АНАЛИЗ ВИДОВ И СТАТИСТИКИ ПОВРЕЖДЕНИЙ СКРЕБКОВЫХ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ УСТАНОВОК ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ МАСЕЛ

TYPES AND STATISTICAL DATA ANALYSIS OF SCRAPE CRYSTALLIZERS FAILURES IN OIL DEWAXER UNITS

Т. И. Шарипов
Timur I. Sharipov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Р. Г. Ризванов
Rif G. Rizvanov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Р. Г. Шарафиев
Robert G. Sharafiev

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Эффективность и производительность установки депарафинизации масел зависит не только от физико-химических свойств сырья, но и от работоспособности оборудования. Поддержание оборудования в работоспособном состоянии и предотвращение преждевременных отказов – основные принципы в эксплуатации оборудования. Поскольку для процессов кристаллизации используется сложное оборудование, то повышение надёжности актуально для нефтеперерабатывающей промышленности. Рассматриваемый скребковый кристаллизатор представляет собой теплообменник «труба в трубе» с внутренними скребковыми устройствами. Достоинствами данного оборудования являются развитая поверхность теплообмена, непрерывный режим работы, легкость регулирования рабочего режима, возможность осуществления процесса при незначительных переохлаждениях разделяемой смеси.

Кристаллизаторы представляют собой горизонтальные теплообменники типа «труба в трубе». Внутренняя труба снабжена вращающимся валом с металлическими скребками для удаления парафинового слоя со стенок трубы. Раствор депарафинизируемого сырья прокачивается по внутренним трубкам, а хладагент (аммиак, пропан, этан или холодный фильтрат) – противотоком по межтрубному кольцевому пространству.

Практика показывает, что ремонт скребкового кристаллизатора типа «труба в трубе» — сложный процесс, который требует существенных затрат, как капитальных, так и физической силы рабочих. Усложняют график ремонта отказы оборудования из-за преждевременного износа составных частей. Отказ одного кристаллизатора снижает загрузку установки на 10–15 %, что, в свою очередь, сказывается на итоговой выработке масел.

В данной статье рассмотрены принцип работы и виды повреждений составных частей скребкового кристаллизатора; проведен анализ замены изношенных деталей, отказов кристаллизаторов, а также приведены примеры изношенных деталей. В результате анализа данных по замене деталей при ремонтах скребковых кристаллизаторов, накопленных за много лет эксплуатации, сделан вывод, что наиболее подверженные износу детали кристаллизатора — скребки и тройниковые подшипники, преждевременный износ которых в большинстве случаев является первопричиной отказа данного оборудования.

Ключевые слова

депарафинизация масел,
скребковый кристаллизатор,
отказ оборудования,
износ деталей

The efficiency and performance of the oil dewaxing unit depends not only on the physicochemical properties of the raw materials, but also on the equipment's performance. Maintaining equipment in working condition and preventing premature failures are basic principles in operating equipment. Since complex equipment is used for crystallization processes, increasing reliability is important for the oil refining industry. Considered scraper crystallizer is a pipe in pipe heat exchanger with internal scraper devices. The advantages of this equipment are the developed heat exchange surface, continuous operation mode, ease of regulation of the operating mode, the possibility of the process with minor supercooling of the separating mixture.

Crystallizers are horizontal pipe-in-pipe heat exchangers. The inner tube is equipped with a rotating shaft with metal scrapers to remove the paraffin layer from the pipe walls. The solution of the dewaxed raw material is pumped through the internal tubes, and the refrigerant (ammonia, propane, ethane or cold filtrate) is countercurrent through the annular space.

Practice shows that the repair of a scraper crystallizer of the «pipe in pipe» type is a complex process that requires substantial expenses, both for capital and for physical strength of workers. Repair schedule complicates equipment failures due to premature wear of components. The failure of one crystallizer reduces the installation load by 10–15 %, which in turn affects the final production of oils.

This article describes the principle of operation and the types of failures to the components of the scraper crystallizer; analysis of the replacement of worn parts, failures of crystallizers, and examples of worn parts. As a result of analyzing the data of parts replacement during of scraper crystallizers repairs collected over many years of operation, it was concluded that the most susceptible to wear of the crystallizers' parts are scrapers and tee bearings, the premature wear of which is in most cases are root causes of the equipment failure.

В настоящее время процесс депарафинизации является неотъемлемым звеном технологической цепи нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) масляного направления, на которых перерабатывают парафинистые нефти. Поскольку для процессов кристаллизации используется сложное оборудование, то повышение надёжности с целью предотвращения отказов оборудования на сегодняшний день является актуальной задачей для многих нефтеперерабатывающих заводов России.

Одним из важнейших показателей процесса депарафинизации является скорость кристаллизации смеси сырья с растворителем. Для кристаллизации сырья на НПЗ используются кристаллизаторы различных конструкций, но наиболее распространены скребковые кристаллизаторы типа «труба в трубе».

Вопросы совершенствования кристаллизаторов были рассмотрены в работах С. С. Круглова, П. В. Бакулева [1, 2].

Общей концепцией поддержания оборудования в исправном состоянии и обеспечения постоянной работоспособности является внедрение системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Система ППР основана на планировании ремонтов и носит предупредительный характер. Это означает, что все меро-

Key words

oil dewaxing,
scrape crystallizer,
equipment failure,
wear of parts

приятия по поддержанию работоспособности оборудования выполняются в соответствии с годовыми и месячными графиками, составленными так, чтобы предупредить преждевременный выход оборудования из строя [3].

Особое место в теории надёжности занимает прогнозирование ресурса объекта на стадии эксплуатации. Вопросы о продлении сроков межремонтных периодов должны решаться на базе всестороннего анализа напряженно-деформированного состояния, дефектности материала, изменения свойств конструктивных элементов и металла. Если учесть экономический эффект, то затраты на индивидуальное прогнозирование остаточного ресурса и повышение надёжности сложных систем полностью окупаются [4, 5].

Достоинствами скребковых кристаллизаторов типа «труба в трубе» являются развитая поверхность теплообмена, непрерывный режим работы, легкость регулирования рабочего режима, возможность осуществления процесса при незначительных переохлаждениях разделяемой смеси [7].

Скребокый кристаллизатор работает следующим образом (рисунок 1). Сырье поступает во внутреннюю трубу 1, охлаждаясь, образует тонкий слой суспензии, прилегающий

1 — внутренняя труба; 2 — тройниковая опора вала; 3 — скребки; 4 — направляющие скребков; 5 — пружина сжатия; 6 — втулка скольжения

Рисунок 1. Расположение внутренних устройств в кристаллизаторе

к внутренней стенке трубы. Затем этот слой снимается скребками 3, которые устанавливаются в рабочее положение пружиной сжатия 5. Далее снятый слой охлажденной суспензии перемешивается с более теплой частью суспензии. Приводные валы приводятся в движение цепной передачей через шестерню редуктора. Роль опор промежуточных валов выполняют тройниковые подшипники 2, где рабочим органом является втулка скольжения 6. Направляющие скребков 4 также выполняют роль ребер жесткости.

Периодичность и объемы ремонтов для скребковых кристаллизаторов типа «труба в трубе» согласно стандартам организации технического обслуживания показаны в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Периодичность ремонтов скребкового кристаллизатора «труба в трубе»

ТР (текущий ремонт), ч	СР (средний ремонт), ч	КР (капитальный ремонт), ч	Структура ремонтного цикла
8000-9400	24000-28200	48000-56400	К-4Т-С-К

Таблица 2. Объемы работ при ремонте скребкового кристаллизатора «труба в трубе»

ТР (текущий ремонт)	СР (средний ремонт)	КР (капитальный ремонт)
1. Ревизия и при необходимости замена звёздочек привода. 2. Проверка износа и замена изношенных приводных валов и их подшипников, набивка смазки. 3. Набивка уплотнения приводных валов. 4. Осмотр приводной цепи. 5. Замена масла в редукторе и ванне цепной передачи. 6. Подтяжка резьбовых соединений. 7. Проверка состояния полумуфт и центровки валов двигателя и редуктора. 8. Вскрытие пробок задних двойников для проверки вращения валов.	1. Состав работ текущего ремонта. 2. Осмотр скребковых валов для проверки их состояния и износа деталей. 3. Проверка состояния шестерни редуктора, подшипников валов, полумуфт. 4. Опрессовка кристаллизатора.	1. Состав работ среднего ремонта. 2. Полная замена приводных, скребковых валов и их деталей. 3. Замена подшипниковых тройниковых опор вала. 4. При необходимости расточка и завтуливание передних двойников. 5. Замена изношенных зубчатых колес и подшипников редуктора. 6. Замена при необходимости приводной цепи. 7. Замена отдельных изношенных труб.

Частые заклинивания вращающихся скребков приводят к срезу предохранительных штифтов и остановке вала. Выход из строя нескольких трубных секций негативно сказывается на интенсивности теплопередачи в кристаллизаторе, что может привести к необходимости снижения пропускной способности установки по сырью в том случае, если отсутствует запас оборудования по холодопроизводительности. Большое число ведомых звездочек (до 14 штук), значительная длина цепи и трудность в обеспечении стабильной смазки элементов привода ведут к частым обрывам и соскакиванию. Множество сальниковых уплотнений валов является причиной по-

стоянных протечек и необратимых потерь сырья и растворителя в процессе [3].

На рисунке 2 показаны результаты анализа замены изношенных деталей 15 скребковых кристаллизаторов за период с 2012 по 2018 г. установки депарафинизации масел (согласно проведенным средним ремонтам по графику ППР).

На рисунке 3 показаны доли видов отказов кристаллизаторов.

На рисунках 4–7 показаны виды поврежденных деталей, имеющих наибольший процент замены согласно рисунку 2. Детали были заменены после отказа оборудования по причине заклинивания вала, наработка около 15000 ч.

Рисунок 2. Доля замененных деталей

Рисунок 3. Распределение видов отказов кристаллизаторов

Рисунок 4. Износ бронзовой втулки тройникового подшипника

Рисунок 5. Деформированные скребки

Рисунок 6. Обрыв и износ скребка

Рисунок 7. Износ посадочных мест приводных валов

Рисунок 8. Дерево отказов кристаллизатора

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Круглов С.С. Совершенствование кристаллизатора дискового типа для процессов производства нефтяных масел: дисс. ... канд. техн. наук. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016. 200 с.
2. Бакулев П.В., Стариков А.С. Модернизация скребковых кристаллизаторов установок депарафинизации магнитными датчиками вращения скребковых кристаллизаторов // Территория НЕФТЕГАЗ. 2006. № 8. С. 66.
3. Яшура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 360 с.
4. Шарафиев Р.Г., Ерофеев В.В., Закиров О.А. Надёжность технологического оборудования топливно-энергетического комплекса. Челябинск-Уфа: Изд-во ЦНТИ, 2007. 174 с.
5. Оборудование нефтегазоперерабатывающих и нефтегазохимических производств / Р.Г. Шарафиев, С.С. Хайрудинова, Р.Г. Ризванов, В.В. Коваленко,

Анализируя долю замененных деталей, виды повреждений, принцип работы и причину отказов оборудования построим дерево отказов кристаллизатора (рисунок 8).

Результаты проведенного анализа показывают, что наиболее подверженные износу детали кристаллизатора – скребки и тройниковые подшипники, преждевременный износ которых в большинстве случаев является первопричиной отказа данного оборудования.

Выводы

Рассмотрены виды и статистика повреждений деталей скребкового кристаллизатора на примере установки депарафинизации масел. Поскольку большую часть специализированного оборудования на установках депарафинизации масел занимают скребковые кристаллизаторы, то вопросы повышения надёжности данного оборудования и увеличения межремонтного периода на сегодняшний день являются актуальными.

В.В. Ерофеев, М.А. Исмагилов, М.В. Давыдов. Уфа: УГНТУ, 2002. 268 с.

6. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: учебник для вузов / А.И. Скобло, Ю.К. Молоканов, А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. 677 с.

7. Vishnevsky A., Grinberg I., Pivovarov A. New Wax Crystallizer Matches Process with Technology // Lubricants World. 2001. February. P. 19.

REFERENCES

1. Kruglov S.S. *Sovershenstvovaniye kristallizatora diskovogo tipa dlya protsessov proizvodstva neftyanykh masel: diss. kand. tekhn. nauk.* [Perfection of a Disk-Type Crystallizer for the Processes of Petroleum Oils Production: diss. Cand. Engin. Sci.]. Moscow, 2016. 200 p. [in Russian].
2. Bakulev P.V., Starikov A.S. *Modernizatsiya skrebkovykh kristallizatorov ustanovok deparafinizatsii*

magnitnymi datchikami vrashcheniya skrebkovykh kristallizatorov [Modernization of Scraper Crystallizers of Dewaxing Installations by Magnetic Sensors of Rotation of Scraper Crystallizers]. *Territoriya neftegaz – Territory NEFTEGAZ*, 2006, No. 8, P. 66. [in Russian].

3. Yashchura A.I. *Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta obshchepromyshlennogo oborudovaniya: spravochnik* [The System of Maintenance and Repair of General Industrial Equipment: Handbook]. Moscow, 2006. 360 p. [in Russian].

4. Sharafiyev R.G., Erofeev V.V., Zakirov O.A. *Nadozhnost' tekhnologicheskogo oborudovaniya toplivno-energeticheskogo kompleksa* [The Reliability of the Technological Equipment of the Fuel and Energy Complex]. Chelyabinsk-Ufa, 2006. 174 p. [in Russian].

5. Sharafiev R.G., Khairudinova S.S., Rizvanov R.G., Kovalenko V.V., Erofeev V.V., Ismagilov M.A., Davydov M.V. *Oborudovaniye neftegazopererabatyvayushchikh i neftegazokhimicheskikh proizvodstv*. [Equipment for Oil and Gas Processing and Petrochemical Production]. Ufa, USPTU, 2002. p. 268. [in Russian].

6. Skoblo A.I., Molokanov Yu.K., Vladimirov A.I. *Neftegazopererabotka i neftekhimii: uchebnik dlya vuzov*. [Processes and Equipment of Oil and Gas Processing and Petrochemistry: a Textbook for Universities]. Moscow, Nedra-Business Center Publ., 2000. 677 p. [in Russian].

7. Vishnevsky A., Grinberg I., Pivovarov A. New Wax Crystallizer Matches Process with Technology. *Lubricants World*, 2001, February, pp. 19.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Шарипов Тимур Ирекович, аспирант кафедры «Технология нефтяного аппаратостроения», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Timur I. Sharipov, Post-graduate student of Oil Processing Equipment Technology Department, USPTU, Ufa Russian Federation

e-mail: timyr.sharipov@gmail.com

Ризванов Риф Гарифович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология нефтяного аппаратостроения», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Rif G. Rizvanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head Oil Processing Equipment Technology Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: rifriz@mail.ru

Шарафиев Роберт Гарафиевич, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология нефтяного аппаратостроения», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Robert G. Sharafiyev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Oil Processing Equipment Technology Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: sharafiev47@mail.ru