; полное удаление и разрушение отложений любого характера происходит при давлении 1000 бар. Значения давлений указаны для незатопленной струи, для затопленных струй необходимо учитывать ослабляющие факторы среды распространения (давление, температуру, плотность, газовый фактор и т.д.).
2. Струя жидкости, осуществляющая воздействие на очищаемую поверхность, должна достигать очищаемой поверхности в нераспыленном виде, т.е. сечение струи (нескольких струй) и, соответственно подача насоса, должны иметь параметры, обеспечивающие необходимую кинетическую энергию струям.

3. При струйной очистке осуществляется обратная циркуляция, т.е. этот фактор предусматривает: во-первых,- наличие гидростатического давления (противодавления) в зоне работы струйного инструмента, которое ослабляет воздействие струи; во-вторых,- подача насоса высокого давления должна обеспечивать необходимую скорость восходящего потока жидкости по межтрубному пространству для выноса на поверхность продуктов очистки.

*Примечание: очистка струей высокого давления не наносит повреждений металлу труб, т.к. для деформации и резания металла требуется давление более 3000 бар.*

Гидроструйная технология очистки и обработки скважин предусматривает следующий комплекс оборудования, состоящий из основного и вспомогательного оборудования.

Основное оборудование:

1. Насосная установка высокого давления.
2. Манифольды и средства доставки (лифтовое оборудование) рабочего инструмента в скважину.
3. Рабочий инструмент для осуществления струйной очистки и обработки.

Перечень вспомогательного оборудования определяется из характера задач по очистке, характеристик скважины, применяемого основного оборудования и других факторов.

Максимальный эффект от гидроструйной очистки можно получить только в том случае, если оптимально подобран комплекс необходимого оборудования.

Подбор оборудования производится, исходя из требований, предъявляемых к результатам очистки и имеющегося парка скважин.

## **Предприятие ООО «Производственно-торговая компания завода Байкал»**

Предприятие ООО «ПТК завода Байкал» (далее предприятие «ПТК») занимается разработкой, производством и продажей насосных агрегатов (на базе продукции завода ООО «Байкал»), адаптированных к условиям эксплуатации потенциального заказчика. Для решения таких задач возникает необходимость разработки (доработки) и испытаний нового оборудования, обеспечивающих максимально эффективное применение разработанных технологий.

Насосные агрегаты завода Байкал находят широкое применение в сфере гидроструйной очистки. Диапазон по полезной гидравлической мощности составляет до 450 кВт; давление нагнетания - до 1500 бар; расход (подача) насосных агрегатов – до 84 м<sup>3</sup>/час (1400 л/мин).

Опыт применения гидроструйной очистки скважин нефтегазового комплекса (как в России, так и за рубежом) позволяет сделать выводы:

- эффективная очистка скважин возможна при применении насосов с полезной (гидравлической) мощностью не менее 160...200 кВт;
- величина давления гидродинамической струи с учетом противодавления должна быть не менее 30 МПа;
- фактический расход жидкости через рабочий инструмент – не менее 300 литров в минуту.

На предприятии «ПТК» разработаны технологии применения гидроструйной очистки скважин на базе насосных агрегатов завода «Байкал». Технологии прошли испытания и успешно применяются на глубинных скважинах (глубина 1200...1400 м) для добычи солевых растворов на ТЭЦ; прошли

опытно-промысловые испытания на скважинах нефтегазового комплекса (глубиной до 3500 м) с положительными результатами.

Основным преимуществом предлагаемой технологии является эффективное и рациональное использование полезной мощности насосов высокого давления (и, соответственно, затраченной энергии) для получения максимально возможного результата. Более того, эффект от разработанной технологии превосходит результаты гидроструйной очистки скважин в классическом понимании очистки. Помимо полностью очищенного участка эксплуатационной колонны в зоне перфорации, улучшились характеристики работы скважин, а именно: для добывающих скважин увеличился дебет с одновременным снижением обводненности; для нагнетательных скважин наблюдалось увеличение приемистости. Полученные результаты стали следствием проведенной работы по исследованию и практическому применению эффекта срывной кавитации; расчетом и подбором всех элементов оборудования; научным обоснованием физических процессов, происходящих при гидроструйной очистке и обработке скважин. Проведены успешные ОПИ по совмещению гидроструйной очистки с химической обработкой скважин.

Особого внимания заслуживает технология струйной очистки с применением эффекта срывной кавитации. В основе технологии – создание пульсирующей струи, создающей импульсное знакопеременное давление в зоне истечения; при этом сформированная струя по чистящим возможностям (кинетике струи) превосходит «классическую» струю. В качестве источников пульсирующих струй выступают генераторы колебаний, представляющие собой сопла и соплодержатели специальной конструкции, разработанные и испытанные на предприятиях «ПТК» и «Байкал». Пульсация струи происходит благодаря периодически формируемой в генераторе кольцеобразной кавитационной зоны (каверне). Процесс отрыва каверны от генератора приводит к локальному увеличению объема в жидкости за пределами канала генератора и, как следствие, увеличению давления (репрессии); схлопывание каверны – резкое снижение объема и давления (депрессии). Импульсное воздействие не только увеличивает эффективность очистки, но и производит «расшатывание» незамоноличенных частиц (например, кольматанта и глины бурового раствора; при этом цементный камень представляет собой монолит, поэтому цементация не нарушается), находящихся в зоне очистки. При этом процесс выноса каверны за пределы генератора (фаза репрессии) имеет длительность в десятки раз превосходящую время схлопывания каверны (фазы депрессии), что позволяет сделать важный вывод: перемещение расшатанных частиц будет направлено в сторону депрессии, то есть при очистке (фактически, обработке) перфорационной зоны ПЗС кольматант будет перемещаться из обрабатываемого пласта в фильтровую колонну с последующим выносом на поверхность. Эффект выноса кольматанта из ПЗС на поверхность подтвержден лабораторными и полевыми испытаниями.

## Предприятие ООО «Производственно-торговая компания завода Байкал» предлагает оборудование для гидроструйной очистки:

- трехплунжерные насосы и насосные агрегаты на их основе;
- рабочий инструмент для гидроструйной очистки.

### I. Насосные агрегаты высокого давления.

#### I.1. Назначение насосных установок

Установки высокого давления на основе трехплунжерных кривошипных насосов предназначены для гидроструйной (гидродинамической) очистки оборудования струями высокого давления. В зависимости от заказа, применяются двигатели внутреннего сгорания (дизельные двигатели) с мощностью привода 160...300 кВт (218...400 л.с.).

Характеристики рабочей жидкости:

- температура до 353К (+50°C);
- плотность 0,75 - 1,25 кг/дм<sup>3</sup>;
- рН 4,5 – 8,0;
- кинематическая вязкость 0,5 - 40,0 сSt;
- содержание твердых частиц не более: 0,2 мм по размеру; 0,2% по массе.

Оптимальной средой для перекачки является пресная вода.

Стандартные установки изготавливаются в климатическом исполнении УХЛ (умеренный и холодный климат), категория размещения 4 (для эксплуатации в закрытых отапливаемых помещениях с температурой от +1°C до +40°C) по ГОСТ 15150-69.

#### I.2. Эксплуатационно-технические параметры установок

- Давление на входе, МПа, не менее (не более) . . . . . 0,01 (1,6)
- Отклонение расходных параметров от номинальных значений, не более,% . . . . . ±10
- Установленный ресурс до капитального ремонта, час, не менее . . . . . 10000
- Установленный ресурс безотказной работы (без учета замены быстроизнашивающихся частей), час, не менее. . . . . 500
- Межсервисный интервал, час . . . . . 500
- Интервал замены масла, час . . . . . 1000
- Коэффициент полезного действия, не менее. . . . . 0,8
- Режим работы насоса – периодический, постоянный
- Срок службы, лет. . . . . 10

#### I.3. Комплектность

Комплект поставки оборудования определяется в соответствии с техническим заданием, опросным листом, заказной спецификацией или другим документом покупателя, согласованным с предприятием поставщиком.

В типовой (стандартный) комплект поставки входят:

- насосный агрегат в составе:
  - а) насос горизонтальный кривошипный плунжерный с комплектом КИПиА;
  - б) приводной дизельный двигатель;
  - в) редуктор (коробка передач);
  - г) рама агрегата;
- комплекты ЗИП на насосы и привод (поставляются по договорённости);

- комплект ЭТД;
- паспорта на КИПиА.

Дополнительно поставляются:

- щит (пульт) управления;
- топливный бак, аккумуляторы, система выхлопных газов;
- комплект гидроочистного инструмента;
- насос подкачивающий;
- фильтр на всасывающий трубопровод;
- масляная станция с радиатором воздушного охлаждения системы смазки насоса;
- регулятор давления с пневматическим или механическим приводом;
- механическое или гидравлическое устройство для намотки рукавов высокого давления;
- эжекторный насос системы принудительного охлаждения сальников плунжеров;
- дополнительное оборудование.

#### 1.4 Насосный агрегат высокого давления с приводом от дизельного двигателя (палубного, входящего в состав агрегата) с полезной мощностью 250 кВт.

##### 1.4.1 Привод: дизельный двигатель ЯМЗ 7511.10.

Основные характеристики:

- мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала 1500 об/мин, кВт (л.с.) 265 (360)
- мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала 2100 об/мин, кВт (л.с.) 294 (400)
- максимальный крутящий момент, Нм (кгсм) 1715 (175)
- удельный расход топлива, г/кВт\*ч 212

##### 1.4.2 Редуктор: КПП ЯМЗ-239.

##### 1.4.3 Насос высокого давления НВД 250 ПТ.

Таблица I.1

Режим	Обороты двигателя, об/мин	Передача	Обороты насоса, об/мин	Давление нагнетания, бар/подача, л/мин для плунжера диаметром, мм				
				50	55	60	65	70
Длительный* 200 кВт (ПД300 265 кВт)	1500	2 (6,88)	218	400	320	280	230	200
				145	178	212	244	283
		3 (4,86)	305	400	320	280	230	200
				200	250	295	340	396
		4 (3,50)	425	400	320	280	230	200
				285	348	414	476	552
Кратковрем.** 290 кВт (ПД300 294 кВт)	1800	4 (3,50)	510	400	350	300	250	220
				336	417	497	570	663
	2100	4 (3,50)	600	400	320	260	230	200
				400	490	585	670	780

\*Длительный режим работы применяется при проведении струйной гидроочистки (а также очистке с виброволновой обработкой) с неограниченным временем работы насосного агрегата высокого давления при номинальной мощности.

**\*\*Кратковременный режим работы** (режим повышенной мощности) допускается при необходимости увеличения объема закачки и/или давления нагнетания в течении короткого промежутка времени, длительностью 5...20 минут. При работе в этом режиме необходим контроль температуры приводного двигателя и плунжерного насоса с целью недопущения перегрева и срабатывания защитной автоматики. После отключения агрегата средствами защиты, повторный запуск можно производить только после остывания оборудования, на что может потребоваться длительное время.

Кратковременный режим работы допускается чередовать с длительным режимом, но длительность кратковременного режима должна составлять не более 10% времени работы в длительном режиме.

## 1.5 Насосный агрегат высокого давления с приводом от дизельного двигателя (палубного, входящего в состав агрегата) с полезной мощностью 200 кВт.

### 1.5.1 Привод: дизельный двигатель ЯМЗ 238 Д.

Основные характеристики:

- мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала 1500 об/мин, кВт (л.с.)	206 (280)
- мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала 2100 об/мин, кВт (л.с.)	243 (330)
- максимальный крутящий момент, Нм (кгсм)	1225 (125)
- удельный расход топлива, г/кВт*ч	225

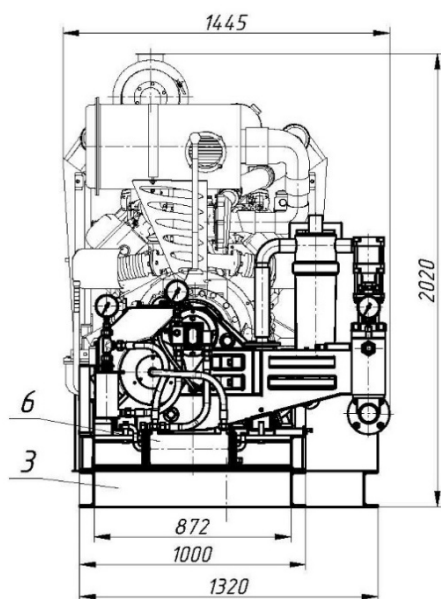
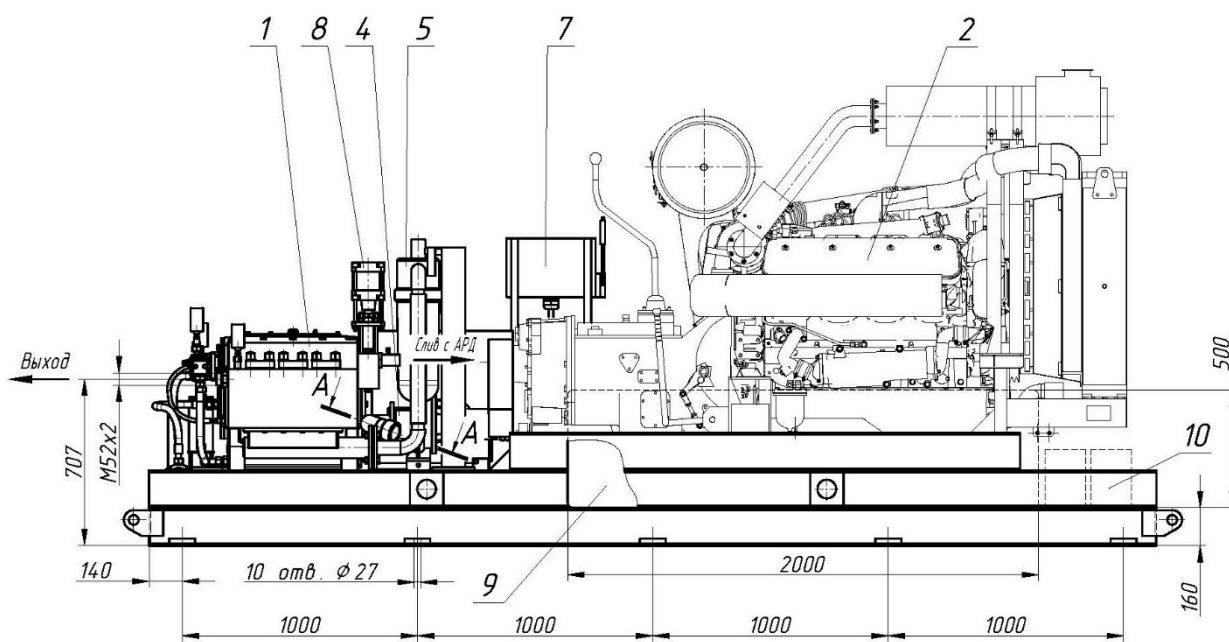
### 1.5.2 Редуктор: КПП ЯМЗ-238.

### 1.5.3 Насос высокого давления НВД 200 ПТ.

Таблица 1.2

Режим	Обороты двигателя, об/мин	Передача	Обороты насоса, об/мин	Давление нагнетания, бар/подача, л/мин для плунжера диаметром, мм						
				50	55	60	65	70	75	80
Длительный 160 кВт (ПД200 206 кВт)	1500	1 (7,30)	200	400	320	280	240	200	180	160
				95	115	130	166	190	220	248
		2 (4,86)	308	400	320	280	240	200	180	160
				142	172	200	255	292	338	382
		3 (3,50)	425	400	320	280	240	200	180	160
				200	245	276	352	403	467	527
Кратковременн. 200 кВт (ПД 200 243 кВт)	1800	3 (3,5)	510	450	360	320	300	250	220	200
				240	294	332	422	483	560	630
	2100	2 (4,86)	425	500	420	350	300	250	220	200
				200	245	276	352	403	467	527
	3 (3,50)	600	400	320	280	240	200	180	160	
			285	350	390	500	570	660	744	

**Мобильный насосный агрегат с палубным двигателем.**



1. Плунжерный насос НВД 200 УНГД-Т 21,0-30
2. Дизельный двигатель ЯМЗ ПД-300-43  
мощностью 300 кВт с компрессором
3. Рама
4. Подкачивающий центробежный насос 1К 80-50
5. Фильтр водяной.
6. Фильтр масляный с теплообменником.
7. Пульт управления.
8. ПневмоАРД.
9. Топливный бак 300 л (2000x350x500)
10. Аккумуляторы.

**Масса: 2600 кг**

## II. Рабочий инструмент для гидроструйной очистки и обработки

### 1. Насадки и сопла.

В качестве рабочего инструмента служат устройства, формирующие струи высокого давления, - *насадки*. Насадки состоят из набора *сопловых вставок* (одной или нескольких), установленных в *соплодержателе (корпусе)*. В корпусе имеется соединительный элемент для присоединения к лифтовой трубе.

Сопловая вставка (далее, сопло) представляет собой сменный элемент, отвечающий за формирование струи.

По конструкции насадки выпускаются двух основных типов: статические и вращающиеся (роторные).

Статические насадки более просты и надежны в изготовлении и эксплуатации.

Вращающиеся (роторные) насадки (с регулируемыми или нерегулируемыми оборотами) обеспечивают гарантированную очистку всей поверхности трубы и отверстий перфорации при минимальном количестве сопел, но по надежности уступают статическим насадкам. Кроме того, на вращение расходуется энергия потока, снижающая полезную мощность (от 5 до 20%) на струйную очистку.

### 2. Разработки ООО «ПТК завода Байкал»

Предприятием ООО «ПТК завода Байкал» разработаны и испытаны конструкции насадок, которые обеспечивают высокоэффективную очистку скважин. Под высокой эффективностью понимается:

- удаление всех видов отложений (от 95 до 100%);
- дробление и размельчение крупных фрагментов отложений, что делает возможным их удаление из скважины;
- возможность одновременного проведения вибро-волновой обработки перфорационной и призабойной зоны скважины с выносом кольматанта на поверхность;
- возможность совмещения струйной очистки и обработки с химическими методами (в частности, обработки кислотами, ПАВами и т.п.);
- рациональное использование энергетических ресурсов, что достигается применением насосного и гидродинамического оборудования с высоким КПД.

Вышеперечисленные факторы достигаются, благодаря разработанному на предприятии комплексу технических мероприятий (*технологии*) с применением оборудования собственного производства.

Предприятием «ПТК» разработаны статические и вращающиеся насадки для гидроструйной очистки и очистки с одновременной вибро-волновой обработкой скважины. Насадки выпускаются различных типоразмеров, что позволяет проводить эффективную очистку для большинства диаметров эксплуатационных колонн от 70 до 200 мм и более. Каждый тип насадок оснащается комплектом сопел.

Самым простым и надежным является статический тип насадок; наиболее эффективным – вращающийся тип насадок.



Для решения задачи увеличения эффективности очистки статическими насадками (сравнимыми с роторными), предприятием «ПТК» разработана и применена конструкция вращающегося соединения высокого давления (вертлюг-сальника) и статической насадки. Вертлюг представляет собой отдельный конструктивный элемент, не имеющий сопел, который служит для обеспечения вращения соединенной с ним статической насадкой. По конструкции вертлюг аналогичен соединениям, применяемым в нефтегазовой промышленности на машинах для ремонта скважин. При выходе вертлюга из строя, его заменяют другим, а неисправный ремонтируют. Надежность применения статической насадки с вертлюгом в несколько раз выше, а стоимость в разы меньше по сравнению с роторными насадками.

Для предотвращения аварийной ситуации в случае обрыва одного из элементов компоновки, все элементы соединены страховочным устройством (тросом), не влияющим на габаритные и гидродинамические характеристики насадок.

Предприятие «ПТК» предлагает насадки для гидроструйной очистки скважин с характеристиками:

- внутренний диаметр колонны:	от 40 до 300 мм
- рабочее давление:	до 100,0 МПа
- расход жидкости:	до 700 л/мин
- количество сопловых вставок:	1...12 шт
- масса:	от 20 до 80 кг

- **Примеры рабочего инструмента для гидроструйной очистки скважин**



*Роторная насадка для гидроструйной очистки и обработки скважин диаметром 50...250 мм в сборе.*



*Статическая насадка для гидроструйной очистки и обработки скважин диаметром 90...250 мм в сборе.*

- **Примеры изготовления сопловых вставок**



*Сопловые вставки с различными коэффициентами истечения внутренним диаметром 1,0...5,0 мм (шаг 0,1 мм).*

### III. Технологии

Предприятием «ПТК» разработана технология проведения гидроструйной очистки с одновременной обработкой скважин, обеспечивающая максимально эффективный результат.

Главная цель технологии: обеспечить эффективную очистку скважины с минимально возможными затратами (энергетическими, техническими, временными).

Эта цель достигается:

- применением (подбором) всего комплекса оборудования в зависимости от конкретных условий и требуемого результата;
- расчетом оптимальных параметров и режимов очистки и обработки, позволяющим добиться лучших результатов.

Технология основана на применении оборудования собственного производства и стандартного оборудования для ремонта скважин. Примерный перечень оборудования, необходимого для проведения очистки и обработки скважин, приведен в таблице III.1

Таблица III.1 Примерный перечень оборудования для гидроструйной очистки нефтегазовых скважин.

№ п/п	Применяемое оборудование	Потребное количество, шт.	Оборудование ПТК Байкал
1	Автоцистерна АЦ-10; АЦН 11-257	1-2	-
2	Желобная емкость для приема и замера поступающей из пласта жидкости, объемом не менее 10 м <sup>3</sup>	1	-
3	Насосная установка высокого давления	1-2	+
4	Насадки с переводниками	1 к-т	+
5.1	Вариант 1 Установщик НКТ с комплектом труб и устьевым оборудованием с рабочим давлением 300-700 бар	1	-
5.2	Вариант 2 Колтюбинговая установка с комплектом устьевого оборудования до 700 бар	1	-
5.3	Вариант 3 Миниколтюбинговая установка с комплектом устьевого оборудования до 500 бар на базе ПКС-5Г	1	-

**Перечень оборудования, предлагаемого предприятием «ПТК завода Байкал».**

**1. Насосное оборудование:**

- НВД 200 УНГД-ПТ;

- НВД 250 УНГД-ПТ.

Насосные агрегаты НВД 200 УНГД – ПТ и НВД 250 УНГД – ПТ предназначен для монтажа в открытые или закрытые платформы автомобилей и прицепов и рассчитаны на автономную работу.

Насосные агрегаты предлагаются в следующей комплектации.

- Привод и редуктор – дизельные двигатели первой комплектации с механизмом сцепления и редуктором КПП. Дизельные двигатели оснащены системой запуска со стартера, АКБ, компрессором, топливными баками, системой охлаждения, системой выпуска отработанных газов.
- Насосы оснащены:
  - независимой системой смазки;
  - предохранительными и защитными устройствами (ПК, датчики давления и температуры);
  - механическим регулятором давления (пневматический регулятор – опция);
  - твердосплавными плунжерами (керамические плунжеры – опция);
  - комплектом ЗИП.
- Насосные агрегаты оснащены:
  - системой управления и контроля, позволяющей производить управление, защиту и контроль параметров дизельного двигателя и насоса;
  - фильтром для очистки перекачиваемой жидкости;
  - подкачивающим насосом с приводом от вала дизельного двигателя с производительностью 50 м<sup>3</sup>/час и напором 30 м.

## **2. Рукава.**

Всасывающий рукав: гибкий; диаметром Ду не менее 85 мм; длина не менее 40 метров (2x20 м);  
Нагнетательный рукав: РВД с рабочим давлением не менее 500 бар Ду 32 длиной не менее 40 м (2x20 м).

## **3. Комплект насадок.**

3.1 *Статические насадки* (в том числе генераторы кавитации для виброволновой обработки ПЗС)  
Статические насадки предлагаются для очистки и обработки колонн внутренним диаметром от 50 до 300 мм. В комплект поставки входят: корпус (соплодержатель), набор сопел, набор заглушек, переводник под колонну НКТ (ГНКТ).

### *3.2 Роторные насадки.*

Роторные насадки предлагаются для очистки и обработки колонн внутренним диаметром от 50 до 300 мм двух типов: роторные с неподвижным корпусом и вращающимся элементом насадки (классические роторные насадки) и статические насадки со скользящим соединением (вертлюгом). В комплект поставки входят: корпус (соплодержатель), набор сопел, набор заглушек, переводник под колонну НКТ (ГНКТ), вертлюг (при необходимости).

### *3.3 Сопла.*

Для расширения применения оборудования (изменения параметров очистки и обработки), необходим ряд комплектов сопловых вставок различных диаметров (по согласованию).

### *3.4 Дополнительное оборудование.*

Дополнительно поставляются (под заказ) переходники (переводники) с любыми (в том числе нестандартными) резьбовыми соединениями (внутренними и наружными).

*Комплектации оборудования согласовываются с Заказчиком техническим заданием.*

- **Пример передвижного насосного агрегата в прицепе.**

