

Способ снижения пульсаций расхода жидкости в потоке с пробковой структурой движения газожидкостной смеси

Чудин В.И., НПО "НТЭС", г. Бугульма.

20 октября 2009 года.

E-mail: nponts@nponts.ru

Довольно часто транспортировка по трубопроводу газожидкостной смеси, добываемой из нефтяных скважин, сопровождается пробковой структурой потока, при которой происходит периодическое чередование газовых и жидкостных пробок.

Пробковая структура движения смеси вызывает пульсации давления и, соответственно, пульсации расхода жидкости и газа. При пробковой структуре движения смеси из жидкости и газа в точке трубопровода и момент времени T_1 и T_2 объёмные расходы жидкости $Q_{ж}$ и газа $Q_г$, периодически изменяются по закону:

§ при $Q_{ж} \rightarrow Q_{см}$ получим $Q_г \rightarrow 0$;

§ при $Q_г \rightarrow Q_{см}$ получим $Q_{ж} \rightarrow 0$.

При этом расход смеси $Q_{см} \approx \text{const}$.

Пробковая структура потока смеси характеризуется коэффициентом перегрузки по расходу жидкости $k_{ж}$ или газа $k_г$. Коэффициент перегрузки определяется как отношение:

$$k_{ж} = \frac{Q_{см}}{Q_{ж.ср}} \text{ и } k_г = \frac{Q_{см}}{Q_{г.ср}} .$$

Из практики известно, что величина коэффициента перегрузки расхода жидкости в пробковой структуре потока газожидкостной смеси достигает значения до 30 и более.

Из-за значительных пульсирующих изменений расхода жидкости при пробковой структуре движения потока смеси возникают осложнения при измерении расхода жидкости и газа с помощью известных средств измерения расхода. Даже в случае использования средства измерения с большим динамическим диапазоном измерения расхода, быстро протекающие пульсирующие колебания расхода вносят существенную дополнительную ошибку в результат измерения.

В последнее время в нефтяных компаниях для перекачки по трубопроводу продукции из нефтяных скважин все больше и больше находят применение мультифазные насосы. Если структура потока газожидкостной смеси на входе в насос пробковая, то у насоса снижается эффективность работы, а также он периодически попадает в сухой режим работы, что снижает его ресурс.

Для гашения пробковой структуры потока газожидкостной смеси известны попытки применения различных устройств. В принципе работы этих устройств лежит способ разделения смеси на отдельные фазы - газ и жидкость, а затем раздельной их транспортировки на некоторое расстояние и последующего соединения потоков в один. Часто для целей гашения пульсаций расхода пробковой структуры пытаются использовать гравитационные сепараторы. Как показала практика, эффективность гашения пульсаций у гравитационных сепараторов невысокая. На рис. 1 показан принцип работы гравитационного сепаратора в условиях пробковой структуры движения газожидкостного потока, который попадая в сепаратор периодически заполняет его, то большим объёмом газа, то большим объёмом жидкости. Применяемые устройства, регулирования уровня границы раздела фаз в сепараторе стремятся вернуть эту границу в исходное состояние. Но это приводит к тому, что из сепаратора с такой же периодичностью начинают вытесняться по газовой линии газ, а по жидкостной - жидкость. Соответственно, на газовой и жидкостной линиях мы вновь получаем повторение

периодичности и амплитуды пульсаций пробкового режима смеси, по характеристике почти аналогичной на входе в сепаратор.

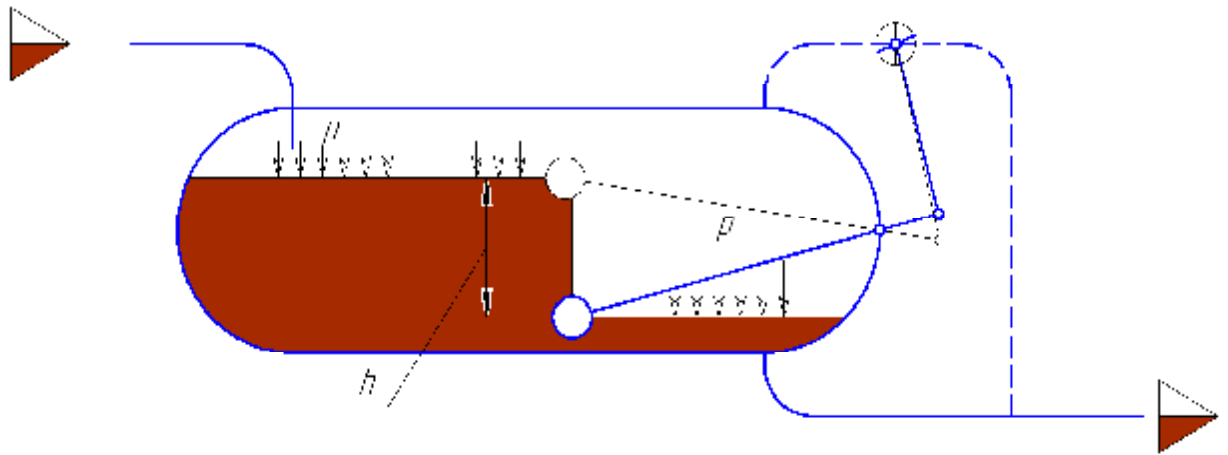


Рисунок 1

На рис. 2 показан принцип работы центробежного (циклонного) типа сепаратора в условиях, когда на его вход поступает поток, имеющий пробковую структуру. Из-за значительно меньшего внутреннего объёма центробежный сепаратор ещё хуже гасит пробковую структуру потока смеси, чем гравитационный. Управляемые клапана от датчика уровня стремятся лишь вернуть заданное значение уровня границы раздела фаз в сепараторе в исходное положение, а на выходе из сепаратора характеристика режима движения смеси остаётся в точности как на его входе.

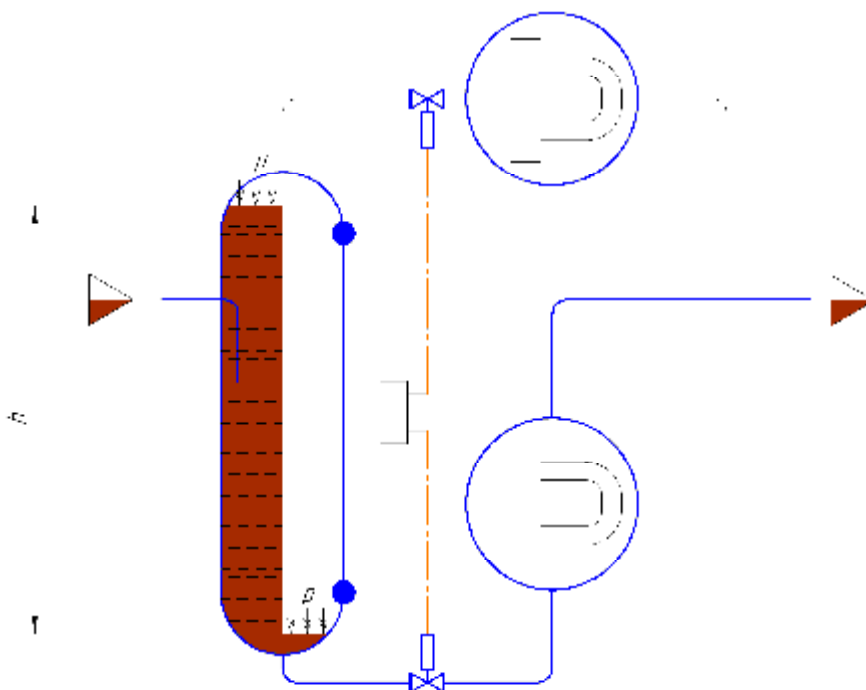


Рисунок 2

Из вышеизложенного вытекает, что для того, чтобы решить задачу гашения пульсаций расхода жидкости, присущих пробковой структуре движения смеси, необходимо создать устройство, в котором было бы возможно реализовать следующий способ:

1. излишний объём жидкости, поступающий в пробке, должен аккумулироваться (временно храниться) до того момента времени, когда в устройство начнет поступать пробка газа;
2. в течение времени поступления пробки газа в устройство жидкость из аккумулятора должна постепенно, с заданным значением расхода, уходить из устройства вместе с газом.

В НПО "НТЭС" было найдено техническое решение, позволяющее реализовать вышеуказанный способ в устройстве, которое получило наименование Депульсатор.

На рис. 3 показана схема вертикального типа депульсатора, обеспечивающего гашение пробковой структуры потока смеси.

В 2006 году была разработана первая конструкция вертикального депульсатора в составе с измерительной установкой ЦИКЛОН (см. рис. 4).

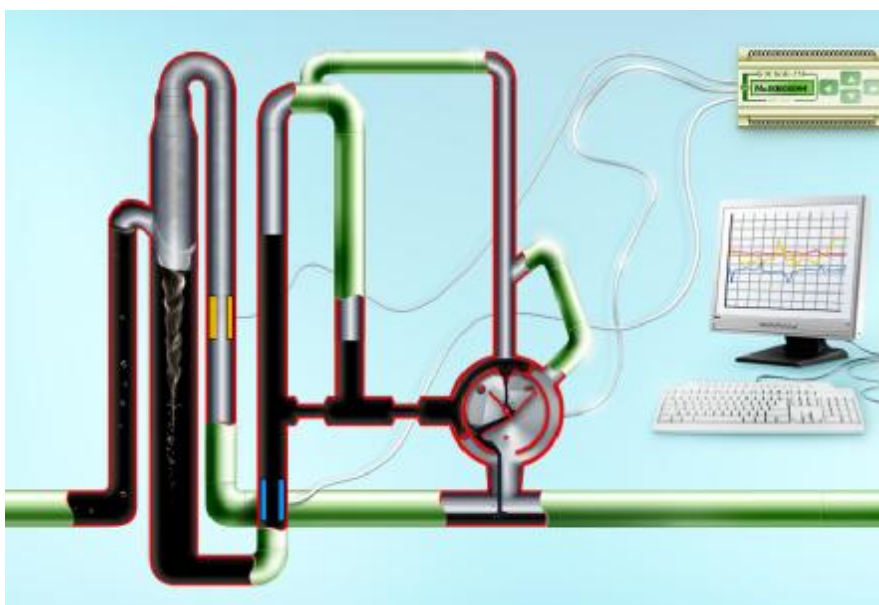


Рисунок 3



Рисунок 4

После этого была разработана конструкция депульсатора горизонтального типа (см. рис. 5), реализующая описанный выше способ.

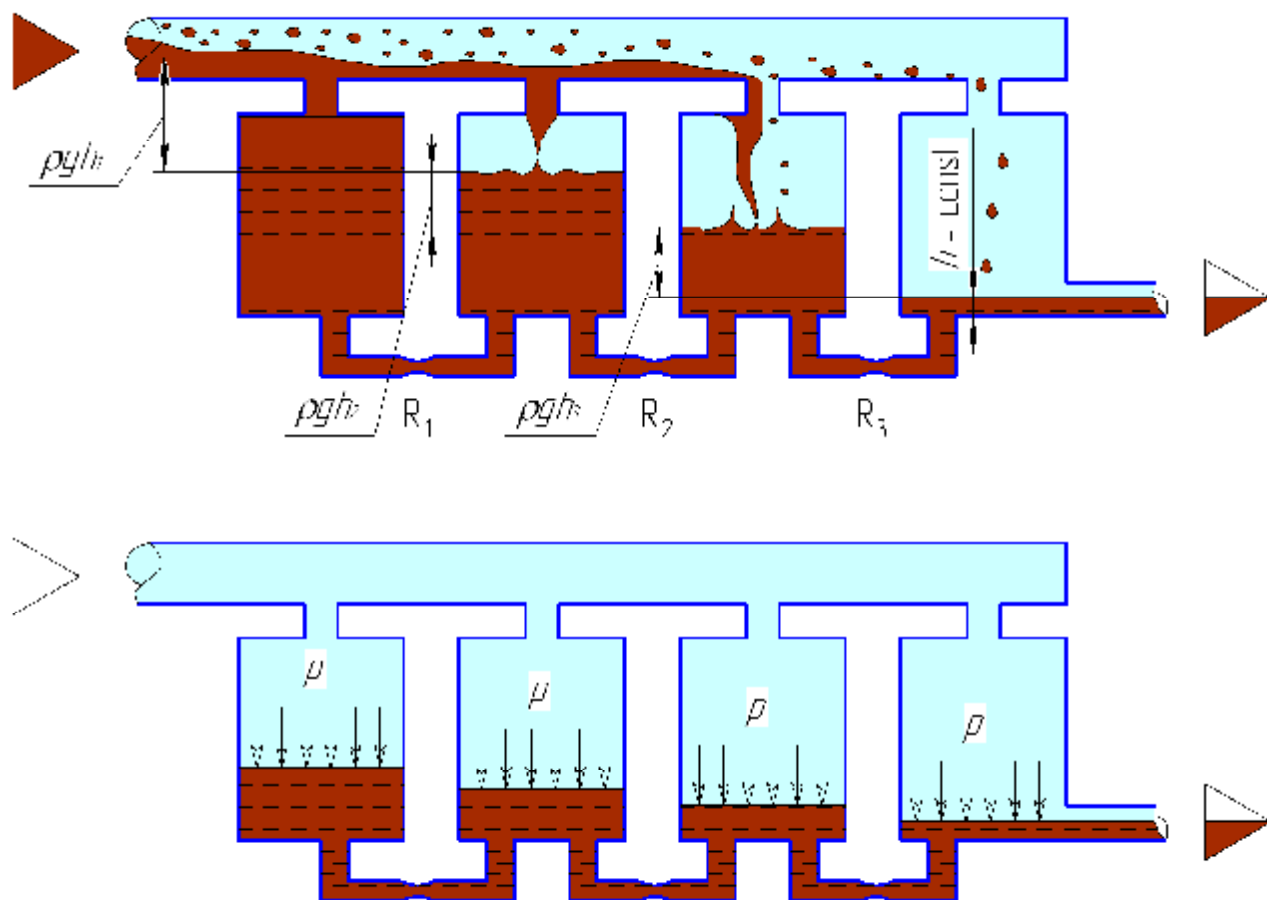


Рисунок 5

Депульсатор горизонтального типа работает следующим образом (см. рис. 5). Поток смеси из газа и жидкости поступает в емкость депульсатора. Жидкость растекается по перфорированному каналу торможения и попадает в отсеки депульсатора. В отсеках накапливается, аккумулируется излишний объем жидкости. Как видно из рис. 5, наибольший объем жидкости накапливается (аккумулируется) в первом отсеке, в каждом следующем жидкости уже меньше. Причем в последнем отсеке уровень границы раздела фаз газ-жидкость всегда имеет одну и ту же высоту. В период времени, когда в депульсатор начинает поступать пробка газа, накопленная жидкость из отсеков переливается в последний отсек. Перелив жидкости и выравнивание её уровня в отсеках осуществляется по каналам, сообщающим между собой отсеки депульсатора. За счет того, что в каналах установлены необходимые гидравлические сопротивления R_1 , R_2 и R_3 , жидкость перетекает в отсеки с заданным расходом. Выход жидкости и газа из депульсатора совмещен и находится в нижней части последнего отсека. За счет этого решения в последнем отсеке уровень границы раздела фаз поддерживается на одном и том же уровне.

Описанный способ в реализованном устройстве позволяет погасить пульсации расхода жидкости на выходе из депульсатора. Как видно из изложенного, техническое решение не требует применения в депульсаторе каких-либо регулирующих клапанов. Габаритные размеры депульсатора и другие конструктивные элементы зависят от расхода жидкости и газа в потоке смеси.

На рис. 6 на фото представлен макетный образец депульсатора в период исследования его работы. Из рисунка 6 видно, как распределяется и аккумулируется объем жидкости в отсеках депульсатора. При исследовании в качестве рабочей среды применялись вода и воздух в различных пропорциях и разных значениях расхода.

Измерение пульсаций расхода жидкости на входе и выходе макетного депульсатора осуществлялось с помощью центробежных расходомеров (см. рис. 7).

На рис. 8 показана характеристика работы макетного образца депульсатора в условиях динамической пробковой структуры потока на входе в депульсатор. Коэффициент перегрузки по расходу жидкости составлял $k_{жс} = 9,8$. Из рис. 8 видно, что пульсации расхода воды на выходе депульсатора погашены.

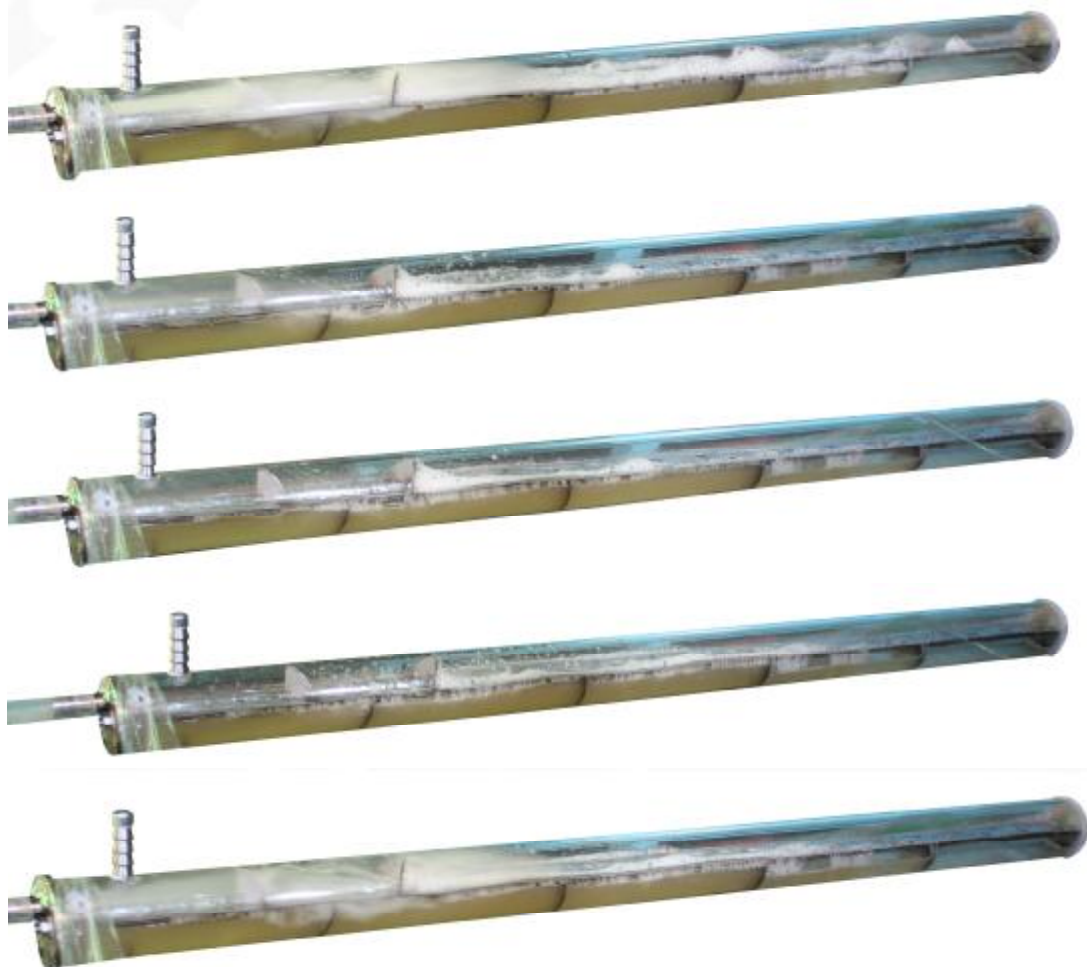


Рисунок 6



Рисунок 7

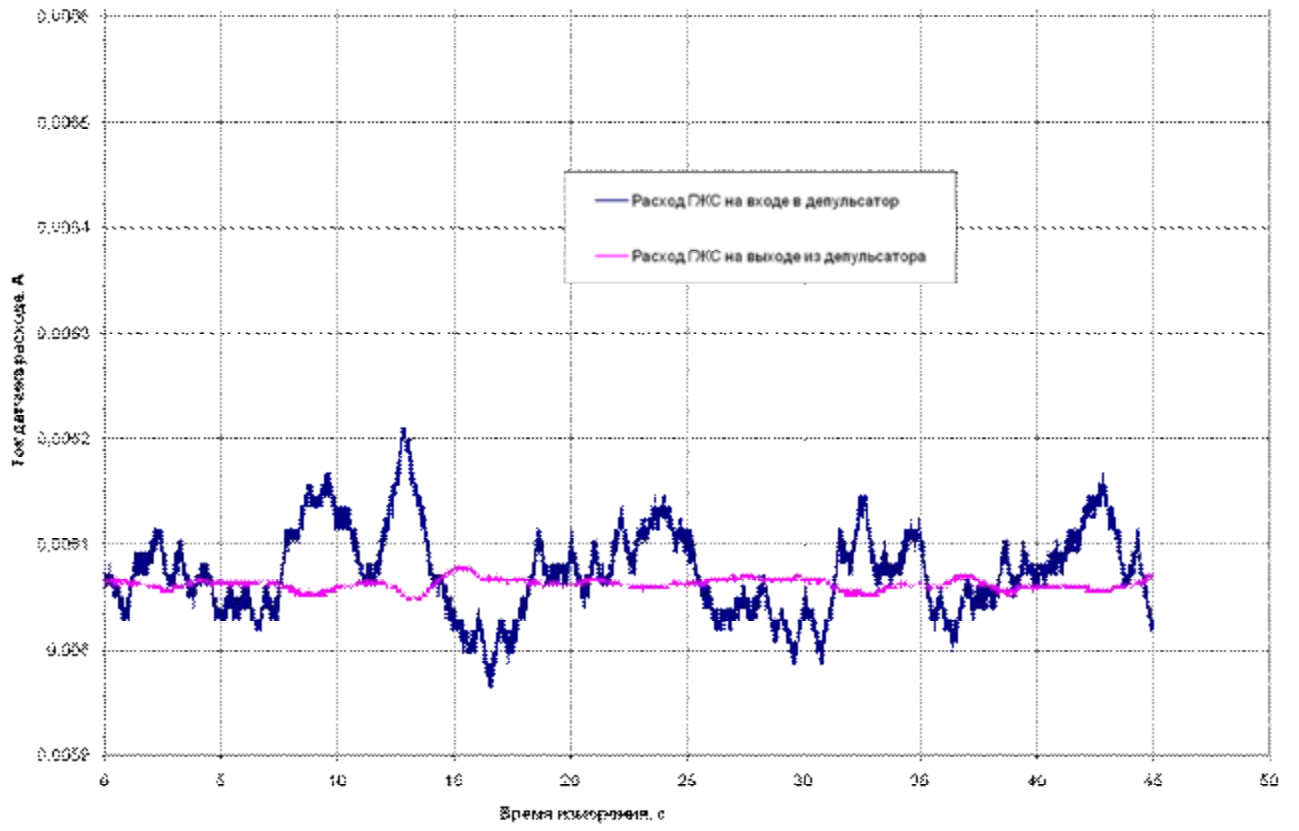


Рисунок 8

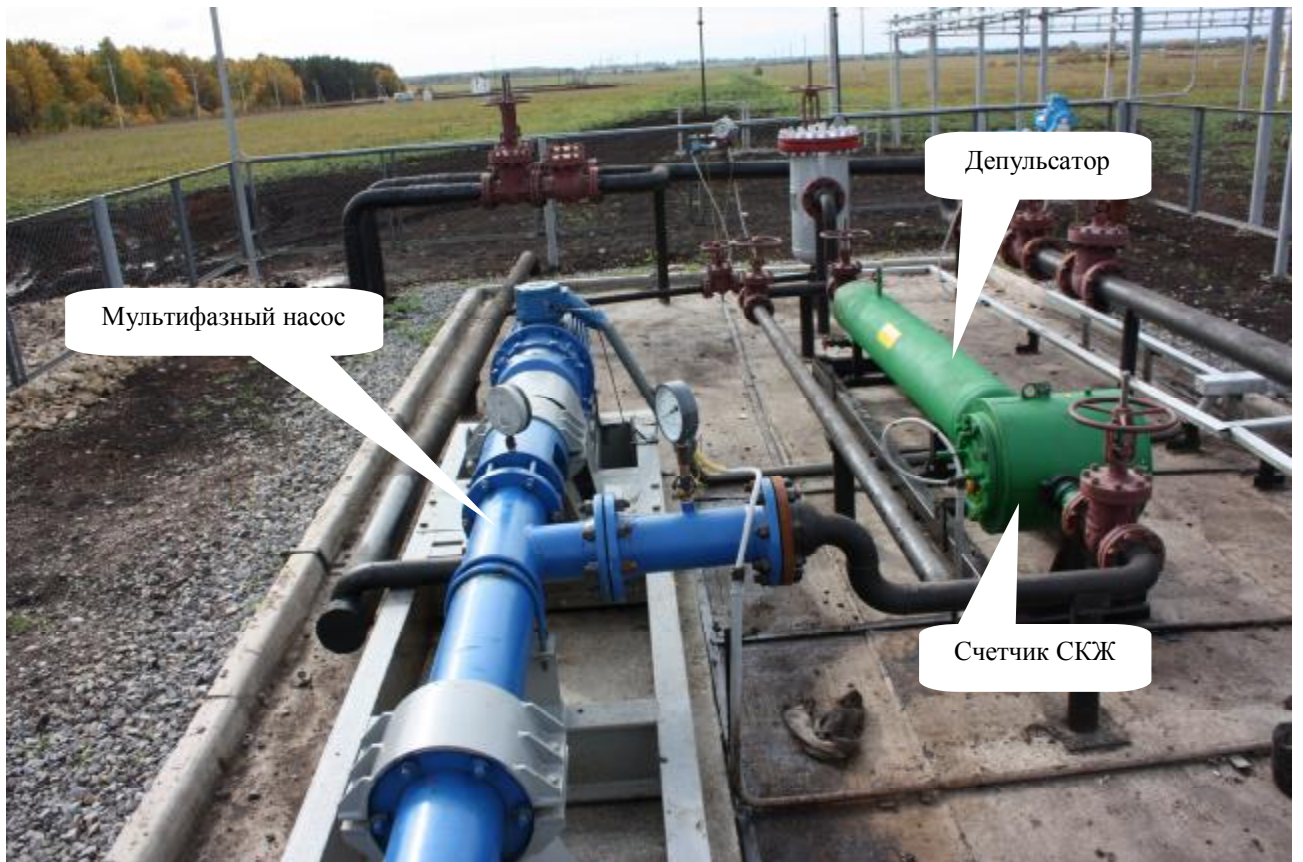


Рисунок 9

На рисунке 9 показано фото депульсатора в составе со счетчиком СКЖ, расположенным на входе в мультифазный насос. Мультифазный насос производит перекачку газожидкостного потока продукции с нефтяных скважин нефтепромысла НГДУ "НурлатНефть" ОАО "Татнефть". В нефтепроводе и на входе в депульсатор поток продукции имеет пробковую структуру с коэффициентом перегрузки до 2,36. На выходе из депульсатора пробковая структура погашена, и на входе в мультифазный насос поступает газожидкостный поток с постоянной долей жидкости.

На основе созданной физической модели депульсатора была разработана методика расчета его геометрических параметров.