

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Технологические машины и транспорт»

Елеуов Алмас Куандыкович

Модернизация конструкции многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

Специальность 5В072400 – Технологические машины и оборудование

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Технологические машины и транспорт»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Технологические машины
и транспорт»
Бортебаев С.А.
«23» 05 2022 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Модернизация конструкции многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра»

по специальности: 5В072400 - Технологические машины и оборудование

Выполнил:

Елеуов А.К.

Рецензент
докт.техн.наук, профессор



Кабдулов С.З
ФИО

" 25 " 05 2022 г.

Научный руководитель:
канд.техн.наук, профессор,



Мырзахметов Б.А.

" 23 " 05 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Технологические машины и транспорт»

5В072400 – Технологические машины и оборудование

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Технологические машины
и транспорт»



Бортебаев С.А.

« 20 » 01 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающимся Елеуов Алмас Куандыкович

Тема: «Модернизация конструкции многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра»

Утвержден приказом ректора Университета № 489-П/Ө от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: "23" мая 2022 г.

Исходные данные дипломного проекта: модернизация многофункциональный клапан для погружных скважинных насосов

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

а) Анализ месторождений Казахстана – рассматриваются обзор методов борьбы и предотвращения при условии высокого пескопроявления;

б) Методы защиты от выноса песка – рассматриваются существующие методы борьбы с пескопроявлением;

в) Модернизация многофункционального клапана – рассматриваются принцип работы, очистка скважинного фильтра и расчетная часть;

г) Охрана труда и безопасности окружающей среды – рассматриваются техника безопасности и способы предотвращения чрезвычайных ситуаций;

Рекомендуемая основная литература: из 16 наименований

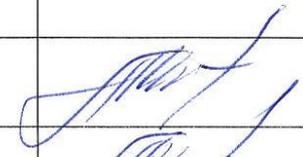
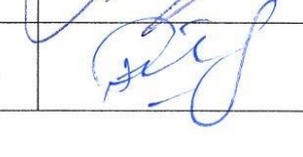
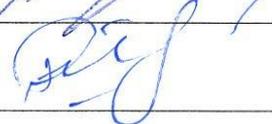
ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименования разделов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Техническая часть	12.02.2022 г.	
Специальная часть	10.03.2022 г.	
Расчетная часть	01.05.2022 г.	
Охрана труда	10.05.2022 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Научн. руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Техническая часть	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	12.02.22	
Специальная часть	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	10.03.22	
Расчетная часть	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	01.05.22	
Охрана труда	к.т.н., профессор, Мырзахметов Б.А.	10.05.22	
Нормоконтролер	м.т.н., лектор Сарыбаев Е.Е.	23.05.22	

Научный руководитель:



к.т.н., проф., Мырзахметов Б.А.

Задание принял к исполнению студент



Елеуов А.К.

Дата « » 20 г.

АНДАТПА

Дипломдық жобада суасты ұңғымалық сорғыларға арналған көп функциялы клапанды модернизациялау нәтижелері келтірілген. Тұндырғыш бөлшектердің қысымының төмендеуі мен жылдамдығының есебі жүргізілді, сонымен қатар серіппенің есебі бөлек есептелді.

Жұмыста құм көріністерімен күресу әдістеріне қатысты мәселелер және оған қандай жағымсыз салдарлар әкелуі мүмкін. Құммен күресудің барлық қолданыстағы және өзекті әдістері сипатталған, сондай-ақ жетілдірілген көп функциялы клапанның жұмыс принципі сипатталған.

Дипломдық жоба түсініктеменің 43 бетінен және А1 форматындағы 2 парақтан және бөлшектерден тұратын графикалық бөлімнен тұрады.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте приведены результаты модернизации многофункционального клапана для погружных скважинных насосов. Произведен расчет перепада давлений и находжений скоростей осаждающих частиц, а также отдельно был расчет пружины.

В работе рассмотрены вопросы, связанные с методами борьбы с пескопроявлениями и какие негативные последствия могут повлечь за ним. Были описаны все существующие и актуальные методы борьбы с песком, а также описан принцип работы модернизированного многофункционального клапана.

Дипломный проект составлен из графической части, состоящей из 43 страницы комментария и 2 листов формата А1 и детализовки.

ABSTRACT

The graduation project presents the results of the modernization of a multifunctional valve for submersible borehole pumps. The pressure drop and the velocities of the precipitating particles were calculated, and the spring was calculated separately.

The paper considers issues related to methods of combating sand phenomena and what negative consequences may entail. All existing and current methods of sand control were described, as well as the principle of operation of the upgraded multifunctional valve was described.

The graduation project consists of a graphic part consisting of 43 pages of commentary and 2 sheets of A1 format and detailing.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Анализ состояния и эффективность борьбы с пескопроявлениями	8
1.1	Анализ месторождений Казахстана в условиях высокого пескопроявления	8
1.2	Последствия пескопроявления в нефтяных скважинах	10
1.3	Влияние пескопроявления на работу насоса	13
2	Методы защиты от выноса песка	14
2.1	Технологические методы борьбы с пескопроявлением	14
2.2	Технические методы борьбы с пескопроявлением	15
3	Модернизация конструкции многофункционального клапана	20
3.1	Актуальность вопроса защиты глубинно-насосного оборудования от выноса песка	20
3.2	Технология и принцип работы многофункционального клапана для защиты глубинно-насосного оборудования и очистки скважинного фильтра	25
3.3	Расчетная часть	30
4	Охрана труда и безопасности окружающей среды	39
	Заключение	41
	Список использованной литературы	42

ВВЕДЕНИЕ

При процессе добычи нефти и газа существуют сложности с борьбой механическими примесями и пескопроявлениями. Данные проблемы очень актуальны и по сей день, так как оно затрачивает большое количества времени и денег по предотвращению и решению проблем. По статистике во всем мире нефтегазоносные пласты со слабоцементированными коллекторами составляют почти 70%, что вызывает явления пескопроявления в эксплуатируемых скважинах.

В связи с этим возникает необходимость воспользоваться с существующими методами борьбы с пескопроявлениями, используя все подручные устройства и технологические оборудования. При борьбе с песком, ключевым защитником скважины является именно устройство фильтра, который служит для очистки негативных и нежелательных механических примесей.

С ростом количества месторождений, которые находятся на заветающем этапе разработки, возникает вопрос о выносе песка, то есть о пескопроявлении, так как дебит скважины понижается. По этой причине эксплуатация скважин не может быть постоянной и переходит к периодической эксплуатации. При периодической эксплуатации скважин, возможно образование песчаных пробок над насосом.

Однако существует устройство многофункционального клапана, который сможет очистить скважинный фильтр при борьбе с выносом песка, а также упростить компоновку насосной установки за счет своей многофункциональных способностей.

В дипломном проекте будут описываться методы борьбы с пескопроявлениями, какие методы эффективные и какими лучше воспользоваться, а также преимущества и недостатки данных методов и самое главное описание, и модернизация многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра и приведен расчет к ним.

1 Анализ состояния и эффективность борьбы с пескопроявлениями

1.1 Анализ месторождений Казахстана в условиях высокого пескопроявления

Увеличение добычи нефти и газа в наше время не теряет актуальность, тем самым на месторождениях создаются все возможные условия для выполнения поставленных целей. При этом возникают различные случаи трудностей и неблагоприятных факторов. Одной из негативных причин является эксплуатация скважинного насосного оборудования на месторождениях, которые перешли на завершающий этап разработки. В нем наблюдается высокое содержание механических примесей в откачиваемой жидкости. Во всем мире, по статистике, нефтегазоносные пласты со слабоцементированным песчаником составляет около 70%.

Согласно сведениям рассмотренных продукции скважин на месторождениях Узень, Каражанбас, Северные Бузачи и иных, вплоть до 65% механических примесей имеют пластовое происхождение также только режима 8–12% – поверхностное происхождение.

В национальных масштабах актуальность проблемы можно отследить и по отчетам некоторых крупнейших нефтедобывающих компаний Казахстана, в частности по анализу отказов штанговых винтовых насосов (ШВН) по причине пескопроявления. В таблице 1 приведены усредненные данные по статистике отказов установок ШВН по причине пескопроявления только по трем месторождениям Казахстана за период 2009–2013 годов. Как видно, эта проблема особенно характерна для таких крупных месторождений, как Кумколь, Северные Бузачи и Каражанбас [1].

Таблица 1 – Статистика отказов штанговых винтовых насосов по причине пескопроявления [2,3]

Месторождение	Оператор	Кол-во скважин, оборудованных ШВН, шт	Доля отказов ШВН из-за песка, %
Каражанбас	АО «Каражанбасмунай»	1600	26
Северные Бузачи	Филиал компании «Бузачи Оперейтинг Лтд»	900	51
Кумколь	АО «ПетроКазахстан»	180	до 40

На период исследования на месторождении Северные Бузачи, общее число добываемых скважин составило 929 скважин, 871 из которых эксплуатируются при помощи установки штанговых винтовых насосов (УШВН). В процентном соотношении это 94% всех скважин в момент изучения месторождения.

За 2009 по 2013 год на данном месторождении были выявлены более 200 проблематичных скважин, причинами отказов были выделены следующие факторы (рис. 1):

- обрыв штанг;
- отворот штанг;
- негерметичность насосно-компрессорных труб (НКТ);
- отказ ШВН;
- пескопроявление, включая заклинивание ротора;
- отказ присоединительного патрубка ШВН;
- пересыпание интервала перфорации;
- другие причины.



Рисунок 1 – Основные причины отказов УШВН на месторождении Северные Бузачи за период 2009–2013 гг. [3]

Исследования приобретенных сведений выявило то, что 94% всех отказов являются четыре основные группы:

- обрыв штанг;
- негерметичность НКТ;

- пескопроявление;
- пересыпание интервала перфорации.

Если брать во внимания то, что в отказы входит и пересыпание интервала перфорации, и отказы ШВН, которые являются следствием высокого содержания механических примесей, в частности песка, то можно представить три основных причин отказов глубинно-насосного оборудования (ГНО) (рис. 2).



Рисунок 2 – Распределение причин отказов УШВН, связанных с пескопроявлением, на месторождении Северные Бузачи за период 2009–2013 гг. [2, 3]

Судя по исследованиям проведенные на месторождении Северные Бузачи можно заметить, что основной причиной отказов оборудования является именно пескопроявление (51%) в скважинах, что приводит к пересыпанию интервалов перфорации и остановке скважины.

Таким образом, можно заявить, что актуальность проблемы пескопроявление является одной из главных причин отказов ГНО.

1.2 Последствия пескопроявления в нефтяных скважинах

При добыче и эксплуатации скважин одной из главных проблем является борьба с выносом песка в нефтегазовой отрасли. Довольно зачастую состав геологического пласта в газонефтяных месторождениях представляют за собой один или несколько рядов песчаных слоев со слабоцементированным, а также рыхловатыми породами. В ходе процесса

работ можно запросто нанести вред стволу скважин, тем самым это вызывает выброс песка, что вполне может снизить эффективность разработки и вызовет значительные осложнения при добыче. Существует ряд сложных горно-геологических условий при эксплуатации, что приводит к разного рода осложнениям:

- разрушение призабойной зоны скважины;
- снижения пластового давления;
- значительные увеличения обводненности добываемой продукции;
- количества роста выноса механических примесей.

Учитывая все вышеуказанные факторы и осложнения выноса песка, можно дать определение, что пескопроявление – это процесс, который требует вынос частиц горных пород, образующееся при помощи перепада давления под воздействием большого количества фильтрационного потока пластового флюида с определенной скоростью движения из пласта в скважину.

Специалисты с научного центра ОАО «НК» Роснефть» выявили, что явления пескопроявления имеет свои предпосылки и причины появления (рис. 3).



Рисунок 3 – Причины пескопроявления [4]

Находящиеся на завершающих этапах эксплуатации месторождения, необходимо учитывать тот фактор, что в нем присутствуют выносы песка, то есть пескопроявления. Это напрямую влияет на экономические показатели. При всем этом, обязательно нужно понимать и весь процесс появления различного рода проблем и следствии пескопроявления. На рисунке 4 можно наблюдать основные последствия и проблемы данного явления.

Нужно учесть, что при борьбе с высоким выносом песка в период существования скважины это всегда вызывает большие потери по времени и бюджету, то есть экономически нецелесообразно.

Как можно понять явление выноса песка зачастую дает плохое влияние на скважину, тем самым разрушая обсадную колонну. В частности, это происходит по причине негерметичности эксплуатационной колонны.



Рисунок 4 – Последствия пескопроявления [4]

Последствия и проблемы с выносом песка бывают различного рода. Это зависит в первую очередь от следствия появления пескопроявления. Если посчитать все вышеперечисленные последствия выноса песка, можно добавить к ним, что пескопроявления ведёт к образованию:

- пустот в скважине (каверн);
- обрушению кровли призабойной зоны пласта (ПЗП);
- к смятию эксплуатационной колонны;
- пробкообразование и т. д.

1.3 Влияние пескопроявления на работу насоса

Большую роль при добыче нефти и газа играет насосное оборудование.

Пескопроявление также имеет пагубное влияние при эксплуатации электроцентробежных насосов (УЭЦН). К ним можно отнести такие проблемы как:

- забивка вала насоса, из-за оседание твердых частиц;
- повреждение рабочего колеса;
- вибрирование насоса;
- снижение работоспособности;
- уменьшение времени межремонтного периода.

При этом разрушается вся конструкция УЭЦН, что конечно не допустимо при эксплуатации насоса.

Вредные последствия выноса песка на работу скважин могут возникать также по мере ее эксплуатации. Ведь при различных способах добычи нефти и газа возникают различные последствия выноса песка.

В частности, наибольшее число вредных последствий из-за песка имеют глубинно-насосные скважины, так как при откачке глубинным насосом жидкости, имеющий во взвешенном состоянии песок, то это приводит к износу плунжеров, клапанов и других узлов глубинного насоса.

Борьба с выносом песка в глубинно-насосных скважинах гораздо сложнее, чем в фонтанных и компрессорных скважинах. Сложность заключается в том, что при добыче нефти насосным методом является худшем для жидкости, в котором имеется песок, в отличии от фонтанного и газлифтного способа добычи нефти.

Особое отрицательное влияние на насосное оборудование является попадание песка на клапана насоса. Это объясняется тем, что поток нефти, которое свое время содержит и частицы песка при переходе непосредственно на клапана стремительно изменяет свое направление, омывая шарик клапана. При этом, шарик и седло истираются, создавая негерметичность также для доли жидкости. Когда плунжер движется вверх, оно просачивается через выкидной клапан вниз цилиндра, тем самым понижая значение его заполнения. В то же время при движении плунжера вниз в случае негерметичности всасывающего клапана, доля жидкости выдавливается при помощи всасывающего клапана в скважину, при этом подача насоса понижается.

При остановке насосного оборудования можно легко привести к риску НКТ, где начинается осаждение песка, которое приводит к нежелательному заклиниванию агрегата. Это объясняется тем, что при остановке скважинного оборудования осадкообразования появляется в этот же момент.

2 Методы защиты от выноса песка

На сегодняшний день существуют множества различных методов борьбы с выносом песка. Большая вариация данных методов может дать возможность применения их в различных геологических условиях, что является большим плюсом и преимуществом при добыче нефти и газа.

По сей день пескопроявления является одной из главных проблем при добыче нефти и газа, так как влечет за собой большие затраты как в экономическом, так и в экологическом плане. В общей мировой практике методы борьбы выноса песка классифицируют на две основные группы:

- предотвращение выноса песка из пласта (технологический метод);
- эксплуатация скважин с выносом песка из пласта (технический метод).

Наиболее простым является способ ограничения отборов жидкости из скважины, позволяющий уменьшить поступление песка в скважину, однако при этом резко сокращаются дебиты нефти [5].

Более эффективным в применении является первая группа борьбы с выносом песка. Он включает в себя принцип предотвращения выноса песка в скважину. Данный метод можно облегчить при помощи отбора жидкости из скважины, что позволит снизить поступление песка в скважину, но в то же время может уменьшить дебит скважины. К данной группе можно отнести следующие методы борьбы с выносом песка:

- механические;
- физико-механические;
- химические.

Ко второй группе относится способ ликвидации, так называемых песчаных пробок, которые в свою очередь также помогают обеспечить вынос поступающих из пласта частиц. Главным минусом данного метода заключается в том, что может привести к разрушению ПЗП.

2.1 Технологические методы борьбы с пескопроявлением

Технологический метод борьбы с выносом песка подразделяет исследование породы пласта, а именно механические свойства и особенности пласта при начальном этапе изучения породы. Данный метод обуславливает основу анализа механических свойств породы, а также при нарушении или изменении равновесии термодинамического состояния породы. Все эти изменения в равновесии происходят непосредственно при эксплуатации скважины. К технологическому методу борьбы с пескопроявлением можно отнести следующие методы:

- регулировка создаваемой депрессии на пласт в зависимости от состояния пласта;

- перфорация скважин;
- холодная добыча высоковязкой нефти.

Для получения максимальной депрессии на пласт, необходимо в первую очередь проанализировать и дать оценку начальным пороговым показателем, где начинается осыпания пласта. В зависимости от выбора правильного метода это дает взять под контроль депрессию, при этом не допуская критических значений для разрушения горной породы. Данный метод эффективен и в значительной степени уменьшает риски пескопроявления в добываемом потоке.

В частности, для увеличения дебита скважины на нефтегазовых месторождениях, за счет получения больших значений депрессии в ПЗП. Вследствие чего порода разрушается и далее попадает в ствол скважины.

Технологический метод борьбы с выносом песка также являются наиболее эффективными при борьбе с пескопроявлениями, так как содержит принцип предотвращения выноса песка в скважину.

Механические методы борьбы выноса песка содержат в себя установку фильтров разных видов, такие как:

- скважинные фильтры;
- скважинные фильтры насосных установок;
- сепараторы механических примесей.

Физико-механические методы борьбы выноса песка основывается за счет физического и химического воздействия процессов. Как пример можно отнести следующее:

- образование пропантного фильтра в ПЗП;
- создание проницаемого тампонажного камня;
- коксования нефти в ПЗП при помощи укрепления коллектора.

Химические методы борьбы выноса песка основаны непосредственно на искусственном укреплении ПЗП при помощи смол, цемента в зависимости от соответствия необходимыми наполнителями. Одним из эффективных и перспективных методом является коксования нефти при разработке нефтегазовых месторождений. Данный метод заключается в извлечении и получении кокса в пласте при помощи крепления пород коксованием. Кокс играет соединительную роль в пласте за счет длительного окисления в ПЗП горячим воздухом. Данный метод применяется в начальных этапах эксплуатации нефтегазовых месторождений, где имеется высокая вязкость нефти.

2.2 Технические методы борьбы с пескопроявлением

Технический метод борьбы с выносом песка является наиболее признанным и распространённым в плане экономического и многопланового соображения. Основная цель данного метода представляет собой разработку,

которая, значительно снижает и предотвращает проникновения песка в добываемую скважину при помощи различных оборудовании, основой которой являются фильтры.

Фильтр – это специальное устройство, которое методом установки в скважину очищает во время эксплуатации скважины от различных механических примесей в том числе и песка, а также от других инородных веществ. Роль фильтра пропускать рабочую жидкость, учитывая минимальное значение гидравлического сопротивление, тем самым защищая от проникновения нежелательных твёрдых частиц.

В целом для каждого устройство имеются свои определенные требования и фильтры в том числе не исключение. Требования к фильтру следующие:

- обладание достаточной механической прочностью и устойчивостью для дальнейшей борьбы против нежелательных коррозии и других механических примесей;
- обеспечение формирование надежной и верной гидродинамической связи с пластом и устойчивость суффозии пород в ПЗП;
- возможность проведение механической и химической очистки, не прибегая к извлечению фильтра из скважины.

Выбор фильтра играет очень важную роль при добыче нефти и газа, так как оно является одним из основных этапов при ремонте скважины. При выборе фильтра рассчитывают щелевые или проходные отверстия для того, чтобы улучшить проходимость и минимизировать попадания песка в зависимости от размеров.

На сегодняшний день на практике в основе использования фильтра лежат следующие виды:

- намывные гравийные фильтры;
- щелевые фильтры;
- сетчатые фильтры.

Каждый вид данных фильтров имеют как свои преимущества, так и недостатки. Для высокой результативности и экономичности используют комбинированные фильтры, которые включают в себя сразу несколько видов данного устройства.

Гравийные фильтры

Гравийные фильтры являются одним из самых эффективных методов борьбы с выносом песка. В целом, принцип работы гравийного фильтра состоит в следующем. Сначала бурится скважина и идет крепление скважины. Во время крепления операция совершается до продуктивного горизонта, после выбора долота меньшего диаметра, непосредственно происходит вскрытия продуктивного пласта. С помощью расширения ствола скважины спускают сам фильтр. При этом стоит учесть, что фильтр перекрывает продуктивный промежуток и только после этого закачивают гравий между пластом и фильтром. Стоит также учитывать диаметр гравия,

так как это играет одну из важных ролей при закачке гравия. Существует соотношение, при котором можно учесть оптимальность выбора диаметра гравия:

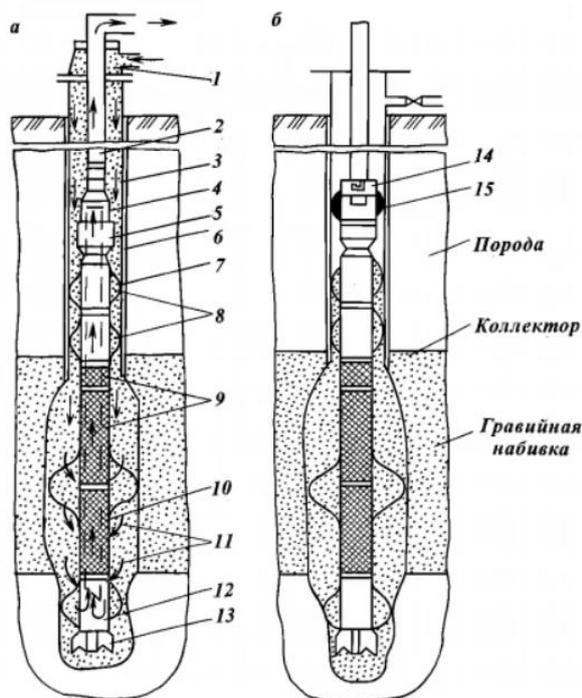
$$d_{гр} = (5 \dots 6) \cdot d_{50}, \quad (1)$$

где $d_{гр}$ – диаметр гравия, мм;

d_{50} – диаметр половины зерен фракции пластового песка, мм.

В основном гравийная набивка зависит от формы и состава гравия. Для того, чтобы получить хорошую пористость нужно сначала получить, одинаковые зерна, а именно сферического кварцевого песка, чтобы добыть это, нужно убедиться, что он отсортирован, также он должен быть крупнозернистым.

Схемы оборудования скважины при намыве гравийного фильтра представлены на рисунке 5. ВНИПИтермнефтью была разработана технология предотвращения пескопроявлений в добывающих скважинах с помощью противопесочных фильтров с гравийной набивкой применительно к условиям месторождения Каражанбас [6].



- 1 - промывочная устевая головка; 2 - НКТ или бурильные трубы; 3 - обсадная колонна диаметром 168 мм; 4- переводник с левой резьбой; 5- ниппель-переводник пакера; 6 - переводник; 7 - пружинный центратор; 8, 12 - НКТ диаметром 89 мм; 9 - секция фильтра; 10 - НКТ с диаметром 48 мм; 11 - зона гидродинамического уплотнения гравия; 13 - башмак-заглушка; 14 - захватное приспособление; 15 - пакер. [6]

Рисунок 5 – Схемы оборудования скважины при намыве гравийного фильтра:
а - без пакера; б - с пакером

В частности, данный тип фильтра применяют в песчаных скважинах, нежели, чем в известковых. Главным достоинством гравийного фильтра является его простота конструкции и доступная цена. Стоимость гравийного фильтра равна 10% от всей стоимости скважины, что доказывает его доступность.

Щелевые фильтры

Щелевые скважинные фильтры являются одним из часто применяемых фильтров в борьбе против пескопроявления. Данный фильтр помогает устойчиво работать УЭЦН, когда возникают сложности с выносом песка и проппанта в скважинах. Также помогает в укреплении стенок в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах.

Фильтр скважинный щелевой (ФСЩ) состоит из жесткого щелевого экрана, предохранительного клапана и центратора. Установка ФСЩ происходит на основании погружного электрического двигателя (ПЭД) с узлом уплотнения. После установка идет непосредственно на кожух ПЭД или на пакер. На рисунке 6 представлен щелевой фильтр.

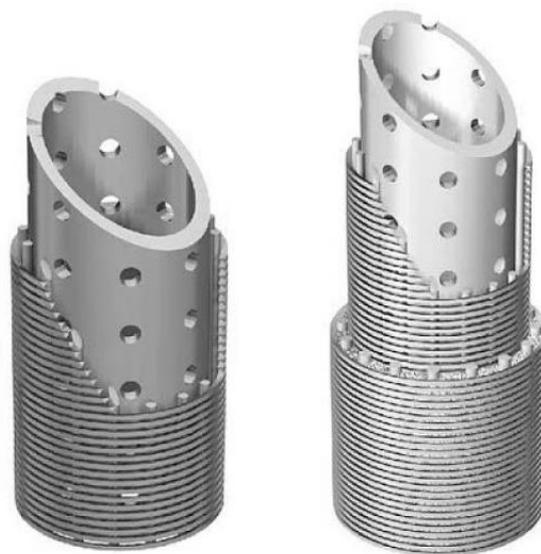


Рисунок 6 – Фильтр щелевой

Основной ролью ФСЩ является предупреждение попадания нежелательных механических примесей и выноса песка во время эксплуатации скважин. Преимуществами данного фильтра является то, что оно имеет длительный срок службы, высокую степень фильтрации, также обеспечивает устойчивую работу ГНО.

Сетчатые фильтры

Сетчатые скважинные фильтры предназначены для борьбы с выносом песка и механическими примесями. Сетчатый фильтр имеет возможность функционировать в условиях повышенного давления, что, конечно, является большим плюсом при эксплуатации скважины.

Принцип работы данного вида фильтра заключается в следующем. Во время эксплуатации скважины все механические примеси, содержащиеся в рабочей жидкости, останавливаются при помощи сетки, которая в свою очередь изготовлена из металла. В колбе имеется два отверстия: входная и выходная, в данной колбе и находится сетка. Входные и выходные отверстия соединяются при помощи трубопровода. Сетчатый фильтр имея разные ячейки в своей конструкции, отсеивают механические примеси в соответствии их размеров. Вследствие чего, если имеется высокий уровень загрязнения жидкости, то выбирается ячейка большего размера, используемая в фильтре. В соответствии с уровнем загрязнения жидкости используется определенный размер ячейки. Фильтр скважинный сетчатый типа ФКС-КС-ОК представлен на рисунке 7 [7].



Рисунок 7 – Фильтр скважинный сетчатый ФКС-КС-ОК [7]

Главными достоинствами сетчатых скважинных фильтров являются то, что у них имеется низкое гидравлическое сопротивление и прочность к различным ударам и нагрузкам, в том числе и вибрационным. В зависимости от конструкции фильтра можно изготавливать фильтры с разной тонкостью фильтрации, что дает вариацию выбора данного вида фильтра.

3 Модернизация конструкции многофункционального клапана

3.1 Актуальность вопроса защиты глубинно-насосного оборудования от выноса песка

На сегодняшний день остается актуальным вопрос борьбы с выносом песка. Данная проблема является очень затратной в экономическом плане, что затрудняет добычу нефти и газа при эксплуатации скважины.

Для борьбы с пескопроявлениями рекомендуются и успешно применяются на практике как технологические, так и технические мероприятия [8, 9]. К данным мероприятием относятся режимы и темпы откачки продукции скважины. В свою очередь необходимо контролировать оптимальное забойное давление, а также другие условия, которые определяют дальнейшее состояние в ПЗП. Обычно оптимальным решением при борьбе с пескопроявлением является использования противопесочных фильтров различной конструкции, но существуют помимо данного устройства и другие решения, что могут помочь при борьбе с выносом песка. Помимо фильтров используют следующие типы оборудования:

- сепараторы механических примесей;
- песочные якоря;
- износостойкие оборудование.

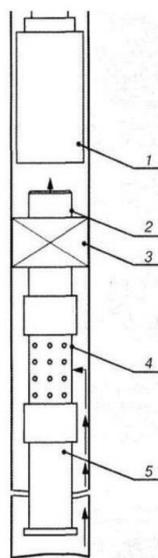
Сепараторы механических примесей

Назначение погружного сепаратора механических примесей (ПСМ) является сепарация механических примесей, которая содержится в откачиваемой пластовой жидкости. Жидкость в свою очередь направляется на вход УЭЦН. Данная компоновка оборудования устанавливается в нижней части погружного электродвигателя, это помогает улучшить эффективность оборудования. Помимо погружного электродвигателя, ПСМ должен содержать две гидрозащиты. Принцип работы ПСМ заключается в следующем. При поступлении из пласта рабочая жидкость попадает на приемную часть сепаратора и при помощи центробежных сил осуществляется отделение твердых частиц. Достоинством ПСМ можно сказать то, что у него имеется накопительный контейнер, который во время сепарации накапливается именно там и помогает защищать УЭЦН от высокого пескопроявления, а главным недостатком ПСМ является сложность конструкции оборудования.

Песочные якоря

Назначения якоря является выделение и отделение крупных частиц песка от нефтяного потока при работе штангового насоса. Устанавливается данное оборудование под пакером ниже насосного оборудования. Принцип действия песочных якорей основан на гравитационных осадения механических примесей в потоке жидкости. При помощи малых скоростей движения жидкости в потоке в чашах якорей идет отделение частиц песка.

Главным недостатком данного оборудования является то, что его накопительная система имеет способность засоряться в определенное время и необходимо для очистки засоренной части останавливать скважину, что конечно неэффективно при эксплуатации скважины. На рисунке 8 представлена схема песочного якоря «Тайберсон».



1 - ЭЦН; 2 - клапан-отсекатель; 3 - пакер; 4 - песочный якорь; 5 - накопитель

Рисунок 8 – Схема песочного якоря «Тайберсон»:

Износостойкое оборудование

Никому не секрет, что при эксплуатации скважин возможность износа оборудования очень велика, это могут быть различные негативные факторы, с которыми сталкиваются при добыче нефти и газа. Для решения данных проблем необходимо использовать износостойкое оборудование.

На основе анализа отказов, основной причиной отказов оборудование при эксплуатации скважин является радиальный износ опоры вала внутри насоса. Данный износ способствует к вызову вибрации образовывая большие нагрузки на подшипники.

Существуют способы решения данных проблем при радиальном износе. Стоит уделить особое внимание на свойства и материалы подшипников, а также их устойчивость к коррозиям. Рекомендуется использовать цирконий и карбид кремния, так как они являются неметаллом имеют способность устойчивости к коррозиям.

Выбор правильного подшипника играет немаловажную роль при эксплуатации скважин. При правильном выборе подшипника стоит учитывать их материал и устойчивость к сложным условиям работы. В

таблице 2 приведены наиболее широко используемых и распространенных материалов подшипников.

В отдельных исследованиях для снижения выноса песка рекомендуется значительное снижение темпов отбора жидкости, что зачастую является не только экономически неэффективным [10], но часто способствует образованию песчаных пробок над насосом во время вынужденных остановок скважины, так как скорости восходящего потока в НКТ оказываются недостаточными для выноса крупнозернистых фракций песка. Вследствие чего, над насосом будет выявляться высокий уровень их концентрации.

Таблица 2 – Характеристики материалов подшипников

Материал	Жесткость	Средний коэффициент износа	Коррозия в 15% HCl	Прочность
Цирконий	1200	0,19	0,02%	3,5
Карбид кремния	2600	0,045	0,004%	0,5
Карбид вольфрама	1600	0,035	больше 4%	1,5
Белый чугун	1000	123,4	-	-

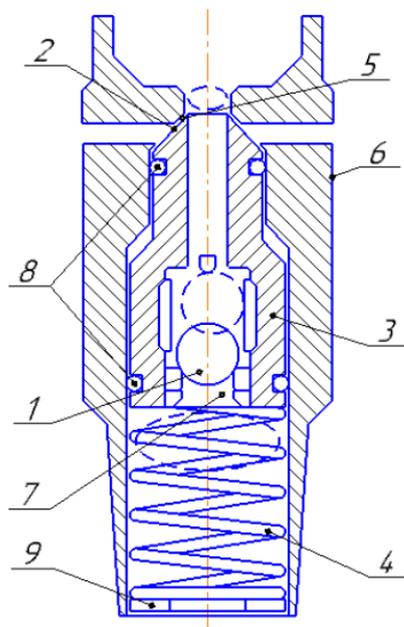
Исходя из вышеперечисленных методов можно отметить, что они успешно функционируют в режиме непрерывной эксплуатации скважины, но зная тот факт, большинство месторождений являются старыми к ним применяется периодическая эксплуатация скважин. Причина тому является низкий уровень дебита скважины. По этой самой же причине выявляется опасность такого режима эксплуатации скважин, так как при частой остановке скважины в колонне НКТ идет осаждение песка и образования песчаных пробок.

Анализ исследований седиментации механических примесей в нефти и нефтепродуктах [11] показывает, что наиболее интенсивный процесс осаждения наблюдается в первой его половине, когда происходит осаждение наиболее крупных частиц. Далее данный процесс выравнивается по причине того, что идет осаждение мелких частиц песка. Решением предотвращению образованию песчаных пробок при использовании ГНО является постепенный сброс из НКТ в затрубное пространство более высококонцентрируемую механическую примесь в часть столба жидкости.

Компании Zenith (Tubing DrainValve) и MANTL (ATD) для защиты ГНО от высокого пескопроявления при эксплуатации скважин и предотвращению песчаных пробок, предложили решения данных проблем

при помощи устройства, которое будет в автоматическом режиме дренировать НКТ. В свою очередь данное устройство будет вымывать скопленные в колонне НКТ частицы песка в межтрубное пространство при остановке скважины, что способствует к уменьшению заклиниванию и отказов ГНО. Для использования данного устройства необходимо управлять крутящим моментом ротора винтовой насосной установки (ВНУ), но не во всех месторождениях имеется такая установка.

Представляют интерес конструкции противопесочных клапанов по патенту США No US 9, 027,654 B2 [12], где предлагаются два вида устройств по сбросу песка в межтрубное пространство – один для бесштанговых глубинно-насосных установок с погружными электроприводами (рис. 9), другой – для насосов со штанговым верхним приводом (рис. 10). Данные клапаны входят в комбинированную группу.



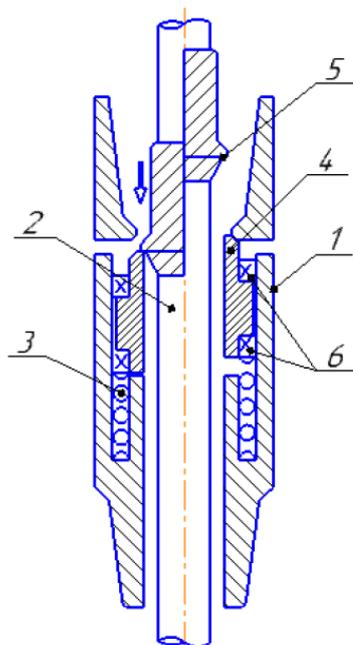
- 1 - активатор в виде обратного клапана с шариковым запорным элементом;
 2 - сливной клапан золотникового типа; 3 - конусный запорный элемент;
 4 - пружина; 5 - седло; 6 - корпус; 7 - пропускное отверстие; 8 - уплотнители; 9 - кольцевое крепление

Рисунок 9 – Прототип противопесочного клапана для бесштанговых глубинно-насосных установок

Первый тип противопесочного клапана для бесштанговых глубинно-насосных установок состоит из сливного клапана 2 золотникового типа с конусным запорным элементом 3, который способствует сбросу жидкости в

затрубное пространство, а также расположенный внутри активатор в виде обратного клапана с шариковым запорным элементом.

Второй тип противопесочного клапана для насосов со штанговым верхним приводом состоит из сливного клапана золотникового типа 4, который также функционирующий для сброса песка в затрубное пространство через отверстия в корпусе 1 и расположенный на политропном штоке обратный клапан 5, а также в роли активатора приведен сливной клапан золотникового типа 4.



1 - корпус; 2 - штанга; 3 - пружина; 4 - сливной клапан золотникового типа;
5 - обратный клапан; 6 - верхние и нижние уплотнители

Рисунок 10 – Прототип противопесочного клапана для насосов со штанговым верхним приводом

Оба конструкции имеют активацию клапанов, в роли активации играет перепад давления между столбом жидкости в НКТ и упругостью пружины 4 (рис. 9) и 3 (рис. 10).

Однако существуют недостатки данных устройств. Когда насос останавливается идет сброс жидкости из колонны НКТ, что способствует к активации клапана. После того, как клапан закрывается есть вероятность того, что песок сохраняется в немалых количествах в остаточной жидкости над клапаном, что может вызвать дальнейшее пескопроявление и песчаных пробок. При следующих запусках клапана, есть вероятность того, что насос может отказать или же перегреться, что нежелательно, ведь это приведет к большим затратам.

Не стоит забывать, что данные противопесочные клапаны были разработаны относительно недавно и их патент был создан в 2015 году и соответственно данных об их применении мало, что извещено. Поэтому применение подобных противопесочных клапанов можно считать новым направлением в технологии защиты скважинных насосов от песка [13, 14].

3.2 Технология и принцип работы многофункционального клапана для защиты глубинно-насосного оборудования и очистки скважинного фильтра

Для защиты ГНО в условиях высокого песопроявления существуют свои определенные требования, которые требуют особого внимания, то есть решением будет служить противопесочный клапан. Требования к нему следующие:

- данный клапан должен быть в составе компоновки НКТ и создавать минимальное гидравлическое сопротивление к потоку насоса;
- клапан должен функционировать таким образом, чтобы можно было многократно выполнять слив жидкости из колонны НКТ без подъема самого насоса;
- клапан должен быть надежным и герметичным;
- активация клапана должна срабатывать автоматически в зависимости от накопления песка или же других механических примесей.

Активаторами клапанов или же их называют также клапаны-активаторы, могут быть различного вида такие как: поворотные, тарельчатые, комбинированные и другие виды активаторов.

Многофункциональный клапан для погружных скважинных насосов относится к области скважинной добычи жидких и полезных ископаемых, а именно к клапанному механизму управления потоком жидкости погружных насосов.

Существует патент RU №2415253 «Погружной насос с очищаемым в скважине фильтром», который содержит в себя спускаемые на колонне труб погружной скважинный насос. Данный насос расположен в полой цилиндрической кожухе, а также герметично и жестко зафиксированном сверху. В свою очередь обеспечивает движение в потоке перекачиваемой жидкости через зазор между кожухом и насосом.

К недостаткам данной компоновки насосной установки являются следующие факторы:

- необходимость наличия в компоновке несколько клапанов (как минимум двух): перепускного клапана и обратного клапана, что усложняет конструкцию;

- необходимость наличия компоновки колонны НКТ также и третьего клапана, в роли третьего клапана играет сливной клапан, который нужен для выполнения ремонтных работ;

- неустойчивое срабатывания перепускного подпружинного регулируемого клапана, так как если гидравлическое сопротивление резко возрастет, то данный клапан может запуститься на перепуск жидкости по кожуху от насоса к фильтру, что может вызвать перегрев электродвигателя при циркуляции жидкости.

Известна традиционная компоновка погружного скважинного насоса спускаемого на колонне труб, включающая в состав минимум два технологических клапана: один – сливной клапан для сброса из нее жидкости перед подъемом при проведении подземного ремонта, и второй – обратный клапан, устанавливаемый над насосом по ходу движения перекачиваемой жидкости для удержания столба жидкости в колонне труб при остановке насоса [15].

К недостаткам традиционной компоновки погружного скважинного насоса следующие:

- необходимо иметь в наличии данной компоновки колонны НКТ несколько клапанов, как минимум двух: сливной и обратный, что конечно, усложняет ее конструкцию, так как установка данных клапанов осуществляется в разных частях НКТ.

Задачей многофункционального клапана в компоновке погружной скважинной насосной установки это снижение наличие клапанов в компоновке, благодаря многофункциональной способностью данного клапана, что в разы увеличит ее надежность.

Результатом является то, что мы с научным руководителем выявили недостатки и решения при помощи патента ЕАПО №038348 «Противопесочный клапан для штанговых винтовых насосных установок» и патентом РК №35454 «Компоновка скважинной насосной установки» и решением является многофункциональный клапан для компоновки скважинной насосной установки, функционирование, работоспособность и выполнение сразу несколько технологических операций, такие как:

- замена количество клапанов одним многофункциональным клапаном, что упрощает конструкцию;

- служит для очистки скважинного фильтра и устройств фильтрации;

- промывает НКТ от возникновения отложений;

- сливает жидкость из НКТ перед подъемом их наружу при выполнении ремонтных работ в скважине.

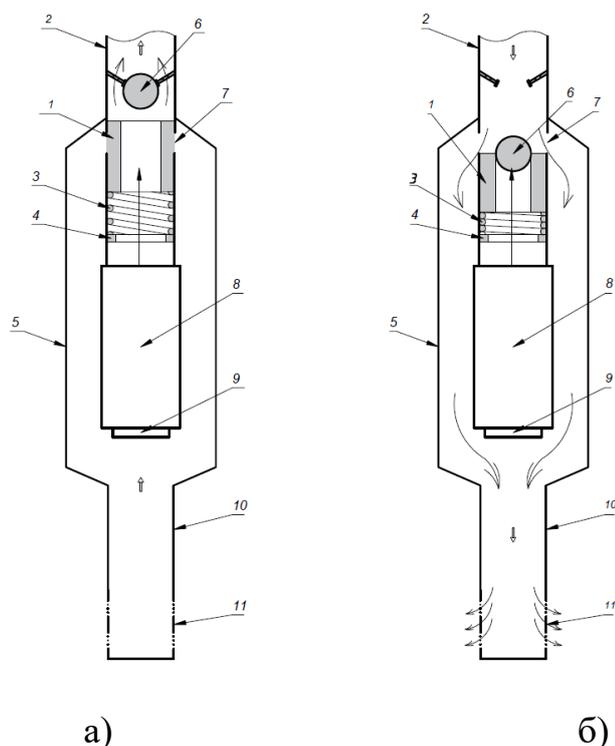
Конечном итогом данного устройства является то, что оно имеет способность многофункциональности и уменьшает затраты при эксплуатации скважин, благодаря повышению межремонтного периода скважины.

Компановка погружной скважинной насосной установки с применением многофункционального клапана будет содержать непосредственно сам многофункциональный клапан подпружиненный, в свою очередь будет с подвижным запорным органом имеющий золотниковый тип. Данный орган будет расположен над насосной установкой по ходу движения жидкости, также для того, чтобы перекрывать перепускные окна на стенках НКТ, расположенный в полем цилиндрическом кожухе, также герметично и жестко зафиксированным сверху. Компановка отличается от традиционной тем, что имеется наличие многофункционального клапана.

Многофункциональный клапан имеет возможность выполнение сразу нескольких операций, который связаны с устройством фильтра. Данный клапан способен как очищать, так и промывать устройства фильтра от различных механических примесей, в том числе и пескопроявления. Для того, чтобы выполнить операцию по очистке фильтра с поверхности земли, то есть с наземной части скважины возникает импульс давления. При помощи импульса давления идет отжимание пружины с запорным элементом клапана в нижнюю часть и после этого открываются перепускные окна в колонне НКТ для того, чтобы жидкость пропускалась по зазору, а именно между кожухом и насосом к фильтру.

Для очистки стенок НКТ от нежелательных отложений, нужно сделать закачку с наземной части промывочной жидкости. При данном способе можно избежать попадание химреагентов на насос.

На рисунке 11 представлен многофункциональный клапан в двух вариантах. Первый вариант (рис. 11а) показано положение элементов многофункционального клапана при работе глубинного насоса, а второй вариант (рис. 11б) представлено положение многофункционального клапана при остановке скважины и для выполнения таких операций как: очистка скважинного фильтра при помощи подачи импульса промывка колонны НКТ от асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), а также для сброса жидкости из колонн НКТ перед подъемом насоса при проведении текущего и капитального ремонта скважины.



1 - золотник; 2 - колонна НКТ; 3 - пружина; 4 - стопорное кольцо; 5 - кожух; 6 - обратный клапан; 7 - сливные (а) и перепускные (б) окана; 8 - насос; 9-приемное отверстие; 10 - хвостовик; 11 - фильтр

Рисунок 11 – Многофункциональный клапан для погружных скважинных насосов:

а) положение элементов многофункционального клапана при работе глубинного насоса; б) положение элементов многофункционального клапана при остановке насоса и очискти скважинного фильтра

Принцип работы многофункционального клапана для погружных скважинных насосов при работе глубинного насоса (рис. 11а) заключается в следующем. Сначала делают расчет и установку усилия затяжки пружины 3, учитывая глубину самой скважины, где будет устанавливаться насос 8, также нужно учитывать напор насоса для того, чтобы выполнить подъем жидкости из скважины на дневную поверхность. Также нужно, учесть, то что необходимость выполнения подъема жидкости из скважины с маленьким запасом от расчетной части. Необходимые дополнительные работы проводятся на специальном стенде.

После того, как произвоили сбоку насоса 8, к насосу также добавляются кожух 5, хвостовик 10 и фильтр 11. Данные оборудования спускают в скважину на колонне НКТ 2 и начинают работу. В следствии этого, жидкость очищается при помощи фильтра 11 и поступает через хвостовик 10 на приемное отверстие 9, который относится к насосу 8. Далее уже через обратный клапан 6 идет откачка с помощью колонн НКТ 2 на

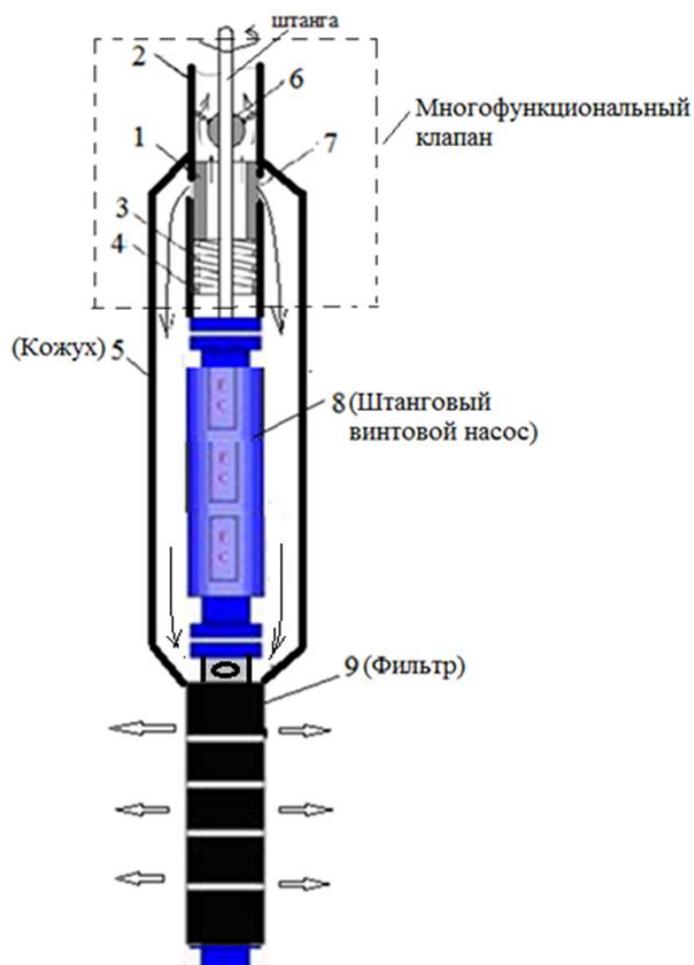
дневную поверхность. В данной конструкции золотник 1 закрывает сливные окна 7, чтобы жидкость из колонны НКТ 2 не попадала в пространство между кожухом 5 и насосом 8 непосредственно к фильтру 11.

Для очистки скважинного противопесочного фильтра 11 (рис. 11б) необходимо остановить насос 8. Запорный орган обратного клапана 6 должен сесть в седло золотника 1, чтобы выполнить защиту насоса 8 от обратного потока промывочной жидкости. Обратный поток промывочной жидкости может содержать в себя агрессивные моющие реагенты для очистки скважинного противопесочного фильтра. На поверхности скважины, а именно на устье скважины в колонне НКТ 2 создают избыточное давление, такую, чтобы данное избыточное давление было достаточным для ряда технологических операций такие как: прохождения усилия затяжки пружины 3, перемещению золотника 1 и для того, чтобы открылись перепускные окна 7 (рис. 11б) и в конечном итоге, для того, чтобы выполнилось передачу импульса давления на противопесочный фильтр 11.

После всех данных операций жидкость, проходящая по колонне НКТ 2 через перепускные окна 7, зазором между кожухом 5 и насосом 8, а также и хвостовиком 10 совершает промывку фильтра 11 изнутри наружу. Для промывки фильтра 11 необходимо определить опытным путем учитывая загрязнения продукции скважины можно рассчитать объем жидкости для проведения данной операции. Далее, как прошла промывка и очистка фильтра 11, колонна НКТ 2 остается заполненная жидкость, которая в свою очередь, поможет не терять время на заполнение при запуске насоса 8 обратно в работу.

Периодическая очистка скважинного противопесочного фильтра в условиях высокого пескопроявления поможет сократить и предотвратить образование песчаных пробок над насосом.

Устройство многофункционального клапана позволит нам, намного упростить сложную конструкцию компоновки погружных скважинных насосов. На рисунке 12 представлена компоновка погружной насосной установки для штанговых винтовых насосов с многофункциональным клапаном.



1 - золотник; 2 - колонна НКТ; 3 - пружина; 4 - стопорное кольцо; 5 - кожух; 6 - обратный клапан; 7 - сливные окна; 8 - насос; 9 - фильтр

Рисунок 12 – Компоновка для штанговой винтовой насосной установки с многофункциональным клапаном

3.3 Расчетная часть

За долгое время эксплуатации скважин доказывает нам, что одним из надежных и эффективных методов борьбы с выносом песка является устройство противопесочного фильтра, однако помимо данного устройства существуют и другие методы. Помимо использования фильтров, также еще одним эффективным устройством является сепараторы, но данные методы, что фильтры, что сепараторы образуют песчаные пробки в скважине, что, конечно, может негативно повлиять при добыче нефти и газа, вызывая частные ремонтные работы для очищения от песка и промывания устройств. В плане экономических соображений это не совсем целесообразно, поэтому необходимо удаление «полного» песка из скважины на поверхности. Это

будет менее затратным вариантом, чем останавливать скважину, что приводит к большим затратам денег и времени.

Необходимо учитывать, что «полное» удаление песка из скважины невозможно. В связи с этим нужно использовать различные технологические методы, которые позволят эксплуатировать скважину так, чтобы получить высокую эффективность выноса песка.

На сегодняшний день популярность при добыче нефти и газа получили ВНУ с поверхностным приводом. Во время эксплуатации данной насосной установки поток жидкости формируется так, что оно становится непрерывной. В расчетах А.М. Привердяна отмечается, что при выборе труб и штанг, которые в свою очередь создают необходимую площадь F для дальнейшего прохода жидкости. Когда идет уменьшение площади F , это может вызвать увеличение гидродинамического сопротивления. Также в работе А.М. Привердяна указывается анализ движения жидкости с песком только в НКТ, однако песчаная пробка создается во время осаждения песка в эксплуатационной колонне.

Состояние процесса движения жидкости с перемещкой с песком указан на рисунке 13. В данной схеме показано условное обозначение группа зерен песка в одном слое.

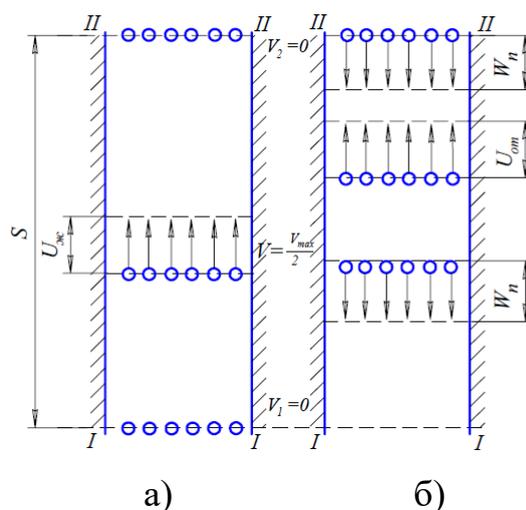


Рисунок 13 – Состояние процесса системы «жидкость-песок» в трубе:
 а - перемещение жидкости в НКТ за полуцикл подъема плунжера насоса;
 б - перемещение частиц песка в трубе при полном цикле работы насоса

Перемещение частиц песка в данном процессе происходит дискретно в зависимости от работы скважинного плунжерного насоса. Во время одного хода плунжера жидкость перемещается от сечения I–I до сечения II–II.

На рисунке 13 объем жидкости за один ход плунжера Q , поддерживает частицу песка во взвешенном состоянии, что дает переместить сечение I–I в

положение II–II, это если только учесть, что отсутствует осаждение песка. В таком случае скорость перемещение составит:

$$U_{\text{ж}} = \frac{Q}{F(1-\sigma)}, \quad (2)$$

где F – доля просвета в сечении трубы;

σ – концентрация песка по объему (в процентах).

Если произойдет падения частичек песка, то непосредственно это вызывает вытеснение жидкости вверх в объеме:

$$Q' = wF\sigma, \quad (3)$$

где w – скорость осаждения песка.

Расход жидкости, в связи с этим, который направляется вверх при помощи осаждения песка, составляет:

$$U'_{\text{ж}} = \frac{Q''}{F(1-\sigma)}, \quad (4)$$

Для сохранения равновесия выражение (3) приравниваем к выражению (4), которое относительно решенное Q'' .

Вследствие этого получим выражение:

$$U_{\text{ж}} = w\sigma(1 - \sigma) \quad (5)$$

В процессе перемещения песка совместно с жидкостью вверх (рис. 13б) скорость перемещение жидкости $U_{\text{ж}}$ и песка $U_{\text{п}}$ будут соответственно:

$$U_{\text{ж}} = \frac{Q}{F(1-\sigma)}, \quad (6)$$

$$U_{\text{п}} = \frac{q}{F\sigma}, \quad (7)$$

где Q и q – расход жидкости и песка.

Относительная скорость частиц песка составляет:

$$U_{\text{отн}} = U_{\text{ж}} - U_{\text{п}}, \quad (8)$$

Учитывая все вышеуказанные выражения, за один ход плунжера штангового насоса частицы песка будут перемещены на расстояние:

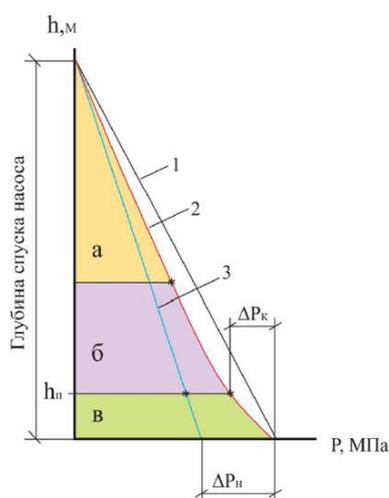
$$l_{\text{п}} = U_{\text{отн}}t, \quad (9)$$

где t – время, за которое выполняется ход плунжера насоса вверх.

В расчетной части будут рассчитываться перепад давления для начала активации клапана, скорость оседания песка в скважинной жидкости, расчет пружины.

Для расчета перепада давления противопесочного клапана при работе и остановке насосной установки градиентной кривой давления по высоте столба жидкости в НКТ включает в себя линейный характер 1 (рис. 14), по причине того, что механические примеси в этот период могут быть равномерно распределены по столбу жидкости в НКТ. Далее, после остановки насосной установки через некоторое время, характер градиентной кривой будет постепенно меняться в нелинейную кривую 2 в зависимости от меры осаждения песка и его концентрации. В свою очередь в столбе жидкости в НКТ будет иметь три зоны, такие как:

- область полу или чистой жидкости;
- область жидкости с мелкой взвешенной частицей механических примесей;
- область жидкости с крупной частицей механических примесей, которые образуют песчаную пробку.



- 1 - после остановки насоса; 2 - через некоторое время после остановки насоса;
3 - чистая жидкость

Рисунок 14 – Характер градиента кривой давления по длине НКТ:
а - область чистой жидкости; б - область с мелкой взвешенной частицей механических примесей; в - область жидкости с крупной частицей механических примесей [16]

Первым этапом при расчете будет, расчет перепада давления для активации клапана. Основным параметром для начала активации клапана и сброса песка в затрубное пространство может служить величина перепада давления ΔP_H , который находится непосредственно над насосом, а завершающей стадией будет выполняться сброс перепада давления ΔP_K на границе (б) и (в), которые определяют высоту столба жидкости песка h_P . В областях (а) и (в) во время остановок насоса будет сбрасываться столб жидкости мелких взвешенных частиц механических примесей, но при кратковременных типовых остановах насоса это может вызвать к уменьшению энергии при дальнейших его запусках.

Для расчета и определения перепада давления можно использовать разницу гидростатических давлений чистой жидкости и с содержанием некоторого количества механических примесей:

$$\Delta P_H = (\rho_M - \rho_C) \cdot g \cdot h, \quad (10)$$

где ρ_M – плотность жидкости с песком, кг/м³;

ρ_C – плотность чистой жидкости, кг/м³;

h – высота столба жидкости, м;

g – ускорения свободного падения, м/с².

Возьмем плотность ρ_M равной плотности морского песка $\rho_M = 1630$ кг/м³, а плотность ρ_C возьмем равной плотности нефти $\rho_C = 850$ кг/м³. Тогда мы получаем:

$$\Delta P_H = (\rho_M - \rho_C) \cdot g \cdot h = (1630 - 850) \cdot 9,81 \cdot 30 = 0,23 \text{ МПа}$$

Величина перепада давления P_K определяется при помощи скорости седиментации крупных механических примесей.

Для того, чтобы определить в каком режиме будет осуществляться осаждения песка, существуют три основные силы, такие как сила тяжести, сила выталкивания и сила сопротивления. Для дальнейших расчетов и определения при каком режиме будет проходить осаждения песка вычисляем скорость частицы осаждения по формуле Стокса, при числе Рейнольдса $Re < 1$, форма частицы будет сферической. Формула Стокса, при числе Рейнольдса $Re < 1$:

$$U = \frac{g \cdot (\rho_C - \rho_ж) \cdot d^2}{18 \cdot \mu}, \quad (11)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

ρ_C – плотность вещества, кг/м³;

$\rho_ж$ – плотность жидкости, кг/м³;

μ – коэффициент динамической вязкости.

В нашем случае возьмем плотность мокрого песка, $\rho_{\text{ч}} = 1630 \text{ кг/м}^3$ и плотность жидкости, возьмем нефти, $\rho_{\text{ж}} = 850 \text{ кг/м}^3$. Значения числа Рейнольдса зависит от критерия, они также могут использоваться в следующих формулах:

При $1^3 < \text{Re} < 10^3$:

$$U = \frac{\nu}{d} \cdot (\sqrt{25 + 1,2d^2} - 5)^{1,5}, \quad (12)$$

При $10^3 < \text{Re} < 10^5$:

$$U = 1,74 \cdot \sqrt{d \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2}} \cdot g, \quad (13)$$

В данном случае необходимо воспользоваться формулой Стокса (11), но для этого нужно определить коэффициент динамической вязкости. Найдем данный коэффициент с помощью формулы Пуазейля:

$$\mu = \frac{\pi \cdot P \cdot r^4}{8 \cdot V \cdot L} \cdot t, \quad (14)$$

где P – давление, которое действует на жидкость, Па;

r – радиус НКТ, м;

V – объем жидкости, м^3 ;

L – длина колонны НКТ, м;

t – время прохождения жидкости, с.

Величину коэффициента динамической вязкости приняли среднюю, равной $\mu = 4,9 \text{ мПа} \cdot \text{с}$. После этого находим критический диаметр частиц по следующей формуле:

$$d_{\text{кр}} = C^3 \cdot \sqrt{\frac{\mu^2}{g \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot \rho_2}}, \quad (15)$$

где C – константа, при использовании формулы Стокса, $C = 2,62$.

После этого мы можем найти критический диаметр частиц, а затем вычислить скорости осаждения песка:

$$d_{\text{кр}} = C^3 \cdot \sqrt{\frac{\mu^2}{g \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot \rho_2}} = 2,62^3 \cdot \sqrt{\frac{(4,9 \cdot 10^{-3})^2}{9,81 \cdot (1630 - 850) \cdot 850}} \\ = 0,035 \text{ мм}$$

Для того, чтобы создать зависимость скорости оседания частиц от критического диаметра, необходимо взять еще три значения диаметра частиц, которые будут отличаться от критического значения:

- $d_{кр1} = 0,035$ мм;
- $d_{кр2} = 0,07$ мм;
- $d_{кр3} = 0,105$ мм;
- $d_{кр4} = 0,14$ мм.

После того, как критические значения обозначали, находим непосредственно скорости осаждения частиц по данным значениям по формуле (11):

$$1) U_1 = \frac{g \cdot (\rho_{ч} - \rho_{ж}) \cdot d^2}{18 \cdot \mu} = \frac{9,81 \cdot (1630 - 850) \cdot (0,035 \cdot 10^{-3})^2}{18 \cdot 4,9 \cdot 10^{-3}} = 0,0001 \text{ м/с}$$

$$2) U_2 = \frac{g \cdot (\rho_{ч} - \rho_{ж}) \cdot d^2}{18 \cdot \mu} = \frac{9,81 \cdot (1630 - 850) \cdot (0,07 \cdot 10^{-3})^2}{18 \cdot 4,9 \cdot 10^{-3}} = 0,0004 \text{ м/с}$$

$$3) U_3 = \frac{g \cdot (\rho_{ч} - \rho_{ж}) \cdot d^2}{18 \cdot \mu} = \frac{9,81 \cdot (1630 - 850) \cdot (0,105 \cdot 10^{-3})^2}{18 \cdot 4,9 \cdot 10^{-3}} = 0,0009 \text{ м/с}$$

$$4) U_4 = \frac{g \cdot (\rho_{ч} - \rho_{ж}) \cdot d^2}{18 \cdot \mu} = \frac{9,81 \cdot (1630 - 850) \cdot (0,14 \cdot 10^{-3})^2}{18 \cdot 4,9 \cdot 10^{-3}} = 0,0017 \text{ м/с}$$

На рисунке 15 будет отображено зависимость критического диаметра осаждающихся частиц от скорости осаждения частиц.

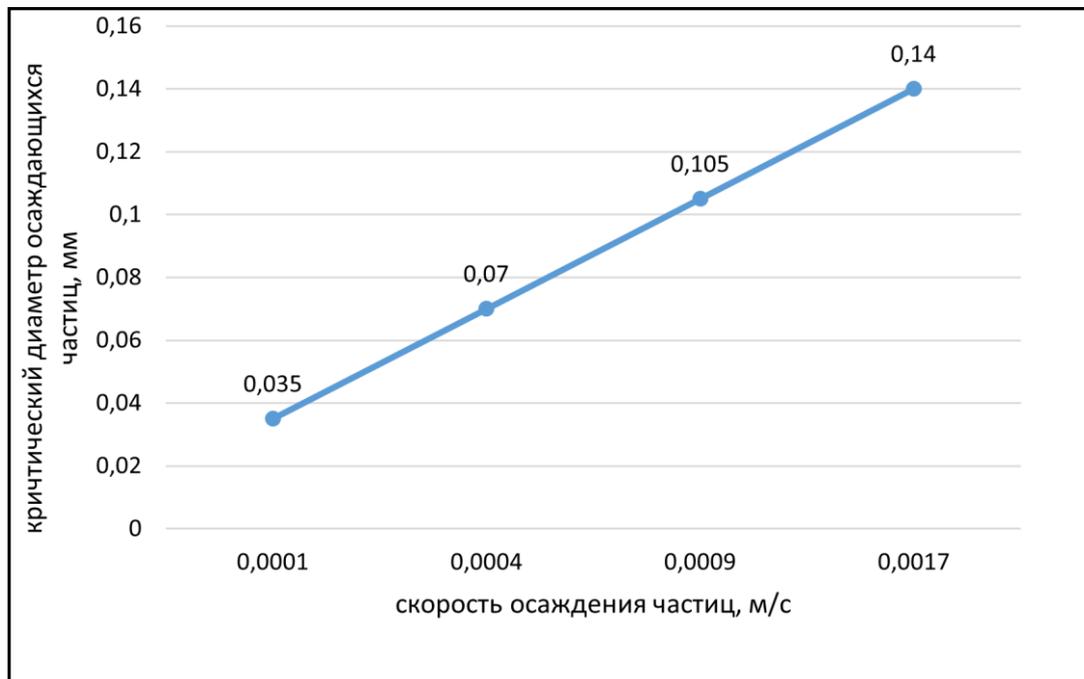


Рисунок 15 – Зависимость критических диаметров осаждающихся частиц от скорости осаждения частиц

Следующим этапом после перепада давления для начала активации клапана и нахождения скоростей осаждения частиц песка, идет непосредственно расчет пружины. Исходные данные по пружине, взяли по стандарту ГОСТ 13766-86 пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения I класса, разряда 1 из стали круглого сечения. Данные подобрали из таблицы по стандарту, по таблице 3 будут все исходные данные пружины. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 5616-86. Настоящий стандарт распространяется на пружины сжатия и растяжения I класса, разряда 1 с силами при максимальной деформации пружины (F_3) от 1,00 до 850 Н.

Таблица 3 – Параметры пружины по ГОСТ 13766-86

Номер позиции	Сила пружины при критической деформации, Н	Диаметр спирали, мм	Внешний диаметр пружины, мм	Жесткость одного витка пружины, Н/мм	Наибольший прогиб одного витка, мм
462	315,0	5,00	65,0	28,390	11,090

Получив исходные данные из таблицы 3, определяем силу пружины при рабочей деформации. Для нахождения этого значения вычислим по данной формуле:

$$F_3 = \frac{F_2}{1-\delta}, \quad (16)$$

где F_2 – сила при рабочей деформации, Н;

F_3 – сила пружины при критической деформации, Н;

δ – просвет пружины сжатия, она равна $\delta = 0,05 \div 0,25$. Берем среднее значение $\delta = 0,2$.

Из данной формулы (16) находим F_2 , отсюда:

$$F_3 = \frac{F_2}{1-\delta} = F_2 = (1-\delta) \cdot F_3 = (1-0,2) \cdot 315 = 252 \text{ Н.}$$

После нахождения силы пружины при рабочей деформации, находим число действующих витков пружины:

$$n = \frac{C_1}{F_2} \cdot \Delta L_1, \quad (18)$$

где C_1 – коэффициент жесткости одно витка пружины, Н/мм;

ΔL_1 – жесткость пружины, берем равной $\Delta L_1 = 50$ мм. Теперь же находим значение N число действующих витков на пружину:

$$n = \frac{C_1}{F_2} \cdot \Delta L_1 = \frac{28,39}{252} \cdot 50 = 5,6 \approx 6$$

Исходя из ГОСТ 13766-86 диаметр проволоки составляет $d = 5$ мм, зная это, можно определить жесткость пружины:

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n}, \quad (19)$$

где d – диаметр спирали, мм;

D – внутренний диаметр пружины, мм;

G – модуль сдвига для пружинной стали, $G = 7,85 \cdot 10^4$ Н/мм².

Имея все данные, можно вычислить жесткость пружины по формуле (19):

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} = \frac{7,85 \cdot 10^4 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot (65 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 6} = 3,72 \text{ Н/мм}$$

Находим максимальную деформацию пружины:

$$\lambda_3 = \frac{F_3}{C} = \frac{315}{3,72} = 85 \text{ мм} \quad (20)$$

Полное количество витков пружины находим при помощи формулы:

$$n_1 = n + n_2 = 6 + 2 = 8, \quad (21)$$

где n_2 – число опорных витков, $n_2 = 2$.

В итоге, длину развернутой пружины определим по формуле:

$$L = 3,2 \cdot D \cdot n_1 = 3,2 \cdot 65 \cdot 8 = 1664 \text{ мм}. \quad (22)$$

4 Охрана труда и безопасности окружающей среды

Добыча нефти и газа очень сложна и многообразна своими технологическими процессами. В данных процессах существуют пожароопасные и взрывоопасные вещества, что играет важную роль при добыче нефти и газа, так как нужно соблюдать строгую технику безопасности. Обычно данные технологические мероприятия происходят на производственном участке, который снабжен оборудованием, где ведутся работы по эксплуатации различных опасных для жизни производственных объектов. По правилам такие производственные объекты должны находиться либо в населённых пунктах или же за городом, при первом варианте данное предприятия берет на себя огромную ответственность за безопасность людей и окружающей среды.

Основными факторами чрезвычайных последствий (ЧП) на нефтегазовых месторождениях могут быть технические причины и человеческий фактор. Стоит не забывать и о стихийных последствиях, что, конечно, является одним из самых непредсказуемых явлений. Самыми, наверное, опасными стихийными последствиями могут быть: пожары и взрывы.

Для того, чтобы избежать негативного исхода необходимо тщательно проверять пожаробезопасность на всех объектах предприятий, это очень важно, так как отсюда и начинается вся структура и база безопасности людей и окружающей среды. Необходимо и важно учитывать систему управления промышленной безопасности в качестве ключевого звена при управлении производством, что играет очень важную роль.

Основной целью промышленной безопасности является обеспечение защиты работников от внезапных аварий не только на опасных производственных объектах, но и в простых объектах тоже.

Для уменьшения вероятности ЧС при добыче нефти и газа и не только необходимо создать комплекс по предупреждению при аварийных и опасных ситуациях. К данному мероприятию можно отнести следующее:

- повысить надежность технологических оборудований;
- усовершенствовать или модернизировать рабочие процессы;
- обновлять или же заменять старые оборудование на новые с современными материалами;
- использование высокого качества сырья и материалов;
- подбирать ответственных и высококвалифицированных работников на рабочие места.

В нефтяной и газовой промышленности существуют колоссально множества количеств технологических операции и процессов, которые служат источниками загрязнения окружающей среды.

Основными вредителями и загрязнителями являются такие вещества, как: углеводород, оксид, сера, азот, углерод и механические твердые частицы.

Для предотвращения данных загрязнений в больших количествах, необходимо как можно быстрее снижать данное количество загрязняющих элементов, так как это очень плохо влияет на окружающую среду и на здоровье человека и нормальную работоспособность организма.

Как упоминалось выше необходимо создать комплексные мероприятия для безопасности не только человека, но и окружающей среды. В местах, где существуют высокая вероятность производственной опасности в срочном порядке необходимо выполнять строгие правила по обеспечению безопасности, так как прописано в законодательстве Республики Казахстан об охране труда и безопасности окружающей среде нефтяной промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При написании дипломного проекта на тему модернизации многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра, было не мало изучено и проанализировано научных статей, журналов и специальной литературы. Многофункциональный клапан является связующим звеном при эксплуатации скважин, а также при борьбе с пескопроявлениями. Был совершен анализ пескопроявления, как одной из основных проблем при добыче нефти и газа, так данный вопрос остается актуальным и на сегодняшний день. Если предварительно не бороться и не предупреждать об этом явлений, после этого борьба с ним намного усложниться, что приведет к трату времени и бюджетных средств.

Однако, основная тема была многофункциональный клапан и как его модернизировать в лучшую сторону. Мы с руководителем по дипломному проекту обдумав все минусы и недочеты предыдущих исследований, решили показать, как один многофункциональный клапан способен заменить сразу несколько клапанов в компоновке насосной установки. Данное устройство позволяет выполнять сразу несколько технологических операций как одновременно, так и по отдельности.

Также были выполнены расчеты и чертежи по данной теме. Был описан принцип работы многофункционального клапана и +его дополнительных способностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б. Мырзахметов, Ж. Нуркас, А. Султабаев, Б. Калиев. Особенности эксплуатации нефтяных скважин в условиях высокого пескопроявления. Oil&Gas Journal Russia. С. 60.
2. М.К. Каражанова, Г.М. Эфендиев. Комплексный анализ показателей эксплуатации скважин на месторождениях Казахстана // XXI Губкинские чтения, Москва, 24–26 марта 2016. – С. 47.
3. Ж.Б. Нуркас, Б. Убайдоллаулы. Case Study: Enhancing PCP Performance through the Complex Failure Analyziz of More Than 200 Wells // Техническая конференция по тяжелым нефтям, SPE-189732, Калгари, Канада, 13–14 марта 2018.
4. Рекомендованные методики по выбору способа заканчивания скважин в условиях пескопроявления. Проспект компании «Роснефть».
5. Тананыхин Д.С. Обоснование технологии крепления слабосцементированных песчаников в призабойной зоне нефтяных и газовых скважин химическим способом : Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – СПб., 2013
6. Neftegaz Wiki <https://neftegaz.fandom.com/wiki>
7. Научно-Производственная Компания "ФИЛЬТР": <https://www.npk-filtr.ru/ks-ok>
8. Нескин В.А. Разработка и исследование композиции на основе кремнийорганического полимера для ликвидации выноса песка в газовых скважинах: Дис канд. техн. наук: 02.00.11. – М., 2016. – 129 с.
9. Бахтизин Р.Н., Смольников Р.Н. Особенности добычи нефти с высоким содержанием механических примесей. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012. – №5. – С. 159-170.
10. Савацки Р., Уэрта М., Лондон М., Меца Б. Холодная добыча на западе Канады: шаг вперед в первичной добыче нефти // RogTech. – 2010. – № 20. – С. 68-74.
11. Рыбак Б. М. Анализ нефти и нефтепродуктов. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. – 887 с.
12. United States Patent «Valve with shuttle» № US 9 027 654 B2.
13. Мырзахметов Б. А., Крупник Л. А., Бейсенов Б. С., Токтамисова С. М. Применение струйных насосов и средств защиты от пескопроявления при откачке продуктивных растворов урана // Безопасность труда в промышленности. – 2018. – № 7. – С. 74-80. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-7-74-80.
14. Gao G., Dang R., Nouri A., Jia H., Li L., Feng X., Dang B. Sand rate model and data processing method for non-intrusive ultrasonic sand monitoring in flow pipeline // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2015. Vol. 134. Pp. 30–39. DOI: 10.1016/j.petrol.2015.07.001.

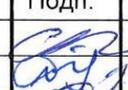
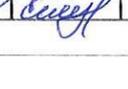
15. Серeda Н. Г., Муравьев В. М. Основы нефтяного и газового дела. Учебник для вузов.— 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980, с. 145.

16. Мырзахметов Б.А., Токтамисова С.М., Сарыбаев Е., Майкенов Е.Б. Защита глубиннонасосного оборудования в условиях высокого пескопроявления. // Промышленность Казахстана, 2018. – №2. – С. 80-83.

формат	Зона	Позиция	Обозначение	Название	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3				<u>Сборочная единицы</u>	2	
				<u>Детали</u>		
		1		Активатор тарельчатый	1	
		2		Колонна НКТ	1	
		3		Пружина	1	
		4		Стопорное кольцо	1	
		5		Кожух	1	
		6		Сливные окна	2	
		7		Уплотнители	4	
		8		Золотник	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		1		Резьба 2 7/8 - 8EU BOX	1	
		2		Резьба 2 7/8" - 8EU PIN	1	

					ДПТМиО.546.00.01.С		
					Устройство противопесочное для штанговых винтовых насосов в сборе		
					Лит.	Лист	Листов
					У	1	2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КазНИТУ им. К.И.Сатпаева Кафедра ТМиТ		
З. кафедры		Бортебаев С.А.					
Н. контроль		Сарыбаев Е.Е.					
Руководитель		Мырзахметов Б.А.					
Консультант		Мырзахметов Б.А.					
Выполнил		Елеуов А.К.					

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Название	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3				<u>Сборочная единицы</u>	2	
				<u>Детали</u>		
		1		Активатор тарельчатый	1	
		2		Колонна НКТ	1	
		3		Пружина	1	
		4		Стопорное кольцо	1	
		5		Кожух	1	
		6		Сливные окна	2	
		7		Уплотнители	4	
		8		Золотник	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		1		Резьба 2 7/8 - 8EU BOX	1	
		2		Резьба 2 7/8" - 8EU PIN	1	

ДПТМиО.546.00.02.С				
Устройство противопесочное для штанговых винтовых насосов в сборе				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
З. кафедры		Бортебаев С.А.		
Н. контроль		Сарыбаев Е.Е.		
Руководитель		Мырзахметов Б.А.		
Консультант		Мырзахметов Б.А.		
Выполнил		Елеуов А.К.		
			Лит.	Лист
			У	2
			Листов	
			2	
КазНИТУ им. К.И.Сатпаева Кафедра ТМиТ				

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект
(наименование вида работы)

Елеуова Алмаса Куандыковича
(Ф.И.О. обучающегося)

5B072400 – Технологические машины и оборудование
(шифр и наименование специальности)

На тему: Модернизация конструкции многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра

Выполнено:

- а) графическая часть на 8 листах
б) пояснительная записка на 43 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломный проект направлен на решение актуальной проблемы в области нефтедобычи в условиях высокого пескопроявления – решению вопросов предотвращения образования песчаных пробок и очистки скважинного фильтра ГНО от механических примесей без проведения РВР на скважине.

Предлагаемое техническое решение оригинально, не имеет аналогов и основано на подтвержденном НИИС МЮ Патенте РК.

Поставленные в дипломном проекте задачи полностью решены и отражены в пояснительной записке к ней. Дипломный проект выполнен в соответствии с требованиями нормативных документов и оформлен в соответствии с СТП, содержит все необходимые разделы, включающие расчеты и пояснения. Существенных замечаний к содержанию и изложению не имеется. Небольшие замечания по оформлению наглядных материалов могут быть устранены до защиты.

Оценка работы

Дипломный проект Елеуова А.К. соответствует требованиям ГОСО и нормативных документов и может быть допущена к защите с оценкой «Отлично» (95%, А), а его автор заслуживает присвоения квалификации «бакалавр» по специальности – 5B072400 «Технологические машины и оборудование».



Профессор КБГУ, д.т.н., профессор
(должность, уч. степень, звание)

Кабдулов С.З.

(подпись)

«25»

2022г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Елеуов А.К.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: «Модернизация конструкции многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра»

Научный руководитель: Бейбит Мырзахметов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 23.05.2022
Жушдинова А.С.

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Елеуов А.К.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: «Модернизация конструкции многофункционального клапана для очистки скважинного фильтра»

Научный руководитель: Бейбит Мырзахметов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 23.05.22

Заведующий кафедрой

