

УДК 62-1/-9

## АНАЛИЗ КОСТРУКЦИЙ СЕПАРАТОРОВ ЖИДКИХ СРЕД

*И. С. Ковшарев, А. А. Лаврентьев, Д. В. Тринц*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Проведен анализ конструкций сепараторов жидких сред, выделены их основные преимущества и недостатки. Цель работы — на основе анализа сепараторов жидких сред и их удельной энергоёмкости, определения плюсов и минусов их конструкций выявить экземпляр, наиболее перспективный по исполнению и по энергоэффективности.

**Ключевые слова:** жидкая среда, шнековый сепаратор, сепаратор жидких сред, магнитный сепаратор, жидкая фаза, барабанный сепаратор, центробежный сепаратор, гравитационный сепаратор.

## ANALYSIS OF DESIGNS OF LIQUID MEDIA SEPARATORS

*I. S. Kovsharev, A. A. Lavretsev, D. V. Trints*

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

The article analyzes the designs of liquid media separators, their main advantages and disadvantages are highlighted. The purpose of the work is based on the analysis of liquid media separators and their specific energy intensity, determining the pros and cons of their designs to identify the instance that is the most promising in terms of performance and energy efficiency.

**Keywords:** liquid medium, screw separator, liquid medium separator, magnetic separator, liquid phase, drum separator, centrifugal separator, gravity separator.

**Введение.** Сепаратор — аппарат, производящий разделение среды на фазы. Разделение происходит из-за различия физических свойств компонентов среды: формы, массы, плотности, коэффициента трения и т. п.

Актуальность работы заключается в том, что на данный момент используется большое количество сепараторов разных видов и конструкций, поэтому необходимо выявить те из них, которые смогли бы обеспечивать предприятиям экономический рост и соответствие производимой продукции экологическим нормам.

**Основная часть.** Основываясь на анализе библиографических источников, можно назвать такие виды сепараторов, как шнековый, гравитационный, магнитный, центробежный, барабанный. Они применяются во многих отраслях промышленности (в пищевой, горнодобывающей, нефтеперерабатывающей, машиностроительной, молочной и др. [1–7]). Разделение сырья на фазы позволяет использовать его в дальнейшей переработке, уменьшает экономические затраты на утилизацию и улучшает экологические показатели производства.

**Шнековые сепараторы** используются преимущественно в молочной, животноводческой и пищевой промышленности для обезвоживания навоза, пивной дробины, отходов забойного цеха. Влажность твердой фазы регулируется изменением размера ячеек сита и изменением степени отжима. Степень отжима регулируется при помощи грузов или гайки устройства отжима. Общий вид шнекового сепаратора представлен на рис. 1.

**Центробежные сепараторы** делятся на кларификаторы (удаление твердой фракции из жидкости), пурификаторы (разделение жидкости на фазы с разной плотностью). Применяются для

очистки и разделения разных жидких сред в пищевой, нефтеперерабатывающей, горнодобывающей, медицинской промышленности, а также устанавливаются на водном транспорте для очистки технической воды. Общий вид центробежного сепаратора представлен на рис. 2.

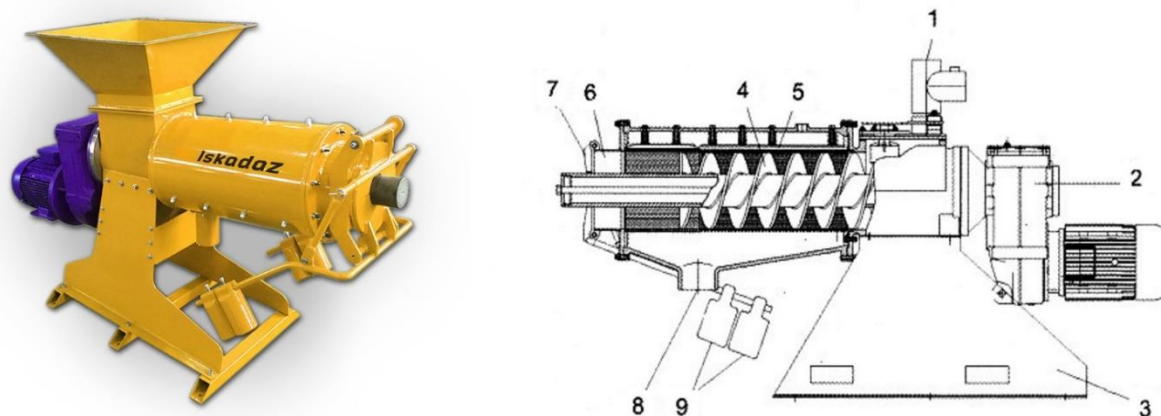


Рис. 1. Общий вид шнекового сепаратора:

1–труба (бункер) подачи; 2–двигатель-генератор; 3–станина; 4–шнек; 5–щелевое сито; 6–разгрузочное отверстие; 7–устройство отжима; 8–выходной патрубок; 9–груз

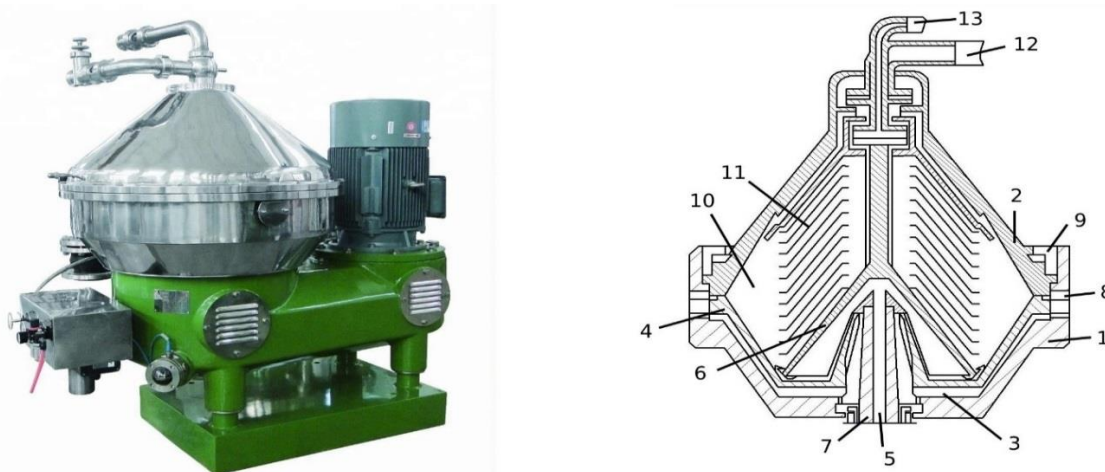


Рис.2. Общий вид центробежного сепаратора:

1–нижняя часть; 2–верхняя часть; 3–запирающий клапан; 4–клапанная тарелка; 5–питающий клапан; 6–распределитель; 7–приводной вал; 8–отверстия для разгрузки; 9–стопорное кольцо; 10–сепарационная камера; 11–набор тарелок; 12–разгрузочный патрубок фазы I; 13–разгрузочный патрубок фазы II.

**Магнитные сепараторы** применяются для очистки продуктов пищевой промышленности, смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), масел, при обогащении руды. По виду магнитной системы сепараторы делятся на сепараторы с постоянными магнитами и сепараторы с электромагнитами.

По направлению движения потока исходного питания и размеру обогащаемой руды сепараторы делятся на прямоточные (руда размером до 6 мм), полупротивоточные (руда размером до 0,2 мм), противоточные (руда размером до 2 мм) [8]. Общий вид магнитных сепараторов представлен на рис. 3–4.

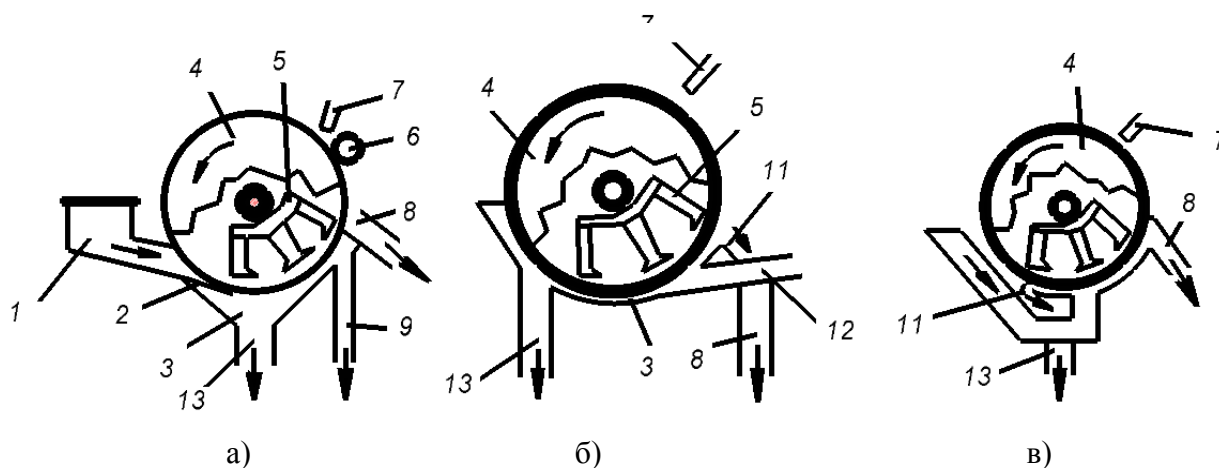


Рис.3. Общий вид магнитных сепараторов:

- а) барабанный прямоточный; б) барабанный противоточный;  
в) барабанный полупротивоточный;

1–загрузочный короб; 2–подающий желоб; 3–барабан; 4–ванна; 5–патрубок для хвостов;  
6–магнитная система; 7–щетка; 8–форсунки; 9–разгрузочный желоб; 10–патрубок;  
11–питающий желоб; 12–сливной порог

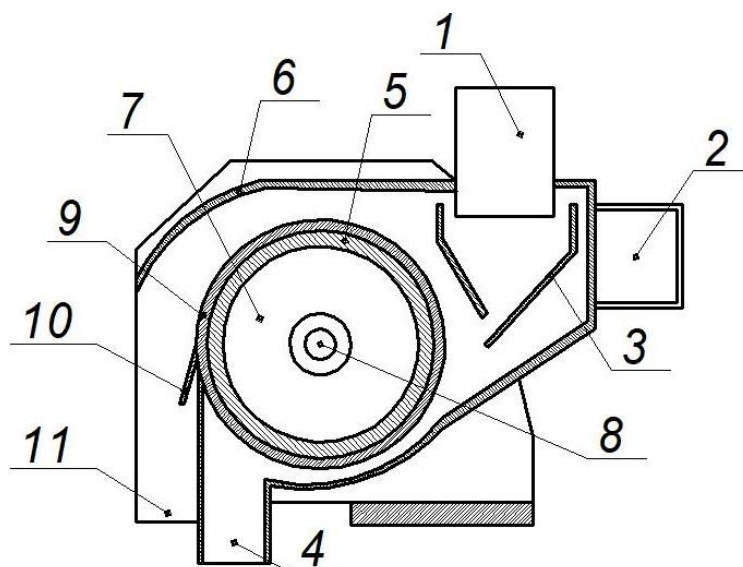


Рис. 4. Сепаратор СОЖ:

- 1–патрубок приема СОЖ; 2–мотор-редуктор; 3–лоток распределитель; 4–слив очищенной СОЖ;  
5–магнитная система; 6–обечайка наружная; 7–барабан; 8–вал ротора;  
9–обечайка внутренняя; 10–скребок; 11–патрубок сбора ферромагнитных частиц

**Гравитационный сепаратор** используются в нефтеперерабатывающей промышленности для очистки нефти от примесей. Выполняется в двух видах: горизонтальном и вертикальном. Представляет собой емкость большого объема. Она разделяет поток смеси под действием силы тяжести. Ввиду малой скорости потока жидкая или твердая фазы успевают осесть на дно, после чего они удаляются из сепаратора через выходные патрубки. Общий вид гравитационного горизонтального сепаратора представлен на рис. 5.

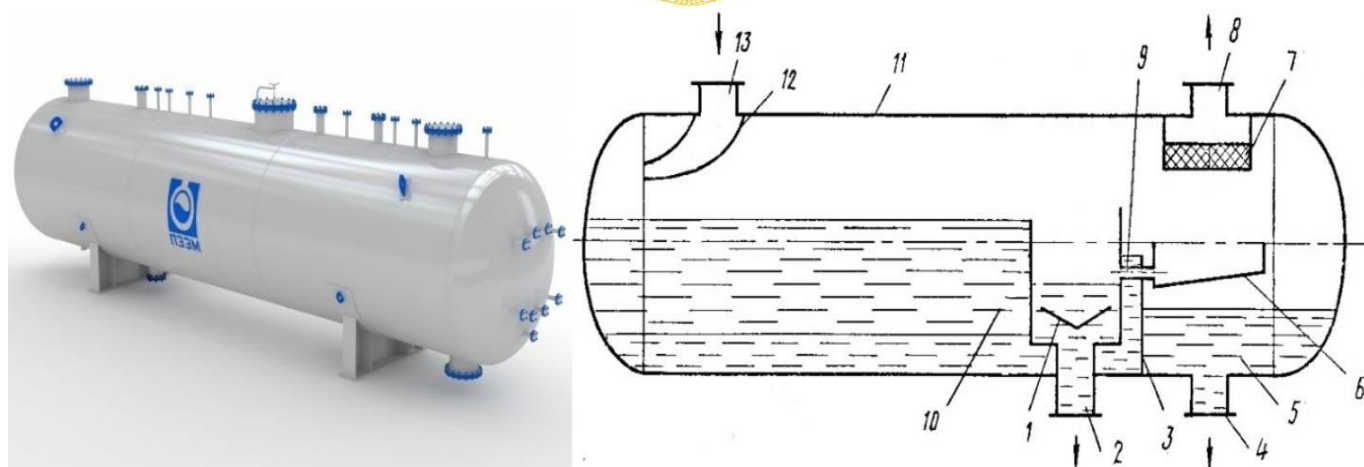


Рис. 5. Общий вид гравитационного горизонтального сепаратора:

- 1–разделительная тарелка; 2–разгрузочный патрубок I фазы; 3–перегородка;  
4–разгрузочный патрубок II фазы; 5–отсек для нефти; 6–сборник очищенной жидкой фазы;  
7–фильтр; 8–штуцер; 9–переточный патрубок; 10–отсек разделения эмульсии; 11–корпус;  
12–сливной желоб; 13–питающий патрубок

**Барабанный сепаратор** применяются для разделения навоза на фазы, для очистки сточных вод, обогащения руды. Общий вид барабанных сепараторов представлен на рис. 6.

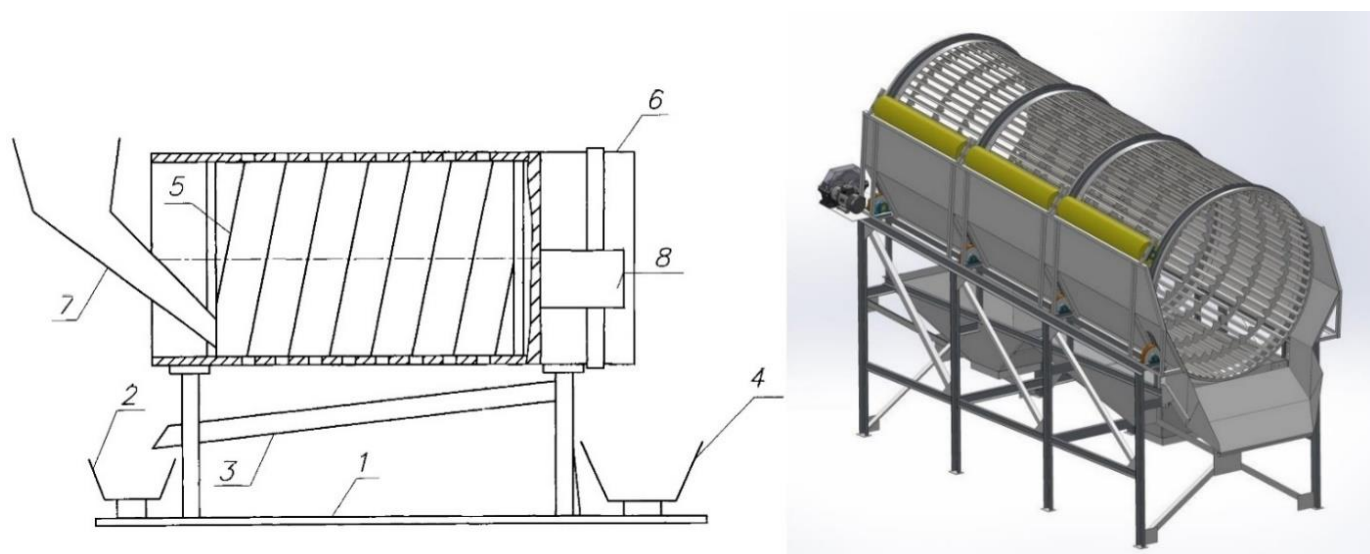


Рис. 6. Общий вид барабанных сепараторов:

- 1–основание; 2–емкость для жидкой фазы; 3–наклонный желоб; 4–емкость для твердой фазы;  
5–спиральная направляющая; 6–барабан; 7–загрузочный желоб; 8–электродвигатель

**Результаты исследований.** Использована открытая информация о технических характеристиках сепараторов [9–11].

В табл. 1 представлены результаты сравнительного анализа удельной энергоемкости сепараторов жидких сред.



Сравнительный анализ удельной энергоёмкости сепараторов жидких сред

Вид сепаратора	Удельная энергоёмкость		Производительность
	кВт · ч/м <sup>3</sup>		м <sup>3</sup> /ч
Шнековый	0,12		40–60
Центробежный	0,6		15–40
Магнитный	ЭБМ	0,07	270
	ПБМ	0,03	250
	СОЖ	0,01	240
Гравитационный	0,01		100–2250
Барабанный	0,06		50–250

Проведя сравнительный анализ удельной энергоёмкости сепараторов, можно выделить их преимущества и недостатки.

Преимуществами шнекового сепаратора являются низкая влажность отделенной твердой фазы, простота эксплуатации, низкая удельная энергоёмкость. Недостатком — зависимость эффекта сепарации от свойств исходного технологического материала.

Преимуществами центробежного сепаратора являются высокая степень очистки жидкой среды, широкий спектр применения. Недостатками — большая влажность отделенной твердой фазы, высокая удельная энергоёмкость.

Преимуществами магнитных сепараторов являются высокая производительность, малая удельная энергоёмкость. Недостатками — очистка среды только от твердой фазы.

Преимуществами гравитационных сепараторов являются высокая производительность, малая удельная энергоёмкость. Недостатками — большие размер и масса.

Преимуществами барабанных сепараторов являются высокая производительность, простота эксплуатации, малая удельная энергоёмкость. Недостатками — высокая влажность отделенной твердой фазы, большой размер.

**Заключение.** Доказана актуальность применения сепараторов жидких сред, поскольку фазовое разделение позволяет повысить производительность, уменьшить затраты на переработку и утилизацию отходов и улучшить экологические показатели производства.

Проведен анализ сепараторов жидких сред. Установлено, что наиболее перспективным является центробежный сепаратор жидкой среды из-за широкого спектра применения.

Обоснована энергетическая эффективность магнитных и гравитационных сепараторов, так как удельные энергетические затраты для них составляют 0,01–0,07 кВт · ч/м<sup>3</sup>.

#### Библиографический список

1. Короткий, И. А. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки / И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева // Техника и технология пищевых производств. — 2019. — Т. 49. — № 2. — С. 227–234.
2. Проблемы и инновационные решения в обогащении техногенного сырья / Г. И. Газалеева, С. В. Мамонов, Е. В. Братыгин, А. М. Ключников // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2017. — № 1. — С. 257–272.
3. Лимаренко, Н. В. Анализ влияния физических воздействий на процесс обеззараживания стоков сельского хозяйства / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Б. Г. Шаповал // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО-2016»: сб. науч. тр. междунар. науч.-метод. конф. — Дивноморское, 2016. — С. 117–121.

4. Ecological and technological criteria for the efficient utilization of liquid manure / N. V. Byshov, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17–18 октября 2019 года. — Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. — P. 012069. [10.1088/1755-1315/422/1/012069](https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012069)

5. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Донского государственного технического университета. — 2016. — 2 (85). — С. 90–96. [10.12737/19701](https://doi.org/10.12737/19701)

6. Макулова, А. А. Проблема разделения трехфазных эмульсий / А. А. Макулова, А. Ю. Копнина, Н. П. Жилиева // In Situ. — 2017. — № 4. — С. 10–14.

7. Литвиненко, А. Н. Разработка магнитного сепаратора для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей от ферромагнитных частиц / А. Н. Литвиненко, Д. Р. Ягудин, И. Р. Сулейманов // Молодой ученый. — 2010. — № 5–1. — С. 77–81.

8. Пелевин, А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения. Магнитные методы обогащения : учебник / А. Е. Пелевин. — Екатеринбург : Уральский государственный горный университет, 2018. — 296 с.

9. Сепараторы / Agrosolver : [сайт]. — URL: <https://agrosolver.ru/search/сепаратор/1/0/0/0/0/1/> (дата обращения: 15.11.2021).

10. Сепараторы / rzmash : [сайт]. — URL: <https://rzmash.ru/separatory/> (дата обращения: 18.11.2021).

11. Сепараторы барабанные / Gornoe-oborudovaniye : [сайт]. — URL: <https://gornoe-oborudovaniye.ru/separatoryi-barabannye/> (дата обращения: 18.11.2021).

*Об авторах:*

**Ковшарев Иван Сергеевич**, магистрант кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [kovsharevivan@gmail.com](mailto:kovsharevivan@gmail.com)

**Лаврентьев Анатолий Александрович**, заведующий кафедрой «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат физико-математических наук, профессор, [Alavrentyev52@mail.ru](mailto:Alavrentyev52@mail.ru)

**Тринц Дмитрий Викторович**, заместитель декана по СМК, старший преподаватель кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [dtinz@mail.ru](mailto:dtinz@mail.ru)

*About the Authors:*

**Kovsharev, Ivan S.**, Master's degree student, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [kovsharevivan@gmail.com](mailto:kovsharevivan@gmail.com)

**Lavrentev, Anatoliy A.**, Head, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., Professor, [Alavrentyev52@mail.ru](mailto:Alavrentyev52@mail.ru)

**Trints, Dmitriy V.**, Deputy Dean for QMS, Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [dtinz@mail.ru](mailto:dtinz@mail.ru)