

DOI: 10.15593/2224-9400/2016.4.10

УДК 66.021.3

С.Х. Загидуллин, В.Л. Долганов, А.Н. Лыков, А.М. КиселёвПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОГО
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ**

В настоящее время существуют различные способы обезвоживания минеральных масел. Анализ известных технических решений показывает, что наряду с определенными достоинствами ни один из них не лишен тех или иных недостатков. Так, например, обезвоживание при перемешивании и многократном перекачивании масла винтовым насосом, а также интенсивном перемешивании и центрифугировании связано со значительными энергетическими затратами. Способ обезвоживания с использованием молекулярных сит является относительно малопродуктивным и дорогостоящим. Процесс обезвоживания масел барботажной продувкой воздухом характеризуется значительным расходом воздуха и ухудшением качества готового продукта из-за частичного окисления.

Применительно к нефтеперерабатывающим заводам более эффективной в настоящее время считается вакуумное обезвоживание масел, которое производится в колонных аппаратах тарельчатого и насадочного типов. К недостаткам этого способа относится сравнительно малая скорость испарения влаги из-за недостаточной интенсивности перемешивания масла в колонных аппаратах и громоздкость используемого оборудования. Этот недостаток можно частично компенсировать за счет увеличения глубины создаваемого вакуума. Однако это усложняет вакуумсоздающую систему и увеличивает энергетические затраты.

Нами предложен новый способ термического обезвоживания минеральных масел в скоростных струйных аппаратах. В отличие от известных способов он обладает высокой интенсивностью процесса, простотой и компактностью используемого оборудования.

Для проверки эффективности нового способа обезвоживания был создан стенд производительностью до 0,6 м³/ч и проведены экспериментальные исследования. Результаты экспериментов подтвердили достаточно высокую эффективность обезвоживания средневязкого дистиллята в модели струйного аппарата. Показано, что влажность средневязкого дистиллятного масла снижается в среднем более чем в 5 раз. Использование струйного

аппарата сокращает длительность обезвоживания масел от нескольких десятков минут до 3–5 с. Кроме того, это позволит исключить из технологической схемы вакуумную колонну и, как следствие, сократить энергетические затраты, которые требуются на создание и поддержание вакуума.

В результате выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ проведены расчеты струйного аппарата и предложена принципиальная технологическая схема установки термического обезвоживания минеральных масел.

Новый способ обезвоживания может быть использован на нефтеперерабатывающих предприятиях для модернизации существующих установок депарафинизации масел.

Ключевые слова: аппарат струйного типа, средневязкое дистиллятное масло, поверхность контакта фаз.

S.H. Zagidullin, V.L. Dolganov, A.H. Lykov, A.M. Kiselev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

DEVELOPMENT OF A NEW METHOD OF DRYING MINERAL OILS

Currently, there are various ways of drying mineral oils. The analysis of the known technical solutions shows that along with certain advantages any of them is not deprived of these or those shortcomings. For example, dehydration, with stirring, and multiple pumping oil screw pump and the centrifugation is associated with significant energy costs. Method dehydration using molecular sieves is relatively expensive and unproductive. The process of dehydration the oil by blowing air is characterized by a significant air flow and deterioration of the quality of the finished product due to partial oxidation.

More effective now considered to be vacuum dehydration oil, which is produced in packed and dish-shaped columns. The disadvantage of this method is the low rate of evaporation due to low intensity of mixing of oil in the column-type apparatus. This disadvantage can be partially offset by increasing vacuum.

We have proposed a new method of thermal dehydration, of mineral oils in high speed jet apparatus. In contrast to known methods it has a high intensity of the dehydration process, simplicity and compactness of the equipment used.

The effectiveness of a new method of drying was tested on the laboratory bench capacity of 0.6 m³/h. Laboratory bench has successfully passed the pilot testing. It is shown that the humidity medium viscosity distillate oil is reduced by an average of more than 5 times. Using the proposed jet dryers will greatly reduce dehydration oils from a few tens of minutes to 3-5c. In addition, it will be excluded from the techno-

logical scheme of the vacuum column and to reduce energy costs for drying and create a vacuum.

After the experiments were performed calculations of jet ejector and the proposed technological scheme of the drying unit.

New method of dehydration can be used in refineries to upgrade existing installations of dewaxing oils.

Keywords: *apparatus of the jet type, medium viscosity distillate oil, the interfacial surface.*

В настоящее время существуют различные способы обезвоживания минеральных масел [1–4]. Анализ известных технических решений показывает, что наряду с определенными достоинствами ни один из них не лишен тех или иных недостатков. Так, например, обезвоживание при перемешивании и многократном перекачивании масла винтовым насосом [2], а также интенсивном перемешивании и центрифугировании [5] связано со значительными энергетическими затратами. Способ обезвоживания с использованием молекулярных сит [3] является относительно малопродуктивным и дорогостоящим. Процесс обезвоживания масел барботажной продувкой воздухом характеризуется значительным расходом воздуха и ухудшением качества готового продукта из-за частичного окисления. Известен способ обезвоживания нефтепродуктов путем пропускания их через различные пористые перегородки [6], гидрофобные свойства которых обеспечивают задержку и отделение дисперсной водной фазы. Однако этот способ эффективен лишь для маловязких нефтепродуктов.

Применительно к нефтеперерабатывающим заводам более эффективной в настоящее время считается вакуумное обезвоживание масел, которое производится в колонных аппаратах тарельчатого и насадочного типов.

Процесс осуществляется следующим образом. Горячее масло после отпаривания от остатков растворителей, используемых на стадии депарафинизации, подают в верхнюю часть вакуумной колонны. По мере стекания вниз масло освобождается от влаги и выводится из куба колонны. Выделяющиеся пары воды удаляются из верхней части колонны при помощи вакуум-создающей системы. К недостаткам этого способа относятся сравнительно малая скорость испарения влаги из-за недостаточной интенсивности перемешивания масла в колонных аппаратах и громоздкость используемого оборудования. Этот недостаток можно частично компенсировать за счет увеличения глубины создаваемого вакуума, однако это усложняет вакуум-создающую систему и увеличивает энергетические затраты.

Нами предложен новый метод обезвоживания минеральных масел, который не связан с созданием вакуума. Суть его состоит в использовании процесса конвективной обработки масла в присутствии небольшого количества газа-турбулизатора в высокоскоростных аппаратах струйного типа. В качестве турбулизирующего и одновременно обезвоживающего агента предусматривается использовать инертный газ, например, азот.

В струйных аппаратах обеспечивается интенсивная турбулизация газожидкостной смеси с образованием высокоразвитой межфазной поверхностью. Благодаря этому резко возрастает интенсивность испарения влаги. Другим достоинством струйных аппаратов является их компактность и простота конструкции, что значительно облегчает интегрирование их в существующие аппаратурно-технологические схемы установок депарафинизации масел.

Для проверки эффективности нового способа осушки были проведены экспериментальные исследования с использованием укрупненного лабораторного стенда производительностью 400–600 л/ч (рис. 1).

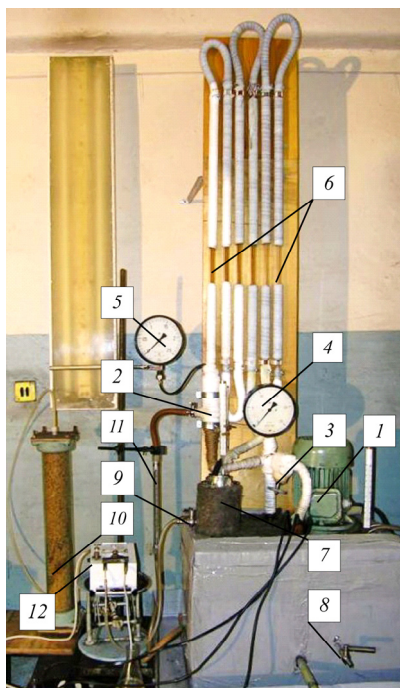


Рис. 1. Лабораторный стенд для изучения процесса термического обезвоживания масел в струйном аппарате: 1 – маслостанция с циркуляционным насосом; 2 – аппарат струйный; 3 – вентиль игольчатый; 4, 5 – манометры; 6 – трубопровод стеклянный; 7 – сепаратор; 8, 9 – краны пробоотборные; 10 – адсорбер силикагелевый; 11 – ротаметр газовый; 12 – насос-дозатор воды

Стенд состоит из маслонасосной станции 1, снабженной баком для масла емкостью 40 л, системой нагрева и автоматического регулирования температуры, циркуляционным насосом с максимальной производительностью до 0,6 м³/ч и давлением до 6 МПа. Для регулирования расхода масла, поступающего в струйный аппарат 2, служит игольчатый вентиль 3, а для контроля давления – манометр 4. Давление газомасляной смеси после струйного аппарата измеряли манометром 5. Температуру масла в баке и на выходе из сушильного аппарата контролировали термометрами. Вся установка была теплоизолирована. Контактное обезвоживание масла с эжектируемым азотом происходит в камере смешения струйного аппарата 2. К нему был присоединен трубопровод 6 диаметром 10 мм и длиной 6 м. Отделение обезвоженного масла от отработанного газа происходило в сепараторе 7. Отбор проб исходного и обезвоженного масла производился при помощи пробоотборных кранов 8 и 9. Предварительная осушка газа производилась в силикагелевом адсорбере 10. Расход газа измеряли ротаметром 11. Насос-дозатор 12 служил для подачи расчетного количества дистиллированной воды, которая в испарительной части барботера сначала превращалась в пар, который барботировал через слой масла для поддержания максимального уровня его увлажнения.

Условия и результаты эксперимента представлены в таблице.

Экспериментальные результаты и условия проведения опытов

Сырье	Температура процесса, °С	Производительность установки, л/ч	Расход газа, м ³ /ч	Время сушки, с	Начальная влажность, ppm	Конечная влажность, ppm
Средневязкое дистиллятное масло	145–150	500	0,2	2,7	273–293	51–57

Определение содержания воды в масле проводили методом Фишера с отбором двух параллельных проб [7, 8].

Результаты экспериментов подтвердили достаточно высокую эффективность обезвоживания средневязкого дистиллятного масла в модели струйного аппарата. Как видно из таблицы, влажность средневязкого дистиллятного масла снижается в среднем более чем в 5 раз.

Были также выполнены конструктивные расчеты опытно-промышленной установки при расходе масла на один аппарат в количестве $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ при следующих исходных данных:

давление рабочей жидкости – масла перед соплом, МПа	0,5
температура масла, °С	145
давление азота, МПа	0,1
давление газожидкостной смеси после струйной сушилки, МПа	0,15

В результате выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ была предложена принципиальная технологическая схема сушильной установки, которая представлена на рис. 2.

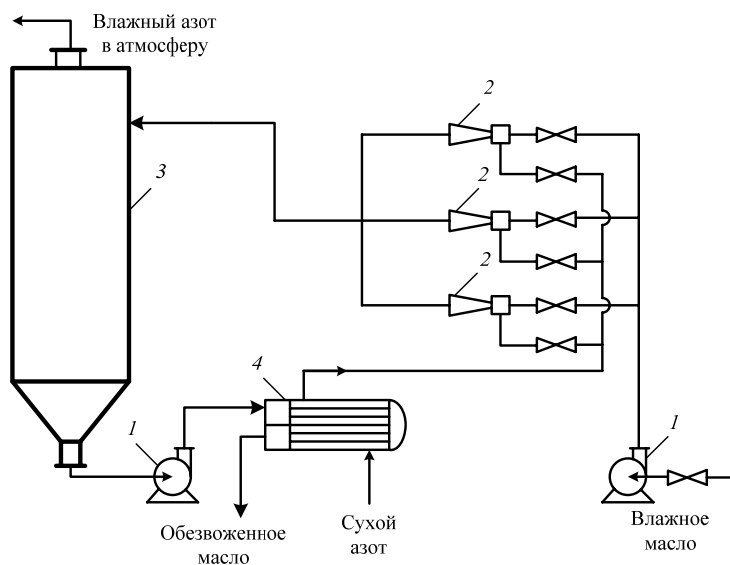


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема опытно-промышленной установки обезвоживания масел струйного типа: 1 – центробежные насосы; 2 – струйные аппараты; 3 – сепаратор; 4 – теплообменник

Процесс обезвоживания масла осуществляется следующим образом. Влажное масло с температурой $140\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$ насосом 1 подается в сопло струйного аппарата 2, где эжектирует сухой подогретый азот. В камере смешения струйного аппарата образуется высокотурбулизованная газожидкостная смесь с высокой поверхностью контакта фаз, за счет чего и происходит интенсивное испарение влаги. Обезвоживание масла продолжается и при движении этой смеси по трубопроводу, а газовая фаза при этом быстро насыщается парами воды. После этого

газожидкостная смесь поступает в центробежный сепаратор 3, где происходит разделение газовой и жидкой фазы.

Заключение

Использование предложенного струйного аппарата позволит значительно сократить длительность обезвоживания масел от нескольких десятков минут до 3–5 с. Кроме того, это позволит отказаться от использования вакуумной колонны и, как следствие, исключить энергетические затраты для создания и поддержания глубокого вакуума.

Список литературы

1. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997. – 447 с.
2. Способ обезвоживания масла: пат. 2164528 РФ, МПК С 10G 33/00 / Низьев О.Г., Удод С.Н., Низьев И.Г. [и др.]. – Оpubл. 27.03.2001.
3. Об эффективности методов удаления следов воды из минеральных масел / Л.Л. Семенычева, В.В. Полянская, Н.В. Кулешова [и др.] // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 3(1). – С. 91–93.
4. Sazhin B.S., Sazhin V.B. Scientific principles of drying technology. – New York: Begell house, 2007. – 500 p.
5. Способ обезвоживания масла: пат. 2123027 РФ, МПК С 10G 33/06 / Кузьминов В.М., Колодяжный В.Г., Юдин В.И. [и др.]. – Оpubл. 10.12.1998.
6. Способ обезвоживания нефти и нефтепродуктов: пат. 2120323 РФ, МПК В 01D 17/00 / Бухтияров В.И., Ерохин В.В., Сербиненко В.И. [и др.]. – Оpubл. 20.10.1998.
7. ГОСТ 2477–65. Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 6 с.
8. ГОСТ 1547–84. Масла и смазки. Метод определения наличия воды. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 13 с.

References

1. Sazhin B.S., Sazhin V.B. Nauchnye osnovy tekhniki sushki [Scientific bases of the technology of drying]. Moscow: Nauka, 1997. 447 p.
2. Niz'ev O.G., Udod S.N., Nizev I.G. Sposob obezvozhivanya masla [The metod of dehydration of oil]. Patent No. 2164528 RF. 2001.

3. Semenicheva L.L., Polyanskaya V.V., Kuleshova N.V. Ob effektivnosti metodov udaleniya sledov vody iz mineral'nykh masel [About efficiency of methods for removing traces of water from mineral oils]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta*, 2013, no. 3(1), pp. 91–93.

4. Sazhin B.S., Sazhin V.B. Scientific principles of drying technology. New York: Begell house, 2007. 500 p.

5. Kuz'minov V.M., Kolodyazhyj V.G., Yudin V.I. Sposob obezvozhivaniya masla [The method of dehydration of oil]. Patent No. 2123027 RF. 1998.

6. Bukhtiarov V.I., Erokhin V.V., Serbinenko V.I. Sposob obezvozhivaniya nefiti i nefteproduktov [Method of dehydration of oil and oil products]. Patent No. 2120323 RF. 1998.

7. GOST 2477–65. Neft i nefteprodukty. Metod opredeleniya sodержaniya vody [Oil and oil products. Method of determination water content]. Moscow: Izdatelstvo standartov, 2004. 6 p.

8. GOST 1547–84. Masla i smazki. Metod opredeleniya nalichiya vody [Oil and lubricants. Method of determination the presence of water]. Moscow: Izdatelstvo standartov, 2002. 13 p.

Получено 24.10.2016

Об авторах

Загидуллин Сафар Хабибуллович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов производственных процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: zsh@cpl.pstu.ru).

Долганов Владислав Леонидович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов производственных процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: dolganov@pstu.ru).

Лыков Александр Николаевич (Пермь, Россия) – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29).

Киселёв Александр Михайлович (Пермь, Россия) – студент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29).

About the authors

Safar H. Zagidullin (Perm, Russian Federation) – Doctor in Technical Sciences, Professor, Head of Department of Machinery and Apparatus Manufacturing Processes, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: zsh@cpl.pstu.ru).

Vladislav L. Dolganov (Perm, Russian Federation) – Ph.D in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Machinery and Apparatus Manufacturing Processes, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: dolganov@pstu.ru).

Aleksandr N. Lykov (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation).

Aleksandr M. Kiselev (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation).