

УДК 621.6.03:622.234.573(045)

UDC 621.6.03:622.234.573(045)

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ
ТРЕБОВАНИЙ К БЛОКУ
МАНИФОЛЬДОВ ДЛЯ ГИДРОРАЗРЫВА
ПЛАСТА РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ
КОНТЕЙНЕРНОГО И
ПОЛУПРИЦЕПНОГО ТИПА**

*С. О. Киреев, М. В. Корчагина,
А. Ю. Осипук, А. П. Щербак*

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

kireevso@yandex.ru

ms.korchaginamv@mail.ru

D.Jones@mail.ru

Статья посвящена разработке технических требований к блоку манифольдов для гидро-разрыва пласта рамной конструкции контейнерного и полуприцепного типа с рамой, совмещенной с манифольдом низкого давления. Проведен сравнительный анализ существующих конструкций блоков, смонтированных на опорной раме, что позволило выработать технические требования к вновь проектируемым блокам манифольдов.

Ключевые слова: блок манифольдов трейлерного типа, блок манифольдов контейнерного типа, манифольд на салазках, гидравлический разрыв пласта.

Введение. Для обеспечения высокого уровня добычи нефти и газа наряду с разведкой и освоением новых месторождений особое внимание уделяется увеличению нефтеотдачи скважин и интенсификации добычи нефти [1]. Одним из основных способов повышения дебита скважины является гидравлический разрыв пласта (ГРП). Гидравлический разрыв пласта повышает производительность скважин, одновременно ускоряет отбор нефти и увеличивает нефтеотдачу [2].

Адекватное техническое обеспечение ГРП — залог успешности операции. Для выполнения стимулирующей обработки необходимо смесители, оборудование для подачи проппанта, насосные и контрольно-измерительные системы. В России компании, занимающиеся проведением операций ГРП, в основном используют технику импортного производства. Отечественное оборудование занимает лишь 3 % рынка [3], т. к. зачастую не удовлетворяет требованиям нефтедобывающих компаний.

**REQUIREMENTS DEVELOPMENT FOR
THE MANIFOLD UNIT FOR
HYDROFRACTURING OF CONTAINER
AND SEMITRAILER TYPES FRAME
CONSTRUCTION**

*S. O. Kireev, M. V. Korchagina,
A. Y. Osipuk, A. P. Scherbak,*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

kireevso@yandex.ru

ms.korchaginamv@mail.ru

D.Jones@mail.ru

The article is devoted to the requirements development for the manifold unit for hydrofracturing of container and semitrailer types frame construction with a frame, combined with a low-pressure manifold. The article gives a comparative analysis of the existing designs of manifold units which are mounted on a support frame. That allows to develop requirements for a newly designed manifold units.

Keywords: trailer type manifold unit, container type manifold unit, manifold skid, hydraulic fracturing

Одним из важнейших элементов оборудования для гидравлического разрыва пласта является блок манифольдов (БМ). Он соединяет смесительную установку (блендер) с насосными установками по линии низкого давления и насосные установки с устьем скважины по линии высокого давления. Блок манифольдов может быть смонтирован как на полуприцепе, так и на раме (салазках) [4].

Основная часть. В настоящее время более 60 % отечественных запасов нефти залегают в низкопроницаемых пластах [1]. Для увеличения отбора нефти из таких пластов следует проводить массивированный гидравлический разрыв пласта. В настоящее время в России не производятся блоки манифольдов для такого вида ГРП. Поэтому первоочередной задачей данного исследования является разработка технических требований к блоку манифольдов для массивированного гидроразрыва пласта рамной конструкции контейнерного и полуприцепного типа с рамой, совмещенной с манифольдом низкого давления.

Проведем анализ существующих конструкций блоков манифольдов отечественного и зарубежного производства, смонтированных на опорной раме.

Принципиально конструкции блоков манифольдов для ГРП можно разделить на два типа:

- смонтированные в корпусе рамного типа;
- размещенные на полуприцепе.

Рассмотрим их конструкционные особенности.

Блоки манифольдов, смонтированные в корпусе рамного типа. В данном случае оборудование может быть смонтировано на раме-салазках или в раме контейнерного типа. Рама-салазки позволяет транспортировать блок манифольдов волоком, а отсутствие каркаса облегчает эксплуатацию и ремонт данного типа блоков. В свою очередь блоки, смонтированные в раме контейнерного типа, имеют преимущество при транспортировке, так как их можно транспортировать морским, железнодорожным и автомобильным транспортом с использованием стандартного грузозахватного оборудования, используемого при контейнерных перевозках.

Отечественные блоки манифольдов представлены на рынке оборудования для ГРП двумя моделями. Первая — БМ-103.07.00.000 (рис. 1) [5].



Рис. 1. Блок манифольдов БМ-103.07.00.000

Вторая производится ООО «Траст-Инжиниринг» (рис. 2) [6].



Рис. 2. Блок манифольдов производства ООО «Траст-Инжиниринг»

Оба блока манифольдов рассчитаны на максимальное рабочее давление, равное 105 МПа. Модель БМ-103.07.00.000 имеет всего четыре точки подключения насосных установок, следовательно, ее применение ограничено только локальным гидроразрывом. В свою очередь блок производства ООО «Траст-Инжиниринг» имеет шесть точек подключения насосных установок, что позволяет применять его при локальном и глубоко проникающем ГРП. Комплектующие для блоков манифольдов ООО «Траст-Инжиниринг», в отличие от БМ-103.07.00.000, производятся за рубежом, что обуславливает увеличение стоимости конечного продукта.

Как было указано выше, лидерами продаж оборудования для ГРП в России являются зарубежные компании. Ярким представителем этих компаний является фирма *Weir SPM*. Рассмотрим блок манифольдов производства этой компании, смонтированный на раме-салазках.

Конструкция компании *Weir SPM* (рис. 3) обладает компактным корпусом, поэтому ее можно транспортировать как на платформе грузовика, так и волоком [7].

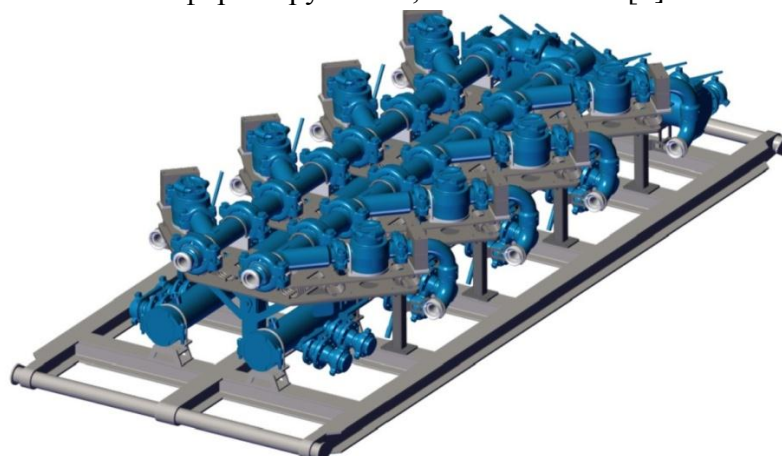


Рис. 3. Блок манифольдов производства *Weir SPM*

В данной конструкции манифольд высокого давления установлен над трубами низкого давления, что значительно облегчает техническое обслуживание манифольда высокого давления. Расположение выкидных линий манифольда высокого давления под углом позволяет разместить

на них коленшарнирные соединения для облегчения обслуживания всей установки в процессе работы. При этом габариты и масса данного блока манифольдов удовлетворяют правилам перевозки грузов по дорогам общего пользования. Блок имеет восемь точек подключения насосных установок, что дает возможность использовать его при проведении операции массированного ГРП в низкопроницаемых пластах. Недостатком является жесткое крепление всех узлов линий высокого и низкого давления к раме, что делает конструкцию восприимчивой к вибрациям в процессе эксплуатации. Так как блок манифольдов производится за рубежом, его стоимость значительно выше отечественных образцов.

Блоки манифольдов, смонтированные на полуприцепе. Оборудование, входящее в состав блока манифольдов трейлерного типа, может быть смонтировано на раме полуприцепа, либо на раме, совмещенной с манифольдом низкого давления. Рассмотрим эти конструкции более подробно. Компании *Weir SPM* и *Kemper* производят блоки манифольдов рамного типа, смонтированные на трейлере. Основное отличие этих моделей друг от друга заключается в типе рамы полуприцепа. Особенностью блоков манифольдов трейлерного типа компании *Weir SPM* (рис. 4) является рама полуприцепа, которая состоит из двух параллельных балок, жестко скрепленных между собой.

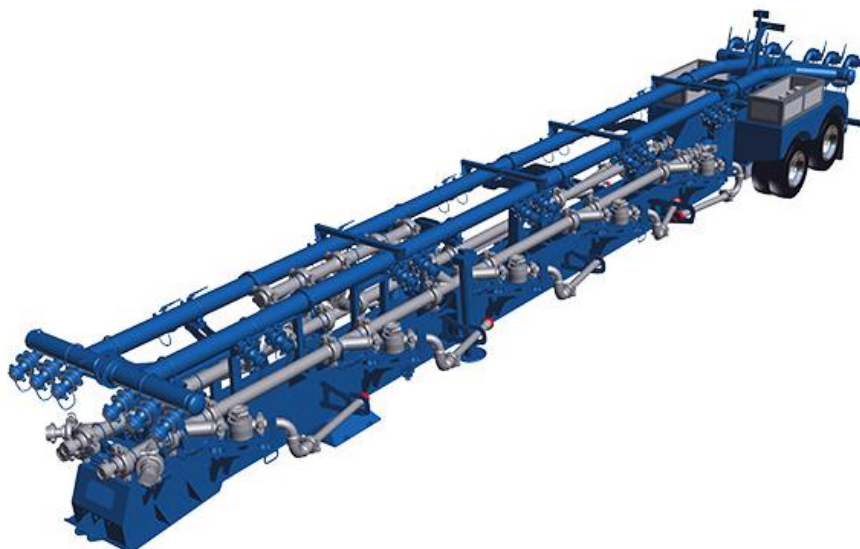


Рис. 4. Блок манифольдов производства *Weir SPM*

Это придает большую прочность всей конструкции и приводит к увеличению срока ее службы [8].

В модели компании *Kemper* (рис. 5) используется рама, представляющая собой одну балку с креплениями для линий низкого и высокого давления [9].



Рис. 5. Блок манифольдов производства *Kemper*

Данная конструктивная особенность приводит к снижению массы всего полуприцепа, но при этом делает его более восприимчивым к повреждениям в процессе эксплуатации. Следовательно, такой блок манифольдов требует более частого ремонта, а значит, более дорог в обслуживании.

Обе представленные модели устойчивы к вибрациям, возникающим в процессе транспортировки и эксплуатации. Это обеспечивается за счет виброизолирующих опор, выполненных в виде цилиндрических пружин, расположенных между рамой и креплениями линии высокого давления.

Рассмотрим особенности безрамной конструкции блоков манифольдов (рис. 6).



Рис. 6. Блок манифольдов, смонтированный на полуприцепе безрамного типа

Рамой в полуприцепе этой конструкции является линия низкого давления, установленная на тележке полуприцепа. На ней также предусмотрены крепления для перевозки рукавов низкого давления и механизм для присоединения прицепа к тягачу. Недостатком такой конструкции является отсутствие манифольда высокого давления.

Сравнительный анализ позволил установить, что большинство моделей имеют одинаковые номинальные диаметры и рабочее давление манифольдов высокого и низкого давления. Диаметр линии высокого давления равен 3" (76,2 мм), а диаметр линии низкого давления — 4" (100 мм). Рабочее давление манифольда низкого давления равно 0,6 МПа, а рабочее давления манифольда высокого давления — 105 МПа. При этом в состав манифольда высокого давления обязательно входят обратные клапаны, шаровые краны, коленошарнирные соединения и трубы высокого давления. В свою очередь, манифольд низкого давления оборудован дисковыми поворотными задвижками.

С учетом этих данных были разработаны технические требования [10] к проектируемым блокам манифольдов, изложенные ниже.

Манифольд высокого давления предназначен для обвязки до десяти насосных установок, что позволяет применять его в различных видах ГРП (локальный, глубоко проникающий, массивный). Его конструкция должна быть:

- собрана из стальных труб, обратных клапанов, крестовин, шаровых кранов и коленошарнирных соединений диаметром 3” (76,2 мм);
- рассчитана на давление 105 Мпа;
- жестко закреплена на раме.

Подключение к насосным установкам осуществляется с использованием БРС через переходники 76,2 мм (3”), соединенные с патрубками 76,2 мм (3”) соответствующей длины. На каждом входном отверстии установлен обратный клапан, что исключает переток жидкости с линии высокого давления в насос. Входные линии манифольда высокого давления располагаются под углом 45^0 относительно выходной линии, что позволяет уменьшить габариты всего блока манифольдов. Оборудование, входящее в состав линии высокого давления, требует частого технического обслуживания. Поэтому для облегчения обслуживания манифольд высокого давления расположен над манифольдом низкого давления.

В зависимости от особенностей конструкции БМ манифольд низкого давления крепится к раме (рамный тип) или является самой рамой (трейлерный тип). Он представляет собой сварную конструкцию Т-образной формы, изготовленную из стальных труб диаметром 10” (254 мм). Входные отверстия манифольда предназначены для соединения с блендером при помощи рукавов. Выходные отверстия диаметром 100 мм (4”) направлены в сторону всасывания насосных агрегатов высокого давления через рукава. Входные и выходные отверстия манифольда низкого давления оборудованы поворотными дисковыми задвижками диаметром 100 мм (4”). Быстроразъемные соединения такого же диаметра используются для крепления линий низкого давления с рукавами.

В процессе транспортировки и эксплуатации блоки манифольдов подвергаются действию вибрации, которая приводит к образованию усталостных трещин в конструкции. Поэтому в разрабатываемых блоках должны быть предусмотрены цилиндрические пружины, расположенные между рамой и креплениями линий высокого давления, которые поглощают вибрацию, тем самым защищая конструкцию от повреждений.

Сборку составных частей манифольдов производят в условиях, исключающих возможность механических повреждений и загрязнений. Материалы деталей, работающих под давлением, должны соответствовать ГОСТ Р 53678-2009. Рабочей средой блока манифольдов является жидкость на нефтяной основе с различными примесями, поэтому при его изготовлении применяют коррозионностойкие материалы по ГОСТ Р 53679-2009. В дополнение к этому все составные детали покрывают грунт-эмалью НЦ-132 (красного цвета).

С учетом описанных выше технических требований были построены компоновочные схемы линий высокого (рис. 7) и низкого давления (рис. 8).

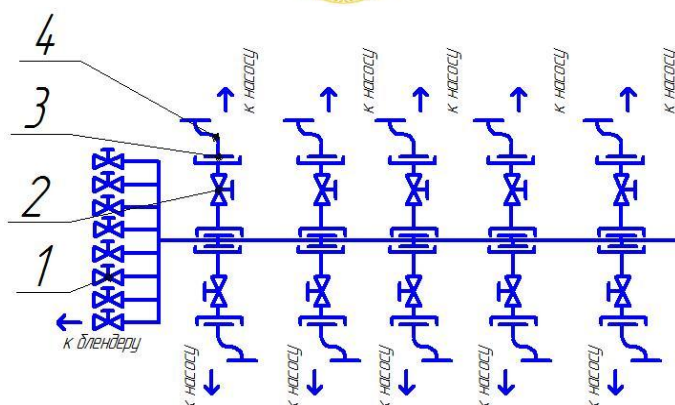


Рис. 7. Компоновочная схема линии низкого давления: 1, 2 — задвижка поворотная, 3 — быстроразъемное соединение, 4 — коленошарнирное соединение

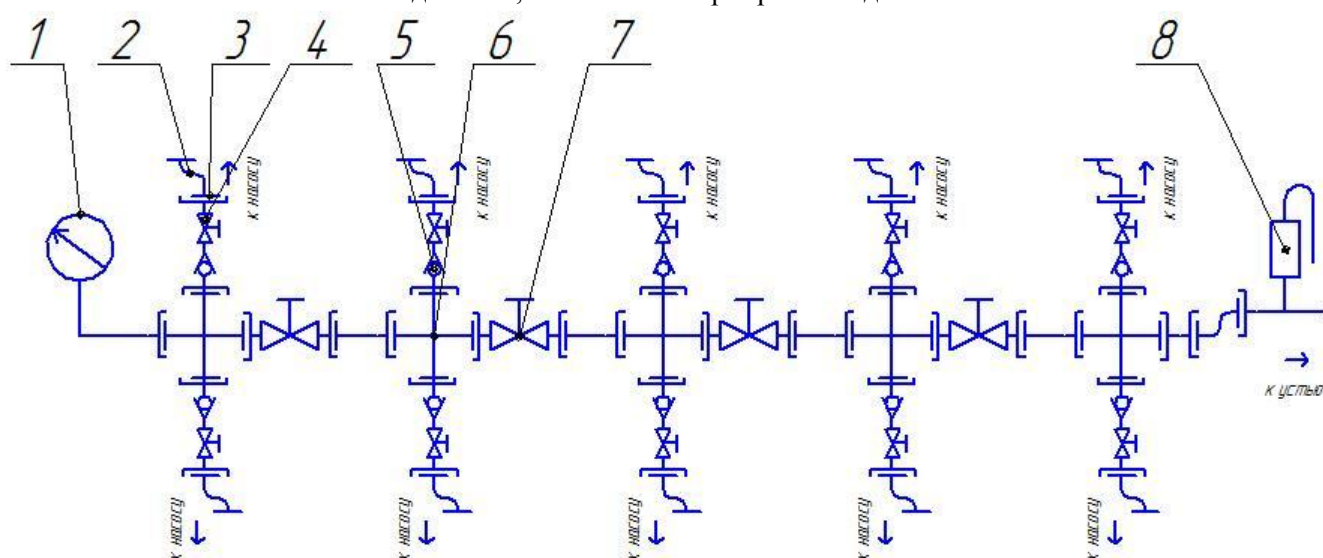


Рис. 8. Компоновочная схема линии высокого давления: 1 — манометр, 2 — коленошарнирное соединение, 3 — быстроразъемное соединение, 4 — дисковая задвижка, 5 — обратный клапан, 6 — крестовина, 7 — пробковая задвижка, 8 — предохранительный клапан

С учетом данных схем были разработаны эскизные компоновки манифольдов низкого и высокого давления, представленные на рис. 9 и 10



Рис. 9. Манифольд высокого давления

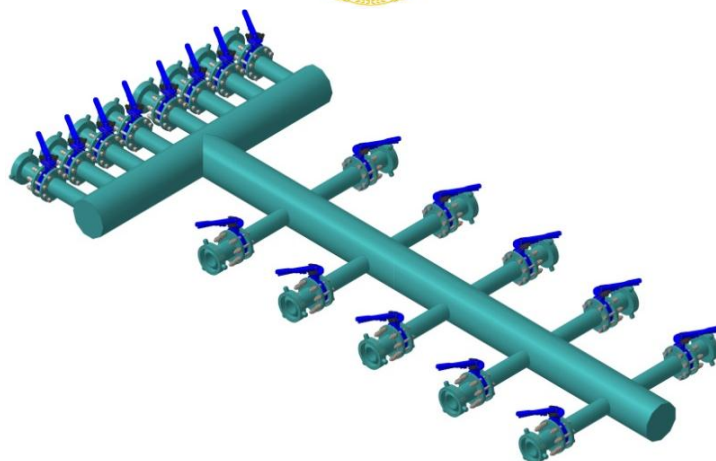


Рис. 10. Манифольд низкого давления

Заключение. Сравнительный анализ конструкций блоков манифольдов позволил выявить преимущества и недостатки представленного на рынке оборудования отечественного и зарубежного производства. На основе полученных таким образом данных были разработаны технические требования к вновь проектируемым блокам манифольдов, а также компоновочные схемы линий высокого и низкого давления. В дальнейшем планируется разработать несколько вариантов моделей манифольдов низкого и высокого давления и выбрать окончательную компоновочную схему блоков манифольдов на 10 насосных установок рамного и трейлерного типа.

Библиографический список

1. Третьяк, А. Я. Методы увеличения нефтеотдачи пластов / А. Я. Третьяк, В. В. Зиновьев. — Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2005. — 227 с.
2. Экономидес, М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. Наведение мостов между теорией и практикой / М. Экономидес, Р. Олайни, П. Валько; [пер. с англ. и ред. М. Углов]. — Москва : Петроальянс Сервисис Компани Лимитед, 2004. — 236 с.
3. Российские мобильные комплексы для гидравлического разрыва нефтяных и газовых пластов «РФК» [Электронный ресурс] / Консорциум РФК ; MyShared Inc. — Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/484849> (дата обращения 04.10.16).
4. Бухаленко, Е. И. Справочник по нефтепромысловому оборудованию / Е. И. Бухаленко. — Москва : Недра, 1990. — 559 с.
5. ООО «Барнаульский завод «Автоспецкомплект»». Каталог продукции [Электронный ресурс] / ЗАО «Автоспецкомплект». — Режим доступа: http://www.neftedelo.ru/user/file/katalog_2016.pdf (дата обращения 04.10.16).
6. Каталог «Траст-Инжиниринг» [Электронный ресурс] / ООО «Траст-Инжиниринг». — Режим доступа: <http://trustneft.ru/upload/catalog.pdf> (дата обращения 04.10.16).
7. SPM Flow control products catalog [Электронный ресурс] / Weir Group. — Режим доступа: <https://www.global.weir/assets/files/product%20brochures/SPM-Flow-Control-Products-Catalog.pdf> (дата обращения 04.10.16).
8. Safety Iron® Manifold Trailer. Operation Manual [Электронный ресурс] / S.P.M. Flow Control, Inc. ; Weir Group. — Режим доступа:

<https://www.global.weir/assets/files/product%20brochures/SPM-Safety-Iron-Manifold-Trailer-Operation-Manual.pdf> (дата обращения 04.10.16).

9. Kemper Valve & Fittings Corporation. Flow Control Products [Электронный ресурс] / Kemper Valve & Fittings Corporation. — Режим доступа: http://www.kempervalve.com/kemper_pdf/catalog/Kemper-Catalog-FlowControl-Feb2014.pdf (дата обращения 04.10.16).

10. ГОСТ 2.114—95. Единая система конструкторской документации. Технические условия / ВНИИМАШ ; Госстандарт России ; Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Минск, 1995. — 10 с.