

УДК 622.276.8; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-4.07>

<https://orcid.org/0000-0003-1688-0666>

<https://orcid.org/0000-0001-6168-2787>

<https://orcid.org/0009-0008-7126-3672>

ТЕХНОЛОГИИ БОРЬБЫ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ В ТРЕХФАЗНОМ СЕПАРАТОРЕ



Д.Д. БАСКАНБАЕВА,
доктор PhD,
d.baskanbayeva@satbayev.university



К.К. ЕЛЕМЕСОВ,
к.т.н., доцент,
k.yelemessov@satbayev.university



А.М. ТУКУБАЕВ,
магистрант по специальности
«Цифровая инженерия
машин и оборудования»,
adil.t.ev99@gmail.com

SATBAYEV UNIVERSITY

Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

Одним из важных направлений деятельности нефтегазодобывающих предприятий является повышение эффективности производства, снижение удельных энерго- и ресурсозатрат при добыче нефти и сокращение потерь углеводородов.

Уменьшение межремонтного периода основных средств, ремонт или покупка нового оборудования способствуют повышению себестоимости добываемой нефти и снижению рентабельности производства. Поэтому нефтяные компании вынуждены искать и принимать эффективные меры по уменьшению пескопроявлений и борьбе с отрицательным его воздействием на процесс нефтегазодобычи.

Актуальность темы данной (статьи) заключается в том, что результаты выполненного в ней исследования могут быть применены с целью создания технологии борьбы с механическими примесями в технологическом оборудовании, повышения эффективности процессов сепарации, а также снижения количества технологических срывов процесса подготовки нефти.

Для нейтрализации механических примесей в этой работе предложено использование модернизированного трехфазного сепаратора.

Целью данной работы является анализ и выбор наиболее эффективного метода борьбы (с механическими примесями) на установке предварительной подготовки нефти.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: механические примеси, нефтяной шлам, сепаратор, отстойник, коалесценция, АСПО.

ҮШ ФАЗАЛЫ СЕПАРАТОРДА МЕХАНИКАЛЫҚ ҚОСПАЛАРМЕН КҮРЕСУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Д.Д. БАСҚАНБАЕВА, Доктор PhD, *d.baskanbayeva@satbayev.university*

Қ.К. ЕЛЕМЕСОВ, к.т.н., доцент, *k.yelemessov@satbayev.university*

А.М. ТУКУБАЕВ, "Машиналар мен жабдықтардың цифрлық инженериясы" мамандығы бойынша магистрант, *adil.t.ev99@gmail.com*

SATBAYEV UNIVERSITY

Қазақстан Республикасы, 050013, Алматы қ, Сәтбаев к., 22

Мұнай-газ өндіруші кәсіпорындар қызметінің маңызды бағыттарының бірі өндіріс тиімділігін арттыру, мұнай өндіру кезінде энергия мен ресурстардың үлестік шығындарын азайту және көмірсутектердің ысырабын азайту болып табылады.

Негізгі құралдардың жөндеу аралық кезеңін азайту, жаңа жабдықты жөндеу немесе сатып алу, өндірілетін мұнайдың өзіндік құнын арттыруға және өндіріс тиімділігін төмендетуге ықпал етеді. Сондықтан мұнай компаниялары құмның пайда болуын азайту және оның мұнай-газ өндіру үдерісіне теріс әсерімен күресу үшін оңтайлы шараларды іздеуге және қабылдауға мәжбүр.

Осы тақырыптың (мақаланың) өзектілігі, онда жүргізілген зерттеудің нәтижелері, технологиялық жабдықта механикалық қоспалармен күресу технологиясын құру, бөлу үдерістерінің тиімділігін арттыру, сондай-ақ мұнай дайындау үдерісінің технологиялық бұзылуларының санын азайту мақсатында қолданылуы мүмкін.

Механикалық қоспаларды бейтараптандыру үшін бұл жұмыста жаңартылған үш фазалы сепаратор ұсынылады.

Бұл жұмыстың мақсаты мұнайды алдын-ала дайындау қондырғысының жұмыс жауауына әсер ететін факторларын, яғни механикалық қоспаларды, талдау және олармен күресудің ең тиімді әдісін таңдау болып табылады.

ТҮЙІНДІ СӨЗДЕР: механикалық қоспалар, мұнай шламы, сепаратор, тұндырғыш, коалесценция, асфальт шайырлы парафинді шөгінділер (АШПШ).

TECHNOLOGIES FOR COMBATING MECHANICAL IMPURITIES IN A THREE-PHASE SEPARATOR

D.D. BASKANBAYEVA, Doctor PhD, *d.baskanbayeva@satbayev.university*

K.K. YELEMESOV, Candidate of technical sciences, Associate Professor,

k.yelemessov@satbayev.university

A.M. TUKUBAYEV, Master's degree in "Digital engineering of machinery and equipment",

adil.t.ev99@gmail.com

SATBAYEV UNIVERSITY

Republic of Kazakhstan, 050000 Almaty, st. Satpaev 22

One of the important activities of oil and gas producing enterprises is to increase production efficiency, reduce specific energy and resource costs in oil production and reduce hydrocarbon losses.

Reduction of the repair period of fixed assets, repair or purchase of new equipment contribute to an increase in the cost of oil produced and a decrease in the profitability of production. Therefore, oil companies are forced to look for and take effective measures to reduce sand occurrences and combat its negative impact on the process of oil and gas production.

The relevance of the topic of this (article) lies in the fact that the results of the research carried out in it can be applied in order to create a technology for combating mechanical impurities in

technological equipment, increasing the efficiency of separation processes, as well as reducing the number of technological disruptions of the oil preparation process.

To neutralize mechanical impurities in this work, the use of an upgraded three-phase separator is proposed.

The purpose of this work is to analyze and select the most effective method of control (with mechanical impurities) at the oil pretreatment plant.

KEYWORDS: *mechanical impurities, oil sludge, separator, settling tank, coalescence, ASF.*

Введение. К наиболее существенным осложнениям в эксплуатации скважин относятся присутствие в добываемой жидкости механических примесей, отложения на поверхности оборудования солей, продуктов коррозии, парафина, различных смол и асфальтенов, гидратов. Все эти факторы осложняют процесс разработки нефтяных месторождений и повышают издержки производства [1]. Механические примеси в нефти состоят в основном из песка, глины, мельчайших частиц железа, сульфида железа и минеральных солей, которые находятся во взвешенном состоянии. Твердые механические примеси в нефти очень вредны, так как при перекачке приводят к эрозии трубопроводов и насосного оборудования, а также к их засорению. Кроме того, примеси входят в состав адсорбционных оболочек водонефтяных систем и, тем самым, увеличивают их устойчивость [2].

При исследовании нефти большое содержание механических примесей может в значительной степени повлиять на правильность определения таких показателей, как плотность, молекулярная масса, коксуетость, «содержание серы, азота, смолисто-асфальтеновых веществ и микроэлементов. Поэтому механические примеси, сопровождающие работу внутрискважинного оборудования, можно разделить на две категории: механические примеси естественного происхождения (например, продукты внутрипластовой суффозии и разрушения при скважинной зоны пласта) и механические примеси техногенного происхождения (например, механические примеси заносимые в скважину на насосно-компрессорную трубу (НКТ) с поверхности куста или в результате плохой очистки труб, также механические примеси заносимые с технологическими жидкостями при ремонтах, проппант, продукты химических реакций).

Материалы и методы исследований. Основной причиной появления механических примесей в добываемой жидкости считается увеличение депрессии на пласт и вынос их с призабойной зоны скважины [3].

Методы снижения влияния механических примесей на работу внутрискважинного и нефтеперерабатывающего оборудования можно разделить на четыре группы: химические, технические, технологические и механические [4].

Технологические методы основаны на изучении механических свойств породы пласта в начальных условиях и их изменений в процессе фильтрации жидкости в скважину. К ним можно отнести регулирование создаваемой депрессии на пласт в зависимости от напряженного состояния пластов, использование потокоотклоняющих технологий, ограничение водопритоков, ориентирование перфорации скважин, метод холодной добычи высоковязкой нефти и другие, которые успешно применяются в Казахстане [5].

К механическим методам борьбы с пескопроявлениями относится использование забойных фильтров, специальных хвостовиков в узле заканчивания скважин,

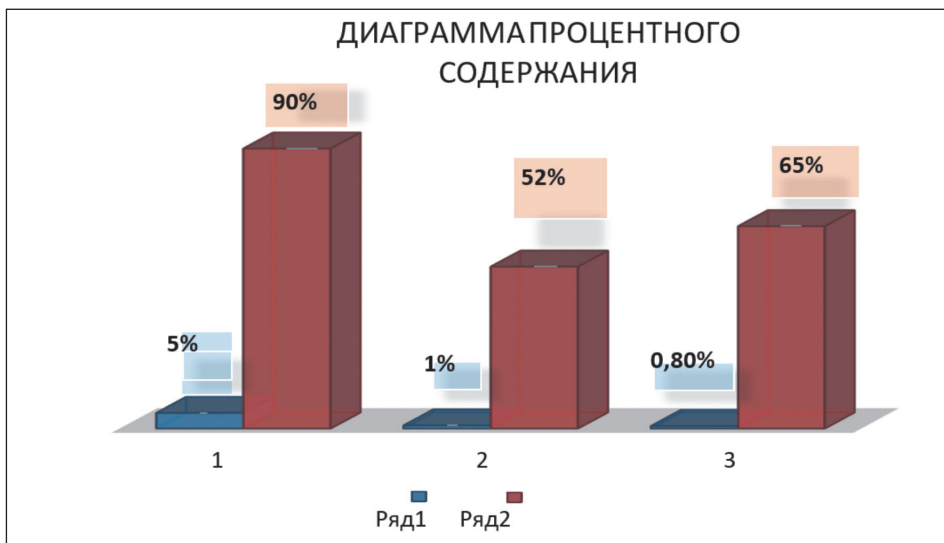
различных песочных якорей, завихрителей, сеточных и проволочных фильтров различной модификации, устройств гравитационной, центробежной и акустической сепарации.

Начальным звеном являются скважины, из которых собирается промысловая продукция на автоматизированные групповые замерные установки (АГЗУ). На замерных установках фиксируется поступившее количество нефти и потом в результате первой ступени сепарации от неё отделяется некоторая часть механических примесей, пластовой воды и нефтяного газа, который отводится по газопроводу на газоперерабатывающее предприятие.

Когда скважинный поток содержит избыток грязи или песка или подвергается воздействию вспенивающихся пенных компонентов, сферический сепаратор неэкономичен. Контроль уровня жидкости очень важен. Эти сепараторы сегодня не популярны из-за их ограничений [6].

В процессе производственной деятельности при добыче, переработки и транспортировке нефти могут образуются нефтяные осадки, представленные асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) и механическими примесями. Поскольку большинство шлама формируются в результате взаимодействия с конкретной по своим условиям окружающей средой и в течение определенного промежутка времени, одинаковых по физико-химическим характеристикам и составу шламов в природе не существует [7].

В результате лабораторных исследований соотношение нефтепродуктов в нефтяных шламах резервуарного типа, механических примесей (частицы глины, песка, ржавчины и т.д.) и воды происходит колебание в пределах 5-90% составляют углеводороды, 1-52% - вода, 0,8-65% твердые примеси, зависимость представлена на нижнем (рисунке 1) [8].



*Рисунок 1 – Процентное содержание веществ
1 – содержание углеводорода; 2 – содержание воды; 3 – содержание твердых частиц;
1 ряд – минимальное содержание; 2 ряд – максимальное содержание*

Плотность нефтяных шламов варьируется в пределах 830-1700 кг/м³, а температура застывания меняется от -3⁰ до +80⁰, температура вспышки от 35⁰ до 120⁰ данные характеристики в основном зависят от процентного содержания асфальтосмолопарафинистых фракций и механических примесей в нефтепродукте [9].

Физико-химические характеристики механических примесей представлены большим количеством разнообразных образцов в следствии формирования и образование горных пород на разных глубинах, что повлияло на многообразие свойств механических примесей (таблица 1).

Таблица 1 – объемная масса, массовая плотность, удельная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность горных пород

Горные породы	Объемная масса ρ , в кг/м ³	Массовая плотность W , %	Удельная теплоемкость c , кДж/(кг*К)	Коэффициент	
				Теплопроводность λ , Вт/(м*К)	Температуропроводимость α *10 ⁶ м ² /с
Песчаник	2500	2-5	0,835	2,56	1,22
Глинистый и песчано-глинистый сланец	2450	2-7	0,92	1,73	0,81
Мрамор	2700	До 1	0,419	1,28	1,14
Гранит	2700	До 1	0,92	2,21	0,98
Известняк плотный, органогенный	2700	2-3	0,92	2,56	0,97
Доломит	2650	1-2	0,92	1,75	0,7
Гипс	2350	2-3	1,47	1,16	0,33
Ангидрит	2400	1-2	1,67	1,16	0,278

Метод коалесценции, широко применяется при разрушении нефтяных эмульсий.

Коалесценция представляет собой механизм объединения частиц дисперсной фазы в эмульсиях, пенах или туманах. В результате дисперсная фаза постепенно увеличивается в объёмах и расслаивается в конце [10].

С их помощью добываемая продукция под действием сил гравитации разделяется на три потока: нефть, вода и газ, которые, попадая в сепаратор, формируются по его объему с целью последующего разделения фаз. Примером таких устройств, используемых для сепарации водонефтяной эмульсии и подготовки нефти и воды, являются трехфазные сепараторы типа ТФС (рисунок 2) [11].

Разнообразие технологических процессов, влияние на сам процесс сепарации многочисленных факторов, таких как физико-химические свойства нефти и газа, газовые факторы, условия сбора и транспорта продукции скважин и другое, обусловили чрезвычайное многообразие сепараторов, как по типоразмерам, так и по конструктивному исполнению. Независимо от конструктивного исполнения, сепараторы должны обеспечивать разделение газовой фазы от жидкой, необходимую степень очистки газовой фазы от капельной влаги, максимальное извлечение из нефти механических примесей [12].

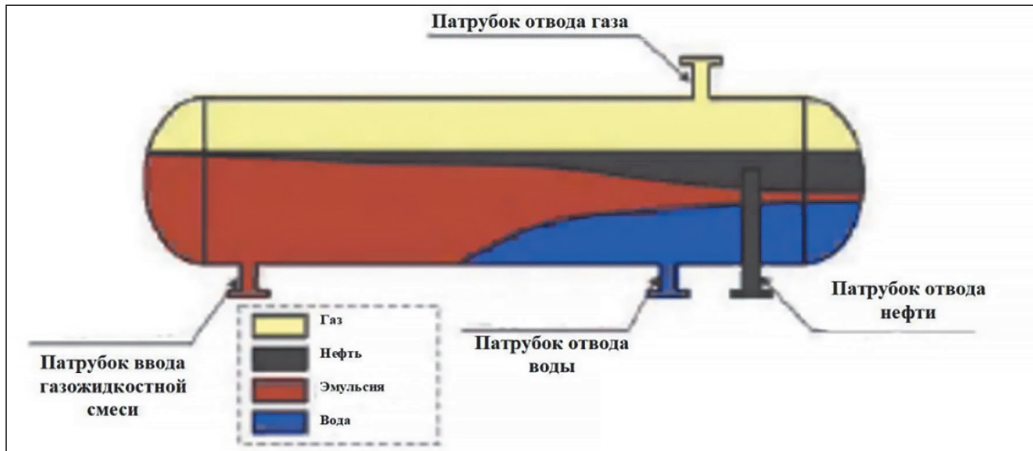


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства сепаратора типа ТФС

Анализ перечисленных требований показывает, что их выполнение находится в прямой зависимости от двух параметров – производительности сепаратора по газу и по нефти. При выборе сепараторов для конкретных условий эксплуатации и при конструировании новых аппаратов знание этих параметров является необходимым [13].


Проведя анализ существующих ТФС, были выявлены достоинства и недостатки сепараторов и сепарационных установок. Общим недостатком представленных сепараторов является невозможность осуществления глубокой очистки нефти от механических примесей [14].

Результаты и обсуждение. Одним из методов для эффективной борьбы с механическими примесями в нефти при прохождении в ТФС, можно рассмотреть следующую модернизацию, которая относится к нефтедобывающей промышленности и может быть использовано для разделения промысловой эмульсии, состоящей из компонент с различными химико-физическими свойствами. ТФС содержит горизонтальный резервуар, патрубок ввода эмульсии, вертикальный патрубок, патрубок вывода газа, нефти, воды и стакан дренажа механических примесей с патрубком вывода шлама. Поступающая в вертикальный стакан эмульсия за счет центробежных сил разделяется на легкую и тяжелую. Легкая за счет центробежных сил поднимается по патрубку, попадая в резервуар выше уровня раздела нефть-газ. Взаимное расположение стакана шламосборника, вертикального патрубка, их размеры позволяют улучшить гидродинамические параметры потока, предупреждают прорыв газовой фазы через эмульсионный слой [15].

Заключение и выводы. Технико-экономическим преимуществом предлагаемого технического решения является вовлечение в работу всего объема аппарата, улучшение гидродинамических параметров потока вследствие совпадения вектора скорости потока с проекцией вектора седиментационного оседания капель эмульсии, предупреждение проскока свободного газа через промежуточный эмульсионный слой, вследствие чего исключается его барботаж, улучшая тем самым качество разделения промысловой эмульсии, уменьшение металлоемкости аппарата.

Наиболее близким к модернизированной ТФС по технической сущности является отстойник типа ОГ-200 1, содержащий резервуар горизонтального типа с закрепленными в нем патрубком ввода эмульсии, нефти и газа, перфорированный раздаточный коллектор, соединенный с патрубком ввода эмульсии, закрепленным в боковой поверхности по нижней образующей, и патрубки вывода газа и нефти, закрепленные в верхней части резервуара.

Отстойники такого типа имеют несколько существенных конструктивных недостатков, важнейшими из которых являются: постоянный диаметр перфорации раздаточного коллектора, вследствие чего механические примеси перекрывают периферийную зону маточника, поэтому в работе задействовано всего несколько начальных перфорационных отверстий и большая часть объема отстойника не работает; сложность регулировки отвода свободного газа, вследствие чего газ попадает в отстойную секцию и барботирует промежуточный слой, увеличивая дополнительно количество стойкой эмульсии в разделяющейся нефти; перекрытие значительного количества перфорационных отверстий, приводящее к процессу образования более стойкой эмульсии вследствие дроссель-эффекта.

Для максимальной нейтрализации последствий проявления механических примесей в этой работе предложено использование модернизированного трехфазного сепаратора. На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что внедрение модернизированного трехфазного сепаратора позволит сократить повышенное содержание механических примесей и препятствует выносу песка из скважины. Применение с уже используемыми технологиями борьбы с механическими примесями увеличивает эффективность. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зимницкий В. А., Умова В. А. Лопастные насосы: справочник. - Л.: Машиностроение, 1986. – 125 с. [Zimnitskiy V. A., Umova V. A. Paddle pumps: handbook. - L.: Mechanical Engineering, 1986. – 125 s.]
- 2 Гречухина А.А. Установки подготовки нефти: учебное пособие / А.А. Гречухина, А.А. Елпидинский. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2011. – 11 с. [Grechukhina A.A. Oil treatment plants: a textbook / A.A. Grechukhina, A.A. Elpidinsky. - Kazan: KNITU Publishing House, 2011. – 11s.]
- 3 Карапетов К.А., Дурмишьян А.Г. Борьба с песком в нефтяных скважинах. М.:Гостоптехиздат, 1958. – 140 с. [Karapetov K.A., Durmishyan A.G. Struggle with sand in oil wells. Moscow:Gostoptehizdat, 1958. - 140 p.]
- 4 Кудрявцев И.А. Особенности эксплуатации УЭЦН в условиях Самотлорского месторождения / И.А. Кудрявцев, Н.П. Кузнецов, И.В. Цыкин, И.Н. Гутуев, И.А. Хабипов // Нефтяное хозяйство. -2002. -№ 6. -С. -15 с. [Kudryavtsev I.A. Features of the operation of the ESP in the conditions of the Samotlor field / I.A. Kudryavtsev, N.P. Kuznetsov, I.V. Tsykin, I.N. Gutuev, I.A. Khabipov // Oil economy. -2002. -No. 6. -S. – 15 s.]
- 5 Камалетдинов Р. С., Лазарев А. Б. Обзор существующих методов борьбы с мехпримесями // Инженерная практика. - № 2. – 2010. – 31 с. [Kamaletdinov R. S., Lazarev A. B. Review of existing methods of combating mechanical impurities // Engineering practice. - № 2. – 2010. – 31 s.]
- 6 ADMA-OPCO. НЕФТЕГАЗОВЫЕ СЕПАРАТОРЫ. Технологическое производство, Модуль 8.2000. Курс обучения на месте. – 8 с. [ADMA-OPCO. OIL & GAS SEPARATORS. ProcessProduction, Module8.2000. On-site Training Course. – 8 s.]

- 7 Рябов, В.Д. Химия нефти и газа / В.Д. Рябов. – М.: РГУ НиГ им. И.М. Губкина, 2004 г., 25 с. [Ryabov, V.D. Chemistry of oil and gas / V.D. Ryabov. – M.: Gubkin Russian State University of Economics, 2004, 25 p.]
- 8 Магидин Л.З. Мешалка с гребным винтом, предотвращающая накопление отложений в резервуарах / Л.З. Магидин // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, 1970 г. – 151 с. [Magidin L.Z. A stirrer with a propeller that prevents the accumulation of deposits in tanks / L.Z. Magidin // Transport and storage of oil and petroleum products, 1970. – 151 s.]
- 9 Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С. и др. Оборудование для добычи нефти и газа. Часть 2. М.: Нефть и газ, 2003, 806 с. [Ivanovskiy V.N., Darishchev V.I., Kashtanov V.S., etc. Equipment for oil and gas production. Part 2. Moscow: Oil and Gas, 2003, 806 p.]
- 10 Роев Г. А. Чистые сооружения газонефтеперекачивающих станций и нефтебаз, 1981. – 75 с. [Roev G. A. Treatment facilities of gas-oil pumping stations and oil depots, 1981. – 75s.]
- 11 Шабашев Е.Ф. Эффективность применения трехфазных сепараторов для сброса свободной воды в системе сбора и на установках подготовки нефти / Е.Ф. Шабашев, Е.Г. Соколов, Б.И. Солдаткин, В.А. Назаров, А.И. Щербинин // Добыча нефти и газа. - №4. – 2017. – 98 с. [Shabashev E.F. Efficiency of using three-phase separators for the discharge of free water in the collection system and oil treatment plants / E.F. Shabashev, E.G. Sokolov, B.I. Soldatkin, V.A. Nazarov, A.I. Shcherbinin // Oil and gas production. - №4. – 2017. – 98 s.]
- 12 Ефимченко С.И., Прыгаев А.К. Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов. Часть 1. М.: Издательство «НЕФТЬ И ГАЗ» РГУ нефти и газа им. Губкина, 2006, 725 с. [Efimchenko S.I., Prygaev A.K. Calculation and design of machinery and equipment for oil and gas fields. Part 1. Moscow: Publishing House "OIL AND GAS" Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2006, 725 p.]
- 13 Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Каштанов В.С. и др. Оборудование для добычи нефти и газа. Часть 1. М.: Нефть и газ, 2002, 768 с. [Ivanovskiy V.N., Darishchev V.I., Kashtanov V.S., etc. Equipment for oil and gas production. Part 1. Moscow: Oil and Gas, 2002, 768 p.]
- 14 Краснов В.А., Шишкин Н.Д., Слащев Ю.В. «Нефтегазовый сепаратор», номер патента №RU169888U1, публикация патента: 09.08.2016 – 2 с. [Krasnov V.A., Shishkin N.D., Slashchev Yu.V. "Oil and gas separator" patent number no.RU169888U1, patent publication: 09.08.2016 – 2 s.]
- 15 Сорокин А. В., Смирнов В. А., Симонов В. А. «Трехфазный сепаратор», номер патента №РФ2050923, публикация патента: 27.12.1995. – 5 с. [Sorokin A.V., Smirnov V. A., Simonov V. A. "Three-phase separator", patent number No.RF2050923, patent publication: 27.12.1995. – 5 s.]