Eighth International Environmental Congress
(Tenth International Scientific-Technical Conference)
"ECOLOGY AND LIFE PROTECTION
OF INDUSTRIAL-TRANSPORT COMPLEXES"
22-26 September, 2021 SAMARA-TOGLIATTI, RUSSIA

ELPIT 2021

Volume 2 Том 2

SCIENTIFIC SYMPOSIUM "PROBLEMS AND INNOVATIVE DECISIONS IN THE FIELD OF ENGINEERING PROVISION OF ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF URBAN TERRITORIES"

НАУЧНЫЙ СИМПОЗИУМ "ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ"

восьмого международного экологического конгресса (десятой Международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2021"

Россия, Самарская область, гг. Самара, Тольятти,

Самарский федеральный исследовательский центр РАН

Самарский государственный технический университет

22-26 сентября 2021 г.

EDITOR: DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCE, PROFESSOR ANDREY VASILYEV

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР: Д.Т.Н., ПРОФЕССОР А.В. ВАСИЛЬЕВ

УДК 504: 331
ББК 20.1:20.18:68.9
Е46

Е46 Proceedings of the Eighth International Environmental Congress (Tenth International Scientific-Technical Conference) «Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes» ELPIT 2021 22-26 September, 2021 Samara-Togliatti, Russia: Edition ELPIT. Printed in Publishing House of Samara Scientific Centre, 2021. V. 2, Scientific symposium «Problems and Innovative Decisions in the Field of Engineering Provision of Ecological and Industrial Safety of Urban Territories» – p. 125.

Е46 Сборник трудов восьмого международного экологического конгресса (десятой международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2021, 22-26 сентября 2021 г., гг. Самара - Тольятти, Россия: Издательство «ELPIT». Отпечатано в АНО «Издательство СНЦ». 2021. Т.2, научный симпозиум «Проблемы и инновационные решения в области инженерного обеспечения экологической и промышленной безопасности урбанизированных территорий» – 125 с.

Scientific Redactor of Proceedings: Andrey V. Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Director of the Institute of Ecology of Volga Basin of Russian Academy of Science – Branch of Head of Department of Samara Federal Research Center of RAS, Professor of Department of Chemical Technology and Industrial Ecology of Samara State Technical University, Russia

Scientific Board: Carmine Gambardella, Professor, President and CEO BENECON UNESCO Chair, Italy; Gennady S. Rosenberg, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Russia; Oleg N. Rusak, Doctor of Technical Sciences, Professor, the President of the International Academy of Ecology and Life Protection Sciences, Russia; Sergey N. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Russia; Dmitry E. Bykov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia; Andrey V. Vasilyev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia; Veniamin D. Kalner, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia; Nicolay I. Ivanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia; Yury V. Trofimenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia; Antonio Moraish, Professor, Portugal; Sergio Sibilio, Professor, University Campania "Luigi Vanvitelli", Italy; Vladimir Devisilov, Candidate of Technical Science, Dozent, Russia; Janis I. Ievinsh, Doctor of Economical Sciences, Professor, Latvia; Dr. Sergio Luzzi, Italy; Nicola Pisacane, Professor, University Campania "Luigi Vanvitelli", Italy

Научный редактор сборника: Васильев А.В., доктор технических наук, профессор, директор Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала Самарского федерального исследовательского центра РАН, профессор кафедры химической технологии и промышленной экологии, Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Редакционная коллегия: профессор К. Гамбарделла (Италия); д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг, д.т.н., профессор, президент МАНЭБ О.Н. Русак, д.с.х.н., профессор, академик РАН С.Н. Шевченко, д.т.н., профессор Д.Е. Быков, д.т.н., профессор А.В. Васильев, д.т.н., профессор В.Д. Кальнер, д.т.н., профессор Н.И. Иванов, д.т.н., профессор Ю.В. Трофименко, профессор А. Морайш (Португалия), профессор С. Сибилио (Италия), д.б.н., профессор С.В. Саксонов, к.т.н., доцент В.А. Девисилов, д.э.н., профессор Я.И. Иевиньш (Латвия), доктор С. Луцци (

СОДЕРЖАНИЕ. CONTENTS

С. 8-11

D.D. Anashkina, E.R. Barieva, E.V. Serazeeva
IMPROVEMENT OF WASTE WATER TREATMENT TECHNOLOGY AT THE PUBLIC SERVICE ENTERPRISE
Д.Д. Анашкина, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

С. 12-16

A.S. Anisimov, E.R. Barieva, E.V. Serazeeva
IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF RECYCLING OF RUBBER PRODUCTS AT THE WASTE PROCESSING PLANT
А.С. Анисимов, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ

С. 17-22

A.V. Valykov, T.B. Mindlina, N.A. Onoprienko
ZINC PURIFICATION OF RARE-EARTH CHLORIDE-SULFATE SOLUTIONS WHEN RECEIVING EUROPIUM
А.В. Вальков, Т.Б. Миндлина, Н.А. Оноприенко
ОЧИСТКА ОТ ЦИНКА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЕВРОПИЯ

С. 23-32

A.V. Valykov, E.A. Ananyeva, V.I. Petrov, N.A. Shcherbina
TO THE PROBLEM OF TREATMENT OF PHOSPHOGYPSUM
А.В. Вальков, Е.А. Ананьева, В.И. Петров, Н.А. Щербина
К ПРОБЛЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

С. 33-41

M.A. Volodina, A.T. Glukhov

RATIONAL PRODUCTION TECHNOLOGY OF SODIUM CYANIDE
М.А. Володина, А.Т. Глухов
РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦИАНИДА НАТРИЯ

С. 42-46

A.S. Glubokaya, O.V. Atamanova
ANALYSIS AND TECHNOLOGY OF WASTE WATER TREATMENT FROM THE TEXTILE INDUSTRY
А.С. Глубокая, О.В. Атаманова
АНАЛИЗ И ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

С. 47-52

V.V. Ermakov, A.V. Vasilyev, V.A. Vinogradova
APPROACHES TO REDUCTION OF LOW FREQUENCY NOISE AND GAS PRESSURE OSCILLATIONS IN PIPELINE SYSTEMS OF POWER PLANTS
В.В. Ермаков, А.В. Васильев, В.А. Виноградова
ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ НИЗКОЧАСТОТНОГО ШУМА И КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

С. 53-56

M.G. Zharikov, R.Yu. Salpagarov
INDUSTRIAL TREATMENT OF OIL SLUDGES OF OMSK OIL REFINARY BY USING OF “ARCOIL” BIOPREPARSATION – OIL DESTRUCTOR
М.Г. Жариков, Р.Ю. Салпагаров
ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕФТЕШЛАМОВ ОМСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА С ПОМОЩЬЮ БИОПРЕПАРАТА-НЕФТЕДЕСТРУКТОРА «АРКОЙЛ»

С. 57-61

A.A. Igolkin, A.I Safin, A.V. Kuztetsov
PURGE RESISTANCE OF POLYURITHANE FOAM OF DIFFERENT RESISTANCE
А.А. Иголкин, А.И. Сафин, А.В. Кузнецов

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОДУВАНИЮ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ

С. 62-73

M.S. Konovalov, Yu.V. Velikanova
INCREASING OF RELIABILITY OF OPERATION OF CENRIFUGAL PUMPS
М.С. Коновалов, Ю.В. Великанова
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

С. 74-77

N.D. Kostarev, V.A. Taganova, K.B. Kostin, S. Ya Pichkhidze
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF BINDER CURING METHODS IN THE PRODUCTION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS
Н.Д. Костарев, В.А. Таганова, К.Б. Костин, С.Я. Пичхидзе
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ОТВЕРЖДЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. 78-81

N.D. Kostarev, V.A. Taganova, N.I. Karpenko, S. Ya. Pichkhidze
RESEARCH OF FILLERS FOR POLYMER COMPOSITE MATERIALS
Н.Д. Костарев, В.А. Таганова, Н.И. Карпенко, С.Я. Пичхидзе
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. 82-88

N.V. Lipanova, E.A. Mesyats, V.R. Kripak
EXTRACTION OF RARE EARTH ELEMENTS AND ZINC FROM INTERMEDIATES OF THE EUROPIUM TECHNOLOGY BY EXTRACTION WITH CATION EXCHANGE EXTRACTANTS
Н.В. Липанова, Е.А. Месяц, В.Р. Крипак
ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЦИНКА ИЗ ПОЛУПРОДУКТОВ ТЕХНОЛОГИИ ЕВРОПИЯ ЭКСТРАКЦИЕЙ КАТИОНООБМЕННЫМИ ЭКСТРАГЕНТАМИ

С. 89-93

E.V. Maslennikova, V.V. Ermakov
THE USE OF BIOCHEMICAL STIMULANTS TO INTENSIFY THE TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED DRILLING WASTEWATER
Е.В. Масленникова, В.В. Ермаков
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ СТИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

С. 94-98

A.I. Musin, Yu.G. Borisova, T.P. Mudrik, R.R. Daminev
WASTE-FREE HETEROGENEOUS CATALYTIC ISOMERIZATION VINYL-GEM-DICHLOROCYCLOPROPANE
А.И. Мусин, Ю.Г. Борисова, Т.П. Мудрик, Р.Р. Даминев
БЕЗОТХОДНАЯ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЗАЦИЯ ВИНИЛ-*ГЕМ*-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПАНОВ

С. 99-105

A.I. Muhametova, A.P. Sidorova, E.R. Barieva, E.V. Serazeeva
TECHNICAL SOLUTION TO MINIMIZE EMISSIONS OF POLLUTANTS INTO THE ATMOSPHERE FROM GAS PUMPING UNIT
А.И. Мухаметова, А.П. Сидорова, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО МИНИМИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

С. 106-110

A.A. Podoksenov
IMPROVING THE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT FROM AROMATIC AMINO COMPOUNDS AT WATER TREATMENT PLANTS
А.А. Подоксенов
УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОСОЕДИНЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ ВОДООЧИСТКИ

С. 111-117

O.A. Savvateeva, V.A. Kurenkova
LIGHTING PROBLEMS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS
О.А. Савватеева, В.А.Куренкова
ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

С. 118-124

N.P. Frolov, V.A. Devisilov
RESEARCH OF PRESSURE DROP IN HYDRODYNAMIC FILTER BY USING OF MACHINE MODELING WITH APPLICATION OF SOFTWARE ANSYSCFX
Н.П. Фролов, В.А. Девисилов
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ФИЛЬТРЕ ПОСРЕДСТВОМ МАШИННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYSCFX

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021

22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

IMPROVEMENT OF WASTE WATER TREATMENT TECHNOLOGY AT THE PUBLIC SERVICE ENTERPRISE

D.D. Anashkina, E.R. Barieva, E.V. Serazeeva
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

In this paper a method for increasing the degree of wastewater treatment at an enterprise by introducing a frame-filling filter into the technological scheme as a post-treatment is discussed.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Д.Д. Анашкина, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

В работе рассматривается способ повышения степени очистки сточных вод на предприятии внедрением в технологическую схему в качестве доочистки каркасно–засыпного фильтра.

В настоящее время процесс очистки сточных вод в городах и населенных пунктах имеет большое экологическое значение [1-8]. В реки и озера вместе со сточными водами поступают загрязнения от различных промышленных и коммунальных предприятий, а также большое количество коммунальных стоков поступает от зон жилой застройки [1, 7, 8].

Все загрязняющие вещества оказывают негативное воздействие на водные объекты, многие из них приводят к гибели животного и растительного многообразия, а так же к заболачиванию водоёма [2].

Технологическая схема очистки сточных вод (рис.1.) включает в себя механическую, одноступенчатую биологическую очистку в аэротенках [3]. Очищенная вода сбрасывается в реку. Обработка осадков осуществляется в аэробном стабилизаторе на фильтр-прессе. Обезвоженный осадок складируется на существующий полигон [4].

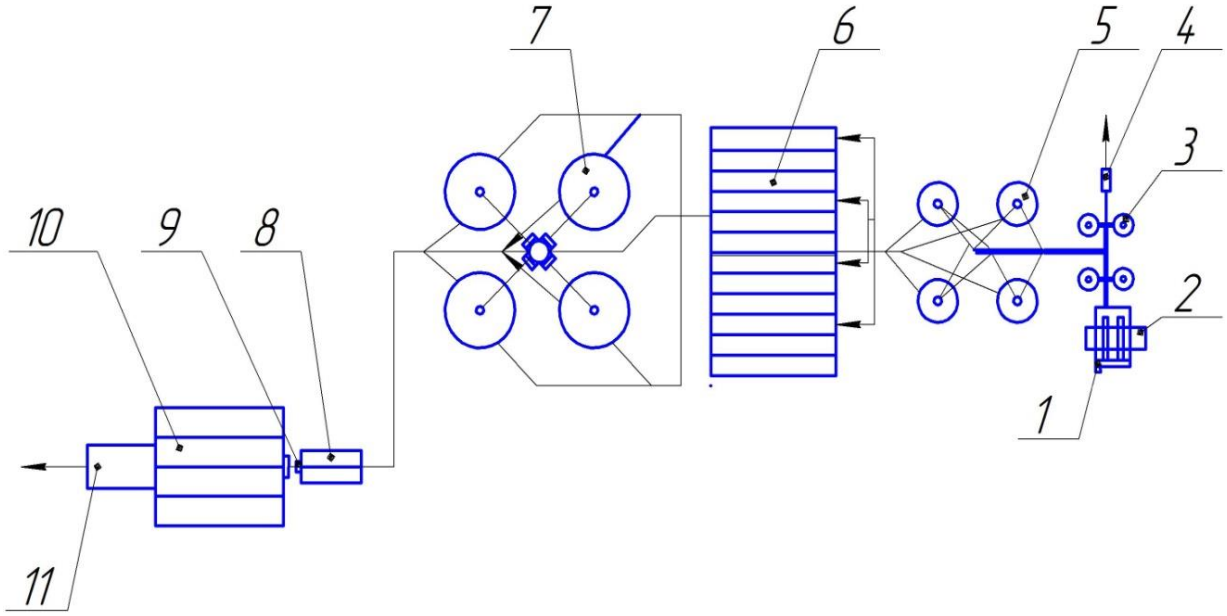


Рисунок 1 –Технологическая схема размещения технологического оборудования в цехе очистных сооружений предприятия коммунального хозяйства

1- приемная камера; 2- здание решеток; 3-песколовки горизонтальные с круговым движением воды; 4-бункеры песка; 5-первичные радиальные отстойники; 6-аэротенки-вытеснительные четырех-секционные; 7- вторичные радиальные отстойники; 8-водоизмерительный лоток; 9- ершовый смеситель; 10- контактный резервуар; 11- выпуск в реку

Подача сточных вод на КОС осуществляется от перекачивающих насосных станций по напорным трубопроводам. Гашение напора сточных вод производится в приемной камере очистных сооружений.

Сточные воды, пройдя очистку на решетках с прозорами 5 мм, поступают в песколовки, где происходит выделение из сточных вод минеральных загрязняющих примесей (песка). Осевший в песколовках песок гидроэлеватором удаляется в песковый бункер и по мере накопления вывозится на городскую свалку.

Далее сточная вода поступает в первичные радиальные отстойники, где происходит осаждение взвешенных веществ.

Осветленная сточная вода поступает на сооружение биологической очистки, которые предназначены для очистки сточных вод от органических загрязняющих примесей при непрерывном контакте с активным илом и постоянной аэрации в аэротенках. Подача воды в аэротенк производится сосредоточенно во 2-й коридор, так же есть возможность впуска сточной жидкости во 2-й и 3-й коридоры. Выпуск обработанной воды производится в сборный канал после аэротенков.

Разделение очищенной сточной воды и активного ила осуществляется во вторичных радиальных отстойниках. Возвратный активный ил после

вторичных отстойников через иловый резервуар при насосно-воздуходувной станции подаётся в начало аэротенка.

Осветленные воды после вторичных отстойников поступают в контактный резервуар. Обеззараживание очищенных сточных вод осуществляется раствором гипохлорита натрия.

Обеззараженные сточные воды сбрасываются в р.Сатис через каскадный аэрационный лоток.

Технологический процесс обработки осадков сточных вод включает в себя следующие стадии:

- аэробная стабилизация неуплотненного ила и сырого осадка;
- механическое обезвоживание стабилизированного осадка.

Сырой осадок с помощью винтовых насосов поступает в здание решеток перед аэробным стабилизатором [3].

Проведенный лабораторный анализ состава сточных вод показал, что действующая система очистки сточных вод недостаточно полно справляется со своей задачей. Для повышения степени очистки сточных вод на предприятии было предложено применить в качестве доочистки каркасно – засыпной фильтр ФКЗ 20 (рис.2).

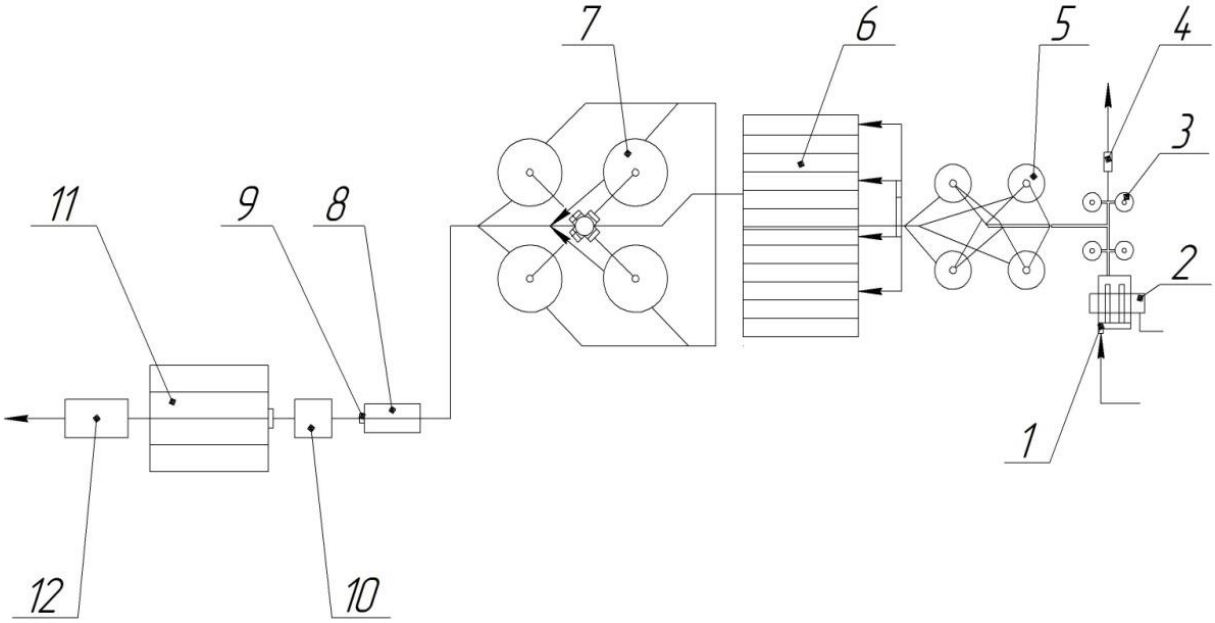


Рисунок 2 - Схема размещения технологического оборудования в цехе очистных сооружений предприятия коммунального хозяйства после внедрения фильтра

1 - приемная камера; 2- здание решеток; 3 - песколовки горизонтальные с круговым движением воды; 4 - бункеры песка; 5-первичные радиальные отстойники; 6-аэротенки-вытеснители четырех-секционные; 7- вторичные радиальные отстойники; 8-водоизмерительный лоток; 9- ершовый смеситель; 10- каркасно – засыпной фильтр; 11 - контактный резервуар; 12 – выпуск в реку

Усовершенствование технологии очистки сточных вод на предприятии коммунального хозяйства является целесообразной с экономической и экологической точки зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тайгунова Г.Р., Бариева Э.Р., Серазеева Е.В Техническое решение по улучшению технологии системы очистки сточных вод на предприятиях ЖКХ. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2013». – Выпуск 3. Том 43. С. 54-56.
2. Очистка сточных вод [Электронный ресурс] http://elib.sfu-kras.ru (дата обращения 08.04.2021).
3. Тайгунова Г.Р., Бариева Э.Р., Серазеева Е.В. Усовершенствование системы очистки сточных вод. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013». – Выпуск 1. Том 37. С.28-30.
4. Мамлеева Н.Р., Бариева Э.Р., Серазеева Е.В. Техническое решение по улучшению технологии системы очистки сточных вод./X Международная научно-практическая конференция: «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия». №3 (10), 2015. С. 109-110.
5. Оборудование и устройство очистных сооружений и установок [Электронный ресурс] http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/12.pdf (дата обращения 22.04.2020).
6. Гусарова Д.В., Васильев А.В. Повышение эффективности очистки сточных вод машиностроительных предприятий от смазочно-охлаждающих жидкостей. В сборнике: ELPIT-2013. Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов. Сборник трудов IV международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции. Научный редактор: А.В. Васильев. 2013. С. 144-148.
7. Измайлова С.В., Васильев А.В. Проблема очистки поверхностного стока, формирующегося на селитебной территории г. Сызрани. В сборнике трудов пятого международного экологического конгресса (седьмой международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2015. Научный редактор Васильев А.В. с. 166-172.
8. Vasilyev A.V., Khamidullova L.R., Podurueva V.V., Solovyov S.G. Investigation of toxicity of waste water of "AVTOVAZ" company by using biological testing methods. Safety of Technogenic Environment. 2012. № 2. С. 72-75.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF RECYCLING OF RUBBER PRODUCTS AT THE WASTE PROCESSING PLANT

A.S. Anisimov, E.R. Barieva, E.V. Serazeeva
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

In this paper the system of municipal waste disposal at a waste recycling plant are considered. To improve the level of recycling and recycling of automobile tires, it was proposed to use a pyrolysis plant.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ

А.С. Анисимов, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

В работе рассматривается система утилизации коммунальных отходов на мусороперерабатывающем заводе. Для улучшения уровня переработки и утилизации автомобильных шин было предложено использовать пиролизную установку.

Ежегодно в мире выходят из употребления еще свыше 10 млн. тонн покрышек. Самое большое количество изношенных покрышек образуется в США, Европейский Союз и Японии. В России объём вышедших из употребления автопокрышек оценивается в 800 тысяч тонн.

На данный момент число шин хранящихся на свалках шин во всем мире оценивается в миллиардах. Из-за отсутствия альтернатив утилизации и переработки шин увеличивает количество шин, хранящихся на свалках [1].

Существующий мировой и отечественный опыт свидетельствует, что наиболее распространенными методами утилизации покрышек являются сжигание с получением энергии (сжигание их в цементных печах используется наиболее часто), пиролиз в условиях относительно низких температур с получением легкого дистиллята, твердого топлива, близкого по свойствам к древесному углю, и металла, а также получение резиновой крошки и порошка, используемых для замены натурального и синтетического каучука при изготовлении полимерных смесей и строительных материалов [2].

В данный момент технологическая схема на предприятии представляет собой физическую переработку автомобильных шин в крошку.

В состав технологической линии переработки входят: конвейер ленточный шт.; машина первичного измельчения "шредер" 1 шт.; дробилка роторная 2 шт.; магнитный сепаратор 2 шт.; вибросито 3 шт.

Основными этапами переработки и утилизации автомобильных шин являются:

Металлический корд покрышки разрезается с двух сторон на надрывателе корда и подается на гидравлический станок для удаления толстой бортовой проволоки. Корд извлекается для защиты дальнейших механизмов линии дробления шин от быстрого изнашивания режущих элементов. Покрышки с извлеченным кордом подаются на гидравлические ножницы для резки. Покрышка режется на части, которые складывают в специальный контейнер. Работник вручную подает покрышки из контейнера на конвейер. По конвейеру она подается в шредер, разрезанная покрышка измельчаются до размеров 50х50 мм. Последующие измельчение до размеров 12х12 мм происходит в шредере среднего дробления. Скорость подачи на конвейер зависит от нагрузки на верхний шредер. Максимальная нагрузка 40, при превышении включается реверс на 10 секунд до тех пор, пока нагрузка на шредер снова не станет в пределах нормы. Пройдя через два шредера, резиновая крошка вентилятором подается в циклон, где отбирается часть текстиля.

Дальше резина попадает в магнитный сепаратор для отделения металлического корда от резиновой крошки, полученной в результате дробления автомобильных шин, где часть металла уходит в специальные ящики, и выкидывается в специальные контейнеры. Резина воздушным транспортом подается в роторную дробилку, где происходит их дробление до 5х5 мм. Дальше резиновая крошка проходит через циклон для очистки от текстиля и попадает на вибросито для отделения резиновой крошки размером 1х1 мм от текстиля, металла и крошки более крупных размеров. На вибросите резина проходит через сетки с отверстиями разных размеров. Текстиль с вибросита удаляется системой удаления текстиля и оседает в циклонах, а воздух поступает в фильтры тонкой очистки, где окончательно очищается и выбрасывается в атмосферу. Зацепившиеся за сетки металл и текстиль счищаются вручную специальным крюком и выбрасываются [3].

Отсеянная вторая фракция проходит через магнитный сепаратор и подается на вибросито. Оставшаяся резина проходит через магнитный сепаратор и поступает во вторую дробилку и тоже подается на вибросито. На вибросите резиновая крошка проходит через сетку, а текстиль и металл остается на ней. Специальными средствами сетка очищается от остатков металла и текстиля, резина уходит на вибросито, где делится на первую (меньше 1 мм), вторую (1-3мм) и третью (свыше 3 мм) фракции и фасуется в мешки по 25 кг. На последнем вибросите вручную отбирается текстиль и металл, прошедший через все этапы переработки

На рисунке1 представлена технологическая схема механической переработки автомобильных шин в крошку.

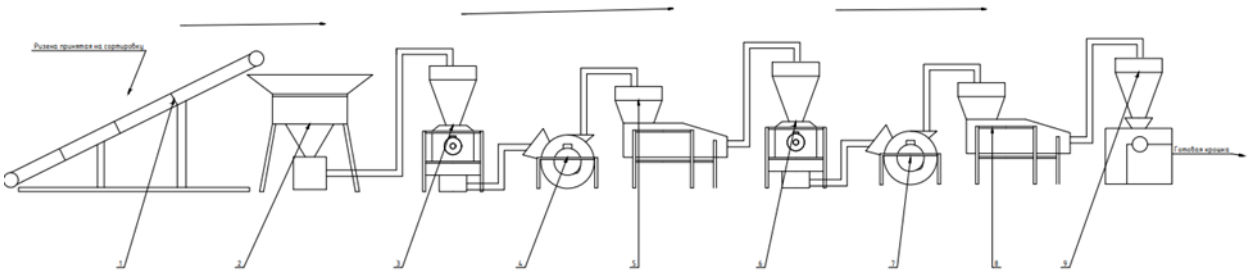


Рисунок -1 Технологическая схема механической переработки
1 – конвейер ленточный; 2 – машина первичного измельчения "шредер"; 3 – дробилка роторная; 4 – магнитный сепаратор; 5 – вибросито; 6 – дробилка роторная; 7 – магнитный сепаратор; 8 – вибросито; 9 – вибросито

Эффективность работы механической переработки достаточно высока, и в дополнительных улучшениях не нуждается. При этом следует отметить, что текущая линия справляется, только с частью поставляемых на переработку шин, а неиспользуемая часть хранится на складах. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 25 июля 2017 г. № 1589-р в соответствии со статьей 12 Федерального закона "Об отходах производства и потребления" автомобильные шины являются ценным ресурсом, и захоронение их на свалку запрещено.

Было предложено решение для использования метода пиролиза для переработки излишков автомобильных шин. Дополнительным плюсом следует отметить, что данную установку можно будет использовать для утилизации остатков в процессе переработки различных компонентов на мусороперерабатывающем заводе [4].

В данный проект будут входить следующие компоненты: пиролизная установка 1 шт.; скруббер 1 шт. Технологическая схема представлена на рисунке 2.

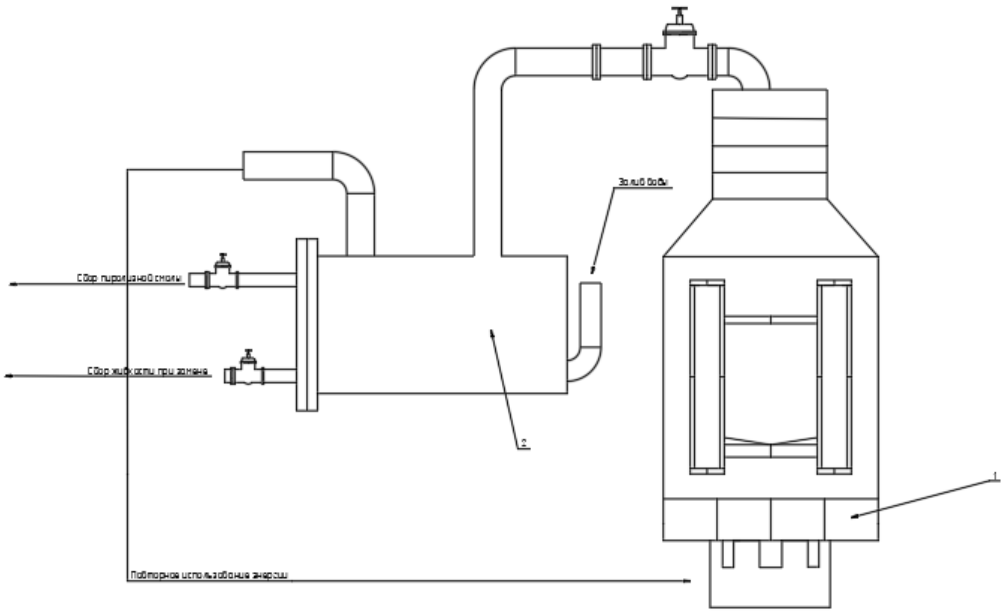


Рисунок 2 - Технологическая линия переработки шин методом пиролиза
1– пиролизная установка; 2 – скруббер

Процесс переработки и утилизации будет выглядеть следующим образом. Автомобильные шины, потерявшие потребительские свойства, будут загружаться в пиролизную камеру, где происходит их утилизация. В процессе будут вырабатываться следующие виды полезных ресурсов (данные приведены в таблице 1), [5].

Таблица 1

Выход продуктов пиролиза

Продукты пиролиза	% содержания от массы
Газ	4,8-5
Пиролизная жидкость	41,7–42,4
Технический углерод	38,6-39,5
Металлокорд	12
Потери	2

Полученный в процессе утилизации пиролизный газ будет идти на дожиг в пиролизную установку и на технические нужды предприятия. Также можно рассмотреть вариант реализации теплоты при условии ее избытка. Пиролизная жидкость при такой переработке является низкокачественным топливом, которую можно использовать как печное топливо.

Технический углерод, производимый в процессе, можно реализовывать:

1. Шинная и автомобильная промышленность;
2. Производство красок;
3. Восстановительный ремонт для замены протектора шин;

4. Предварительная обработка сильно загрязненных сточных вод;
5. Изготовление модификаторов и наполнителей для асфальтовых смесей [6].

Таким образом, прибыль от работы пиролизной установки составит:

$$П = P - T - T_H = 44760000 - 23089622 - 11796300 = 9874078, \text{рублей} \quad (1)$$

$$П_{мес} = \frac{П}{12} = \frac{9874078}{12} = 822840, \text{рублей}, \quad (2)$$

Простой срок окупаемости рассчитывается по формуле:

$$Т = \frac{К}{П_{мес}} = \frac{13000000}{822840} = 15{,}79 \approx 16, \text{месяцев}, \quad (3)$$

Таким образом, окупаемость составит 16 месяцев.

Проанализировав и рассчитав предлагаемое техническое решение, можно порекомендовать установку к внедрению в производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко Е.В., Клищенко В.П., Пославский А.П., Сорокин В.В. Формирование энергоэффективной технологии утилизации автомобильных шин // Мир Транспорта и технологических машин, 2011. -С. 47-52.
2. Булавин О.В., Пашкевич В.М. Применение низкотемпературного пиролиза для переработки автомобильных шин // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. – Т.2.–Донецк: ООО„Лебедь”,2004.– С.103-108.
3.Невядомская А. И., Дериглазов А. А. Утилизация и переработка шин в крошку // Молодой ученый, 2014, № 17. с. 310-313.4. Волынкина Е.П. Использование отработанных автомобильных покрышек / Е.П. Волынкина, С.А. Кудашкина, А.В. Незамаев, Н.В. Журавлёва // Экология и промышленность России. 2011. - №1. - С. 40-44.
5. Макаров А.В. Некоторые аспекты рециклинга изношенных автомобильных покрышек методом пиролиза // Вестник ТОГУ, 2008, с. 247- 258.
6. Горовец В.Г. Утилизация шин. Проблема и ее аспекты Горовец В.Г. Автотранспортное предприятие, 2005. 4. - С. 40.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021

22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

ZINC PURIFICATION OF RARE-EARTH CHLORIDE-SULFATE SOLUTIONS WHEN RECEIVING EUROPIUM

A.V. Valykov, T.B. Mindlina, N.A. Onoprienko
National Research Nuclear University "MERPHY", Moscow, Russia

ОЧИСТКА ОТ ЦИНКА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЕВРОПИЯ

А.В. Вальков, Т.Б. Миндлина, Н.А. Оноприенко
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

В работе исследованы особенности экстракции цинка и редкоземельных элементов (РЗЭ) из хлоридно-сульфатных растворов. Найдены оптимальные условия извлечения цинка экстракцией ТБФ и предложена 2-х стадийная схема переработки подобных растворов.

При получении европия к раствору хлоридов редкоземельных элементов (РЗЭ), содержащих 5-10% европия, добавляют гранулированный цинк и серную кислоту. После отделения сульфата европия фильтрацией образуются растворы, содержащие 80-160 г/дм^3 редкоземельных элементов (на оксиды) и 20-70 г/дм^{3}цинка. Если дальнейшее разделение РЗЭ предусматривает применение нитратных растворов, то возникает необходимость в очистки от хлорид- и сульфат- ионов. Кроме того, в любом случае возникает необходимость утилизировать цинк, т.к. его сброс в сточные воды недопустим. В связи с этим, авторами исследованы различные варианты извлечения цинка из подобных растворов.

Известно, что из хлоридных растворов цинк извлекается экстракцией различными соединениями: трибутилфосфатом [1-3], смесью триалкиламина и органической кислоты [4], смесью триалкилфосфиноксида и пара-трет-бутилфенола [5] и другими [6-9]. В то же время экстракция РЗЭ из хлоридных растворов незначительна (при относительно невысоких концентрациях соляной кислоты). В данном сообщении приведены результаты экстракции цинка из редкоземельных хлоридно-сульфатных растворов трибутилфосфатом (ТБФ).

Содержание цинка определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Хитачи». Содержание РЗЭ определяли оксалатным методом после удаления цинка аммиачным переосаждением. В качестве экстрагента применяли трибутилфосфат (ТБФ) марки «хч», а в качестве разбавителя – синтин. Экстракцию проводили обычным методом, встряхиванием в делительной воронке органической и водной фаз при температуре 20 ± 2^0С.

Хлоридно-сульфатный раствор после выделения европия содержит: хлориды РЗЭ (в основном самарий, гадолиний, тербий частично диспрозий и иттрий)- 80-160 г/дм^3 (в расчете на оксиды), сульфат- ион-40-60 г/дм^3, ион Zn^{+2}-20-70 г/ дм^3, ион аммония- 20-40г/дм^3.

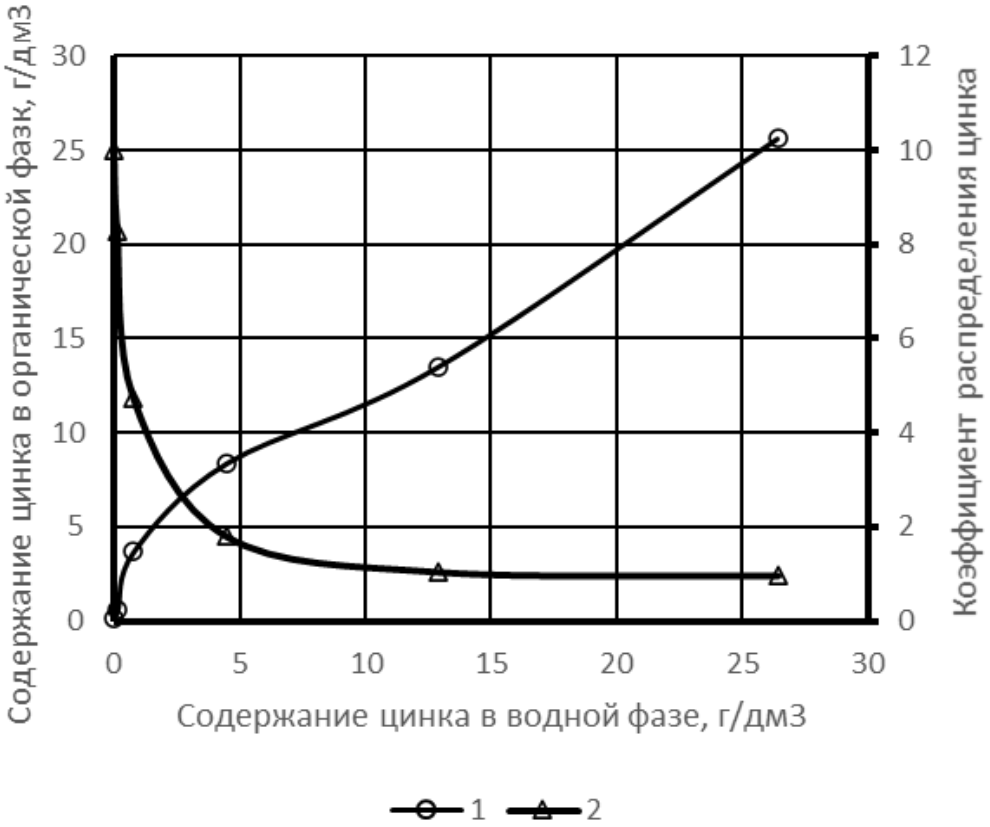


Рисунок 1 - Последовательное извлечение цинка из сульфатного маточника, О:В=1:1 (сод РЗЭ. Цинка, pH=) Содержание в водной фазе: хлоридов РЗЭ-80 г/дм^3, сульфат-ионов- 50 г/дм^3, хлорида цинка-29 г/дм^3, pH=3).

Известно, что из хлоридных растворов РЗЭ экстрагируются незначительно. В тоже время, цинк, образуя анионные хлоридные комплексы, может переходить в органическую фазу. В табл. 1 приведены результаты последовательного извлечения цинка из одной и той же порции исходного раствора. По сути, это изотерма экстракции, соответствующая

распределению цинка в противоточном процессе. Изотерма крутая с увеличением коэффициентов распределения цинка при уменьшении содержания последнего в равновесной водной фазе до 1-3г/дм^3. Обычно такая изотерма характерна для экстракции с образованием анионных комплексов в органической фазе.

Для выделения цинка была выбрана схема полного противотока с операциями экстракции, промывки органической фазы и реэкстракции. Моделирование экстракционной части каскада реализовали на 4 воронках по схеме 1 воронка-2 ступени, т.е. разделение реализовано на 8 ступенях. Экстрагент 90% ТБФ. Исходный раствор содержал 146,0 г/дм^3 РЗЭ и 61,5 г/дм^3 цинка. После выхода на стационарный режим в рафинате обнаружено 130-135 г/дм^3 РЗЭ и 0,6-0,7 г/дм^{3}цинка. В 8 ступени (выход экстракта) обнаружено 30г/дм^3 цинка и незначительное количество РЗЭ (0,04 г/дм^3).

Таблица 1

Распределение элементов по ступеням противоточного процесса (органическую фазу подавали в 1–ю ступень)

№пп	2 ст	4ст	6ст	8ст
РЗЭ в орг ф, г/дм^3	0,6	1,5	5,1	6,3
РЗЭ в водн ф г/дм^3	132	150	138	149
Д РЗЭ	0,0045	0,01	0,037	0,042
Zn в орг ф, г/дм^3	0,6	1,5	12	30,0
Zn в водн ф г/дм^3	0,75	1,5	5,77	24,6
Д Zn	0,8	1,0	2,1	1,24
Коэффициент разделения Zn/РЗЭ	178	100	56,8	29,5

Как видно из табл. 1, РЗЭ почти не извлекаются в форме хлоридов, вся органическая фаза занята хлоридом цинка. Моделирование промывной части разделительного каскада проводили методом последовательной промывки одной и той же порции насыщенной органической фазы свежими порциями промывного раствора. Органическую фазу (90% ТБФ) насыщали исходным раствором, который содержал 157,8 г/дм^3 и 60г/дм^3 цинка. После контакта с ТБФ получен раствор, содержащий 19 г/дм^{3}цинка. В качестве промывного раствора использовали соляную кислоту, концентрацией 0,1 моль/дм^3. Изотерму распределения цинка на стадии промывки получали последовательной обработкой экстракта свежими порциями промывного раствора (0,1моль/дм^3 соляная кислота) при соотношении фаз О:В=1:1.

Коэффициент распределения цинка при промывке водой зависит от концентрации цинка и изменяется от 0,4-0,6 до 200-500. Основное количество цинка (90-95%) удаляется при промывке водой. Остаточное количество цинка удаляется из органической фазы промывкой аммиаком.

Разумеется, перед обработкой аммиаком все РЗЭ должны быть удалены из органической фазы.

Практически весь цинк вымывается гидроксидом аммония. Скорость расслаивания высокая. Несмотря на имеющиеся положительные моменты в реэкстракции гидроксидом аммония, последующее выделение цинка из подобных растворов представляет определенные трудности в связи с образованием аммиачных комплексов.

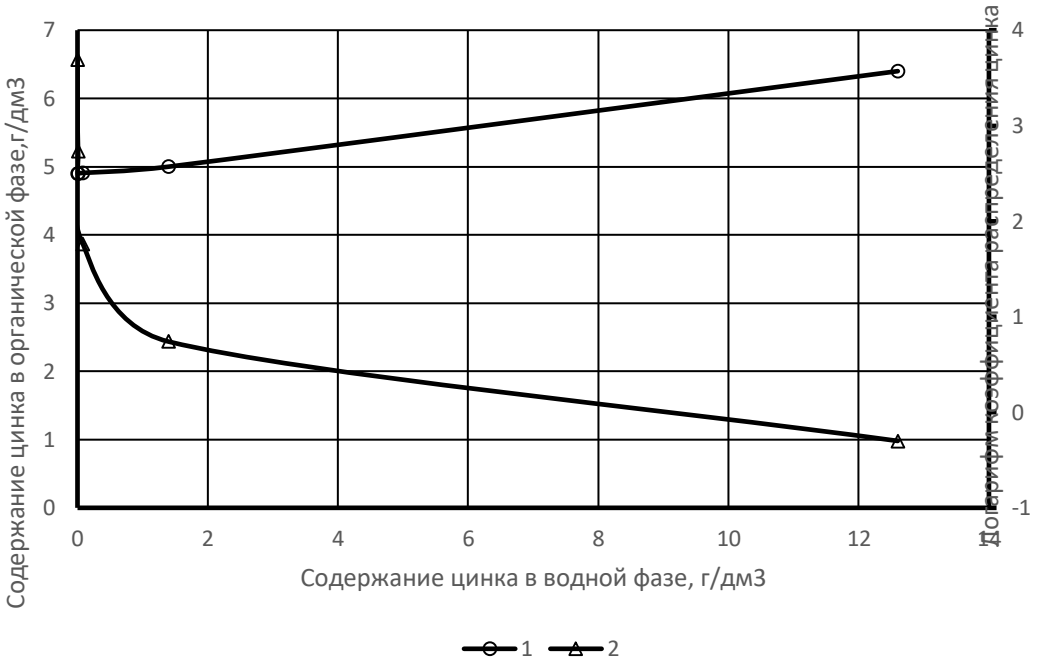


Рисунок 2 - Результаты последовательной обработки насыщенной цинком органической фазы соляной кислотой, концентрацией 0,1моль/дм^3

Таблица 2

Результаты по реэкстракции цинка из органической фазы

№пп	Реэкстрагирующий раствор	Содерж цинка в орг фазе, г/дм^3	Содерж цинка в водн фазе, г/дм^3
1	H_2O	62.8	194
2	1моль/дм^3 NH_4OH	0,58	25
3	1моль/дм^3 NH_4OH	<0,01	0,58

Технологическая схема включает следующие основные операции.

1. Стадия экстракция цинка 90% ТБФ. Исходный раствор содержит 130-170 г/дм^3 РЗЭ, 60-80 г/дм^3 цинка. Число ступеней – 7.

2. Стадия промывки органической фазы.

3. Стадия реэкстракция цинка водой на 7 ступенях.

4. Стадия дореэкстракции цинка гидроксидом аммония.

Раствор хлорида цинка направляют на осаждение карбоната цинка. На стадии экстракции соотношение О:В=2,2:1, на стадии промывки О:В=1,1:1. Рассчитанная по формуле Кремсера остаточная концентрация цинка не должна превышать 0,01г/дм^3. В реальных промышленных условиях содержание цинка несколько больше, возможно, за счет уноса части органики с рафинатом. Содержание РЗЭ в реэкстракте по этой же причине достигает 0,4-0,6 г/дм^3.

Выводы:

- Исследованы особенности экстракции цинка и РЗЭ из хлоридно-сульфатных растворов;
- Найдены оптимальные условия извлечения цинка экстракцией ТБФ и предложена 2-х стадийная схема переработки подобных растворов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lum K. H., Stevens G. W., Perera J. M., Kentish S. E. The modelling of $ZnCl_2$ extraction and HCl co-extraction by TBP diluted in ShellSol 2046. Hydrometallurgy. 2013. Vol. 133. P. 64–74.

2. Воропанова Л. А., Кокоева Н.Б. Экстракция ионов железа (III) из водных растворов трибутилфосфатом // Записки горного института. 2015.Т. 213. С. 24–30.

3. Воропанова Л. А, Гагиева Ф.А., Гагиева З.А., Пухова В.П., Попов А.А. Способ селективного извлечения цинка(II) и меди(II) из водных растворов. Патент РФ 2 702 886. 2019114925, 2019.05.15

4. Fleitlikh I. Yu., Pashkov G. L., Grigorieva N. A., Logutenko O.A., Kopanyov A. M. Zinc extraction from sulfate-chloride solutions with mixtures of a trialkyl amine and organic acids // Hydrometallurgy. 2014. Vol. 149. P. 110–117.

5. Флейтрих И.Ю., Пашков Г.Л., Никифорова Л.К., Григорьева Н.А. Экстракция цинка из хлоридных растворов смесями триалкилфосфиноксида и пара-трет-бутилфенола. Химия в интересах устойчивого развития._2015. 3, С._279-284.

6.Wieszczycka K. Recovery of Zn (II) from multielemental acidic chloride solution with hydrophobic 3-pyridineketoxime // Separation and Purification Technology. 2013. Vol. 114. P. 17–23.

7. Барвинюк Н. Г., Воропанова Л. А., Суладзе З. А. Экстракционное извлечение ионов железа и цинка при переработке твердых и жидких отходов // Тез. докл. IX Межд. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». — Котону, Бенин, 13–19 сентября 2010. С. 404–406.

8. Jia Tang, Shijun Liu, Chaozhen Zheng, Huiping Hu, Xiaobo Ji, Jiugang Hu. Извлечение цинка из разбавленных аммиачных сред с использованием интегрированного процесса экстракции растворителем и электролиза. Hydrometallurgy. 2020. Т. 198.105510.
9. Laso J, García V, Брингас Э, Уртиага А. М., Ортиз И. Селективное извлечение цинка по сравнению с железом из отработанных травильных отходов различными конфигурациями процесса экстракции растворителем на основе мембран. Ind. Eng. Chem. Res . 2015, 54, 12, 3218-3224. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b00099
10. Копкова Е. К., Тюремнов А. В., Громов П. Б., Нерадовский Ю. И., Семушин В.В. Гидрохлоридная экстракционная переработка цинкового клинкера // Химическая технология. 2015. № 3. С. 168–175.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

TO THE PROBLEM OF TREATMENT OF PHOSPHOGYPSUM

A.V. Valykov, E.A. Ananyeva, V.I. Petrov, N.A. Shcherbina
National Research Nuclear University “MERPHY”, Moscow, Russia

К ПРОБЛЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

А.В. Вальков, Е.А. Ананьева, В.И. Петров, Н.А. Щербина
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» г. Москва

Рассмотрены особенности переработки фосфогипса - отхода производства фосфорсодержащих удобрений из апатита по сернокислотной технологии. Отмечено, что, фосфогипс остается экологически вредным отходом заводов, производящих минеральные удобрения. В основе большинства предложенных технологий лежит процесс выщелачивания вредных примесей и редкоземельных металлов серной кислотой. Однако, реализация выделенных редкоземельных и очищенного фосфогипса в качестве строительного материала, не достаточно для организация экономически выгодного производства. Для уменьшения производственных затрат перспективно обрабатывать фосфогипс раствором нитрата магния и азотной кислоты с последующей нейтрализацией избыточной азотной кислоты оксидом или карбонатом магния, осаждением РЗЭ оксидом магния с выводом концентрата гидроксидов редкоземельных металлов и нитрата магния для производства магниевых удобрений.

Известно, что апатит Кольского полуострова отличается высоким содержанием фосфора, отсутствием значительных количеств примесей и представляет отличное сырье для производства фосфор - содержащих удобрений. Ежегодно добывается 8,5 млн. тонн апатита, который перерабатывают по двум технологиям - сернокислотной и азотно-кислотной. При сернокислотной технологии образуется фосфогипс - экологически вредный продукт, содержащий примеси фтора и фосфора [1-2]. Фтор выщелачивается природной водой и проникает в почвенные воды, а пылевидные частицы фторида кальция переносятся воздушными потоками, что вызывает состояние “экологического неблагополучия” в населенных пунктах, расположенных рядом с предприятием. Технических решений по утилизации фосфогипса публиковано много, начиная с простой промывки фосфогипса в режиме кучного выщелачивания [3-5], до полного разложения

фосфогипса с получением фосфомела, стронция, сульфата натрия и РЗЭ [6-8].

Существенный недостаток всех технических решений по вскрытию серной кислотой заключается в трудностях эффективной регенерации или утилизации серной кислоты. Это проблема реально существует, т.к. на выделенные в раствор 1-1,5 г/дм^3 редких земель приходится вводить 30-50 г/дм^3 серной кислоты, т.е. для выделения 1т РЗЭ неоходимо затратить и нейтрализовать 20-50т серной кислоты, что предопределяет низкую рентабельность извлечения РЗЭ. Применение технологии сорбции из пульп существенно осложняет процесс и не обеспечивает полной очистки фосфогипса от примесей фтора и фосфора. В связи с вышеуказанным, возникает необходимость в разработке экономичной и простой технологии очистки фосфогипса с получением экологически приемлемого продукта. Наиболее рациональный и технически обоснованный подход к проблеме переработки фосфогипса заключается в том, что фосфогипс – это продукт незамкнутой технологии, в которой не решен вопрос качественного разделения компонентов. Один из основных компонентов апатита- кальций – выделяется с примесями остальных компонентов (фосфор, фтор), при выводе из процесса требует складирования и представляет экологическую опасность для окружающей среды. Полное и качественное разделение предполагает рециркуляцию потока веществ с возвратом части продукта на первичную обработку, т.е. законченная схема переработки должна включать стадию обработки фосфогипса кислотой с извлечением фтора и фосфора и возвратом полученных продуктов в голову процесса. С целью сокращения издержек производства представляется целесообразным одновременно с очисткой ФГ производить полезные продукты. Для заводов минудобрений наиболее рациональным могло бы быть производство какого –либо ,желательно, более дорогого и дефицитного удобрения. В данном сообщении рассматривается вариант переработки фосфогипса с рециркуляцией продуктов в голову процесса и вариант добавочного производства нового удобрения.

В работе использовали азотную кислоту и гидроксид аммония марки «хч». Для исследований был выбран фосфогипс с предприятия «Воскресенские минеральные удобрения», состава: P_2O_5 - 0,8%, фтор - 0,4%, CaO - 39,5%, оксидов РЗЭ - 0,6%. Содержание редкоземельных элементов и примесей определяли на спектрометре «Profail plus» с индуктивно-связанной плазмой. Для экспериментов использовали “лежалый” фосфогипс «Воскресенского завода минудобрений» содержащий примеси (% мас): P_2O_5 0,82, F 0,31, Ln_2O_3 0,45.

Ранее авторами сообщалось о разработке технологии переработки фосфогипса [9], которая включает операции обработки фосфогипса раствором серной кислоты с последующей утилизацией избыточной серной кислоты апатитом по реакции:

$$5H_2SO_4 + Ca_5F(PO_4)_3 = 5CaSO_4 + HF + 3H_3PO_4, \qquad (1)$$

В данной статье приведены более подробные параметры предлагаемой технологии. После нейтрализации, РЗЭ выделяют осаждение аммиаком, а маточный раствор направляют на промывку фосфогипса после отделения фосфорной кислоты. Технология включает стадии обработки фосфогипса раствором серной кислоты (0,3-0,5 моль/дм^3) при температуре 70-90 С в течение 1-3 часов, отделение очищенного фосфогипса с получением фильтрата, содержащего РЗЭ (1-1,5 г/дм^3), примеси фтора(1,8-2,5 г/дм^3), фосфора(6-9 г/дм^3) и нейтрализации серной кислоты апатитом. После отделения небольшого осадка сульфата кальция, РЗЭ выделяют осаждением, а фильтрат направляют на промывку фосфогипса после отделения фосфорной кислоты. Содержание примесей в очищенном фосфогипсе: (% масс): P_2O_5<0,1, F<0,1,V<0,02, Cr<0,02, MnO<0,02, Hg<0,02, As<0,02, Th<0,02, U<0,02, Cd<0,02, Sb<0,02, Co<0,02, Ni<0,02, Zn<0,02, Pb<0,02.

В оптимальном варианте масса вводимого апатита составляет 6-8% от массы первичного фосфогипса. Из рис.1 видно, что при введении апатита в раствор выщелачивания концентрация серной кислоты уменьшается, а степень нейтрализации серной кислоты возрастает до 80%.

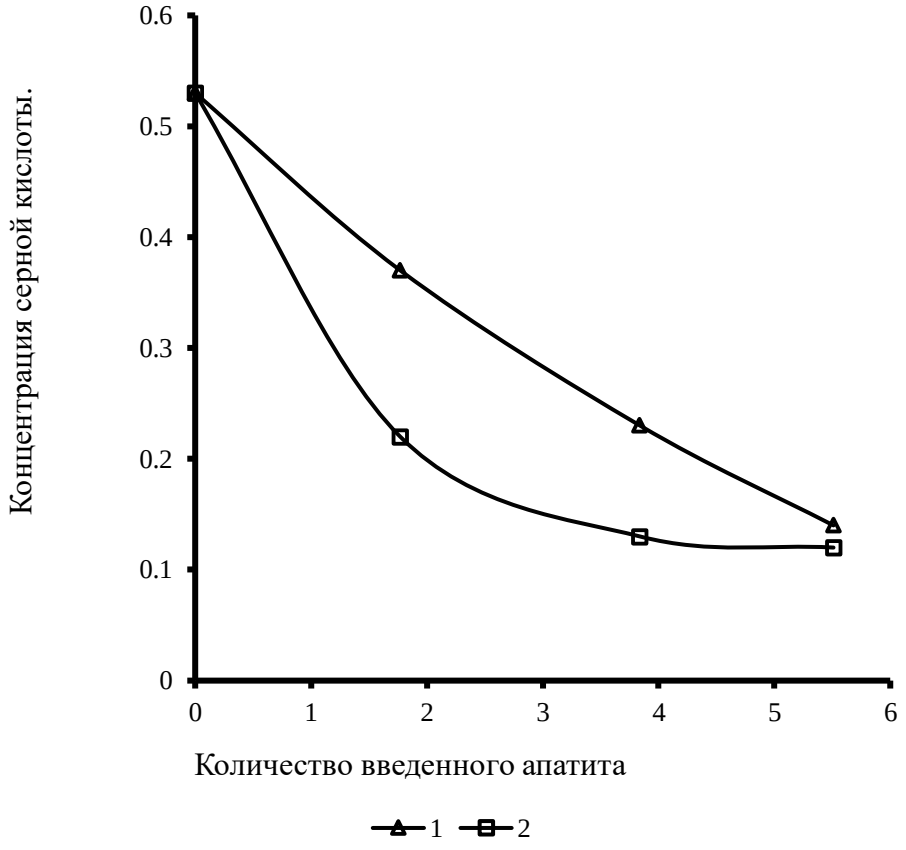


Рисунок 1 - Влияние количества введенного апатита (г) на содержание серной кислоты в пульпе (моль/дм^3) (продолжительность введения апатита: 1 - 20 м, 2 - 120 м, температура 50 - 60ºС)

Скорость реакции ограничена образующимся на поверхности частиц апатита слоя сульфата кальция, и при быстром введении апатит не успевает прореагировать с серной кислотой. Соотношение Т:Ж на стадии добавления апатита зависит от выбранной концентрации серной кислоты, направляемой на вскрытие фосфогипса. Следует добавить такое количество апатита, которое необходимо для нейтрализации серной кислоты до остаточного содержания 0,1-0,15 моль/дм^3 (в соответствии с приведенным уравнением).

При нейтрализации серной кислоты до 0,1 моль/дм^3, степень рекуперации кислоты достигает 80-90%. Осадок вторичного фосфогипса кристаллический и хорошо отделяется от раствора фильтрацией. Из полученного раствора легко выделяются РЗЭ осаждением гидроксидом аммония или карбонатом аммония. На рис.2 представлены результаты по влиянию pH на степень осаждения РЗЭ из сернокислого раствора после нейтрализации апатитом. Величина pH осаждения РЗЭ зависит от концентрации фосфат- и фторид- ионов в растворе (содержание этих ионов определяется количеством фтора и фосфора в исходном фосфогипсе и количеством вводимого апатита). Чем выше концентрация фосфат-ионов, тем при более низком значении pH начинают осаждаться фосфаты РЗЭ и наоборот.

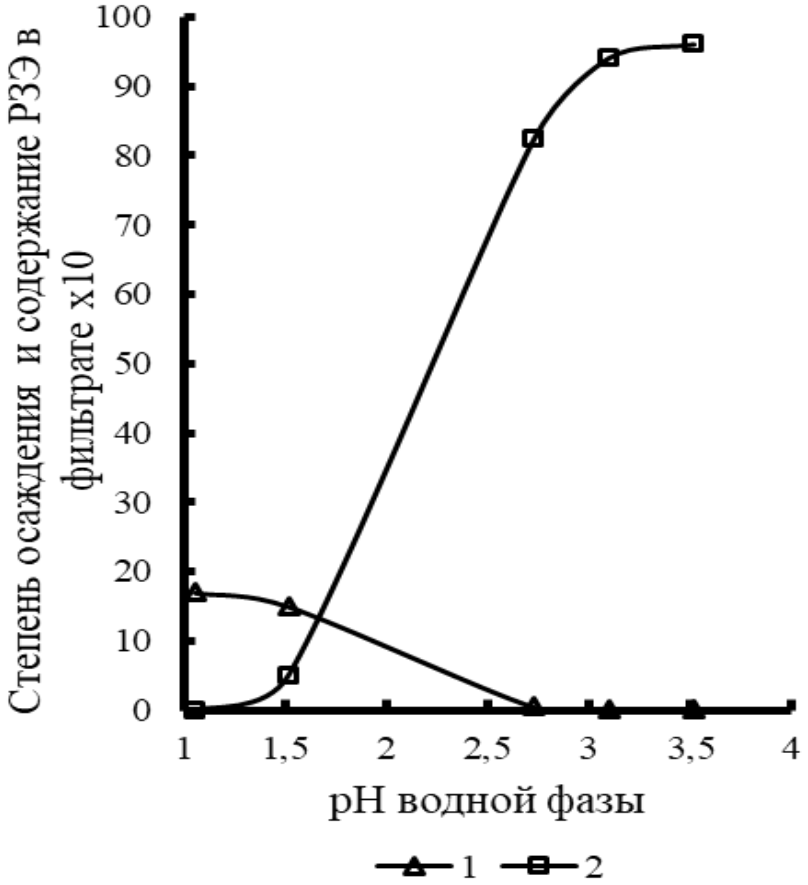


Рисунок 2 - Влияние pH на степень осаждения (%) и содержание РЗЭ в фильтрате (г/дм^3) (1 - содержание РЗЭ, 2 - степень осаждения)

Фосфаты РЗЭ переходят в осадок при достижении произведения растворимости соответствующих солей. Вместе с РЗЭ осаждаются титан, железо (+3) и частично алюминий. В зависимости от влажности осадка он содержит 12-15% РЗЭ (на оксиды), 5-8% фосфора (на P_2O_5) и 1-2% фтор-иона. Экспериментально показано, что при добавлении оксида кальция к сульфатному раствору РЗЭ, содержащему от 1 до 6 г/дм^3 оксидов РЗЭ и 0,5-1,5 моль/дм^3 серной кислоты, образуется осадок сульфата кальция, но 90-95% РЗЭ остаются в растворе. Добавление апатита к аналогичным растворам приводит к соосаждению 5-10% РЗЭ. Положительный эффект предлагаемого технического решения заключается в том, что: полностью используется серная кислота, вводимая в процесс для обработки фосфогипса, дополнительно перерабатывается 5-7% апатита с получением фосфата аммония, выделяется концентрат ценных редкоземельных элементов, а чищенный фосфогипс не представляет экологической опасности и может быть использован в различных отраслях промышленности (рис.3).

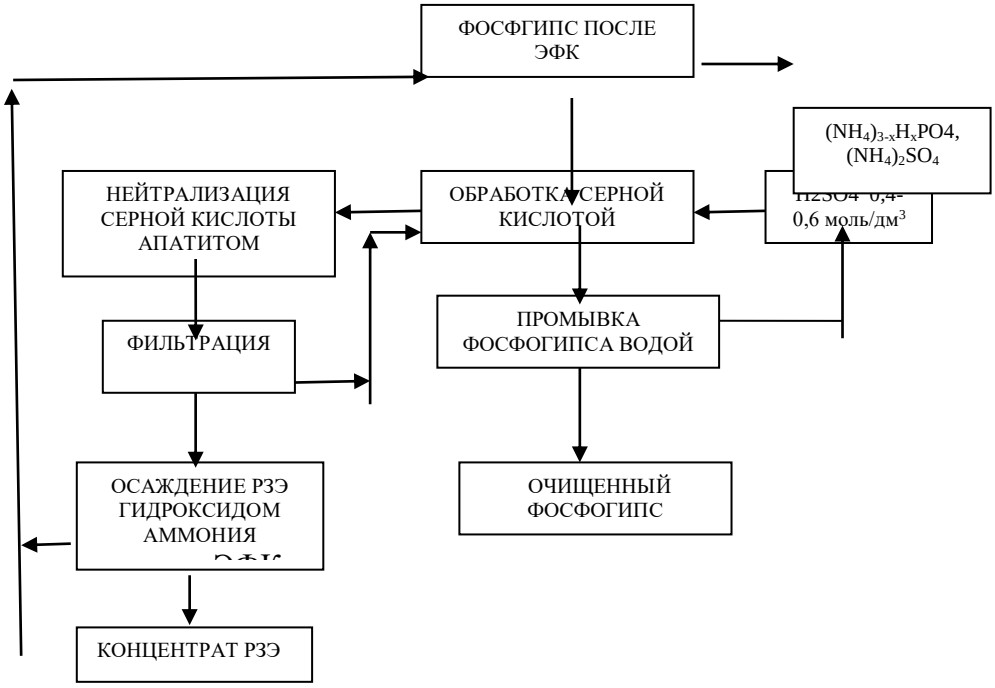


Рисунок 3 - Принципиальная схема нейтрализации выщелачивающего раствора апатитом с получением дополнительного количества фосфатных удобрений

Одним из существенных недостатков рассмотренного технического решения можно считать значительные затраты на организацию переработки всей массы получающегося фосфогипса. Выделяемые РЗЭ, естественно, не окупают капитальные затраты и текущие расходы. Предполагалось одновременное получение из очищенного фосфогипса строительных

материалов. Но переработка фосфогипса с получением строительных материалов не находит широкого применения.

Для увеличения экономической привлекательности технологии переработки фосфогипса целесообразно одновременно с очисткой фосфогипса производить коммерчески выгодный продукт, т.е. использовать процесс очистки для производства ликвидного продукта - нитрата магния, эффективного удобрения, который можно получить, если обрабатывать фосфогипс раствором азотной кислоты. Навеску фосфогипса массой 30г помещали в стакан и обрабатывали при нагревании до 70-80°С при различных условиях растворами нитрата магния с добавкой азотной кислоты. Фильтрацией отделяли обработанный фосфогипс от маточного раствора. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты вскрытия фосфогипса

№пп	Содержание в ра-ре, г/дм^3		Длительность обработки, час	Соотношение Т : Ж	Содержание РЗЭ в жидкой фазе, г/дм^3	Степень извлеч. РЗЭ, %
	$Mg(NO_3)_2$	HNO_3				
1	105	20	2	1:2	1,50	66,6
2	210	20	2	1:2	1,54	68,7
3	301	20	2	1:2	1,57	70,1
4	409	20	2	1:2	1,70	75,6
5	210	40	2	1:2	1,73	76,9
6	210	4	2	1:2	0,68	30,3
7	210	20	3	1:2	1,58	70,5
8	301	20	2	1:2	1,65	73,7

Как видно из результатов, представленных в табл.1, уменьшение концентрации нитрата магния почти не снижает извлечение РЗЭ, но это уменьшение нежелательно, т.к. требует дополнительного упаривания растворов при использовании нитрата магния в качестве удобрения и очистке методом перекристаллизации. В то же время повышение концентрации более 400 г/дм^3 приводит к образованию вязких растворов осложняет процесс фильтрации и отмывки очищенного фосфогипса от маточных растворов. Увеличение времени обработки фосфогипса более 3 часов не приводит к существенному увеличению извлечения РЗЭ. При уменьшении концентрации азотной кислоты снижается степень извлечения РЗЭ вплоть до нуля при отсутствии азотной кислоты в выщелачивающем растворе.

Полученный в процессе выщелачивания РЗЭ из фосфогипса раствор содержит нитрат магния, азотную кислоту, нитраты РЗЭ, примеси фосфора и фтора. Азотную кислоту нейтрализуют магнезитом или оксидом магния при перемешивании. Оксид магния или магнезит вводят в количестве,

соответствующем стехиометрии реакции. Процесс протекает спокойно с выделением углекислого газа (для магнезита), и в течение 20-30 мин. нейтрализуется вся избыточная азотная. Дальнейшая переработка возможна по двум направлениям. Если необходимо получать чистый нитрат магния с кристаллизацией $Mg(NO_3)_2$ $6H_2O$, то РЗЭ осаждают гидроксидом магния с нагреванием пульпы до 60-80°С. Если раствор выщелачивания после отделения РЗЭ используют в качестве удобрения, то проще и дешевле выделить в осадок РЗЭ оксидом (гидроксидом) кальция при нагревании пульпы для ускорения реакции. Небольшое количество нитрата кальция в нитрате магния не ухудшает качество удобрения (и даже приветствуется). Так как основное количество осадителя тратится на нейтрализацию азотной кислоты, то маточный раствор содержит в основном нитрат магния. Во втором случае для получения чистого нитрата магния кальций выделяют добавлением стехиометрического количества серной кислоты или сульфата магния с последующим отделением, упариванием и кристаллизацией нитрата магния. Разумеется, и в том, и в другом случае из процесса выводится такое количество нитрата магния и кальция, которое равно количеству магния и кальция, введенных в процесс. Оставшийся нитрат магния с примесью нитрата кальция корректируют по содержанию азотной кислоты и направляют на переработку новой порции фосфогипса. В табл. 2 приведены результаты по осаждению РЗЭ из выщелачивающего раствора гидроксидом магния и оксидом (гидроксидом) кальция.

Таблица 2

Результаты по осаждению гидроксидов РЗЭ

№ пп	Осадитель	Длительность осаждения, час	Температура осаждения, С	% осаждения
1	MgO	1,5	20-25	85,7
2	MgO	1,5	60-70	93,7
3	MgO	1,5	90-95	98-99
4	MgO	0,3	60-70	90,9
5	CaO	1,0	20-25	95,8
6	CaO	1,0	60-70	99,5
7	CaO	1,0	90-95	99-100
8	CaO	0,5	60-70	97-98

Как видно из табл. 2, осаждение гидроксидом магния возможно при нагревании пульпы до 80-90ºС. Одновременно с РЗЭ осаждаются такие примеси, как железо (3) и алюминий, а получающийся после фильтрации раствор достаточно чистый для вторичного использования или переработки на удобрения. Принципиальная технологическая схема приведена на рис. 4.

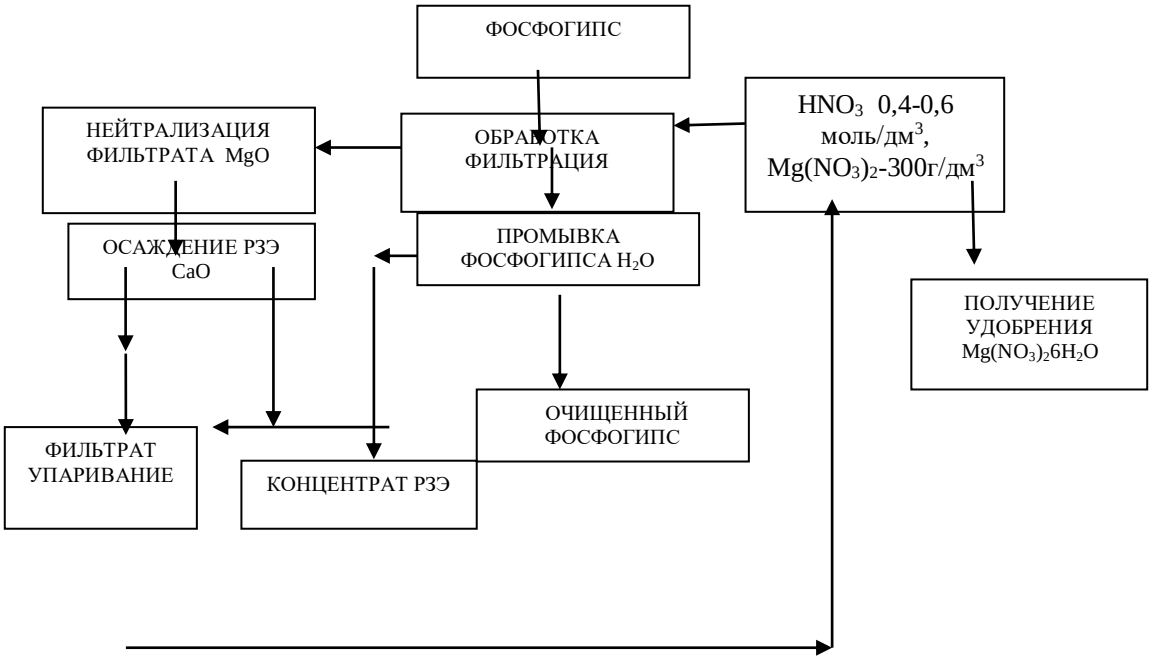


Рисунок 4 - Принципиальная схема переработки фосфогипса с получением нитрата магния, концентрата РЗЭ и очищенного фосфогипса

Технология включает следующие операции. Обработку фосфогипса проводят при температуре 60-70 ^{0}С раствором, содержащем 200-400 г/дм^3 нитрата магния и 0,3-0,5 моль/дм^3 азотной кислоты в течение 1-2 часов при соотношении Т:Ж=1:1-2. После обработки жидкую фазу отделяют фильтрацией, фосфогипс промывают водой и выводят из процесса. Промывные растворы присоединяют к маточнику и полученный раствор нейтрализуют оксидом или гидроксидом магния до остаточного содержания азотной кислоты 0,05-0,1 моль/дм^3. На следующей операции РЗЭ осаждают гидроксидом магния или оксидом кальция при pH=6,0-7,0. Гидроксиды РЗЭ отделяют фильтрацией. Часть фильтрата выводят из процесса, очищают и направляют на получение удобрений. Оставшийся фильтрат упаривают до первоначального содержания по нитрату магния и кальция, в раствор вводят требуемое количество азотной кислоты, и этим раствором обрабатывают новую порцию фосфогипса. Содержание РЗЭ в растворе после обработки фосфогипса не превышает 1,5-2 г/дм^3, а содержание азотной кислоты 0,3-0,4моль/ дм^3, поэтому при нейтрализации азотной кислоты соединениями магния, а осаждение РЗЭ оксидом или гидроксидом кальция, соотношение расходуемых количеств магния и кальция равно: Mg : Ca = 0,8-0,95 : 0,05-0,2. Если осаждение РЗЭ проводить гидроксидом магния, то в выщелачивающем растворе накапливается только нитрат магния. Маточные растворы от кристаллизации очищают от примесей обработкой гидроксидом магния при pH = 6-7 с выводом в осадок примесей железа, алюминия, кремния и возвратом очищенного раствора в процесс. Определяющим фактором в реализации технологии переработки фосфогипса является себестоимость получаемой продукции. Ранее сообщалось [10], что при себестоимости

очищенного концентрата РЗЭ 8-10 доллар/кг разделение с получением индивидуальных элементов становится малорентабельным или даже убыточным.

Выводы:

- Рассмотрены особенности переработки фосфогипса обработкой серной или азотной кислотами с извлечением редкоземельных элементов и очисткой от фосфат- и фторид-ионов;
- Выполнен анализ технических решений по нейтрализации избыточной серной кислоты свежей порцией апатита и регенерации азотной кислоты с получением удобрения-нитрата магния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Проблемы промышленной переработки фосфогипса в РФ. Состояние и перспективы. Фундаментальные исследования. 2015. № 6. 2. С. 273-276; URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38554.
2. Паршин Б.Д., Медведев А.С. Разработка двухстадийной сернокислотной технологии извлечения редкоземельных элементов из фосфогипса. Сборник докладов конференции «Актуальные вопросы добычи, производства и применения РЗЭ в России». 2013 С. 70-74.
3. Локшин Э.П., Лебедев В.Н., Маслобоев В.А. и др. Фосфогипс из хибинского апатитового концентрата - реальный источник редких элементов//Минеральное сырье. -М.: ВИМС, 2000. № 7. С. 122-126.
4. Генкин М.В., Евтушенко А.В., Комков А.А., Сафиулина А.М., Спиридонов В.С., Швецов С.В. Способ извлечения редкоземельных металлов и получения строительного гипса из фосфогипса полугидрата. Пат. РФ 2528576 (опубл. 05.03.2013).
5. Лебедев В.Н., Смирнов И.П., Маслобоев В.А и др. Извлечение редкоземельных элементов из фосфогипса методами выщелачивания. Физико-химические и технологические проблемы переработки сырья Кольского полуострова. СПб: Наука, 1993. С. 55-60.
6. Самсонов А.Е., Борисовский С.Е. Нетрадиционная безотходная переработка апатитового концентрата и фосфогипса. Экология и промышленность России. -М., 2005. № 7. С. 8-11.
7. Крылова О.К., Смирнов К.М., Бризицкая Н.М., Долгов В.В., Букколини Н.М. Комплексная переработка фосфогипса методом углеаммонийной конверсии. Мир серы, N, P и K. 2010. Вып. 2. С. 9–13.
8. Зоц Н. В, Глущенко Ю. Г, Шестаков С. В, Козырев А. Б, Нечаев А. В. Способ извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса. Пат. РФ, 2416654 (опубл. 2011).

9. Вальков А.В. Способ переработки фосфогипса. Патент РФ. №2525877 от 18.12.2012.
10. Вальков А.В. Стратегия развития редкоземельного производства в России. Сборник трудов III Международной Научно-практической конференции «Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании» Том II. 75 лет атомной промышленности. 2020. БИТИ НИЯУ МИФИ. С. 39-48.

RATIONAL PRODUCTION TECHNOLOGY OF SODIUM CYANIDE

M.A. Volodina, A.T. Glukhov
Saratov State Technical University named after Y. A. Gagarin, Saratov, Russia

The problems of chemical technology attract wide public attention due to the ongoing environmental pollution. Therefore, environmental safety at enterprises producing electrolytes and chemical solutions is most relevant. Over the past decades, a number of major chemical disasters have occurred in the world, which are comparable with the results of the use of nuclear weapons.

РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦИАНИДА НАТРИЯ

М.А. Володина, А.Т. Глухов
Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов, Россия

Проблемы химической технологии привлекают к себе широкое внимание общественности в связи с продолжающимся загрязнением окружающей среды. Поэтому экологическая безопасность на предприятиях по производству электролитов и химических растворов наиболее актуальна. За последние десятилетия в мире произошел ряд крупнейших химических катастроф, результаты которых сопоставимы с результатами применения ядерного оружия.

Цианид натрия является чрезвычайно токсичным веществом, которое представляет опасность для человека и экологической среды. Этим обосновывается применение технологий, препятствующих его проникновению в окружающую среду. Основным применением цианида натрия является добыча золота методом выщелачивания как в традиционной технологии, так и при геотехнологической добыче.

Как реагенты, используются цианиды натрия или калия концентрацией 0,02 – 0,3%. Растворение золота происходит по реакции $2Au + 4KCN + 0/2O_2 + H_2O = 2KAu(CN)_2 + 2KOH$, из этой реакции следует необходимость введения в процесс окислителя – добавления в рабочий раствор перекиси водорода, гипохлоритов калия, натрия и др. [2]. Продолжительность выщелачивания колеблется от 7 до 30 суток для дробленой руды

(крупностью менее 20мм) и до нескольких месяцев для получаемой в результате взрыва [3]. Цианистый процесс извлечения золота из руды имеет множество достоинств, однако есть существенный недостаток – цианистые соли чрезвычайно токсичны. Основной способ производства цианида натрия – нейтрализация синильной кислоты щелочью с последующим уравниванием водного раствора и сушкой осадка:

$$HCN + NaOH \Rightarrow NaCN + H_2O, \qquad (1)$$

Технологический процесс производства твердого цианистого натрия основан на реакции нейтрализации. Цианистый натрий образуется в результате взаимодействия синильной кислоты (HCN) и едкого натра (NaOH) [1].

$$\underset{27\text{ кг}}{HCN} + \underset{40\text{ кг}}{NaOH} \leftrightarrow \underset{49\text{ кг}}{NaCN} + \underset{18\text{ кг}}{H_2O} + 1054\text{ кДж/кг}, \qquad (2)$$

Для получения продукции высокого качества, обеспечения непрерывности технологического процесса необходимо поддерживать технологические параметры:

- соотношения HCN и NaOH 1/3,12;
- pH 12;
- t^0 (60–70) °C;
- непрерывная циркуляция раствора.

Данные параметры выдерживаются в установке, схема реализации которой изображена на рисунке 1.

Кристаллизатор (1) предназначен для проведения реакции, при реализации которой образуется цианистый натрий и суспензия цианида натрия. Это происходитв реакционной зоне путем испарения воды и равномерного распределения едкого натра. Реакционная масса (маточный раствор) циркулирует в нижней, кубовой части кристаллизатора [13]. В верхнюю, боковую часть кристаллизатора (1) массой не менее 46 % поступает раствор едкого натра, который проходит через распределительные тарелки и сплошным потоком движется в циркулирующий маточный раствор. Направление потока едкого натра регулируют каналы распределительных тарелок с условием заполнения всего внутреннего пространства кристаллизатора. Происходит падение едкого натра в маточный раствор. В процессе движения вниз к маточному раствору едкий натр, в противотоке, поглощает часть унесенного вакуумом маточного раствора и пары синильной кислоты. Над распределительными тарелками установлен каплеотделитель (демистер), который дополнительно препятствует уносу маточного раствора и раствора едкого натра из кристаллизатора. Для этого диаметр кристаллизатора увеличен в верхней зоне, по сравнению с кубовой.

В результате испарения воды концентрация цианида натрия в растворе постоянно увеличивается, и происходит образование кристаллов соли, размер которых увеличивается до достижения заданного среднего поперечного размера, равного (50-70) мкм [12]. Циркуляция реакционной смеси в кристаллизаторе осуществляется пропеллерным насосом при небольшой скорости потока с целью предотвращения разрушения образующихся кристаллов цианида натрия.

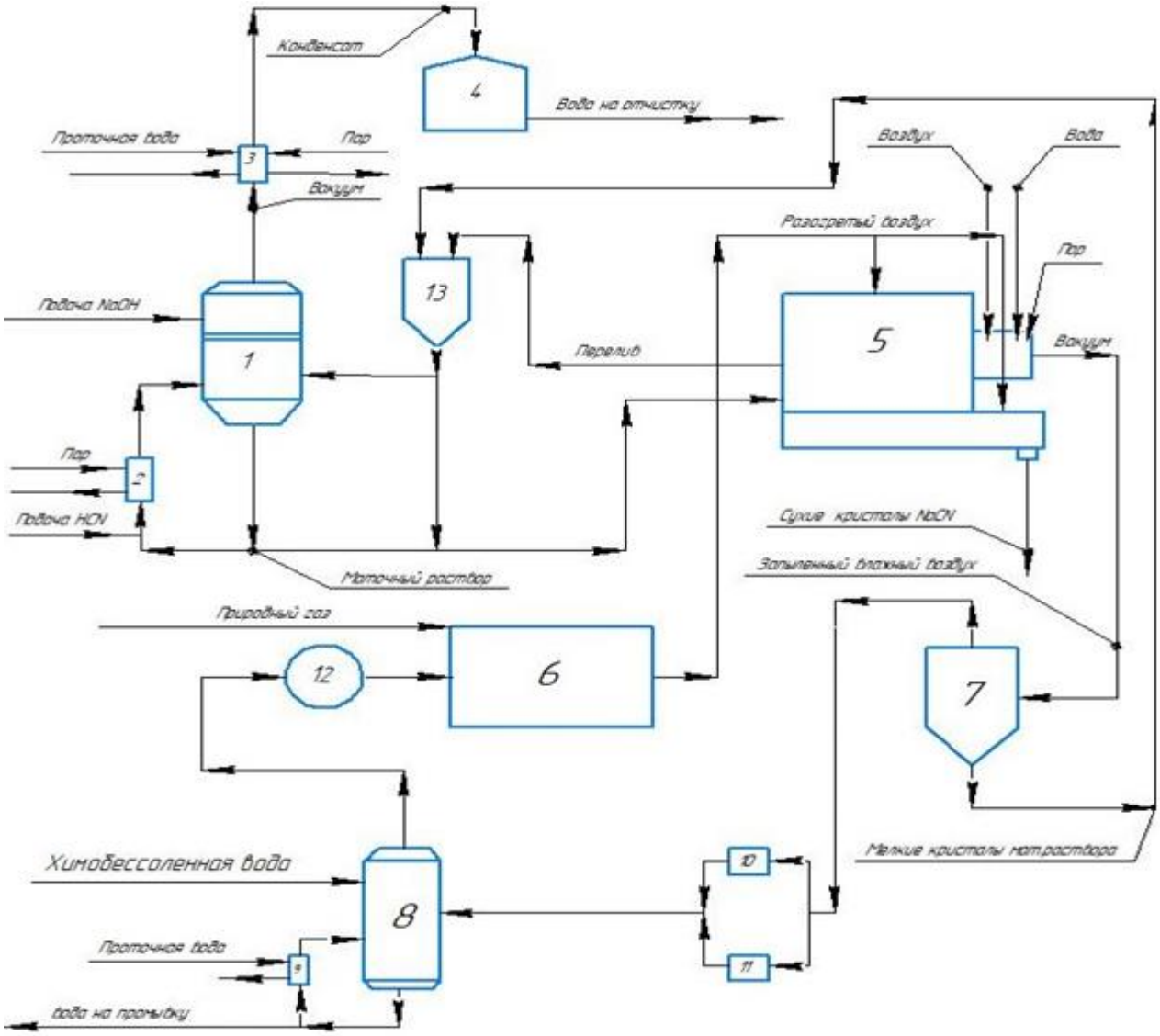


Рисунок 1 - Схема кристаллизатора по производству цианида натрия
1. Кристаллизатор, 2. Теплообменник (нагреватель), 3. Конденсатор выпара, 4. Сборная емкость для конденсата выпара, 5. Барабанное сито, 6. Нагреватель технических газов, 7. Сепаратор, 8. Скруббер, 9. Теплообменник (охладитель жидкости), 10.Вакуумный насос, 11. Вакуумный насос, 12. Вентилятор, 13. Сборная емкость для фильтрата.

Тепла, которое получается в результате экзотермической реакции между синильной кислотой и едким натром, явно недостаточно (4480 кг/час). Для испарения требуется большее количество тепла и воды из маточного раствора и достижения концентрации насыщения NaCN [14]. Дополнительное тепло (температура раствора повышается на 2^0C) реакционная масса получает в теплообменнике (2). Массовый расход пара 0,17 МПа (1,7 бар) в теплообменнике (2) составляет 5280 кг/ч. Температура раствора на выходе из подогревателя, равная $(63\text{-}70)^0$C, контролируется прибором. Образовавшийся в теплообменнике (2) конденсат направляется в емкость сбора конденсата (4). Схемой предусмотрен также контроль температуры циркулирующего маточного раствора. Подогретая смесь подается в нижнюю часть кристаллизатора (1) через тангенциальный впуск, патрубок которого снабжен прерывателем потока. Большой объем циркулирующего раствора в сочетании с тангенциальным впуском и прерывателем потока ведет к интенсивному перемешиванию реагентов. Образовавшийся в кубовой части кристаллизатора (1) раствор называется маточным. Из куба кристаллизатора основная часть маточного раствора насосом перекачивается в качестве циркуляционного раствора к месту проведения реакции, другая часть маточного раствора насосом направляется в барабанный вакуум-фильтр.

Расход циркулирующего раствора, равный (850-1100) $м^3$/ч, и расход маточного раствора, направляемого в вакуум-фильтр, равный (20-32) $м^3$/ч, регулируются прибором. Уровень жидкости в кристаллизаторе(1) регулируется каскадно приборами через регулятор подачи пара 0,17 МПа (1,7 бар), выдерживается в пределах (55-65)% и зависит от концентрации раствора, расхода пара 0,17 МПа (1,7 бар) в теплообменнике (2), параметров вакуумной системы и системы фильтрации. Разница показаний приборов в пределах 0-10% контролируется программой с выводом показаний на монитор. Соблюдение заданного уровня заполнения кристаллизатора (1) обеспечивает время пребывания реагентов, необходимое для обеспечения полного протекания процесса кристаллизации. С целью минимизации образования побочного продукта – формиата натрия, кристаллизатор работает в режиме вакуума. Конденсат из емкости при помощи насоса, направляется в емкость участка сбора циансодержащих сточных вод. Не сконденсировавшиеся в вакуумной системе пары вентилятором подаются в скруббер для очистки. Сборник (13) служит для приема фильтрата из барабанного вакуум-фильтра (5) через сепаратор (7), маточного раствора из линии перелива ванны вакуум-фильтра (1). В рабочем состоянии он заполнен на 80-100%.

Фильтрат сборника (13) имеет примерно ту же или меньше массовую долю буферного цианида натрия, что и раствор кристаллизатора, так как кристаллы в фильтрате, находящемся в сборнике, либо вовсе отсутствуют, либо там имеется небольшое количество мелкокристаллических частиц, а более крупные частицы были задержаны в ячейках фильтр-полотна

барабанного вакуум-фильтра(5). Поскольку системы кристаллизатора и барабанного вакуумного фильтра работают под разными давлениями, то фильтрат от вакуум-фильтра вначале попадает в сборник фильтрата (13), который, также выполняет функцию гидрозатвора. Далее, фильтрат из сборника (13) под действием вакуума кристаллизатора (1), через U-образную барометрическую трубу, поступает в циркуляционный контур кристаллизатора. Для отбора проб на трубопроводе циркуляции маточного раствора и из емкости (13) предусмотрены герметичные пробоотборные устройства, снабженные вытяжной вентиляцией, линиями подачи промывочного конденсата и сброса сточных вод в сборники. Вентиляционный воздух пробоотборных устройств направляется на очистку в скруббер вентилятором.

Выделение кристаллического цианистого натрия из маточного раствора и сушка осуществляется в барабанном вакуумном фильтре (5). Внутри барабана создается вакуум с помощью насосов (10, 11). Кристаллы цианистого натрия образуют на внешней стороне ситового барабана фильтровальный осадок. Далее осадок обезвоживается в вакууме и досушивается при помощи повышения температуры, в виде пластин механически выгружается из барабана. Для сушки осадка (кека) в барабанном вакуумном фильтре (5) используется горячий воздух, циркулирующий через вентилятор(12), нагреватель технических газов (6), вакуум-фильтр (5), шнековый транспортёр, вакуум-насосы(10,11) и скруббер(8). Количество горячего воздуха, подаваемого к вакуум-фильтру(5), выдерживается в пределах (4900-7000) нм^3/час при помощи регулятора расхода; количество горячего воздуха, подаваемого к шнековому транспортеру, выдерживается в пределах (1250-2500) нм^3/час. Полученные пластины разного размера попадают на шнековый транспортер, в котором они измельчаются и дополнительно осушаются горячим воздухом до требуемой остаточной влажности (не более 0,5%). Высушенный цианид натрия из шнекового транспортёра поступает в промежуточный сборник и далее в брикетированную машину, в которой кристаллы цианистого натрия спрессовываются в брикеты с размерами 38×36×20 мм.

Основными условиями, обеспечивающими безопасность ведения технологического процесса, являются:

- безусловное соблюдение требований, рабочих инструкций, инструкций по сдаче/приему оборудования в ремонт/из ремонта, инструкций по эксплуатации соответствующего оборудования, инструкций по технике безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности, инструкций по охране труда;
- подготовка обслуживающего персонала в соответствии с установленными нормами и правилами;
- управление технологическим процессом в соответствии с установленными технологическими нормами;
- надежность технологического оборудования и трубопроводов;

- исправность систем противоаварийной защиты (ПАЗ);
- исправность систем газового анализа концентраций вредных веществ в производственных помещениях;
- строгое выполнение графика ППР на оборудование, трубопроводы, средства измерения и контроля [6].

Среди возможных инцидентов и аварий встречаются:

1. Разгерметизация аппаратов и трубопроводов, содержащих едкие, взрывоопасные и токсичные продукты (синильная кислота, едкий натр, серная кислота, этиленгликоль, природный газ, маточный раствор и фильтрат, цианид натрия, циансодержащие сточные воды) [5].
2. Загазованность парами синильной кислоты.
3. Полимеризация синильной кислоты в системе кристаллизации.
4. Отказ в работе приборов, приводов насосов и оборудования, станции управления технологическим процессом.

Причиной наиболее опасных аварий (разгерметизация трубопроводов и загазованность парами) является износ уплотняющих деталей фланцевых соединений или арматуры на трубопроводах и аппаратах. Предприятия организуют работы по системе управления надежностью оборудования на основе методологии инспектирования с учетом факторов риска [7].

1. Ведется подготовка исходных данных по параметрам эксплуатации. Информация по параметрам работы оборудования предоставляется главным инженером производства (руководителем/механиком технологических объектов) в электронных шаблонах (шаблоны Excel), который включает в себя:

- рабочую температуру;
- рабочее давление;
- наличие теплоизоляции, ее тип и состояние (хорошее, удовлетворительное, плохое);
- % снижения производительности установки при ремонте данной единицы оборудования;
- ожидаемое время ремонта каждой единицы оборудования. Сроки предоставления информации – не более 1 месяца с момента введения в эксплуатацию нового оборудования [8].

2. Осуществляется подготовка исходных данных по химическому составу потоков и определение коррозионных контуров оборудования. Предоставляется информация по углеводородному составу технологических потоков (в % массовых) по каждой единице технологического оборудования, участвующей анализе, с учетом наличия в данных потоках коррозионно-активных веществ.

3. На основании полученных предполагаемых систем коррозионных контуров химический состав технологических сред должен быть уточнен путем обеспечения отбора и анализа проб на соответствующих позициях с дальнейшим внесением поправок в шаблон технологических сред. В местах отсутствия возможности отбора проб допускается определение химического

состава технологических сред расчетным путем при помощи специализированного программного обеспечения [9].

4. Экономическая служба организации в течение 3-х рабочих дней предоставляет информацию по вероятной упущенной выгоде в сутки (в долларовом эквиваленте) технологического объекта в период его простоя.

5. По каждой технологической единице статического оборудования должны быть сформированы электронные коррозионные карты. Степень детализации определяется существующими коррозионными картами, приложенными к техническому паспорту оборудования, а также может уточняться во времени, исходя из исторического опыта эксплуатации, на основе иной информации (акты расследования, лучшие практики, рекомендации сетевых групп и т.д.)

Выполнение анализа по коррозионным контурам оборудования по каждому технологическому объекту включает следующие этапы:

- определение действующих механизмов разрушения;
- определение доминирующих механизмов разрушения;
- расчет остаточного ресурса вследствие развития коррозионных повреждений каждого элемента коррозионного контура;
- расчет текущей вероятности отказа по каждому коррозионному контуру;
- ранжирование технологического оборудования по степени риска;
- расчет целевой даты планирования обследования [4].

Результатом анализа являются:

- ранжирование оборудования по степени риска (низкий, средний, средневысокий, высокий);
- целевая дата обследования;
- возможные последствия в денежном эквиваленте;
- остаточный ресурс по результатам толщинометрии;
- рекомендации по снижению риска, в том числе инициирование разработки плана мероприятий [10].

На основании полученных факторов риска и ранжирования оборудования по степени критичности специалистами составляется план обследований для всех коррозионных контуров оборудования, который включает рекомендации по объемам и методам НК (неразрушающего контроля), ремонту/замене дефектных участков. Запланированные объемы и методы обследований для каждого коррозионного контура должны снижать уровень риска до приемлемого.

6. Отчетность по результатам расчета факторов риска. После формирования плана обследований коррозионных контуров формируются электронные отчеты по рискам для каждой единицы оборудования и рекомендации по обследованию. Отчеты по факторам риска специалистами в электронной форме направляются на технологические объекты руководителям/механикам установок. Срок предоставления отчетов – не более 3 рабочих дней с даты формирования отчетов по рискам для каждой единицы оборудования. Руководитель/механик технологического объекта в

течение десяти рабочих дней знакомится с результатами анализа факторов риска и предоставляют свои замечания и предложения касательно ранжирования оборудования по степени риска, определения доминирующих механизмов повреждения, результатов выявленных элементов оборудования, которым требуется отбраковка.

7. На основании согласованных результатов перед началом остановочного капитального ремонта технологического объекта формируют сообщения на планируемые объемы работы по техническому диагностированию (ревизии) и/или замене элементов оборудования, имеющих значения с возможным браком [11]. Формируются также указания рекомендуемых сроков выполнения работ, на основании которых механики производств создают заказы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы производства цианида натрия.Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6492&cat_id=&page_id=2
2. Джунушалиева Т.Ш, Борбиева Д.Б. Тиокарбамидное выщелачивание золота из упорных медно-золотых руд месторождения Долпран (КР) // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова . - 2015. - №3(36). - С. 240-243.
3. Мирошниченко А.Н., Елизарова И.В Гигиеническая оценка влияния сточных вод золоторудных предприятия Приамурья на окружающую среду и здоровье населения. // Амурский государственный университет. - 2010. - №51. - С. 68-73.
4. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2019 г.
5. ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах. М.: Стандартинформ, 2015 г.
6. СТО-СА-03-004-2009 Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке. Волгоград: ВНИКТИнефтехимоборудование, 2009 г.
7. РД 03-421-01 Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов. Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. - Серия 03. Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Выпуск 17. - 2-е изд., испр. - М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2017 г.
8. API RP 580 Risk-Based Inspection, Third Edition, Washington 2016.
9. API RP 581 Risk-Based Inspection Technology, Third Edition, Washington 2016.

10. API RP 579-1/ASME FFS-1 Fitness for Service, Third Edition, Washington 2016.
11. API RP 571 Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry, Second Edition, Washington 2011.
12. Производства цианидов. Режим доступа: https://base.garant.ru/71842910/5ac206a89ea76855804609cd950fcaf7/
13. Обезвреживание цианосодержащих отходов. Режим доступа:http://www.eko-track.com/articles/Obezvrezhivanie-tsiansoderzhashchikh-otkhodov/
14. Классификация химических реакций.Режим доступа:http://examchemistry.com/content/lesson/himreakcii/himreakciitests/himreakciitest1.html

ANALYSIS AND TECHNOLOGY OF WASTE WATER TREATMENT FROM THE TEXTILE INDUSTRY

A.S. Glubokaya, O.V. Atamanova
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

This article is devoted to the consideration of the problem of wastewater treatment of a textile enterprise. The overwhelming majority of natural water bodies experience significant anthropogenic pressure from industrial enterprises. One of the widespread methods of water purification is the adsorption method. Bentonites modified in different ways are promising as sorption materials. This article presents the results of a study of the effectiveness of the adsorption activity of three fractions of bentonite modified with carbon nanotubes in relation to heavy metals. Based on the available literature data and our own research, we proposed a technological scheme for the treatment of waste water from enterprises in the textile industry.

Key words: sorbent, modified bentonite, iron ions, copper ions, adsorption purification, technological scheme.

АНАЛИЗ И ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

А.С. Глубокая, О.В. Атаманова
Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

Настоящая статья посвящена рассмотрению проблемы очистки сточных вод текстильного предприятия. Подавляющее большинство природных водоемов испытывают значительную антропогенную нагрузку со стороны промышленных предприятий. Один из широко распространенных методов очистки воды - адсорбционный метод. В качестве сорбционных материалов перспективными являются бентониты, модифицированные разными способами. В данной статье представлены результаты исследования эффективности адсорбционной активности трех фракций бентонита модифицированного углеродными нанотрубками по отношению к тяжелым металлам. Анализ литературных данных и результаты собственных

исследований позволили предложить технологическую схему очистки сточных вод текстильных предприятий.

Ключевые слова: сорбент, модифицированный бентонит, ионы железа, ионы меди, адсорбционная очистка, технологическая схема.

Проблема химической безопасности водной среды в настоящее время является одной из самых актуальных в области промышленной экологии. Современные очистные сооружения для очистки промышленных и бытовых сточных вод охватывают весь спектр систем и устройств для механической, физической, химической и биологической очистки сточных вод. Сточные воды предприятий текстильной промышленности содержат многократные превышения ПДК определенных загрязняющих веществ, токсичны и требуют дополнительной очистки [1-3]. Обзор зарубежной и отечественной литературы позволяет утверждать, что текстильная промышленность использует более десяти тысяч разнообразных пигментов и красителей в общем объеме 700 тыс. тонн/год. Для реализации текстильного производства используется удельный расход воды предприятия до 400 $м^3$ на тонну производимой текстильной продукции. При этом объем образующихся стоков достигает 50-400 $м^3$/год. В зависимости от состава красителя, а также вида текстильного материала, подвергающегося окрашиванию, в сточные воды поступает 5-50% исходного количества красящего вещества. При недостаточной очистке стоков, красители поступают в природные водоемы и оказывают негативное воздействие на биоту. В соответствии с нормативной документацией, ПДК красителей не должна превышать 0,1-0,0025 г/$дм^3$ [4].

Характерной особенностью сточных вод текстильных предприятий является нестабильность их состава, то есть температура и интенсивность цвета, концентрация поверхностно-активных веществ и содержание взвешенных веществ быстро меняются в течение отдельных рабочих часов комбината [5-6]. Анализ сточных вод показал, что исследуемые сточные воды характеризуются значительным избытком содержащихся в воде ионов железа (II) и меди (II).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования выполнены на базе научно-образовательного центра «Промышленная экология» кафедры «Экология и техносферная безопасность» СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Объектами исследования являлись модельные водные растворы солей $CuSO_4$ и $FeSO_4$, содержащие ионы Fe^{2+} и Cu^{2+} в концентрациях 10÷800 мг/$дм^3$. Другой объект исследования - это сорбционный материал на основе бентонита Саригюхского месторождения (Армянская Республика), который модифицирован углеродными нанотрубками (УНТ) при высокотемпературной (550°С) термообработке. Размер гранул бентонита,

модифицированного УНТ, составлял: мелкая фракция – 0,001-0,099 мм; средняя фракция – 0,10-0,99 мм; крупная фракция – 1,0-3,5 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ адсорбционной способности сорбентов на основе модифицированных бентонитов проведен благодаря их исследованиям в лабораторных условиях [7]. Механизм адсорбции изучен на модельных растворах, которые содержали ионы железа (II) и меди (II). Для исследований адсорбционных характеристик выбран бентонит, модифицированный УНТ.

Таблица 1

Характеристики эффективности адсорбции Fe^{2+} и Cu^{2+} на бентоните, модифицированном углеродными нанотрубками

Адсорбированный ион	**Фракция сорбционного материала**	*COE* **, мг-экв/г**	**K_d, дм^3/г**	**S, %**
Fe(II)	М	0,495 ± 0,016	0,1320 ± 0,0041	86,9 ± 4,3
	С	0,502 ± 0,012	0,1400 ± 0,0130	90,1 ± 4,5
	К	0,495 ± 0,007	0,1307 ± 0,0230	86,7 ± 4,2
Cu(II)	М	0,354 ± 0,011	0,1290 ± 0,0190	86,6 ± 5,3
	С	0,360 ± 0,021	0,1311 ± 0,0020	87,0 ± 5,1
	К	0,353 ± 0,046	0,1270 ± 0,0140	86,4 ± 7,2

Установленные параметры эффективности взаимодействия катионов Fe^{2+} и Cu^{2+} с изученной модификацией бентонита в статических условиях: COE, K_d, S показали, что статическая обменная емкость исследованной модификации бентонита по отношению к ионам Fe^{2+} и Cu^{2+} снижается в ряду: $Cu^{2+} > Fe^{2+}$. Полученное возможно в том случае, когда происходит увеличение стерических и энергетических факторов активности адсорбционных центров сорбционного материала на основе бентонита, модифицированного УНТ, по отношению к ионам Fe^{2+} и Cu^{2+} в данном ряду. На основе лабораторных экспериментов установлено, что наилучшие адсорбционные характеристики из рассмотренных сорбентов имеет средняя фракция бентонита, модифицированного УНТ.

Для дальнейшего усовершенствования технологии очистки сточных вод, нами предложена схема локальных очистных сооружений для применения на текстильных предприятиях рисунок 1. Такая станция водоочистки особенно приемлема при часто изменяющемся составе сточных вод, что характерно для текстильной индустрии.

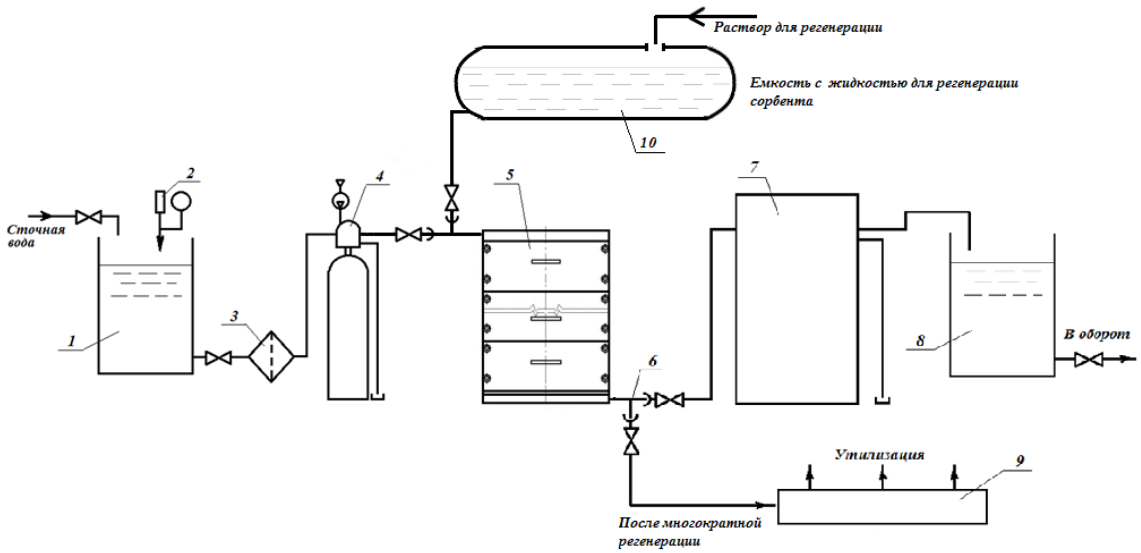


Рисунок 1 - Технологическая схема локальной станции очистки сточных вод текстильного предприятия

Ввиду минимального использования электроэнергии на адсорбционных установках и неоднократного использования сорбентов, станция очистки сточных вод будет ресурсосберегающей. Сорбент на основе модифицированного УНТ бентонита позволяет обеспечить его регенерацию даже без извлечения его из корпуса фильтра. Для этого в составе схемы предлагается узел для регенерации. Водосберегающей предлагаемую технологическую схему можно назвать благодаря неоднократному использованию воды, которая будет проходить по замкнутому циклу. Технологический комплекс может включать дополнительные узлы водоочистки, которые будут включаться в работу при изменении состава загрязняющих веществ в сточной воде в зависимости от состава выбранных красителей и пигментов.

Выводы

Адсорбция ионов меди (II) и железа (II) на бентоните, модифицированном УНТ, является достаточно эффективной (до 99%). Выявленные параметры эффективности взаимодействия ионов меди (II) и железа (II) с сорбентом в статических условиях (СОЕ, K_d, S) показали, что статическая обменная емкость изучаемого сорбента по отношению к ионам ионов меди (II) и железа (II) будет снижаться в ряду: $Fe^{2+} > Cu^{2+}$.

Исследованный механизм адсорбции ионов меди (II) и железа (II) подтвердил перспективность применения бентонита, модифицированного

УНТ, в адсорбционных фильтрах в составе схемы очистки сточных вод текстильных предприятий.

Благодарность

Исследования выполнены в рамках персонального гранта У.М.Н.И.К. – 2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходоровская, Н.И. Физико-химические и гидробиологические методы исследования экологического состояния водоемов: учебное пособие / Н.И. Ходоровская, О.Н. Кандерова. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2002. – 121 с.
2. Истрашкина, М.В. Особенности адсорбции ароматических аминосоединений на различных вариантах модифицироанного бентонита / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. –Т. 18, № 2(2). – С. 381-384.
3. Александров, Д.А. Поверхностная модификация недорогих бентонитовых адсорбентов—обзор: Наука и техника твердых частиц / Д.А. Александров. – 2019. – Т. 37. – №. 5. – С. 538-549.
4. Долина, Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: Монография / Л.Ф. Долина. – Днепропетровск: Континент, 2008. – 227 с.
5. Нестерова, Л.А., Эффективность использования оборотных систем водопотребления на текстильных предприятиях: Eastern-european journal of enterprise technologies / Л.А. Нестерова, Г.С. Сарибеков. – 2010. – Т. 4. – №. 8. – С. 25-28.
6. Жумаева, Д.Ж. Технология очистки сточных вод текстильного предприятия: высшая школа, научные исследования / Д.Ж. Жумаева, Л.Г. Аймурзаева, К.Ш. Зарипбаев. – 2020. – С. 111-114.
7. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова и др. // Фундаментальные исследования, 2018. – № 1. – С.18-23.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

APPROACHES TO REDUCTION OF LOW FREQUENCY NOISE AND GAS PRESSURE OSCILLATIONS IN PIPELINE SYSTEMS OF POWER PLANTS

V.V. Ermakov, A.V. Vasilyev, V.A. Vinogradova
Samara State Technical University, Samara, Russia

ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ НИЗКОЧАСТОТНОГО ШУМА И КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В.В. Ермаков, А.В. Васильев, В.А. Виноградова
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

При проектировании современных энергетических машин и установок разнообразного назначения большое внимание уделяется их виброакустическим характеристикам. Шумовое воздействие установок, внутри которых происходит периодическое сжатие газов, зачастую превышает предельно-допустимый уровень и не соответствует санитарным нормам физических факторов производственной среды. При этом основное превышение допустимого уровня звука наблюдается в области низких частот, сравнимых с частотой вращения рабочего вала энергетической установки.

Задача уменьшения уровня шума и вибраций обусловлена несколькими причинами [1, 3, 5-8]:

- повсеместным использованием устаревших конструкций энергетических машин и установок;
- использованием недостаточно эффективных средств шумоподавления;
- увеличением производственных мощностей без коренной модернизации оборудования и др.

Были рассмотрены различные устройства, используемые для улучшения виброакустических характеристик трубопроводных систем энергетических машин и установок.

Устройство активного шумоподавления [1], см. рис. 1, представляет собой участок трубопровода с двумя приваренными упорными фланцами. Между фланцами параллельно оси трубопровода, в котором происходит гашение шума, закреплены линейные магнитные вибраторы. Контроллер на основе получаемых с акселерометров значений частоты и амплитуды шума вырабатывает и передаёт на вибраторы управляющие сигналы. Совместно с

акселерометром управляющие сигналы дополнительно могут быть выработаны с использованием сигналов с гидрофонов. Так же возможно нелинейное расположение вибраторов. Вибраторы, расположенные под углом к оси трубопровода, позволяют гасить структурную вибрацию трех типов - продольную, поперечную и крутильную. Примером такого расположения является патент США, US 5348124 A, устройство активного гашения вибрации, 1994 г. [4]. Тем не менее, такое сложное расположение вибраторов не оправдано и легко компенсируется качественным программированием контроллера.

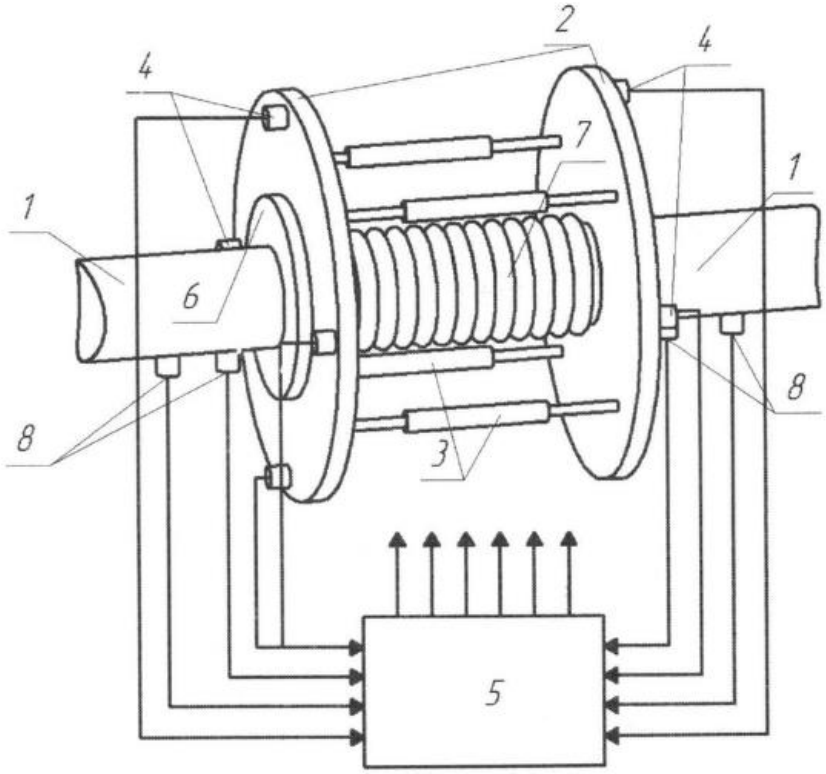


Рисунок 1 – Устройство активного гашения гидродинамического шума в системах трубопроводов (патент №RU 2 578 792 C2)
1 – трубопровод, 2 - упорные фланцы, 3 – вибраторы, 4 – акселерометры, 5 – контроллер, 6 - присоединительные фланцы, 7 - упругий гофрированный элемент, 8 - гидрофоны

Устройство эффективно снижает гидродинамический шум (до 10 дБ). Основное воздействие при этом происходит непосредственно на твёрдый материала трубопровода. В патенте указано частичное воздействие на рабочую среду, но оно является второстепенным. В отсутствии рабочего органа устройство не оказывает влияния на снижение пульсации давления внутри трубопровода. Это может вызывать передачу колебаний и шум далее по трубопроводу. По этой причине появилась необходимость при сохранении разделения участков трубопровода размещения в конструкции элемента гашения колебаний давления среды.

Одним из основных методов снижения пульсации давления является применение гасителей. Подобные конструкции фильтруют колебания рабочей среды и рассеивают их энергию превращая механические колебания потока газа в тепло. В работе [2] представлено устройство (рисунок 2), которое позволяет снижать пульсации давления в транспортируемых средах.

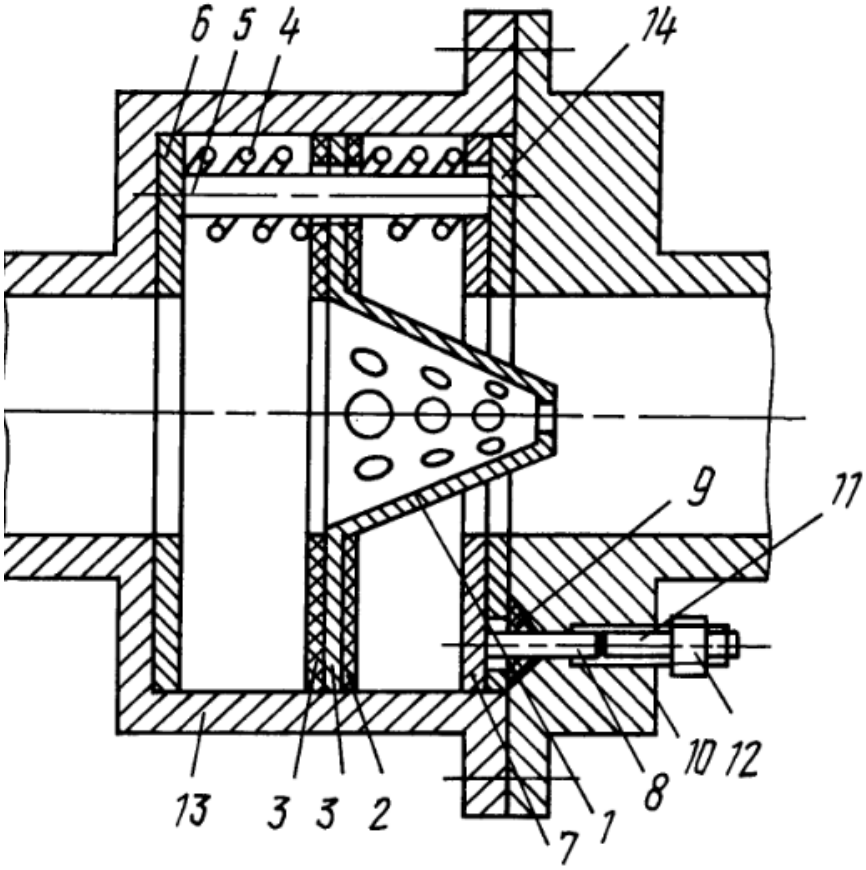


Рисунок 2 – Гаситель пульсации давления

1 - перфорированная вставка, 2 – фланцы, 3 – прокладка, 4 – пружины, 5 – направляющие, 6, 7 – прижимные кольца, 8 – толкатели, 9 – уплотнения, 10 – отверстия, 11 - регулировочные винты, 12 – контргайки, 13 - корпус, 14 – дополнительное опорное кольцо.

Основной частью представленного устройства является подвижная перфорированная вставка, которая возвращается в центральное положение в кожухе устройства за счёт подпора пружинами. При воздействии давления вставка приходит в движение. Резкое повышение давление смещает основную рабочую часть далее от источника давления, понижение в обратном направлении. Конфигурация перфорированной вставки позволяет с одной стороны полностью перекрыть проекцию перпендикулярную оси канала и предотвратить проскок волны сжатия-разряжения. С другой стороны, общая площадь отверстий в рассматриваемом устройстве

соответствует площади сечения канала, что снижает гидравлическое сопротивление вставки.

Рассмотренное устройство эффективно снижает пульсацию давления, однако не оказывает влияния на снижение гидродинамического (аэродинамического или газодинамического) шума. В устройстве также отсутствует компенсация различия скоростей по центру канала и вблизи стенок трубопровода, что может в определенной степени снижать качество его работы. Недостатки изобретения [2] были учтены при разработке комбинированного устройства гашения низкочастотного шума и колебаний давления.

Анализ полученной информации показал, что эти и другие изобретения имеют недостатки.

На рисунке 3 изображено разработанное авторами комбинированное устройство гашения низкочастотного шума и колебаний давления. В вырезанный участок трубы помещается сильфонный компенсатор, за которым прикрепляется гаситель колебаний давления, состоящий из регулировочных винтов и перфорированной вставки.

Вставка имеет параболоидальную форму, диаметр ее отверстий уменьшается от входа к выходу, что увеличивает эффективность работы устройства за счет выравнивания скоростей ламинарного потока среды. Перфорированная вставка опирается своим фланцем на упругие элементы в виде пружин.

Пружины расположены по обе стороны фланца и перемещаются по направляющим между опорным и прижимным кольцами. Между пружинами и фланцем с обеих его сторон установлены прокладки из шумопоглощающего материала. Опорные кольца установлены с упором в корпус.

В корпусе выполнены каналы, а в дополнительном опорном кольце отверстия, в которых установлены пропущенные через уплотнения толкатели, одним концом упирающиеся в прижимное кольцо, а другим в регулировочные винты с навинченными на них контргайками. При этом перфорированная вставка, опорные и прижимные кольца, направляющие, пружины и прокладки собраны в единую кассету, после которой помещается второй сильфонный компенсатор.

Перед обоими компенсаторами помещаются чувствительные микрофоны для измерения акустических параметров. Данные с микрофонов и виброметров передаются на программируемый логический контроллер, который вырабатывает сигнал на исполнительный механизм (толкатель).

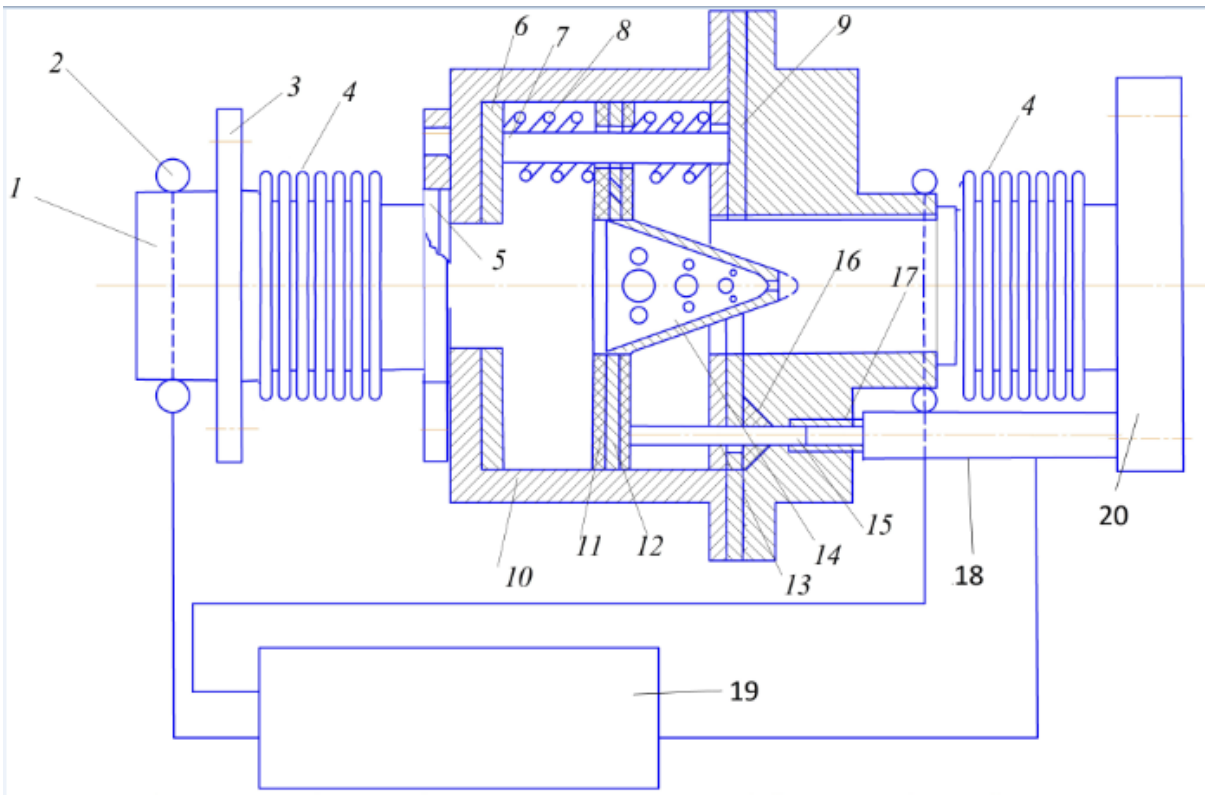


Рисунок 3 – Комбинированное устройство гашения низкочастотного шума и колебаний давления

1- труба; 2 – микрофон; 3 – фланец соединения с трубой; 4 – сильфонный компенсатор; 5 – фланец соединения с активной частью; 6 – мягкая шайба опоры направляющих передняя; 7 – направляющая; 8 – прижимная пружина; 9 – мягкая шайба опоры направляющих задняя; 10 – корпус; 11 – смягчающая вставка; 12 – рабочий диск; 13 – направляющая шайба штанги-толкателя; 14 – перфорированный гаситель давления и шума; 15 – штанга-толкатель вибратора; 16 – фторопластовый уплотнитель; 17 – крышка корпуса; 18 – исполнительный элемент вибратора; 19 – цифровой контроллер; 20 – опорный фланец.

Также в состав комбинированного устройства входит участок трубопровода с двумя приваренными упорными фланцами, между которыми закреплены вибраторы, а контроллер вырабатывает на вибраторы управляющие сигналы с использованием информации с акселерометров.

При компоновке разработанного комбинированного устройства в систему трубопроводов удается получить максимальные эффекты по уменьшению потоков колебательной и акустической энергии по всем трем путям ее распространения: через амортизацию, по воздушной среде и через трубопроводы.

Благодарность

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда, соглашение №20-19-00222.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попков С.В., Кузнецов Н.А., Соколов А.Н., Большаков А.И. Устройство активного гашения гидродинамического шума в системах трубопроводов. Патент на изобретение RU2578792C2, 2016.
2. Григорьев Б.В. Гаситель пульсаций давления. Патент на изобретение RU 2 062 940 C1. 1996.
3. Васильев А.В. Снижение низкочастотного шума и вибрации силовых и энергетических установок. «Известия Самарского научного центра РАН», г. Самара, том 5, №2, июль – декабрь 2003 г., с. 419-430.
4. Active control of vibration. United States Patent US 5348124A, 1994.
5. Vassiliev A.V. Compact active noise control units for automobile intake low-frequency noise attenuation. Proc. of "ACTIVE 97" Symp., Budapest, Hungary, August 1997, p.587-594.
6. Vasilyev A.V.. New methods and approaches to acoustic monitoring and noise mapping of urban territories and experience of it approbation in conditions of Samara region of Russia. Procedia Engineering. 2017. Volume 176. pp. 669-674.
7. Vasilyev A.V. Russian experience of transport noise estimation and mapping. Journal “Akustika”, Czech Republic, Volume 32, March 2019, pp. 105-109.
8. Vasilyev A.V. Automobile internal combustion engine low frequency noise reduction using active noise control solutions. Journal “Akustika”, Czech Republic, Volume 34, November 2019, pp. 113-117.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

INDUSTRIAL TRREATMENT OF OIL SLUDGES OF OMSK OIL REFINARY BY USING OF "ARCOIL" BIOPREPARSATION – OIL DESTRUCTOR

M.G. Zharikov, R.Yu. Salpagarov
"Eco Oil Service" Scientific-Production Association Limited Liability Company, Moscow Region, Russia

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕФТЕШЛАМОВ ОМСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА С ПОМОЩЬЮ БИОПРЕПАРАТА-НЕФТЕДЕСТРУКТОРА «АРКОЙЛ»

М.Г. Жариков, Р.Ю. Салпагаров
ООО НПО «Эко Ойл Сервис», Московская область, Россия

Проведена переработка 300 000 м^3 нефтешламов из накопителя Омского нефтеперерабатывающего завода «Газпром нефть», с использованием нового, высокоэффективного микробиологического биопрепарата-нефтедеструктора «Аркойл». В результате микробной деструкции получается нетоксичный технический грунт, пригодный для отсыпки дорог и рекультивации свалок.

Ключевые слова: нефтешламы, микроорганизмы-деструкторы, биоремедиация.

Добыча и переработка нефти в России, так и за рубежом, сопряжена с высоким загрязнением окружающей среды. На сегодняшний день нет более насущной и актуальной проблемы, чем разработка эффективных и экологически безопасных технологий восстановления окружающей среды от нефтепродуктов. Эти вещества устойчивы к деградации, аккумулируются в почве и обладают токсическими, мутагенными и канцерогенными свойствами.

В настоящее время разработаны и на практике применяются различные технологии очистки: сбор нефтепродуктов различными сорбентами, сжигание, отмывка грунтов ПАВ-ми и др. При этом особенно следует отметить свойство природной среды самоочищаться от нефтепродуктов за

счет их биохимического окисления почвенными микроорганизмами. Процесс самоочищения почвы и водоёмов в природе всегда происходит и эффективен при низких уровнях загрязнения. Скорость самоочищения аборигенными микроорганизмами загрязненных почв резко снижается при высоких концентрации нефтепродуктов, например, при содержании н\п более 8000мг на кг почвы, необходимое время может составить 25 - 30лет. Следует подчеркнуть, что в нефтешламах, накопленных на территориях нефтеперерабатывающих заводов, содержание нефтепродуктов составляет 20-25% (20000-25000 мг\кг), поэтому для переработки нефтешламов требуется разработка специальных биотехнологий. Наиболее полно требованиям экологичности отвечают технологии биоремедиации почв с использованием специальных штаммов микроорганизмов-деструкторов.

Решение данной проблемы заключается в создании современных экологически безопасных препаратов путем селекции углеводородокисляющих бактерий, выделенных из природных источников, загрязненных нефтепродуктами.

Для разработки биопрепарата – нефтедеструктора необходимо решить следующие задачи:

- выбор эффективных штаммов микроорганизмов-деструкторов,
- подбор питательной среды культивирования микробов,
- отработка режимов культивирования в ферментерах объёмом 150-350 литров и монтаж технологической линии,
- разработка технологии приготовления сухой формы биопрепарата методом контактно-сорбционного обезвоживания.

В настоящее время в доступной литературе описано более 30 видов биопрепаратов – нефтедеструкторов, содержащих монокультуру или ассоциацию микроорганизмов, содержащую от двух до восьми штаммов. Часть биопрепаратов доведено до коммерческого применения. Однако, эти биопрепараты малоэффективны в отношении нефтешламов.

В ходе многоплановых исследований получена ассоциация из 6 природных штаммов микроорганизмов-деструкторов, обладающих высокой эффективностью деструкции нефтешламов и безопасных для теплокровных животных. Биопрепарат «Аркойл» представляет собой биомассу живых природных штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов, относящихся к родам: *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudmonas*, и *Arthrobacte*. На биопрепарат «Аркойл» разработаны Технические условия ТУ 9291-015-93754080-2016 и Промышленный регламент ПР 9375089-001-2013. Препарат выпускается в жидкой и сухой форме, разработана технология его применения в полевых условиях.

Рисунок 1 - Изменение внешнего вида накопителей Омского НПЗ ПАО «Газпром нефть» за период 2019-2021 гг.

С использованием биопрепарата «Аркойл» проведена переработка нефтешламов из накопителя Омского НПЗ «Газпром нефти» (рис. 1). В период 2019-2021 гг. было наработано более 200 тонн жидкого биопрепарата «Аркойл» для биоремедиации. Работы проводили круглогодично на специально оборудованной площадке с подогревом, в течение 3 лет. Общий объем переработанных нефтешламов составил 300000 м^3. В результате микробной деструкции получается нетоксичный технический грунт, пригодный для отсыпки дорог и рекультивации свалок.

Таким образом, биопрепарат «Аркойл» показал свою высокую эффективность по деструкции нефтешламов и рекомендуется для дальнейшего промышленного применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева В.В. Использование рекультивационных смесей для утилизации отходов нефтедобычи // Бюллетень науки и практики. 2017. № 6 (19). С. 130−139.
2. Багдасарова Ю.А. Обезвреживание нефтезагрязненных грунтов методом биодеструции // Сборник докладов международной молодежной конференции «Экологические проблемы горнопромышленных регионов». Казань: КНИТУ, 2012 . С. 39-42.
3. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов. Сообщение 2. Физико-химические, химические, биологические методы утилизации и обезвреживания углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22. № 2. С. 41-49.
4. Токаев Р.Б., и др. Промышленная переработка нефтешламов МНПЗ "Капотня" с применением биопрепарата "Аркойл"//VIII Московский международный конкресс "Биотехнология: состояние и перспективы развития", 17-20 марта 2015, с.353-354.
5. Ботвиненко И.В., Чореклиева К.М., Сидоренко Д.О., Винокуров В.А. Разработка методов биодеструкции нефтешламов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 9. С. 18–22.
6. Ефремов И.А., Фоменко В.В. Вопросы переработки нефтешламов // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. С. 910−912.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

PURGE RESISTANCE OF POLYURITHANE FOAM OF DIFFERENT RESISTANCE

A.A. Igolkin, A.I Safin, A.V. Kuztetsov
Samara University, Samara, Russia

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОДУВАНИЮ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ

А.А. Иголкин, А.И. Сафин, А.В. Кузнецов
Самарский университет, г. Самара, Россия

Пористые материалы находят широкое применение в фильтрующих элементах, применяются в качестве звукопоглощающих материалов. Для математического описания акустических характеристик пористых материалов используется величина удельного сопротивления продуванию (потоку). В работе представлены результаты экспериментальных исследований сопротивления продуванию постоянным потоком воздуха пенополиуретана плотностью 35 и 40 кг/м^3, на основании которых получены величины удельного сопротивления потоку.

Актуальной задачей в ракетно-космической и авиационной технике является уменьшение уровня шума, действующего на полезную нагрузку [1]. Кроме того, пористый пенополиуретан может применятся в различных областях техники в качестве звукопоглощающего материала или фильтрующего элемента для потока газа.

Для получения значения сопротивления продуванию, была создана экспериментальная установка (рис. 1). Диаметр измерительной камеры равен 80 мм, длина – 750 мм. Максимальная толщина измеряемого образца равна 100 мм. Секция измерительной камеры выполнена из PLA-пластика с помощью 3D-печати.

Перепад давления измеряется с помощью дифференциального манометра ДМЦ-01М с диапазоном измерений 0.1…2000 Па. Для определения расхода используетсядатчикSMCPF2M725 с диапазоном измерений 0.3…25 л/мин.

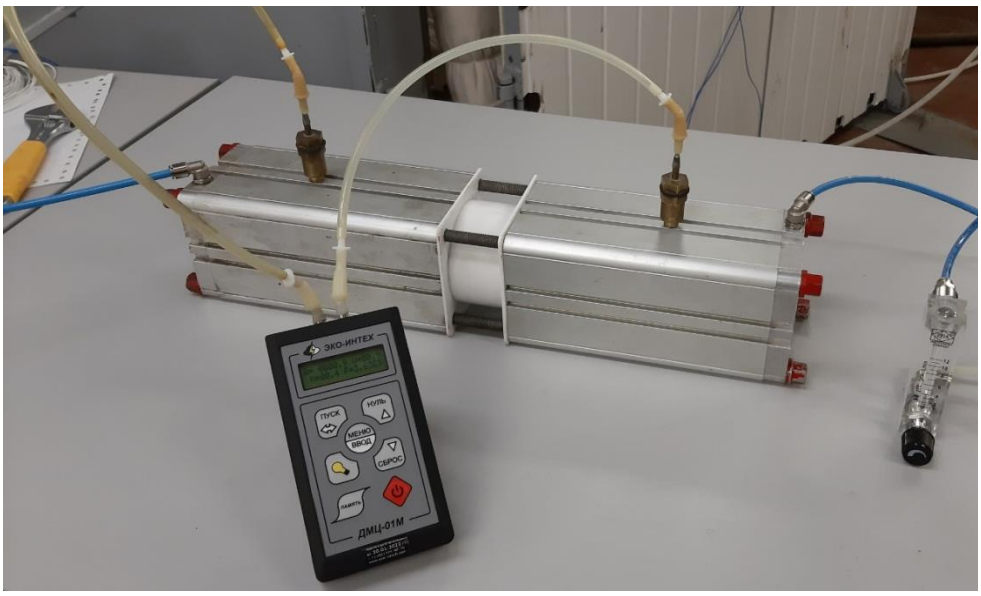


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для определения сопротивления продуванию

В созданной установке есть отличия от требований ГОСТ Р ЕН 29053 – 2011 [2], а именно: диаметр поперечного сечения камеры –80мм, однако, согласно ГОСТ, минимальный диаметр поперечного сечения должен быть 95 мм. Диаметр образца существенно влияет только на минимальную скорость потока через образец.

При задаваемом расходе 0.3нл/мин скорость воздуха в измерительной камере будет равна 9.95 10^{-4} м/с и, таким образом, реализовать скорость потока $5 \cdot 10^{-4}$м/с невозможно в созданной установке.

Верификация установки осуществлена с помощью теоретического расчета по формулам справочника гидравлических сопротивлений [3] и моделирования в ANSYSFluent диафрагмы с отверстием диаметром 10мм. Для моделирования в ANSYSFluent использовалась k-ε модель турбулентности. Расчетные и экспериментальные данные перепада давления на образце представлены на рисунке 2.

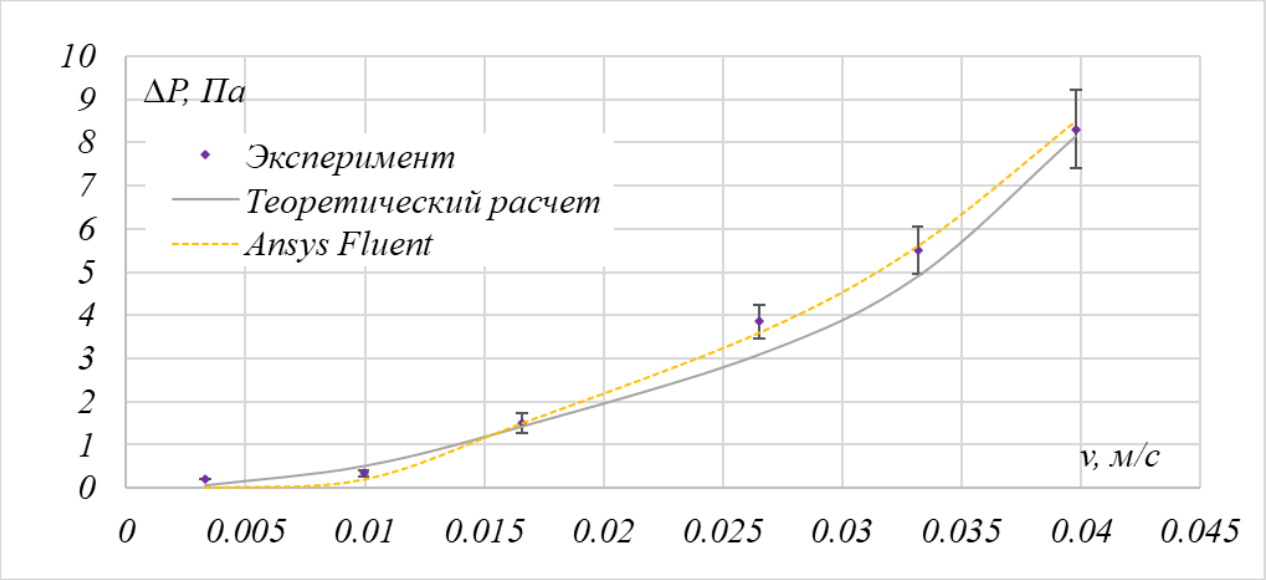


Рисунок 2 – Результаты измерения перепада давления на диафрагме с диаметром отверстия 10 мм

Из анализа полученных данных следует, что получаемые расчетным путем значения перепада давления на образце (в данном случае на диафрагме) в основном находятся в пределах доверительного интервала.

Для определения акустических характеристик пористых материалов по моделям Делани-Базли, Мики, Алларда и др. необходимо знать величину удельного сопротивления продуванию пористого материала. С этой целью были измерены образцы ППУ-35-08 толщиной от 0.02 м, до 0.1 м, и образцы ППУ-40-08 толщиной от 0.04 м до 0.1 м. Для вычисления удельного сопротивления продуванию использовалась формула:

$$r = \frac{\Delta p}{vh} \tag{1}$$

где v – скорость потока, м/с, h – толщина образца, м.

На рисунке 3 представлены результаты косвенных измерений величины r для различных толщин указанных материалов при различных скоростях потока.

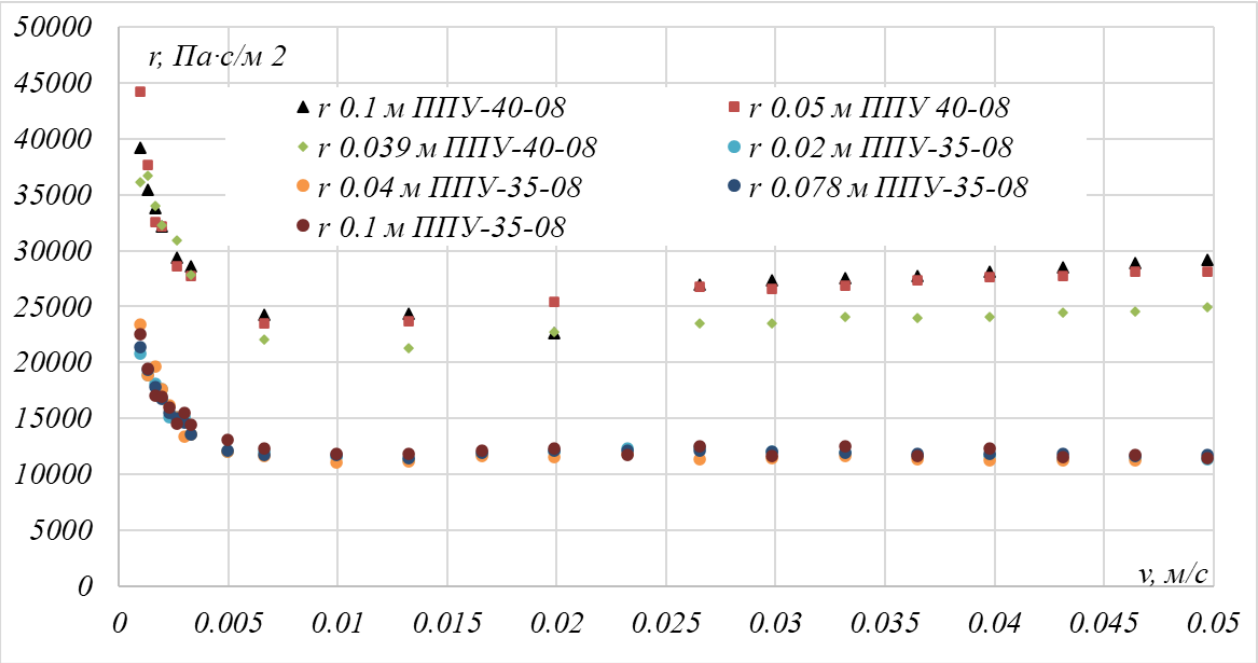


Рисунок 3 – Результаты вычисления удельного сопротивления потоку

Так как полученная зависимость удельного сопротивления продуванию от скорости потока не является линейной, а также значения *r* отличны для образов разной толщины, предполагается, что величина *r* может быть найдена различными способами:

1. Вычисление среднеарифметического значения удельного сопротивления потоку для материала.
2. Использование прямолинейного участка и экстраполяция данных для получения *r* при скорости потока $0.5 \cdot 10^{-3}$ м/с.
3. Использование значений на криволинейном участке иэкстраполяция данных для получения *r* при скорости потока $0.5 \cdot 10^{-3}$ м/с.
4. Использование линейной экстраполяции данных на всех участках иэкстраполяция данных для получения *r* при скорости потока $0.5 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Результаты вычисления *r* разными способами представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты вычислений удельного сопротивления потоку, *r*.

Материал	*Способ № 1, r, Па·с/м²*	*Способ № 2, r, Па·с/м²*	*Способ № 3, r, Па·с/м²*	*Способ № 4, r, Па·с/м²*
ППУ-35-08	13587±2940	12064	23675	15602
ППУ-40-08	28357±4836	22225	42693	31008

Анализ значений *r* показывает, что полученные способом № 2 и способом № 4 величины, находятся в пределах доверительного интервала результатов, полученных первым способом. Результаты, полученные

способом № 3, значительно отличаются от остальных. Следовательно, для определения *r* необходимо использовать первый способ.

Анализ результатов измерений и вычислений показывает, что для удельного сопротивления потоку *r* характерен большой разброс значений как для образцов различной толщины, так и для различной скорости потока. Границей криволинейного и прямолинейного участка зависимости *r(v)* является значение скорости *v=0.01 м/с*. Таким образом, для определения акустических характеристик ППУ необходимо проводить косвенные измерения *r* с использованием предложенного способа №1.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке президентского гранта Российской федерации для молодых кандидатов наук МК-1944.2020.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов П.А. Конструктивные мероприятия по снижению акустического давления внутри изделий ракетно-космической техники/ П. А. Попов, А. А. Синдюков// Вестник СГАУ. 2014.- №1. - С.68-79.
2. ГОСТ Р ЕН 29053 – 2011 Материалы акустические. Методы определения сопротивления продуванию потоком воздуха [Текст] – Введ. 2012-09-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 11 с.
3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Шейтенберга.– 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение,1992. – 672 с. ISBN 5 -217-00393-6.

INCREASING OF RELIABILITY OF OPERATION OF CENRIFUGAL PUMPS

M.S. Konovalov, Yu.V. Velikanova
Samara State Technical University, Samara, Russia

The article studies the ways to improve the reliability of mainline pumps, assess the ways to improve the efficiency of pumping equipment, shows the formula by which you can determine the minimum tension when installing the bearing.

Keywords: main pump, reliability improvement, SKF angular contact bearing, minimum tension, operating time.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

М.С. Коновалов, Ю.В. Великанова
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

В статье проведено исследование способов повышения надежности эксплуатации магистральных насосов, оценка способов в повышении эффективности работы насосного оборудования, показана формула, по которой можно определить минимальный натяг при установке подшипника.

Ключевые слова: насос магистральный, повышение надежности, подшипник радиально-упорный SKF, минимальный натяг, наработка.

Самый дешевый и экологически безопасный способ транспортировки нефти - трубопроводы. Протяженность действующих трубопроводов компании "Транснефть" составляет более 72 тыс. км, из которых более 19 тыс. км приходятся на нефтепродуктопроводы. Компания транспортирует около 90% добываемой в России нефти и около 25% производимых в стране нефтепродуктов, а также значительные объемы углеводородного сырья стран СНГ. Во всей системе "Транснефти" почти 500 нефтеперекачивающих станций, основными элементами которых являются магистральные насосы [7].

Применение магистральных насосов центробежного типа различных модификации, мощностей и производительности, продолжительность функционирования которых во многом зависит от своевременного проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР) и ремонта в ходе их эксплуатации, показывает, что большая его часть теряет работоспособность не вследствие поломок, а в результате износа отдельных деталей.

Проведенный анализ дефектов и выявления причины повышенной вибрации центробежных насосов и износа подшипниковых узлов, показал, что основными факторами являются: несоосность и дисбаланс, в результате чего выходит из строя узел радиально упорного подшипника.

Существует гипотеза, утверждающая, что при работе механизмов и машин осуществляется два процесса: схватывание металлического сплава и окисление пластически деформированных поверхностных слоев с образованием растворов и химических соединений кислорода с материалами деталей по поверхности их взаимного контакта. Допуская, что изнашивание всей поверхности детали происходит равномерно, число циклов до разрушения, необходимое для аналитической оценки интенсивности износа, может быть определено из уравнения [3]:

$$J = \xi \frac{b\varepsilon^{v+1} h_{max}}{(v+1)nd} n_c, \qquad (1)$$

где: b, v — параметры кривой опорной поверхности;
ε- относительное сближение поверхностей;
h_{max}– высота максимального выступа истирающей поверхности;
ξ — коэффициент, учитывающий влияние на величину площади фактического контакта упругих деформаций (0,5< ξ>1);
n_c,- относительная контурная площадь, участвующая в процессе трения;
d– средний диаметр единичного пятна контакта;
n — число циклов до разрушения.

В ряде случаев считают, что понятие усталостного износа как вида разрушения, при котором материал подвергается повторному действию сил, приводящих к накапливанию в нем повреждений, может быть использовано и для анализа процесса, который классифицируется как адгезионный износ [3]. При упругом насыщенном контакте все микронеровности, которые расположены на контурной площади контакта, образуют зоны контакта. Условие реализации упругого насыщенного контакта имеет вид:

$$\left(\frac{8\cdot 10^{-2}\cdot \Delta^{\frac{1}{2}}\cdot E}{(b^{0,5}\cdot v)^{\frac{2v+1}{2v-1}}\cdot(1-\mu^2)}\right) \leq P_{CH} < \frac{(a_t\cdot HB)}{(b^{1/v}\cdot v)^{1/(v-1)}}, \qquad (2)$$

где : P_{CH} — упругость насыщенного контакта; E -модуль упругости
v, b — параметры, зависящие от вида обработки;
μ — коэффициент Пуассона;
a_t — коэффициент, учитывающий напряженное состояние в зоне контакта и кинематические особенности взаимодействия твердых тел. При упругом контакте (ατ=0,5);
HB — твердость материала.

Относительное сближение при насыщенном упругом контакте можно определить по формуле:

$$\varepsilon = \left(\frac{3Pc^{\frac{2}{3}}\cdot(1-\mu^2)^{2/3}}{\left(E^{\frac{2}{3}}\cdot b^{\frac{1}{3v}}\cdot\Delta^{\frac{1}{3}}+\frac{(v-1)}{(b\cdot v^v)^{1/(v-1)}}\right.}\right), \quad (3)$$

Подставим в формулу (2) вместо PC левую часть выражения P_{CH} получим формулу для определения относительного сближения:

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{8\cdot 10^{-2}\cdot\Delta^{\frac{1}{2}}\cdot E}{(b^{0,5}\cdot v)^{\frac{2v+1}{2v-1}}\cdot(1-\mu^2)}\right)^{2/3}\cdot(1-\mu^2)^{2/3}}{E^{\frac{2}{3}}\cdot b^{\frac{1}{3v}}\cdot\Delta^{\frac{1}{3}}} + \frac{(v-1)}{(b\cdot v^v)^{1/(v-1)}} = (1{,}114/b^{1/v}\cdot(b^{\frac{1}{3v}}\cdot\left(b^{\frac{1}{v}}\cdot v)^{\frac{2v+1}{2v-1}}\right)^{\frac{2}{3}}\right) + +\left(\frac{v-1}{(b\cdot v^v)^{\frac{1}{v-1}}}\right) \quad (4)$$

Деформация в вертикальном направлении определяется из выражения [4]:

$$\varepsilon = h = N/2, \quad (5)$$

где N — натяг.

Относительное сближение ε определяют по формуле [3]:

$$\varepsilon = h/R_{max}, \quad (6)$$

где h — глубина внедрения неровности;
ε — относительное сближение при насыщенном упругом контакте.

С учетом формул (5) и (6) получим выражение для определения натяга:

$$N = 2h = 2\varepsilon R_{max}, \quad (7)$$

Минимальный натяг, обеспечивающий упругий насыщенный контакт определим по формуле:

$$N_{упр.нас.min} = 2R_{max}(1{,}114/b^{1/3v} \cdot (b^{\frac{1}{3v}} \cdot \left(b^{\frac{1}{v}} \cdot v\right)^{\frac{2v+1}{2v-1}})^{\frac{2}{3}}\Big) + (\frac{v-1}{(b \cdot v^{v})^{\frac{1}{v-1}}}). \quad (8)$$

Из полученной формулы (8) следует, что величина натяга, обеспечивающая упругий насыщенный контакт, зависит только от параметров обработки b, v и шероховатости поверхности R_{max} подшипникового узла центробежного насоса. Рост фактической площади контакта снизит контактные напряжения при ее нагружении.

Нагруженное состояние подшипников складывается из осевой и радиальной нагрузки, допуск перемещения вала (люфт) согласно РД-75.200.00-КТН-119-16, составляет 0,03 мм (и в осевом и в радиальном направлении). Поэтому для компенсации осевого и радиального усилия предлагается следующие решение: установка языка в подводящем патрубке ведет к снижению радиальных нагрузок путем разделения потока пополам. К такому решению пришли зарубежные производители насосов: Sulzer, Flowserve, KSB.

Анализ актов расследований отказов по причине работы насоса вне рабочего диапазона показал, что наиболее частой причиной отказов является превышение допустимого значения радиальной силы, действующей на опорные подшипниковые узлы. Так в магистральном насосе НМ 1250-260 классической конструкции (применение двухзавиткового отвода), работающем в режиме 0,5 номинального с ротором на номинальную подачу, значение радиальной силы возрастает более чем в 2 раза. Это снижает наработку на отказ подшипника в среднем в 2 раза. В связи с этим предлагается усилить узел радиально-упорных подшипников путем замены на подшипники марки SKF [8].

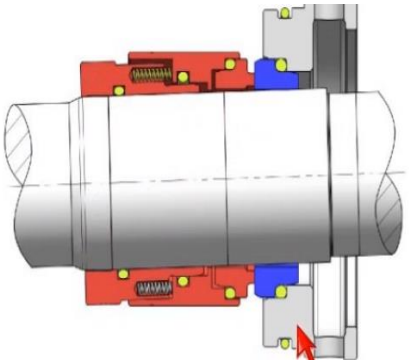
Таким образом, установка языка в подводящем патрубке и усиление узла радиально-упорных подшипников путем замены на подшипники марки SKF в магистральном насосе НМ 1250-260 классической конструкции позволит увеличить наработку на отказ с 8000 до 40000 часов.

Самый уязвимый узел, согласно статистике, является торцевое уплотнение. Магистральный насос двухстороннего входа содержит торцевые уплотнения вала.

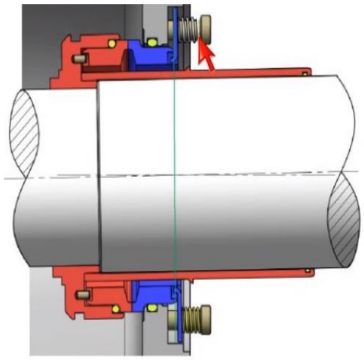
Торцевые уплотнения выполняют роль герметизации рабочей камеры насоса. В качестве этих уплотнений применяются торцевые уплотнения типа ТМ (динамические), как показано на (Рис.1а).

В качестве усиления уплотняющего узла предлагается вместо динамического типа уплотнения использовать статический (Рис.1б). Согласно паспорту завода-изготовителя, ресурс уплотнений составляет 24000ч.

Основной производитель насосного парка и комплектующих ООО «KSB» провел работу по приведению конструкции насосов типа НМ к требованиям мировых стандартов, в том числе - API 610.



а)



б)

Рисунок 1 - Динамический тип уплотнения и статический тип уплотнения

Основываясь на требовании о промывке, охлаждении и минимизации влияния перекоса вала торцевых уплотнений этого международного стандарта, на насосах НМ всего номенклатурного ряда предлагается применение торцевых уплотнений (установка по схеме «ТАНДЕМ») статического типа.

Имея большой положительный опыт изготовления и материалов, производитель в настоящее время предлагает модернизацию всего ряда насосов типа НМ-1250…НМ-10000, находящихся в рабочем состоянии.

Такая модернизация может осуществляться двумя способами:

1) Установка обвязки затворной жидкости

2) Установка торцевых уплотнений статического типа, которые представляют собой патронный узел с аварийной (резервной) парой.

Торцевые уплотнения статического типа – механические, двойные с частичной гидравлической разгрузкой и резервным уплотнением.

Конструкция торцевого уплотнения позволяет обеспечить блочную установку и снятие их с вала насоса без демонтажа крышки и корпусов подшипников.

Контакт между рабочими поверхностями колец пары трения, обеспечивающих герметичность внутренней полости насоса, создается за счет усилия пружин и гидростатического давления уплотняемой жидкости.

Все места сопряжений, по которым возможна утечка, уплотнены резиновыми кольцами круглого сечения.

Резервное уплотнение выполнено в виде самоустанавливающегося в радиальном направлении кольца сальниковой набивки.

Охлаждение уплотнений обеспечивается за счет циркуляции перекачиваемой насосом жидкости через камеры уплотнений. При этом жидкость, подводимая в камеры уплотнений, очищается от механических примесей в циклонных сепараторах, установленных в линиях циркуляции.

Жидкость забирается из напорной полости крышки насоса в зоне установки колец уплотнительных и по входному трубопроводу подается на вход циклонного сепаратора.

Очищенная жидкость по напорному трубопроводу подается на торцевое уплотнение, а затем через щель сбрасывается в подвод в сторону рабочего колеса.

Нефть с примесями из циклонного сепаратора сбрасывается во всасывающую полость корпуса насоса (в подвод).

Торцевое уплотнение статического типа устанавливают в насос и демонтируют единым блоком, поэтому не требуется подгонка торцовых уплотнений «по месту», они допускают промывку горячим паром без остановки насоса и имеют повышенную надежность и долговечность.

Преимуществами торцовых уплотнений статического типа по сравнению с торцевыми уплотнениями типа ТМ-М также являются:

- конструктивное исполнение – патронного типа, которое позволяет производить разборку и сборку без демонтажа крышки насоса, а также снижает трудоемкость установки-снятия торцевого уплотнения;
- увеличение срока службы и надежности работы торцевого уплотнения при работе на очищенной нефти;
- конструкция торцевого уплотнения позволяет организованно отводить утечку уплотняемой жидкости, при этом значительно снижается загазованность в обслуживаемом помещении;
- возможность продувки уплотнений горячим паром для очистки их от отложений парафина и тяжелых фракций нефти без демонтажа и разборки торцового уплотнения.

Для выполнения данных работ по модернизации требуется незначительная доработка корпусных деталей насоса, которая может осуществляться на месте эксплуатации.

В связи с тем, что в проекте проводится исследование влияния процесса деградации МНА, при расчете параметров функции надежности далее мы будем рассматривать отказы и вынужденные остановы насосного оборудования.

Насос марки НМ 1250-260 – центробежный, двух опорный, с одним рабочим колесом двустороннего всаса, с приводом от электродвигателя предназначен для подачи кубового продукта (вакуумного газойля) на установку каталитического крекинга.

В ходе выполнения исследования насосного оборудования на площадке АО «Нк НПЗ», узла подачи кубового продукта на установку каталитического крекинга были получены данные с момента последнего проведенного ремонта насосного агрегата.

Согласно данным технического журнала, формуляра, экспертизы промышленной безопасности результаты визуального измерительного контроля узлов и деталей агрегата, результаты капилярного контроля, результаты ультразвуковой толщинометрии и измерения твердости, результаты вибрационного контроля получены в соответствиями ГОСТ 22761-77, УО 38.12.018-94, ГОСТ Р ИСО 10816-1-97, ГОСТ 18442-80, РД 13-06-2006 и используются в настоящей работе.

Для оценки фактического технического состояния и контроля надежности оборудования (его основных узлов) производится анализ данных по временным понятиям надежности оборудования - ресурсу, сроку службы, наработке (суммарной - с начала эксплуатации; с момента проведения последнего капитального ремонта).

Таблица 1

График проведения ремонта по РД 119-16

ТС (текущий), ч	СР (средний), ч	КР (капитальный), ч
6000	12000	36000
График проведения ремонта принятый		
4200	8400	36000
Продолжительности ремонта		
49	160	336

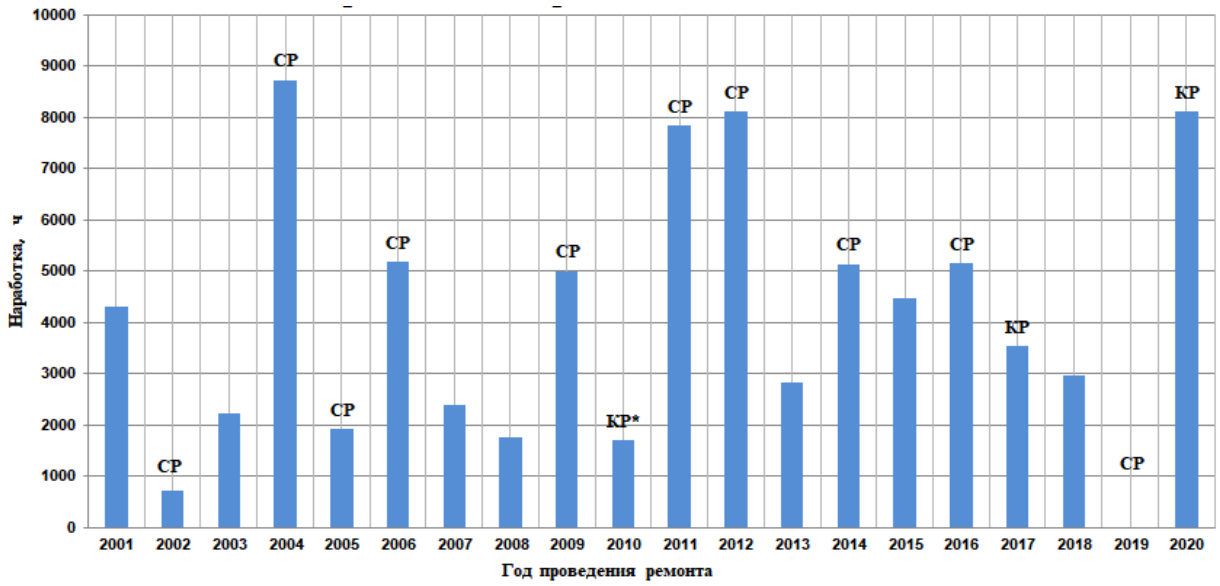


Рисунок 2 – Межремонтный пробег насоса НМ 1250-260 (А)

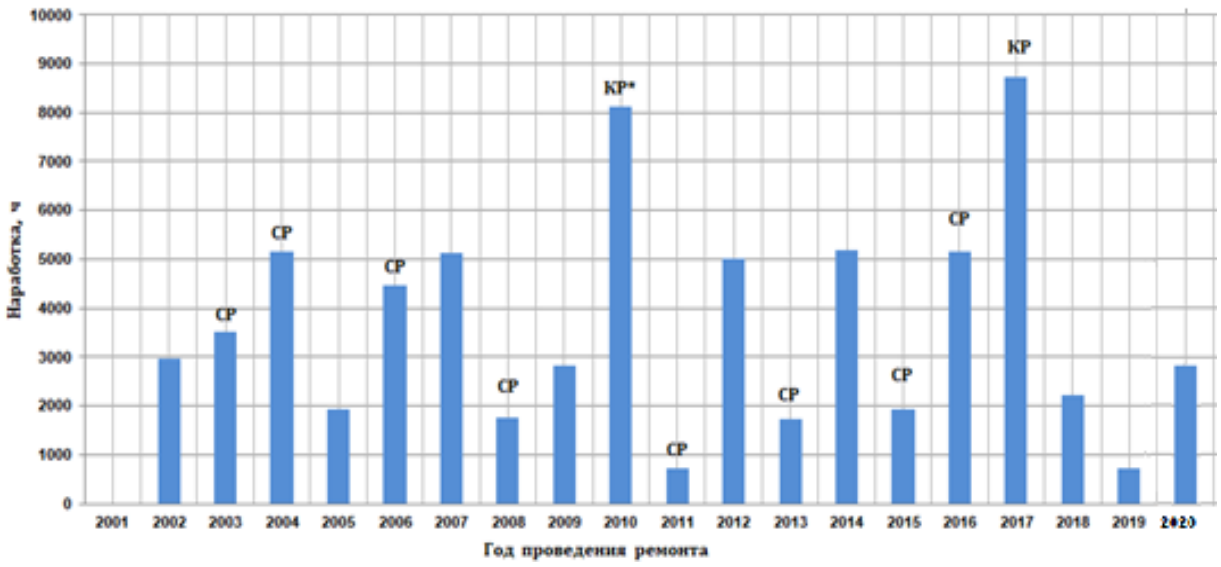


Рисунок 3 – Межремонтный пробег насоса НМ 1250-260 (В)

Таблица 2

Исходные данные, необходимые для расчета – насос (А)

N п/п	Технические данные	Размерность	Величина
1	Год изготовления насоса	-	2000
2	Год ввода в эксплуатацию	-	2001
3	Общий пробег за все время эксплуатации	ч	77760
4	Ежегодный пробег	ч	4320
6	Число ремонтов (отказов) за все время эксплуатации	-	14
7	Число ремонтов (отказов) торцевых уплотнений	-	9
8	Число ремонтов (отказов) подшипников	-	4
9	Число ремонтов (отказов) корпуса и деталей ротора	-	1
10	Наработка на отказ торцевых уплотнений	ч	8300; 8500; 8600; 8900; 9200; 9300; 11000;11000
11	Наработка на отказ подшипников	ч	17200;16600; 22000;22000
12	Наработка на отказ корпусных деталей	ч	40654
13	Наработка на отказ деталей ротора	ч	40654

Исходной информацией для оценки показателей надежности являются результаты эксплуатации насосов, преобразованные в графики, их комплектующих элементов, узлов, деталей.

Таблица 3

Исходные данные, необходимые для расчета – насос (В)

N п/п	**Технические данные**	**Размерность**	**Величина**
1	Год изготовления насоса	-	2000
2	Год ввода в эксплуатацию	-	2001
3	Общий пробег за все время эксплуатации	ч	69000
4	Ежегодный пробег	ч	4320
6	Число ремонтов (отказов) за все время эксплуатации	-	13
7	Число ремонтов (отказов) торцевых уплотнений	-	8
8	Число ремонтов (отказов) подшипников	-	4
9	Число ремонтов (отказов) корпуса и деталей ротора	-	1
10	Наработка на отказ торцевых уплотнений	ч	8200; 8300; 8300; 8600; 8800; 9100; 9200
11	Наработка на отказ подшипников	ч	16400;16600; 16600;16700
12	Наработка на отказ корпусных деталей	ч	39760
13	Наработка на отказ деталей ротора	ч	39760

Таблица 4

Расчет статистических оценок показателей надежности оборудования

Условное обозначение показателя по ГОСТ 27.002	Насос А	Насос В
$T = \frac{1}{r} \cdot \sum_{i=1}^{r} t_i$	Для корпуса: 39760 Для подшипников: 17200 Для торцевых уплотнений:8600 Для деталей ротора: 39760	Для корпуса: 40654 Для подшипников: 16700 Для торцевых уплотнений:8600 Для деталей ротора: 40654
$Д = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} tpec.j$	Для корпуса: 39760 Для подшипников: 17200 Для торцевых уплотнений:8600 Для деталей ротора: 39760	Для корпуса: 40654 Для подшипников: 16700 Для торцевых уплотнений:8600 Для деталей ротора: 40654
$T_d = \frac{1}{r} \cdot \sum_{i=1}^{r} t_{di}$	0	0
$T_{ппр} = \frac{1}{N_{ппр}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{ппр}} t_{ппр}$	185	165
$K_г = \frac{T}{T + T_d + T_{ппр}}$	0,98	0,98
$K_{ти} = \frac{8640 - T_{ппр}}{8640} \cdot K_г$	0,96	0,97

Примечание

r - число отказов, произошедших за период наблюдений t;

t_i - наработка между двумя последовательными отказами;

n - число объектов, работоспособных в начальный момент времени (эксплуатационных наблюдений) - при t=0;

$t_{рес.j}$ - наработка каждого из объектов от начала эксплуатации;

$t_{вi}$ - продолжительность внепланового восстановления после i-го отказа оборудования;

$t_{ппрi}$ - продолжительность i-го планового восстановления оборудования;

$N_{ппр}$ - число плановых ремонтов оборудования за период наблюдений t;

$n\ (t)$ - число объектов (оборудования), отказавших на отрезке времени от 0 до t.

При сравнении рассчитанных показателей надежности с паспортными установлено, что торцевые уплотнения работают на 400 ч меньше,

подшипники на 2800 ч меньше, детали ротора и корпусные детали на 645 ч. больше. Применяя модернизацию узлов рассматриваемого насоса, можно изменить нормативы межремонтных пробегов. В таблице 5 приведено итоговое сравнение показателей наработки на отказ.

Таблица 5

Итоговое сравнение показателей наработки на отказ

Обозначение насоса	Средняя наработка на отказ торцевого уплотнения, ч.	Наработка на отказ по паспорту завода-изготовителя, ч.
Насос А	24100	25000
Насос В	61000	60000

Таким образом, после модернизации, время до ТР можно увеличить с 4200 до 8000 ч., СР – с 8400 до 24000, КР- с 36000 до 40000ч, а ресурс можно увеличить на 6 лет. (с 10 до 16).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумеров А.Г. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций/.: ООО «Недра Бизнесцентр», 2001. – 475 с.
2. Колпаков Л.Г. Центробежные насосы магистральных нефтепроводов – М.: Недра, 1985. – 184 с.
3. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, — 1977. —525 с.
4. Ли Р. И. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения. Дисс… докт. техн… наук. Москва. —2001 г. —250 с.
5. Ломакин В.О. Разработка комплексного методов расчета проточных частей центробежных насосов с оптимизацией параметров. дис.на соиск./д-ра техн. наук – Москва: московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, 2017 г.
6. Ржебаева Н.К. Расчет и конструирование центробежных насосов/ Н.К. Ржебаева, Э.Е. Ржебаев Учебное пособие. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2009. - 220с.
7. Как и куда течет нефть [https://www.transneft.ru/pressroom/rg11].
8. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Организационно-экономические и инновационно-технологические проблемы модернизации экономики России» Пенза, 2019 г. «Повышение показателей надежности магистральных насосов» И.Р. Курмаев , — 2019г. — 111 с.

9. Подшипники качения. Государственные стандарты РФ.(ГОСТ ИСО 4378-1-2001 ГОСТ 520-89) (ИСО 49286, ИСО 199-79, СТ СЭВ 774-85)
10. ГОСТ Р 27.002 – 2015 «Надежность в технике»
11. ГОСТ Р 55435-2013 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание. Основные положения.
12.ГОСТ 32600-2013 Насосы. Уплотнительные системы вала для центробежных и роторных насосов. – М., Стандартинформ. 2013. -184 с.
13. ГОСТ Р 53675-2009 Насосы нефтяные для магистральных трубопроводов. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.
14. ГОСТ 12124-87 Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 6 с.
15. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Сер. 09. Вып. 37. 2-е изд., доп. – М.: ЗАО«Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности». – 2013. 126 с.
16. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта техники / А.И. Ящура. – М.: Оборониздат, 1973. – 127 с.
17.УО 38.12.018-94 Общие технические условия по ремонту центробежных насосов ISBN-5-88-462-028-4. ВНИКТИнефтехимоборудование, 1995.
18. РД-39-023-2000. Методика определения и оценки эксплуатационных параметров насосных агрегатов нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов. – Уфа, 2000. -45 с.
19. РД- 75.200.00-КТН-119-16 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Техническое обслуживание и ремонт механо-технологического оборудования и сооружений НПС.
20. РД- 23.080.00-КТН-169-13 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Капитальный ремонт центробежных подпорных насосов для перекачки нефти. Требования к организации и проведению.
21. РД-19.100.00-КТН-036-13 Правила технического диагностирования и освидетельствования механо-технологического оборудования. Методики технического диагностирования механо-технологического оборудования.
22. РД-35.240.00-КТН-173-17 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Порядок создания и ввода в эксплуатацию.
23. РД 26.260.005-91 Методические указания. Оборудование химическое. Номенклатура. Показателей и методы оценки надёжности.
24. РД- 75.200.00-КТН-119-16 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Техническое обслуживание и ремонт механо-технологического оборудования и сооружений НПС.
25. ОР-29.160.30-КТН-185-14 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Капитальный ремонт электродвигателей для насосных агрегатов. Порядок планирования и организации работ 25.11.2014

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF BINDER CURING METHODS IN THE PRODUCTION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

N.D. Kostarev[1], V.A. Taganova[1], K.B. Kostin[2], S. Ya Pichkhidze[2]
[1]Moscow State Educational Complex, Moscow
[2]Saratov State Technical University named after Gagarina Yu. A., Saratov

This paper presents a study of the effect of curing methods of an epoxy binder on the surface morphology of carbon fillers.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ОТВЕРЖДЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.Д. Костарев[1], В.А. Таганова[1], К.Б. Костин[2], С.Я. Пичхидзе[2]
[1]Московский государственный образовательный комплекс, г. Москва, Россия
[2]Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., г. Саратов, Россия

В данной работе представлено исследование влияния способов отверждения эпоксидного связующего на морфологию поверхности углеродных наполнителей.

Армирование полимеров углеродными волокнами позволило создать новый класс полимерных конструкционных материалов - углепластиков.

Углепластики (УП) получили в последние годы наиболее интенсивное развитие благодаря своим уникальным свойствам, а именно: высоким значениям прочности и жесткости; низкой плотности; химической инертности; тепло- и электропроводности; высокой усталостной прочности; низкой ползучести; низким значениям коэффициента линейного термического расширения; высокой радиационной стойкости.

Важным фактором, определяющим в некоторой степени перспективность углепластиков, является их хорошая технологичность, позволяющая перерабатывать углепластики в изделия на стандартном технологическом оборудовании с минимальными трудовыми и энергетическими затратами.

Также углепластики обладают рядом недостатков. Прочность и жесткость УП в процессе эксплуатации изделия снижается на 10-15 %, т.к. основой УП являются синтетические смолы, на механические характеристики которых существенное влияние оказывает воздействие внешней среды. Являясь в основном горючими, синтетические смолы в определенной степени переносят этот недостаток на УП.

Целью данной работы является исследование влияния способов отверждения эпоксидного связующего на морфологию поверхности углеродных и стеклянных наполнителей.

Поставленная цель достигалась решением следующих задач: определение оптимальных режимов отверждения, исследование влияния способов отверждения на свойства полимерных композиционных материалов.

В качестве матриц (связующих) при изготовлении ПКМ используются преимущественно эпоксидные и полиэфирные синтетические смолы. До момента отверждения связующее остается вязкотекучей жидкостью. В определенных условиях (при повышении температуры, добавлении инициирующих реакцию веществ и т.п.) молекулы жидкости взаимодействуют между собой, образуя большие пространственные молекулы, вследствие чего масса связующего отверждается - затвердевает.

Сравнительно новым классом термостойких высокомолекулярных соединений являются полиимидные смолы. Их главное отличие от полиэфирных и эпоксидных смол заключается в более высоких механических характеристиках и большей стойкости к окислению при высоких температурах (после отверждения). Однако применение полиимидных смол требует разработки специальной технологии изготовления ПКМ. В таблицах 1, 2 представлены свойства связующих для углепластиков [1, 2].

Таблица 1

Связующие по технологии формования

Инфузия		**Препрег**	
Высокая температура эксплуатации (до 150-230 °С)	Низкая температура эксплуатации (до 80-90 °С)	Высокая температура эксплуатации (до 180-230 °С)	Низкая температура эксплуатации (до 120-150 °С)
Эпоксидные связующие (до 120-150 °С)Т-26Бисмалеимидные связующие (до 180-250 °С)SB-332	Эпоксидные связующие (до 80-90 °С) Т20-60	Бисмалеимидные препреги (до 180-230 °С) SB-270	Эпоксидные препреги (до 120-150 °С) Т-107

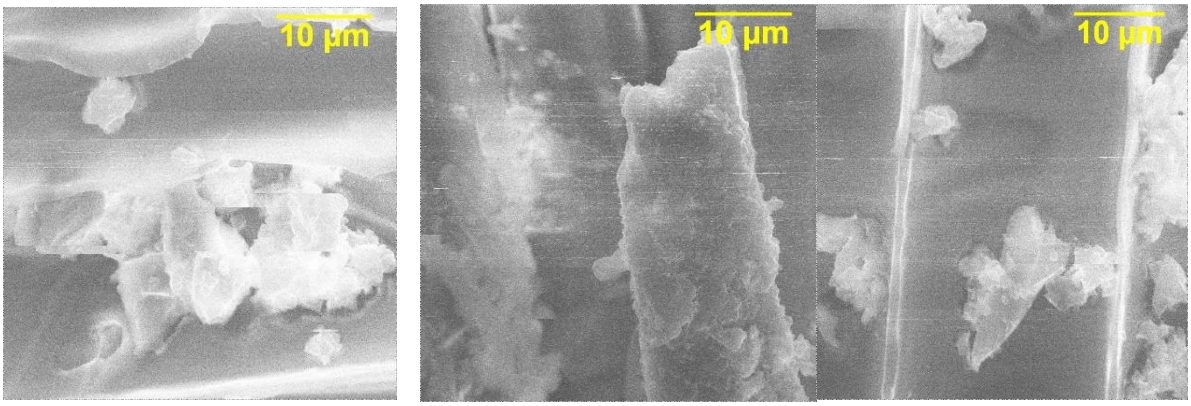
Таблица 2

Свойства связующих

Тип связующего	Температура эксплуатации	Прочность	Трещино-стойкость
ЭпоксидныйТ20-60для инфузии и намотки	90	средняя	средняя
ЭпоксидныйТ-26 для инфузии и RTM	120-150	высокая	средняя-высокая
Бисмалеимидный SB 270 препрег для автоклавного формования,SB 332 для инфузии и RTM	230-250	высокая	средняя-высокая
ПолиимидныйСПИ-28 препрег для автоклавного формования	280	средняя	низкая

Кроме правильного выбора связующего, необходимо соблюдать технологию формования.

Изменения в морфологии (рис.1) поверхности УП при использовании разных способов пропитки углеродных и стеклянных наполнителей эпоксидным связующим.



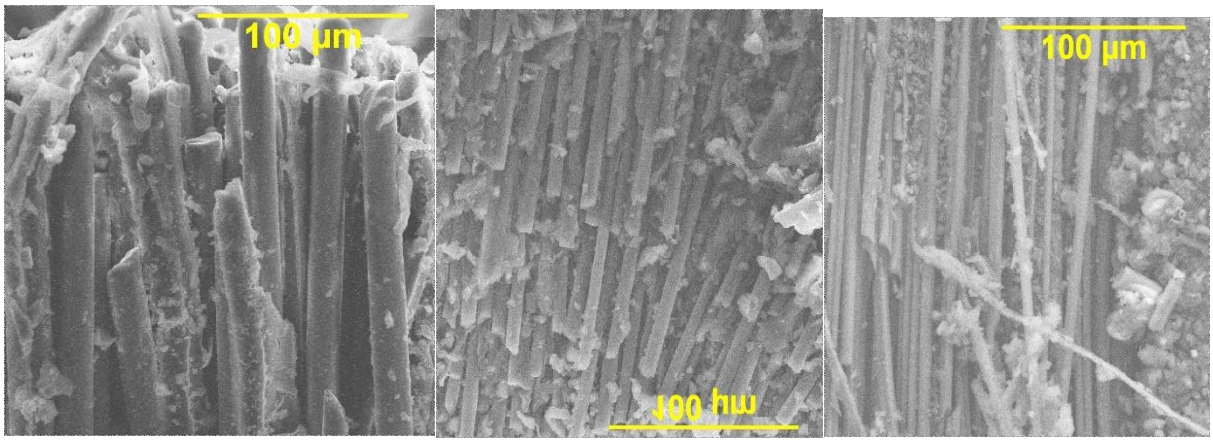
а б в

Рисунок 1 - Морфология поверхности УП, данные РЭМ при увеличении 10000х: а) Т=80 ^{0}С, 2 часа; б) Т=24 ^{0}С, 24 часа, постотверждение Т=80 ^{0}С, 2 часа; в) Т=24 ^{0}С, 24 часа, постотверждение Т=60 ^{0}С, 2 часа

Из рис. 1 видно, что поверхность УП имеет большую однородность на рис.1б. Следовательно, возможно взаимодействие связующего с компонентами углепластика. Также из рис. 1 видно, что значительно

сокращаются пустоты в УП при данном способе отверждения эпоксидного связующего.

Также исследовали морфологию среза УП, рис.2.



а б в

Рисунок 2 - Морфология поверхности УП, данные РЭМ при увеличении 1000х:

а) Т=80 ^{0}С, 2 часа; б) Т=24 ^{0}С, 24 часа, постотверждение Т=80 ^{0}С, 2 часа; в) Т=24 ^{0}С, 24 часа, постотверждение Т=60 ^{0}С, 2 часа

Изготовлено три образца гибридного материала в виде чередования сплошных слоев углеродных и стеклянных тканей. Пропитка проводилась эпоксидным связующим Т20-60, по трем режимам отверждения.

Выводы: исследовано влияние способов отверждения эпоксидного связующего на морфологию поверхности углеродных и стеклянных наполнителей. Определен оптимальный режим отверждения, при Т=24^{0}С выдержки 24 часа и последующем постотверждением при Т=80^{0}С, в течение 2 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990.–510 с.

2. Мелешко А. И., Половников С. П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2007. – 192 с.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021
22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

RESEARCH OF FILLERS FOR POLYMER COMPOSITE MATERIALS

N.D. Kostarev[1], V.A. Taganova[1], N.I. Karpenko[1], S. Ya. Pichkhidze[2]
[1]Moscow State Educational Complex, Moscow, Russia
[2]Saratov State Technical University named after Gagarina Yu. A., Saratov, Russia

Four samples of hybrid material were made in the form of alternating continuous layers of carbon and glass fabrics. The properties of fillers and compositions obtained on their basis are investigated.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.Д. Костарев[1], В.А. Таганова[1], Н.И. Карпенко[1], С.Я. Пичхидзе[2]
[1]Московский государственный образовательный комплекс, г. Москва, Россия
[2]Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., г. Саратов, Россия

Изготовлено четыре образца гибридного материала в виде чередования сплошных слоев углеродных и стеклянных тканей. Исследованы свойства наполнителей и композиций, полученных на их основе.

В зависимости от вида углеродного армирующего наполнителя, его текстурной формы и геометрических размеров углепластики можно разделить на три группы: углеволокниты, углетекстолиты, углепресволокниты.

Углепластики на основе непрерывных ориентированных углеродных нитей, жгутов и ровниц составляют группу углеволокнитов. Наиболее представительная группа углепластиков — углетекстолиты, в которых в качестве армирующего наполнителя используют тканые ленты и ткани различных текстурных форм. Углепластики на основе дискретных волокон составляют группу углеволокнитов.

Углеродные волокна, в качестве армирующих элементов, являются более хрупкими и менее технологичными, чем стеклянные, отличаются химической инертностью, низкой поверхностной энергией, обусловливающей плохое смачивание волокон растворами и расплавами матричных материалов, что в итоге приводит к низкой прочности сцепления на границе «волокно-матрица». Основное достоинство — высокая жесткость.

Механические характеристики остаются постоянными до температуры 450° С, что позволяет применять углеродные волокна с полимерной и металлической матрицами. Волокна характеризуются отрицательным коэффициентом линейного расширения, что в совокупности с положительным коэффициентом у матрицы позволяет синтезировать композиции для конструкций, сохраняющих свои размеры при температурном воздействии. Углеродные волокна используют для изготовления элементов, необходимая жесткость которых является условием, снижающим эффективность применения материалов, армированных стеклянными волокнами. Стоимость углеродных волокон на два порядка выше, чем стеклянных [1, 2].

В таблице 1 представлены основные свойства углеродного и стекловолокна.

Таблица 1

Свойства волокон

Параметр	Волокно	
	Углеродное	Стеклянное
Плотность, г/см^3	1,78	2,6
Прочность, кг/мм^2	340	350
Удельная прочность, км	191	135
Модуль упругости, ГПа	240	72
Удельный модуль, км	13483	2769
Разрывное удлинение, %	1,4	4,8

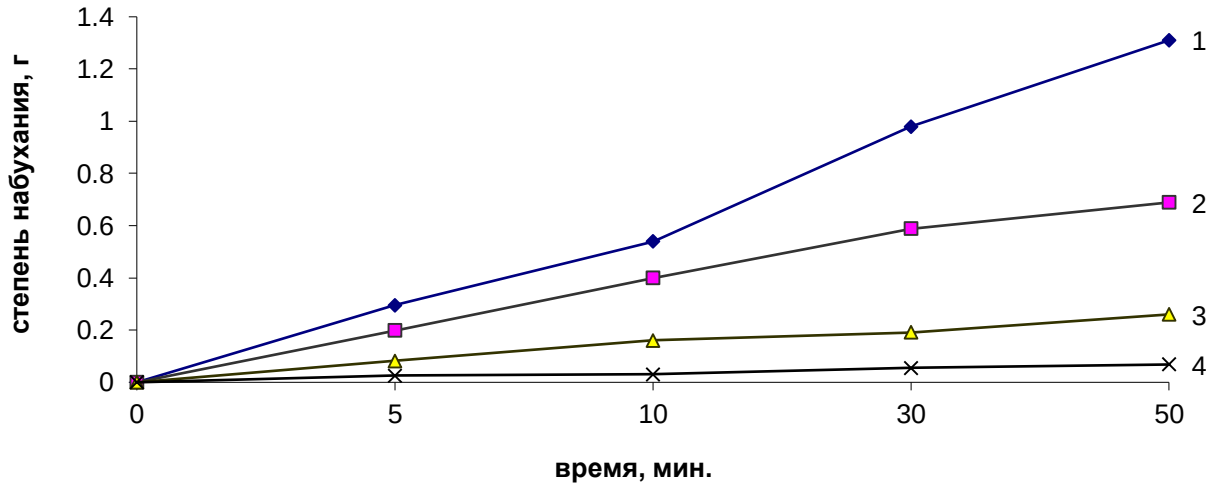


Рисунок 1 - Зависимость степени набухания от способа наполнения:
1 – 5УТ + 5СТ; 2 – 7УТ+3СТ; 3 – 3УТ+7СТ; 4 – 6УТ+3СТ+1ПП.

Углеродное волокно обладает высоким модулем, но его недостаток в том, что оно хрупкое. Рабочие характеристики стекловолокна имеют определенное расстояние по сравнению с углеродным волокном, и преимущество заключается в высокой механической прочности и высокой изоляции, а недостатком является низкая износостойкость.

Изготовлено четыре образца гибридного материала в виде чередования сплошных слоев углеродных и стеклянных тканей. Пропитка проводилась эпоксидным связующим Т20-60, отверждение связующего проводили при Т=24С^0 выдержки 24 часа, с последующим постотверждением при Т=80С^0, в течении 2 часов.

На рис. 1 представлена зависимость степени набухания от способа наполнения. Испытания проводили в дистиллированной воде в течение 24 часов при температуре 50 ^{0}С.

Таблица 2

Свойство полученных образцов

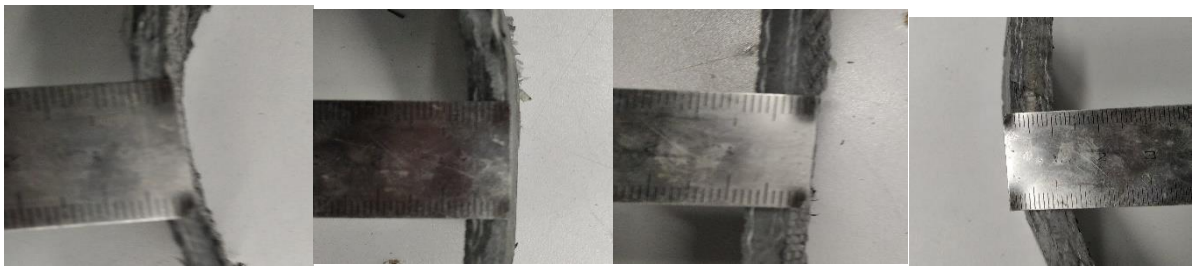
№ образца	Плотность углепластика ρ, кг/м^3	Прочность при изгибе $\sigma_{изг}^{20}$, МПа	Прочность при сдвиге $\sigma_{сд}^{20}$, МПа	Прочность на сжатие $\sigma_{сж}^{20}$, МПа
1	1490	1256	58	468
2	1487	1248	63	471
3	1495	1254	55	466
4	1493	1250	56	466

Таблица 3

Физико-механические свойства образцов

Свойства	Температура испытаний, ^{0}С		Образцы		
		1	2	3	4
Толщина монослоя, мм	20	0,210	0,198	0,175	0,184
Плотность, г/см^3	20	1490	1487	1495	1493
Содержание связующего, мас.%	20	38,4	36,8	33,3	32,9
Пористость, %	20	0,32	0,31	0,34	0,36
Модуль упругости при изгибе, ГПа	20	109	110	122	105
Модуль упругости при растяжении, ГПа	20	120	128	135	133

В табл. 2, 3 приведены прочность при растяжении и модуль упругости, отнесенные к плотности. Связанные вместе массовые, прочностные и упругие характеристики позволяют более полно судить о возможностях полимерных композиционных материалах.



а б в г

Рисунок 2 - Свойства образцов:
а – 5УТ + 5СТ; б – 7УТ+3СТ; в – 3УТ+7СТ; г – 6УТ+3СТ+1ПП.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что, наряду с достаточно высокими абсолютными значениями показателей прочности и модуля упругости, данные ПКМ имеют также значительно более высокие, чем у других материалов, удельные показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов И.И., Раскутин А.Е. Углепластики и стеклопластики нового поколения // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №4. Ст. 09.
2. Старцев В.О., Махоньков А.Ю., Котова Е.А. Механические свойства и влагостойкость ПКМ с повреждениями // Авиационные материалы и технологии. 2015. №S1 (38). С. 49-55.

EXTRACTION OF RARE EARTH ELEMENTS AND ZINC FROM INTERMEDIATES OF THE EUROPIUM TECHNOLOGY BY EXTRACTION WITH CATION EXCHANGE EXTRACTANTS

N.V. Lipanova, E.A. Mesyats, V.R. Kripak
National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

The article discusses the feature of the extraction of rare earth elements (REE) and zinc by extraction with isododecylphosphetanoic acid (IDDFC) and higher isomeric carboxylic acids (VICC-2). A technology for the extraction of REE with a 50% solution of VICC-2 in sintin with the production of a zinc chloride-sulfate solution containing ammonium ions in raffinate is proposed. To increase the saturation of the extractant, WICC-2 was pretreated with ammonium hydroxide with the conversion of 0.9 mol/dm3 of WICC-2 to the ammonium form. A technology for the isolation of zinc from chloride-sulfate solutions containing ammonium ion with the preliminary introduction of calcium hydroxides or sodium carbonates into the system with the simultaneous removal of ammonia during heating is proposed.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЦИНКА ИЗ ПОЛУПРОДУКТОВ ТЕХНОЛОГИИ ЕВРОПИЯ ЭКСТРАКЦИЕЙ КАТИОНООБМЕННЫМИ ЭКСТРАГЕНТАМИ

Н.В. Липанова, Е.А. Месяц, В.Р. Крипак
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

В статье рассматривается особенность извлечения редкоземельных элементов (РЗЭ) и цинка экстракцией изододецилфосфетановой кислотой (ИДДФК) и высшими изомерными карбоновыми кислотами (ВИКК-2). Предложена технология извлечения РЗЭ 50% раствором ВИКК-2 в синтине с получением в рафинате хлоридно-сульфатного раствора цинка, содержащего ионы аммония. Для повышения насыщения экстрагента ВИКК-2 обрабатывали предварительно гидроксидом аммония с переводом в аммониевую форму 0,9моль/дм3 ВИКК-2. Предложена технология выделения цинка из хлоридно-сульфатных растворов, содержащих ион аммония,с

предварительным введением в систему гидроксидов кальция или карбонатов натрия с одновременным удалением аммиака при нагревании.

При получении европия методом цинкового восстановления образуются растворы, содержащие 100-200г/дм^3 хлоридов редкоземельных элементов (РЗЭ), 20-40 г/дм^3 сульфата цинка и г/дм^3 хлорида аммония. Если дальнейшее разделение РЗЭ предусматривает применение нитратных растворов, то возникает необходимость в очистки от нитрат- ионов. Кроме того, в любом случае необходимо утилизировать цинк, т.к. его сброс в сточные воды недопустим и ограничен ПДК. В связи с этим, авторами исследованы различные варианты извлечения РЗЭ и цинка из подобных растворов, в том числе, и экстракцией катионообменнымиэкстрагентами.

В данной работе содержание РЗЭ и цинка определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Хитачи». Экстракцию проводили по стандартной методике встряхиванием органической и водной фаз с последующим расслаиванием.

Содержание РЗЭ определяли методом осаждения оксалатов с последующим прокаливанием при температуре 800-850ºС. Цинк предварительно отделяли от РЗЭ аммиачным переосаждением.

В работе использовали экстрагенты: изододецилфосфетановую кислоту (ИДДФК) марки «техн» и высшие изомерные карбоновые кислоты (ВИКК-2) «техн» в виде 30-50% растворов в разбавителе. Разбавитель –синтин.

ИДДФК была выбрана как слабая фосфорорганическая кислота, для которой не требуются концентрированные растворы кислот дляреэкстракции РЗЭ. По своим свойствам ИДДФК близка к фосфиновым кислотам. К недостаткам ИДДФК относится наличие в продукте значительного количества водорастворимых примесей. Поэтому перед проведением процесса экстракции, кислоту неоднократно (4-6раз) промывали водой. Один и тот же хлоридно-сульфатный раствор обрабатывали последовательно новой порцией 30% ИДДФК при соотношении фаз О:В=6:1. Водную фазу после каждой обработки нейтрализовали аммиаком до pH=2. Как видно рис.1. даже при предварительной нейтрализации растворов, ИДДФК незначительно извлекает в органическую фазу РЗЭ и цинк.

Для повышения экстракции 30% ИДДФК предварительно переводили в аммонийную форму нейтрализацией гидроксидом аммония (степень нейтрализации 35%). Полученную органическую фазу контактировали с хлоридно-сульфатным раствором с pH=4-5. В экстракте обнаружено 18 г/дм^3 РЗЭ и 6г/дм^3 цинка. Полученный экстракт промывали при соотношении фаз О:В=1:1 различным растворами, состав которых приведен в табл.2. Можно отметить, что только введение азотной кислоты до 0,1-0,2 моль/дм^3 приводит к преимущественной экстракции РЗЭ с довольно высокими коэффициентами разделения от цинка. Промывка азотной кислотой более эффективна чем раствором РЗЭ.

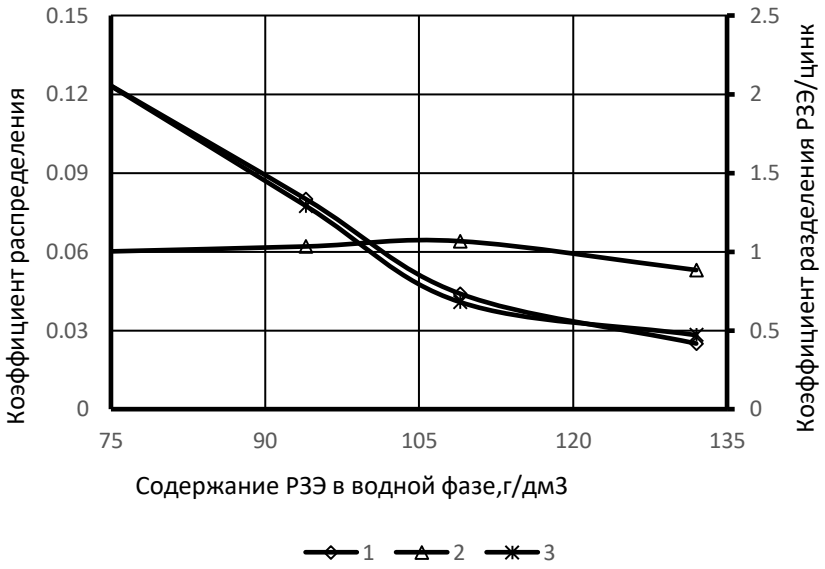


Рисунок 1 - Изменение коэффициентов распределения и разделения при экстракции 30% об. раствором ИДДФК

(коэффициенты распределения: 1 - РЗЭ, 2 - цинк, 3 - коэффициент разделения $\beta_{РЗЭ/Zn}$)

Более стабильные результаты были получены при использовании в качестве экстрагента разветвленных карбоновых кислот-ВИКК-2. Для уменьшения вязкости ВИКК-2 разбавляли до 50% синтином. Органическую фазу предварительно обрабатывали гидроксидом аммония до содержания аммониевых солей-0,9 моль/дм^3. В процессе экстракции величина pH несколько уменьшается, поэтому ее необходимо корректировать по ступням каскада. Противоточный процесс должен содержать стадию насыщения экстрагента гидроксидом натрия или аммония, стадию экстракции, промывки и реэкстракции. В рафинате остается хлоридно -сульфатный раствор цинка, а в насыщенном экстракте-соль РЗЭ. Если использовать для реэкстракции раствор азотной кислоты, то получаются нитратные растворы РЗЭ, пригодные для последующего экстракционного разделения. При обработке насыщенного РЗЭ и цинком экстрагента необходимо поддерживать более низкое значение pH, т.к. в противном случае не происходит обмен цинка на катионы РЗЭ, а селективность резко уменьшается, что видно из результатов табл.1.

Таблица 1

Распределение РЗЭ и цинка при экстракции 50% раствором ВИКК-2 синтине (экстрагент предварительно нейтрализован гидроксидом аммония до 0,9 моль/дм^3, содержание РЗЭ в исходном растворе-188 г/дм^3, цинка-74,2 г/дм^3)

№	Соотношение Vo:Vв	Содержание в орг.ф. г/дм^3		Содержание вводн.ф. г/дм^3		Коэфф. распре-деления	Коэфф раздел.
		Zn	РЗЭ	Zn	РЗЭ	Zn РЗЭ	
1	10:1	6,6	22,3	4,0	0,1	1,65 223	135,1
2	6,7:1	6,0	31,6	26,1	< 0,1	0,23 316	1371
3	5:1	3,5	39,4	41,5	17,3	0,083 2,27	27,3
4	3,3:1	2,4	42,5	55,0	64,3	0,043 0,66	15,3
5	2:1	1,7	46,8	55,0	112,2	0,031 0,417	13,4

РЗЭ извлекают из органической фазы реэкстракцией раствором азотной кислоты с концентрацией 4-4,5 моль/дм^3 с получением растворов, содержащих 150-200г/дм^3 РЗЭ и пригодных для разделения методом экстракции. Достоинство процесса-возможность получения концентрированных нитратных растворов, содержащих 200-250 г/дм^3 РЗЭ и пригодных для последующего выделения самария и гадолиния методом экстракции. Недостаток рассмотренного процесса заключается в необходимости поддерживать определенное значение pH в равновесной водной фазе в области 4-5, что встречает определенные трудности при реализации в противоточном режиме. В водной фазе остаются катионы цинка с примесями сульфат-анионов и иона аммония. С ионом аммония катион цинка образует водорастворимый комплекс. По этой причине выделить карбонат или гидрокарбонат цинка прямым осаждением из полученного раствора затруднительно.

Установлено, что ведение карбоната натрия не приводит к полному осаждению цинка, т.к. в присутствии аммиака цинк образует комплексы типа $[Zn(NH_3)_4]^{2-}$ с константой нестойкости Кн = 2.10^{-9}. Ниже приведены результаты исследования выделения цинка после термического удалении аммиака. Аммиак удаляли барботированием воздуха через слой водного раствора. Изменяли время барботирования, температуру, концентрацию хлорида цинка, гидроксида аммония и хлорида аммония .

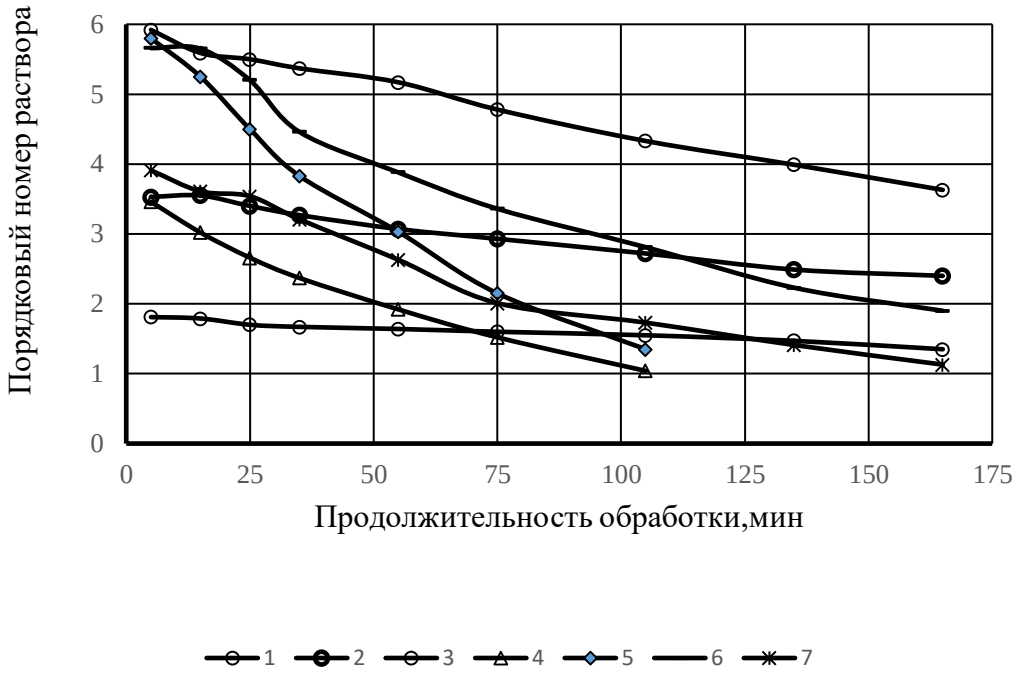


Рисунок 2 - Изменение концентрации аммиака при термической отгонке (Концентрация NH_4OH, моль/дм^3:1-1,83, 2-3,73, 3-6,0, температура 25^{0}С, концентрация NH_4OH, моль/дм^3; 4-3,72,5-6,0 температура 90^{0}С; 6-концентрация хлорида цинка 19,6г/дм^3,содержание NH_4OH 6,3моль/дм^3, 7-содержание NH_4OH 3,9 моль/дм^3,хлорида аммония 100г/дм^3)

Анализ кривых 1,2,3 показывает, что не весь гидроксид аммония разлагается до аммиака. При нагревании до 90^{0}С отгонка идет гораздо быстрее. Установлено, что чем меньше концентрация гидроксида аммония в исходном растворе, тем меньше степень удаления аммиака. При температуре 25^{0}С удаляется 30-50% аммиака, повышение температуры до 90^{0}С приводит к увеличению количества удаленного аммиака до 70-80% При этом, удаление оставшегося аммиака требует весьма длительного нагревания. Остающийся аммиак не позволяет удалить цинк осаждением гидроксидом натрия и в растворе остается 9-10 г/дм^3 цинка. Собственно, удаление аммиака не является самоцелью, основная задача заключается в удаление цинка из раствора. Обнаружено, что положение можно кардинально изменить, если предварительно в раствор ввести осадитель цинка - карбонат натрия или оксид кальция. При изменении последовательности, а, именно, при предварительном введении в систему карбонат ионов происходит эффективное и полное удаление цинка. В этом случае равновесие смещается в сторону образовавшегося осадка (ПР $Zn(OH)_2$=4,9x10^{-17}Кн $[Zn(NH_3)_4]^{2-}$ =2x10^{-9} и разрушение аммиачного комплекса происходит более эффективно.

Производственный раствор содержит 0,3-0,5 моль/дм^3 ионов хлора,15-40 г/дм^{3}цинка и 0,8-2,0 моль/дм^3 гидроксида аммония. Определены оптимальные условия проведения процесса: 2-х кратное по отношению к стехиометрии введение карбоната натрия, нагревание при температуре 80-95

^{0}С в течение 3-4 часов с последующим удалением гидроксокарбоната цинка фильтрацией. Остаточное содержание цинка не превышает 0,08 г/дм^3.

К исходному раствору состава: хлорид цинка-20 г/дм^3, аммоний хлористый-80 г/дм^3, гидроксид аммония-35 г/дм^3 добавляли расчетное количество карбоната натрия при нагревании. При двух кратном превышении количества соды, выпадает осадок гидроксокарбоната цинка и сульфата кальция. Остаточное количество цинка в растворе 0,1-0,5 г/дм^3. Найдено и более дешевое решение. Установлено, что предварительное введение гашеной извести и последующее нагревание позволяет удалить часть аммиака и осадить цинк в виде смешанного гидроксокарбоната цинка и кальция. Остаточное содержание цинка в растворе после фильтрации 0,1-0,3 г/дм^3.

Выводы:

1. Исследованы особенности извлечения редкоземельных элементов (РЗЭ) и цинка экстракцией изододецилфосфетановой кислотой (ИДДФК) и высшими изомерными карбоновыми кислотами (ВИКК-2).
2. Предложена технология извлечения РЗЭ 50% раствором ВИКК в синтине и технология выделения цинка осаждением гидроксокарбонатов цинка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саманьего Н., Сан-Роман М. Ф., Ортиз И..Кинетика извлечения цинка из отработанных травильных стоков. Ind. Eng. Chem. Res. 2007, 46, №3, С. 907-912. https://doi.org/10.1021/ie060836w.
2. Dessouky S.I.El, El-Nadi Y.A, Ahmed I.M., Saad E.A., Daoud J.A. Solvent extraction separation of Zn(II), Fe(II), Fe(III) and Cd(II) using tributylphosphate and CYANEX 921 in kerosene from chloride medium. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2008. V. 47, Issue 2, , P. 177-183.
3. Sanad W., Flex H., Marei S. Kinetics of zinc (II) cloride extraction withtributyl phosphate. Journal of radioanalytical and nuclear. 1993 V. 170: Issue 1, P. 235–241 https://doi.org/10.1007/bf02134595
4. Алафара А. БабаФолахан А. Адекола. Экстракция растворителем Pb(II) и Zn(II) из нигерийского щелока выщелачивания галеновой руды трибутилфосфатом и бис(2,4,4-триметилпентил)фосфиновой кислотой. Журнал Университета Короля Сауда - Наука. 2013.Т. 25, В. 4. С. 297-305. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.07.003.
5. Джха М. К., Винай Кумар, Singh R. J.. Экстракция цинка растворителем из хлоридных растворов. Экстракция растворителем и ионный обмен. 2002. Т. 20, В. 3. P.389-405.https://doi.org/10.1081/SEI-120004812.
6. Kuixing Ding,Yunqing Liu,Jia Tang, Youchen Zhou, Jiugang Hu, Xiaohui Lin, Weiwe iWu. Прямое обогащение цинка(II) из аммиачной среды и в аммиачную среду коммерческим LIX84I. Технология разделения и очистки. 2017.Т. 186, С. 264-271. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.06.027.

7. Henar Samaniego , M. Fresnedo San Román &Inmaculada Ortiz. Modelling of the Extraction and Back-Extraction Equilibria of Zinc from Spent Pickling Solutions.Separation Science and Technology. 2006, V. 41, Iss. 4,P. 757-769. https://doi.org/10.1080/01496390600552289.
8. M. Regel, A.M. Sastre, J. Szymanowski. Recovery of zinc (II) from HCl spent pickling solutions by solvent. Environ. Sci. Technol.2001, 35, 3, 630–635.
9. J. Laso, V. García, Э. Брингас, А. М. Уртиага, И. Ортиз. Селективное извлечение цинка по сравнению с железом из отработанных травильных отходов различными конфигурациями процесса экстракции растворителем на основе мембран. Ind. Eng. Chem. Res. 2015, 54, 12, 3218-3224.https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b00099.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021

22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

THE USE OF BIOCHEMICAL STIMULANTS TO INTENSIFY THE TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED DRILLING WASTEWATER

E.V. Maslennikova, V.V. Ermakov
Samara State Technical University, Samara, Russia

A new approach to the treatment of highly concentrated drilling wastewater (DWW), based on the use of biochemical stimulants, is presented. An experimental assessment of the ability of biochemical stimulants to intensify the process of purification from mineral impurities of highly concentrated DWW containing polysaccharides was made.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ СТИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Е.В. Масленникова, В.В. Ермаков
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Представлен новый подход к очистке высококонцентрированных буровых сточных вод (БурСВ), основанный на применении биохимических стимуляторов. Произведена экспериментальная оценка способности биохимических стимуляторов интенсифицировать процесс очистки от минеральных примесей высококонцентрированных БурСВ, содержащих полисахариды.

Нефтяная и газовая отрасли нуждаются в эффективном и низкозатратном способе утилизации высококонцентрированных БурСВ, состоящих преимущественно из обработанного бурового раствора и буровых сточных вод. При наклонно-направленном бурении проблема очистки данного отхода стоит особенно остро, поскольку необходимо в кратчайший срок осуществить утилизацию и провести рекультивацию выведенной из хозяйственного оборота земли. Полимерные реагенты, широко применяющиеся при приготовлении композиций буровых растворов, стабилизируют коллоидно-дисперсную систему бурового раствора, тем самым существенно замедляя процесс естественного осаждения твердой фазы высококонцентрированных БурСВ [1].

В данной работе экспериментально выявлена способность биохимических стимуляторов (пивной дробины (ПД) и ферментного препарата (ФП)) интенсифицировать процесс очистки от минеральных примесей высококонцентрированных БурСВ, содержащих полисахариды, а также определена эффективность очистки при применении биохимических стимуляторов.

Объектами исследования являлись: модельные растворы полисахаридов (карбоксиметилцеллюлоза, ксантановая камедь, гуаровая камедь), модельные растворы высококонцентрированных БурСВ, содержащие полисахариды, а также биостимуляторы: отход производства пивоварения – пивная дробина (свежая - срок хранения не более 3 дней, застарелая - срок хранения от 4 до 30 дней), ферментный препарат. Выбор данных полисахаридов был обусловлен степенью их популярности при приготовлении композиций буровых растворов. Концентрации полисахаридов в модельных растворах коррелировались с их концентрациями в БурСВ [2].

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что выбранные биохимические стимуляторы способны интенсифицировать гидролиз растворов полисахаридов, используемых при приготовлении буровых растворов.

На графике (рис.1) представлены результаты исследований, проводимых на модельных растворах КМЦ с определенной заданной концентрацией полисахаридов.

Представлены усредненные показатели эффективности работы пивной дробины в качестве биостимулятора по всем исследуемым концентрациям КМЦ в растворе (0,5, 1, 2, 3% масс.).

Эффективность биодеструкции полисахаридов высококонцентрированных сточных вод определялась по проценту отделения жидкой фазы.

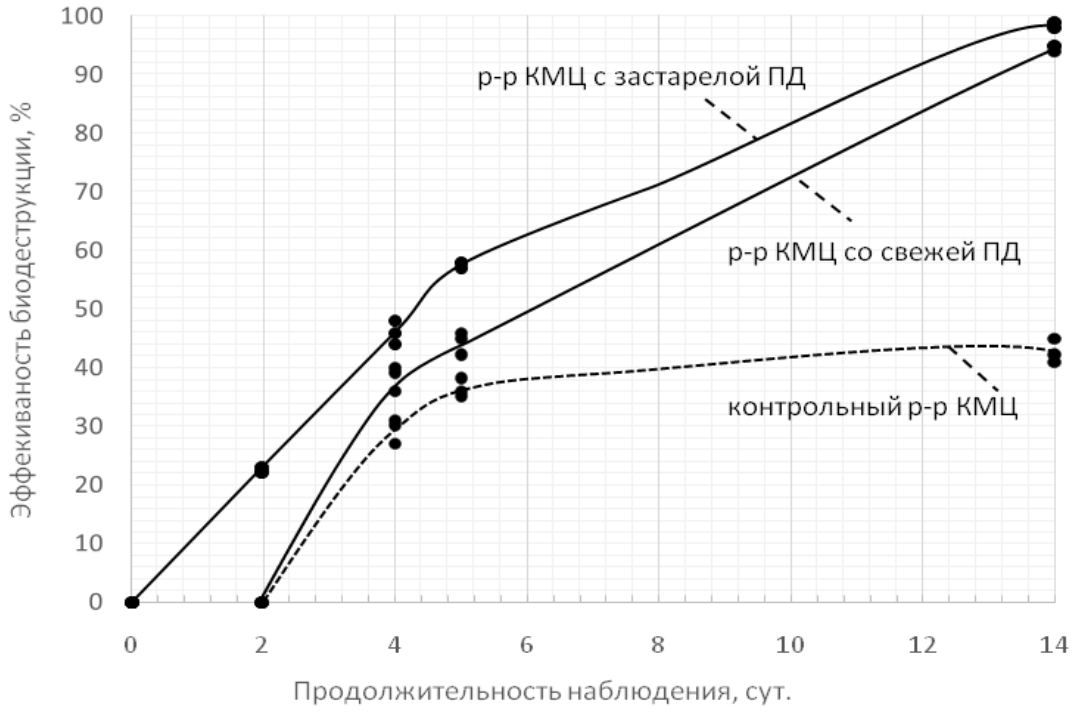
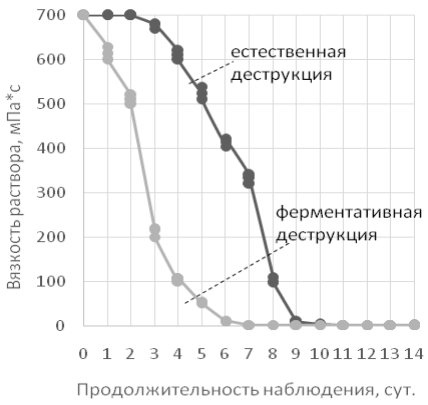


Рисунок 1 - Эффективность биодеструкции

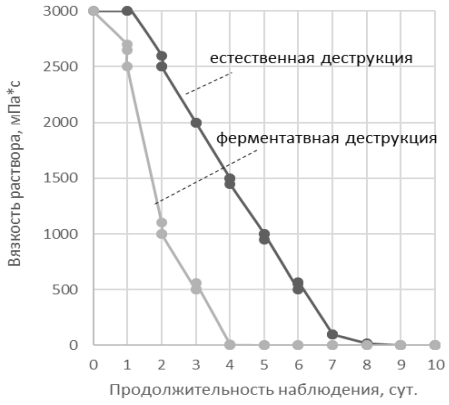
О гидролизе полисахаридов свидетельствовало изменение кинематической вязкости раствора через 2-е суток после добавления отхода застарелой пивной дробины.

При определении изменения вязкости растворов КМЦ, гуаровой камеди и ксантановой камеди в отдельности с использованием ПД в анаэробных условиях установлено, что микробиота пивной дробины способствовала деструкции макромолекул гуаровой камеди и КМЦ, которая протекала в 2 раза быстрее, чем при естественном гидролизе. Раствор ксантановой камеди не подвергся ферментативному разложению.

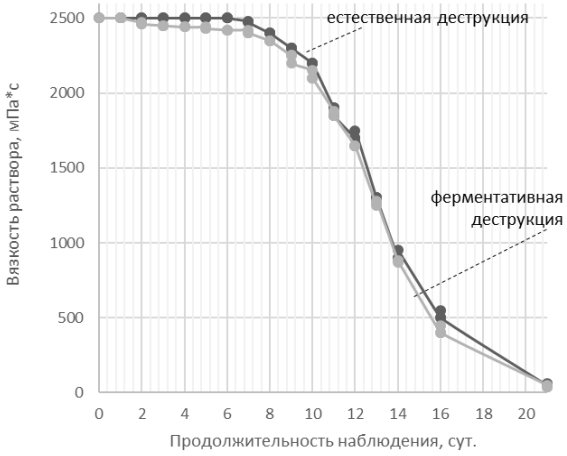
Результаты изменения вязкости растворов по всем концентрациям (0,5; 1; 2; 3 % масс) усреднены и представлены на графиках (рис.2).



1)



2)



3)

Рисунок 2 - Изменение вязкости растворов при естественной и ферментативной деструкции с использованием ПД: 1) - раствор КМЦ, 2) - раствор гуаровой камеди, 3) - раствор ксантановой камеди

При добавлении готового ферментного препарата установлено, что растворы КМЦ и гуаровой камеди в течение нескольких минут становились маловязкими, как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Добавление даже избыточного количества фермента в раствор ксантана не повлияло на изменение скорости его гидролиза (табл.1).

Таблица 1

Усредненные значения эффективности биодеструкции с использованием ФП

Время обработки, мин.	**Эффективность ферментативной деструкции, %**											
	с (КМЦ), % масс				***с (Гуар), % масс***				***с (Ксантан), % масс***			
	0,5	***1***	***2***	***3***	***0,5***	***1***	***2***	***3***	***0,5***	***1***	***2***	***3***
5	100	100	100	100	50	40	30	22	0	0	0	0
10	x				80	80	70	55	0	0	0	0
20					100	100	100	100	0	0	0	0
30					x				0	0	0	0
60									0	0	0	0

На рис. 3а и 3б отражены результаты определения эффективности биодеструкции высококонцентрированных БурСВ с Каракачагонакского м/р (Западно-Казахстанская область), Правдинского м/р (ХМАО) и Усть-Балыкского м/р (ХМАО) с использованием ПД и ФП соответственно в анаэробных условиях. В каждой пробе был разный качественный и количественный состав полисахаридов, процент твердой фазы. Результаты, представленные на графиках, свидетельствуют об эффективной работе биостимуляторов.

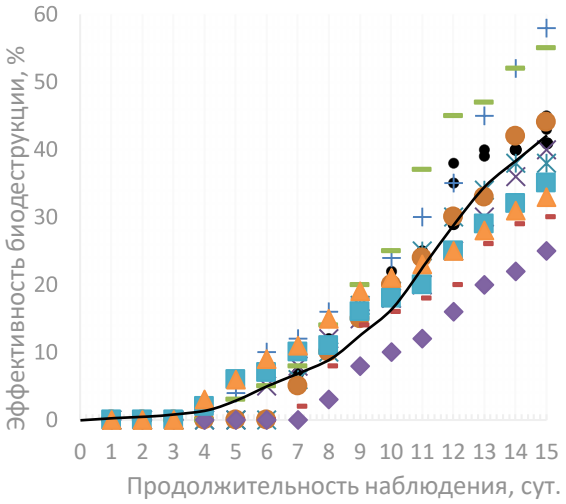


Рисунок 3а.

Эффективность процесса с применением ПД ФП

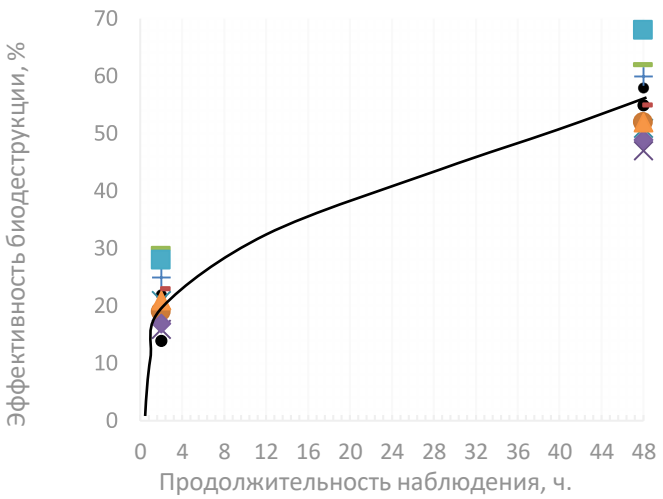


Рисунок 3б.

Эффективность процесса с применением

Таким образом, предложен новый теоретически обоснованный и экспериментально доказанный биологический способ интенсификации очистки от минеральных примесей высококонцентрированных БурСВ, содержащих полисахариды, составляющий более дешевую и экологичную альтернативу существующим решениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолаева Л.В.// Буровые растворы. - Самара: Самар. гос. техн. ун-т . 2010.
2. Масленникова Е.В., Ермаков В.В.// Вестник МГСУ. 2020. Том 15. № 9. С. 1274-1284.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021

22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

WASTE-FREE HETEROGENEOUS CATALYTIC ISOMERIZATION VINYL-GEM-DICHLOROCYCLOPROPANE

A.I. Musin[1], Yu.G. Borisova[1], T.P. Mudrik[2], R.R. Daminev[2]
[1] Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
[2]Ufa State Petroleum Technological University, Branch in Sterlitamak, Sterlitamak, Russia

The catalytic isomerization of substituted vinyl-gem-dichlorocyclopropanes in the presence of a number of zeolite catalysts has been studied. It was shown that the only reaction products are substituted gem-dichlorocyclopentenes. The influence of a number of factors (type of catalyst, temperature, reaction time) on the yield of isomerization products was studied.

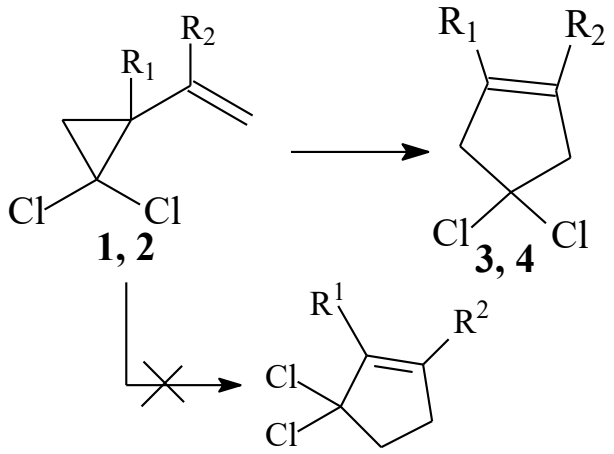
БЕЗОТХОДНАЯ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЗАЦИЯ ВИНИЛ-*ГЕМ*-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПАНОВ

А.И. Мусин[1], Ю.Г. Борисова[1], Т.П. Мудрик[2], Р.Р. Даминев[2]
[1]Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия
[2] Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета, в г. Стерлитамаке, г. Стерлитамак, Россия

Изучена каталитическая изомеризация замещенных винил-гем-дихлорциклопропанов в присутствии ряда цеолитных катализаторов. Показано, что единственными продуктами реакции являются замещенные гем-дихлорциклопентены. Исследовано влияние ряда факторов (тип катализатора, температура, продолжительность реакции) на выход продуктов изомеризации.

Известно, что термическая изомеризация винил-*гем*-дихлорциклопропанов приводит к практически важным *гем*-дихлорциклопентенам, однако процесс отличают низкая селективность и высокие энергозатраты [1]. Поэтому, представляло интерес разработать ресурсо- и энергосберегающие пути трансформации винил-*гем*-дихлорциклопропанов в соответствующие *гем*-дихлорциклопентены с использованием современных гетерогенных катализаторов.

В настоящей работе впервые осуществлена термо-каталитическая изомеризация моно-дихлоркабенированных олефинов **1, 2**, полученных на основе изопрена и 2,3-диметилбутадиена в соответствующие *гем*-дихлорциклопентены **3, 4** в присутствии цеолитных катализаторов. Исходные винил-*гем*-дихлорциклопропаны **1, 2** были получены из промышленных диенов по ранее описанным методикам [2-4].



R_1 = H, R_2 = CH_3 (**1, 3**)
R_1 = R_2 = CH_3 (**2, 4**)

В продуктах реакции не обнаружены изомерные 5,5-дихлорциклопентены. Мы объясняем это меньшей прочностью в трехчленном цикле связи R^1C-CCl_2 (42-43 ккал/моль), чем связи C-CR^1R^2 (49-50 ккал/моль).

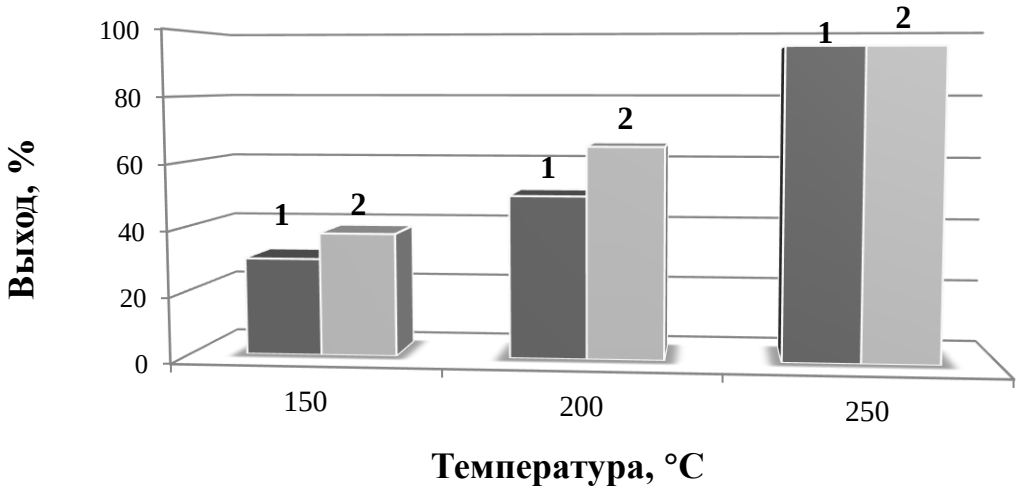


Рисунок 1 - Каталитическая изомеризация замещенных винилциклопропанов **1, 2** в присутствии катализатора SAPO-34, время контакта 1 ч

Было установлено, что при каталитической изомеризации соединений **1, 2** при температуре 150°С – 250°С и продолжительности реакции 1 час

выход целевых циклопентенов **3, 4** составил 25-95 %, при селективности ≥ 95 %. (рис. 1).

На примере изомеризации **1** мы установили что, высокий выход (≥ 90 %) достигается при 250°С за 1 час и при 200°С за 1,5 часа (табл. 1).

Таблица 1

Влияние продолжительности реакции на выход циклопентена **3** в присутствии катализатора SAPO-34

Время контакта	Выход (%)		
	150°С	200°С	250°С
0.5 ч	22	45	80
1 ч	38	65	95
1.5 ч	70	90	99

При этом, другие промышленные цеолитные катализаторы ИП-62 [5] и Цеокар – 600 [6] также катализируют изомеризацию олефинов **1, 2** при 250°С, при этом цеолит ИП-62 практически не уступает SAPO-34, тогда как выходы продуктов **3, 4** в присутствии Цеокара – 600 в 0.5 – 1.5 раза меньше (рис. 2).

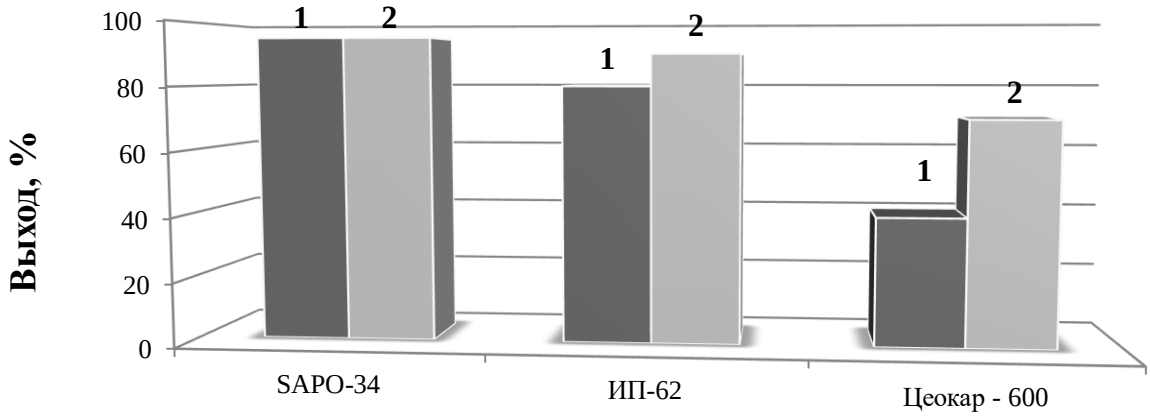


Рисунок 2 - Каталитическая изомеризация замещенных винилциклопропанов **1, 2** в присутствии различных катализаторов, время контакта 1 ч, t = 250°С

Строение полученных веществ **3, 4** доказано методами спектроскопии ЯМР ^{1}Н, ^{13}С и хроматомасс-спектрометрии (см. таблицу 1).

Таким образом, найдено, что промышленные цеолитные катализаторы SAPO-34, ИП-62 и Цеокар – 600 катализируют изомеризацию олефинов **1, 2** при 200-250°С, при этом наибольший выход наблюдается в присутствии SAPO-34.

В качестве катализаторов использовались цеолиты: SAPO-34, ИП-62 и Цеокар-600. Перед применением все цеолиты подвергались прокаливанию в токе азота при 550°С в течение 5 часов.

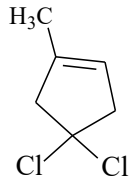
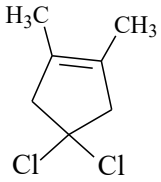
Замещенные винил-*гем*-дихлорциклопропаны **3, 4** получены по известной методике с применением хлороформа, 50 % - ного р-ра щелочи и межфазного катализатора Катамина АВ [6].

Спектры ЯМР ^{1}H и ^{13}C регистрировали на спектрометре «Bruker AM-500» с рабочими частотами 500 и 125 МГц соответственно в растворитель $CDCl_3$. Внутренний стандарт - ТМС. Химические сдвиги приведены по шкале δ (м.д.) относительно ТМС как внутреннего стандарта. Константы спин-спинового взаимодействия (J) приведены в Гц.

Масс-спектры получали на приборе Кристалл-5000 М. Условия анализа: капиллярная колонка длиной 30 м, температура в колонке от 80 до 280 °С, температура переходной линии 300 °С, температура источника ионов 300 °С. Повышение температуры происходило со скоростью 20 °С / мин. Газ-носитель – гелий.

Таблица 2

Физико-химические константы соединений **3, 4**

Соединение (выход, %)	**$T_{кип}$**	**^{1}H, м.д.**	**^{13}C, м.д.**	**m/e, ($I_{отн}$, %)**
3 (90) 	42°С (60 мм. рт. ст).	1.35 с (3H, CH_3), 2.53 д (2H, CH_2, J = 3.9), 2.85 д (2H, CH_2, J = 3.9), 5.67с (1H, CH).	17.37 (CH_3), 53.22 (CH_2), 61.68 (CH_2), 81.16 (C), 124.92 (CH=), 140.06 (C=).	(152/154/156) / 20/16/5 $M^{+\cdot}$, (115/117)/ (100/34), 79/100, 77/60, 51/25.
4 (95) 	83°С (20 мм. рт. ст).	1.29 с (3H, CH_3), 1.52 с (3H, CH_3), 3.10 с (2H, CH_2), 3.18 с (2H,CH_2).	16.26 (CH_3), 18.43 (CH_3), 54.88 (CH_2), 59.70 (CH_2), 82.01 (C), 138.52 (C=).	(164/166/168) / 20/14/3 $M^{+\cdot}$, (129/131) / (100/30), 93/97, (77/79)/(70/15), (51)/(20).

Изомеризацию проводили на проточной установке с неподвижным слоем катализатора. Объем реактора 30 см^3, давление атмосферное, интервал температур от 150 до 250 °С. Сырье в количестве 50 мл (смесь винил-*гем*-дихлорциклопропана в декане, в объемном соотношении 1 : 3, в пользу декана) подавалось с помощью насоса. Отобранный катализат осушали свежепрокаленным хлоридом кальция, отфильтровывали соль и упаривали при слабом вакууме. Физико-химические константы соединений **3, 4** представлены в таблице 2.

Исследования выполнены при финансовой поддержке конкурса лидерских проектов ФГБОУ ВО УГНТУ 2021 (номинация «Фонд научных исследований»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Musin A.I., Borisova Yu.G., Raskil'dina G.Z., Rabaev R.U., Daminev R.R., Zlotskii S.S. Synthesis and reactions of alkenyl-gem-dichlorocyclopropanes obtained from piperylene. Tonk. Khim. Tekhnol. = Fine Chem. Technol. 2020. 15(5). 16-25 https://doi.org/10.32362/2410-6593-2020-15-5-16-25.
2. Раскильдина Г.З., Борисова Ю.Г., Злотский С.С. Дихлоркарбенирование сопряженных диеновых углеводородов. Нефтехимия. 2017. 57(2). 220-225.
3. Арбузова Т.В., Хамидуллина А.Р., Злотский С.С. Синтезы на основе винил-*гем*-дихлорцилопропанов. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2007. 50(6). 15-17.
4. Раскильдина Г.З., Борисова Ю.Г., Давлетшин А.Р., Злотский С.С. Каталитическая изомеризация замещенных винилциклопропанов. Доклады Академии наук. 2019. 487(3). 266-269.
5. Дюрин А.П. Патент RU (11) 2 249 586(13) C2 «Способ изомеризации пентана».
6. Павлов М.Л., Алябьев А.С., Макеева Е.А. Синтез цеолитсодержащего катализатора для процесса алкилирования изобутана олефинами // Нефтегазовое дело. 2012. 10. 1. 169–173.

TECHNICAL SOLUTION TO MINIMIZE EMISSIONS OF POLLUTANTS INTO THE ATMOSPHERE FROM GAS PUMPING UNIT

A.I. Muhametova, A.P. Sidorova, E.R. Barieva, E.V. Serazeeva
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

The paper deals with the issue of minimizing emissions of pollutants into the atmosphere from a gas pumping unit at a compressor station. A selection of a technical solution has been carried out, which will allow minimizing the emissions of nitrogen oxides and carbon oxide into the atmospheric air.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО МИНИМИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

А.И. Мухаметова, А.П. Сидорова, Э.Р. Бариева, Е.В. Серазеева
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

В работе рассматривается вопрос минимизации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от газоперекачивающего агрегата на компрессорной станции. Проведен подбор технического решения, который позволит минимизировать выбросы окислов азота и углерода оксида в атмосферный воздух.

При транспорте газа наиболее существенным источником загрязнения атмосферного воздуха является компрессорная станция (КС). КС предназначена для обеспечения дальнего транспорта газа по газопроводу. Соединенные в определенной последовательности и по определенным правилам газоперекачивающие агрегаты (ГПА), трубопроводы, пылеуловители, аппараты воздушного охлаждения (АВО) и технологические краны различных диаметров образуют технологическую схему компрессорного цеха (КЦ).В состав КС входят ГПА мощностью от 6 до 25 МВт.

Технологическая схема КЦ приведена на рисунке 1.

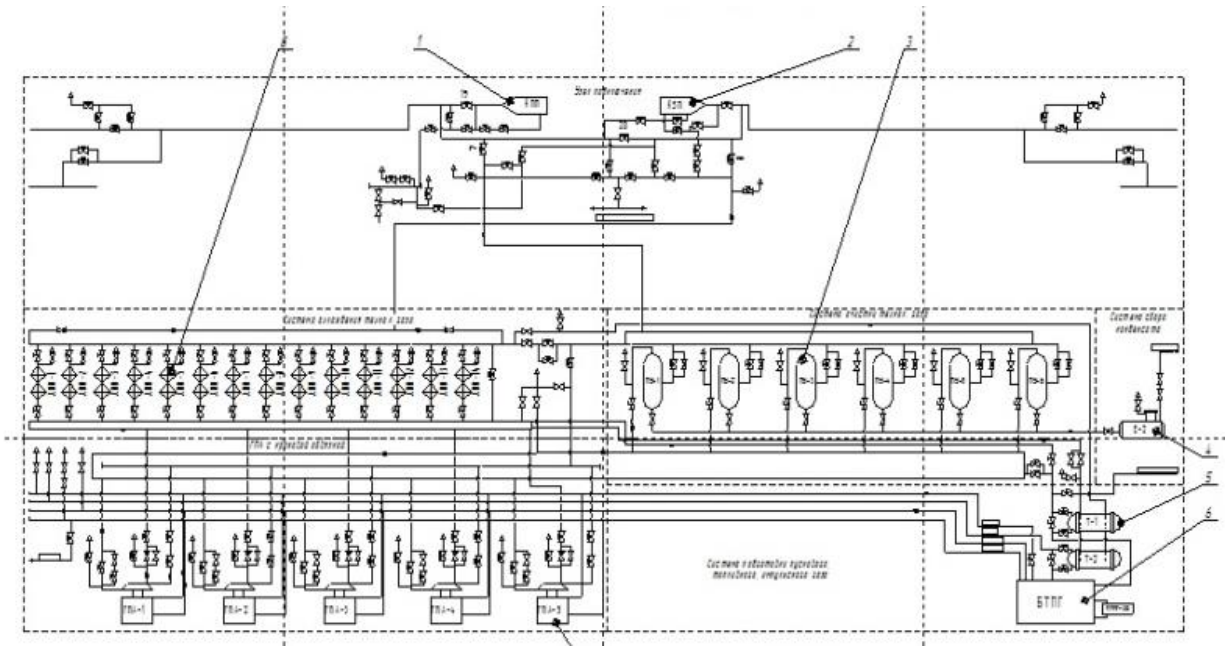


Рисунок 1 – Технологическая схема компрессорной станции:
1 - камера приема поршня, 2 – камера запуска поршня, 3 – пылеуловитель циклонный, 4 – емкость подземная, 5- теплообменник, 6 – блок подготовки пускового и топливного газа, 7 – газоперекачивающий агрегат, 8 – аппарат воздушного охлаждения

В процессе эксплуатации КС от основного ИЗАВ – газоперекачивающего агрегата (ГПА) в атмосферный воздух выделяются такие загрязняющие вещества (ЗВ) как: углеводороды, оксиды углерода, оксиды азота, сажа, пары метанола, бензина и др. соединения. Отрицательное воздействие таких выбросов обуславливается их токсическими и раздражительными свойствами [1].

На ГПА производят компримирование газа. Компримирование - процесс повышения давления (сжатия) газа.

Агрегат состоит из отдельных функционально завершенных блоков и сборочных единиц полной заводской готовности, стыкуемых между собой на месте эксплуатации.

Схема газоперекачивающего агрегата представлена на рисунке 2.

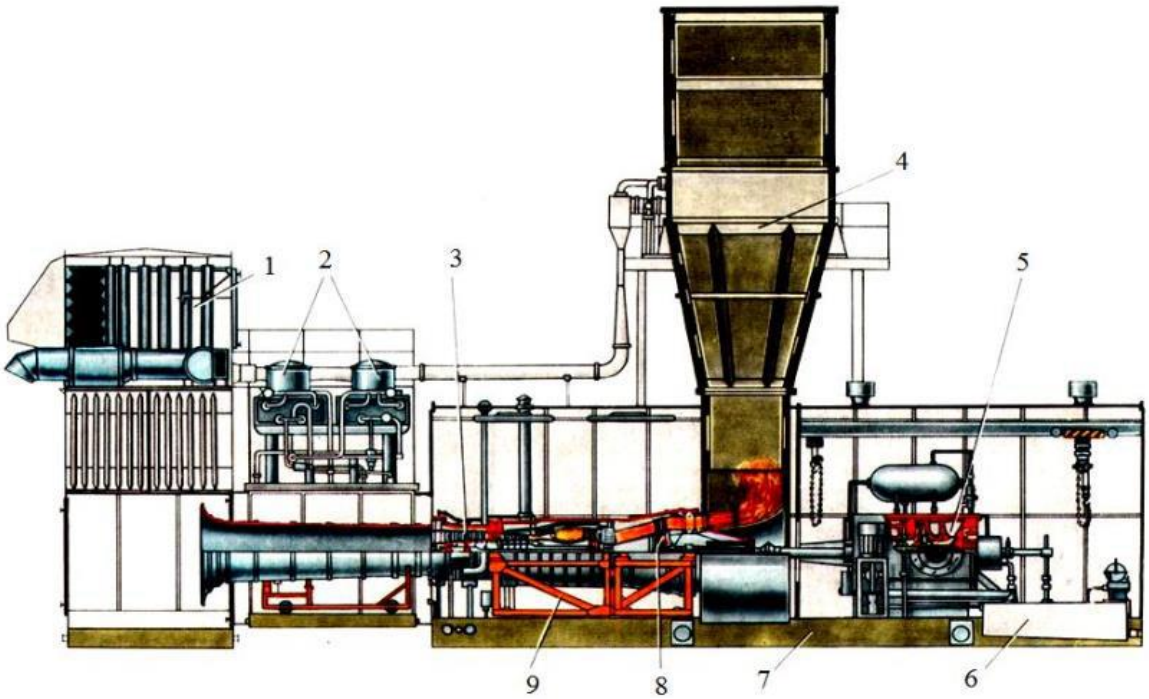


Рисунок 2 – Схема ГПА: 1- входное воздухоочистительное устройство; 2 – масляные радиаторы; 3 – авиационный привод; 4 - выхлопное устройство с шумоглушителем; 5 – нагнетатель природного газа; 6 – маслобак агрегата; 7 – фундаментная металлическая рама агрегата; 8 – силовая турбина агрегата; 9 – подмоторная рама авиапривода

Основными организованными источниками выбросов ЗВ при работе ГПА являются выхлопные трубы (шахты), через которые в атмосферу поступают продукты сгорания природного газа, сжигаемого в камере сгорания ГТУ. К ним относятся оксиды азота, оксиды углерода, углеводороды, в том числе бенз(а)пирен, и другие вещества.

Таким образом, основные ЗВ, образующиеся в процессе компримирования газа, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные ЗВ, образующиеся в процессе компримирования газа

Оборудование	Источник выброса	Вещества
ГПА	Выхлопная труба	Диоксид азота NO_2, оксид азота NO, оксид углерода CO, метан CH_4
	Свеча турбодетандера	Метан, сероводород H_2S, одорант
	Свеча маслобака	Масло минеральное (пары)
Дегазатор масла	Сбросная свеча дегазатора	Метан, сероводород, одорант, масло минеральное (пары)

Газопровод «малого контура»	Свеча стравливания	Метан, сероводород, одорант

Для определения выбросов загрязняющих веществ от ГПА проводятся контрольные измерения в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-038-2005 посредством применения газоанализаторов.

Отбор проб отработавших газов производят на остановленном газоперекачивающем агрегате, через отверстие диаметром 12 мм в выхлопной трубе (шахте) газотурбинных установок ГТУ [2].

После проведения инструментальных исследований, проводят обработку результатов измерений концентраций выбросов загрязняющих веществ путем приведения к основной единице измерений – мг/нм^3.

Таблица 2

Результаты КХА NO_xи СО приведённые к 15 %O_2.

№	Наименование вещества	Принцип измерения	Наименование Приборов	Диапазон измерений и погрешность	Результат измерения, мг/нм^3
1	NO_xк 15 % O_2 Азот (II) оксид (Азот монооксид) (0304) Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота) (0301)	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo–350 XL ДАГ -500	(+100÷1999,9ppm) ±5% от изм. зн .(400÷ 2000ppm) ±10% от изм. зн	350,00
		Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo–350 XL ДАГ -500	(0 ÷ 500ppm) ±5% от изм.зн	
2	СО к 15 % О2 Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ) (0337)	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo–350 XL ДАГ -500	(0…+10000ppm) ±5% от изм. зн (0 ÷ 30000ppm) ±5% от изм. зн	111,00

Результаты количественного химического анализа промышленных выбросов показали превышения по сравнению с нормативными ПДК согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таким образом, основное внимание при рассмотрении мероприятий по улучшению экологической обстановки в районе компрессорных станций

должно быть обращено на снижение выбросов азота оксида, азота диоксида и углерода оксида.

Работы по снижению выбросов ГПА в ООО «Газпром трансгаз Казань» могут развиваться по 3 направлениям [3]:

- так называемые «сухие» методы;
- впрыск воды или пара в воздух, подаваемый на горение;
- селективное каталитическое восстановление окислов азота в отходящих газах ГТУ.

В зарубежной и отечественной практике приоритетным методом ограничения образования окислов азота для ГТУ, используемых на КС, является так называемый «сухой метод», т.е. усовершенствование их камер сгорания [4].

Применение системы сухого сгорания с понижением уровня выброса вредных веществ, при модернизации камер сгорания ГПА обуславливается заменой существующей горелки, на горелку с наилучшими экологическими характеристиками.

Высокое экологическое совершенство рабочего процесса камеры сгорания достигается за счет организации предварительного смешения топлива с воздухом и поддержания оптимальных значений коэффициента избытка воздуха в зоне горения на основных рабочих режимах ГПА.

Горелочное устройство представляет собой однозонную многомодульную камеру сгорания. Принцип работы данной камеры заключается в предварительной подготовке «бедной» топливовоздушной смеси, которая подается в многоконтурную систему где происходит дальнейшее распределение топлива.

При усовершенствовании конструкции горелочного устройства, было предложено установить: дежурные горелки, систему запуска агрегата, установку позволяющую распределять топливо, топливный коллектор, а так же доработать конструкции штатного фронтового устройства, смесителя и топливных трубопроводов.

Устройство малоэмиссионной камеры сгорания и сама малоэмиссионная камера представлены на рисунках 3 и 4.

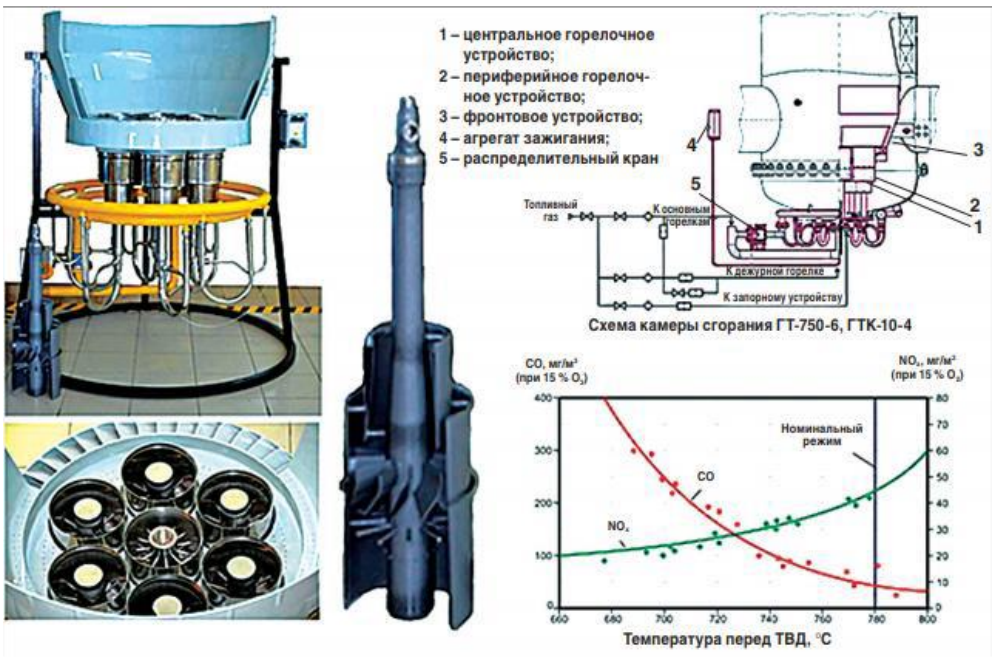


Рисунок 3 - Устройство Малоэмиссионной камеры сгорания

Рисунок 4 - Малоэмиссионная камера сгорания

В таблице 3 представлены результаты измерений концентраций NOx и CO до и после модернизации камеры сгорания на номинальном режиме работы двигателя.

По результатам измерений установлено, что после модернизации концентрация оксидов азота уменьшилась в 23,5 раза, а концентрация оксидов углерода в 5,5 раз.

Таблица 3

Результаты NO_X и CO, приведенные к 15 % O_2 до и после одернизации камеры сгорания в составе двигателя в мг/нм^3

Концентрация веществ	До модернизации	После модернизации
NO_x к 15% O_2	350	15
CO к 15% O_2	111	20

Проведя эколого-экономические расчеты, можно сделать вывод, что применение малоэмиссионной камеры сгорания позволит снизить в годовом исчислении суммарный валовый выброс оксидов азота и оксида углерода с продуктами сгорания на 90 тонн и плату за негативное воздействие на окружающую среду на 16 тыс. руб. в расчете на один двигатель [5].

Проанализировав и рассчитав предлагаемое техническое решение, можно порекомендовать установку к внедрению в производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эксплуатация компрессорных станций [Электронный ресурс] – URL: https://studopedia.org/14-9904.html (дата обращения: 01.05.2021).
2. СТО Газпром 2-3.5-038-2005.
3. Отчет ООО «Научно-производственная фирма «ДИЭМ» по консультационным услугам по теме «Инновационные технологии по сокращению выбросов вредных веществ на компрессорных станциях ООО «Газпром трансгаз Казань». Москва, 2017.
4. Российское акционерное общество «Газпром». Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий (ВНИИГАЗ). Информационно-рекламный центр газовой промышленности (ИРЦ Газпром»). Технологический регламент на проектирование компрессорных станций. Москва 1994.
5. Буквич, Р.М., Петрович, Д.Р. Парниковый эффект и рыночные механизмы Киотского протокола / Р.М. Буквич, Д.Р. Петрович // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 3 (70). – С. 140–157.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT FROM AROMATIC AMINO COMPOUNDS AT WATER TREATMENT PLANTS

A.A. Podoksenov
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov City, Russia

The results of the conducted studies showed that the studied sorbents showed a complex and ambiguous nature of changes in the adsorption intensity depending on temperature and hydrodynamic conditions. At the same time, the temperature has a more significant effect on the sorption capacity of the studied bentonite samples with respect to o-phenylenediamine. The most promising versions of sorbents for the extraction of aromatic amines from water can be called all fractions of bentonite that has been fired at 550° C and fired at 570° C. The properties of these sorbents need to be studied in more detail. The activation of bentonite with magnesium hydroxide did not lead to an increase in the sorption capacity.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОСОЕДИНЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ ВОДООЧИСТКИ

А.А. Подоксенов
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

Результаты проведенных исследований показали, что исследованные сорбенты проявили сложный и неоднозначный характер изменения интенсивности адсорбции в зависимости от температуры и гидродинамических условий. При этом температура оказывает более существенное влияние на сорбционную способность изучаемых образцов бентонита по отношению к о-фенилендиамину. Наиболее перспективными вариантами сорбентов в целях извлечения из воды ароматических аминов можно назвать все фракции бентонита, прошедшего обжиг при 550° С и прошедшего обжиг при 570° С. Свойства этих сорбентов необходимо изучить более детально. Активирование бентонита гидроокисью магния не привело к повышению сорбционной способности.

При современных темпах развития промышленности становится все более актуальной проблема очистки сточных вод. Значительная часть промышленных стоков в настоящее время сбрасывается в природные водоемы в недостаточно очищенном виде. В результате этого около 70% пресной воды природных источников на территории России обладают недостаточным качеством для использования в целях питьевого водоснабжения [1].

К числу наиболее распространенных и токсичных веществ, которые загрязняют водные объекты в результате сброса сточных вод промпредприятий, относят ароматические аминосоединения [2].

В настоящее время наиболее оправданным из всех применяемых физико-химических методов водоочистки при водоотведении является адсорбционный метод [3]. Одним из ключевых факторов, который оказывает определяющее влияние на процесс адсорбции, является температура. Адсорбция при фильтровании через плотный слой адсорбента является одним из наиболее распространенных методов очистки воды [4].

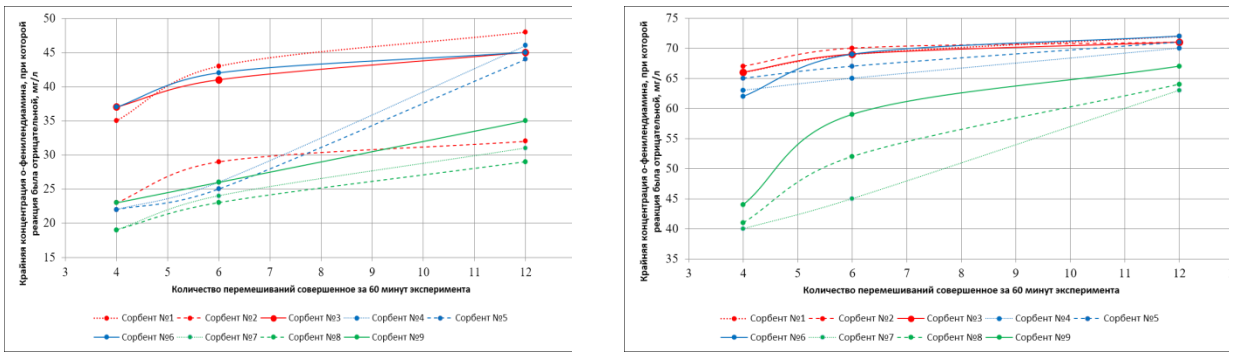
Установлено, что применение в качестве адсорбентов бентонитов, модифицированных разными способами, дает возможность повысить эффективность адсорбции веществ - производных бензола до 95-98% [5].

Объект исследования представлял собой модельный раствор загрязняющего вещества – *о*-фенилендиамина нескольких концентраций.

В процессе исследований фильтрование осуществлялось через следующие адсорбенты: сорбент №1 – бентонит, модифицированный углеродными нанотрубками (УНТ), обжиг при 550° С, мелкая фракция; сорбент №2 – бентонит, модифицированный УНТ, обжиг при 550° С, средняя фракция; сорбент №3 – бентонит, модифицированный УНТ, обжиг при 550° С, крупная фракция; сорбент №4 – бентонит, модифицированный УНТ и глицерином, обжиг при 570° С, мелкая фракция; сорбент №5 – бентонит, модифицированный УНТ и глицерином, обжиг при 570° С, средняя фракция; сорбент №6 – бентонит, модифицированный УНТ и глицерином, обжиг при 570° С, крупная фракция; сорбент №7 – бентонит, модифицированный УНТ и гидроокисью магния, обжиг при 570° С, мелкая фракция; сорбент №8 – бентонит, модифицированный УНТ и гидроокисью магния, обжиг при 570° С, средняя фракция; сорбент № 9 – бентонит, модифицированный УНТ и гидроокисью магния, обжиг при 570° С, крупная фракция.

Предприятие ООО НПП «ЛИССКОН» (г. Саратов) занималось процессом модификации бентонита.

Проведенные исследования позволили вычертить графические зависимости, отражающие сорбционную активность по отношению к *о*-фенилендиамину изучаемых сорбентов при разной температуре среды и разной частоте перемешивания (рис. 1).



а) б)

Рисунок 1 – Сопоставление зависимости интенсивности адсорбции *о*-фенилендиамина от частоты перемешивания для всех исследованных образцов сорбентов при температуре: а) 10 °С; б) 30 °С

Анализ графических зависимостей на рис.1 показал, что для всех изучаемых адсорбентов наблюдается возрастание сорбционной активности при большей частоте перемешивания. Это важно принять во внимание при выборе сорбционной загрузки в процессе проектирования адсорбционных фильтров в системах очистки сточных вод от аминопроизводных бензола.

При режиме перемешивания раз в 15 минут и температуре 10 ° С сорбционная способность изучаемых образцов модифицированного бентонита убывает в ряду: сорбент №3 и сорбент №6 – сорбент №1 – сорбент №5 –сорбент №9 – сорбент №4 и сорбент №5 – сорбент №7 и сорбент №8.

При режиме перемешивания раз в 10 минут и температуре 10 °С распределение сорбентов по сорбционной способности несколько меняется и укладывается в следующий ряд: сорбент №1 – сорбент №6 – сорбент №3 – сорбент №2 – сорбент №4 и сорбент №9 – сорбент №5 – сорбент №7 – сорбент №8.

При режиме перемешивания раз в 5 минут и температуре 10 °С: сорбент №1 – сорбент №4 – сорбент №3 и сорбент №6 – сорбент №4 и сорбент №9 – сорбент №2 – сорбент №7 – сорбент №8.

При режиме перемешивания раз в 15 минут и температуре 30 °С сорбционная способность изучаемых образцов модифицированного бентонита убывает в ряду: сорбент №2 – сорбент №1 и сорбент №3 – сорбент №5 – сорбент №4 – сорбент №6 – сорбент №9 – сорбент №8 – сорбент №7.

При режиме перемешивания раз в 10 минут и температуре 30 °С распределение сорбентов по сорбционной способности несколько меняется и укладывается в следующий ряд: сорбент №2 – сорбент №1, сорбент №3 и сорбент №6 – сорбент №5 – сорбент №4 –сорбент №9 – сорбент №8 – сорбент №7.

При режиме перемешивания раз в 5 минут и температуре 30 °С: сорбент №1 и сорбент №6 – сорбент №2, сорбент №3 и сорбент №5 – сорбент №4 –сорбент №9 – сорбент №8 – сорбент №7.

Предположительно, процесс адсорбции *о*-фенилендиамина на исследованных модификациях бентонита происходит, в основном, за счет хемосорбции. Также известно, что как способ модификации бентонита, так и гранулометрический состав являются важными факторами, которые оказывают влияние на интенсивность процесса адсорбции.

Был проведен дисперсионный анализ (табл. 1), который показал, что температура является значимым фактором практически для всех сорбентов, кроме сорбента №6(однако справедливо сказать, что в случае данного сорбента разница между F и $F_{крит}$ невелика).

Таблица 1

Дисперсионный анализ влияния температуры и режима перемешивания на адсорбцию о-фенилендиамина модифицированным бентонитом

Сорбенты	**Температура**		**Режим перемешивания**	
	F	$F_{крит}$	F	$F_{крит}$
Сорбент №1	28,92	6,94	5,08	6,94
Сорбент №2	21,57	6,94	2,34	6,94
Сорбент №3	22,11	6,94	3,16	6,94
Сорбент №4	16,42	6,94	6,57	6,94
Сорбент №5	14,18	6,94	5,14	6,94
Сорбент №6	6,68	6,94	3,15	6,94
Сорбент №7	35,04	6,94	14,28	6,94
Сорбент №8	64,68	6,94	15,27	6,94
Сорбент №9	72,29	6,94	17,73	6,94

Режим перемешивания является значимым фактором в случае сорбентов №№7-9 и не оказывает существенного влияния в случае остальных. Нельзя сказать, что данный фактор абсолютно не является значимым, глядя только на данные дисперсионного анализа, в данном случае, вероятнее, имеет смысл сказать о том, что в сравнении с температурой для представленных сорбентов фактор режима перемешивания вносит менее существенный вклад в процесс.

На основе данных полученных в процессе исследования мы считаем, что из всех имеющихся сорбционных материалов наиболее перспективными вариантами с целью извлечения ароматических аминов из загрязненных сточных вод можно считать бентонит всех фракций, прошедшего обжиг при 550° С и при 570° С. Бентонит, активированный гидроокисью магния, никак не повлиял на сорбционную способность и показал не лучшие результаты.

В настоящее время исследование продолжается. Изучаются уже разработанные, а также новые модификации сорбционных материалов, полученных на основе бентонитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Истрашкина М.В. Применение фильтрующих загрузок в системах водоотведения для очистки сточных вод / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, Е.И. Тихомирова // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2017. - Т. 17. - № 5. - С. 149-152.
2. Яковлев, С. В., Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности / С. В. Яковлев, Т.А. Карюхина, С.А. Рыбаков и др. – М.: Стройиздат, 1985. – 252 с.
3. Tikhomirova E.I. The use of multicomponent adsorption filters in water purification systems and luminescent control of ecotoxicant content / E.I. Tikhomirova, O.A. Plotnikova, O.V. Atamanova и др. // Теоретическая и прикладная экология. . 2019. - № 1. - С. 73-81.
4. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, А.В. Косарев, А.В. Кошелев. -Фундаментальные исследования. 2018. № 1. С. 18-23.
5. Kasymbekov, Zh.K. Minihydroelectric power station at sewage treatment plants/ Zh.K. Kasymbekov, A.K.Turmashev, B. Tunganova // Scientific works SWorld. 2015. - Vol. 5. - No 1(38).

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021

22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

LIGHTING PROBLEMS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

O.A. Savvateeva, V.A. Kurenkova
Dubna State University, Dubna, Russia

The article is devoted to the problems of lighting in educational institutions and cultural institutions on the example of the results of 2021 study in Dubna city, Moscow Region. The impact of coverage lack on human health is also touched.

ПРОБЛЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

О.А. Савватеева, В.А.Куренкова
Государственный университет «Дубна», г. Дубна, Россия

Представленная статья посвящена проблемам освещения в учебных учреждениях и учреждения культуры на примере результатов исследования 2021 г. в г. Дубне Московской области. Также затронуты вопросы влияния нехватки освещенности на здоровье человека.

Всю информацию, которая поступает из внешнего мира, человек получает благодаря зрению, поэтому свет и цвет в человеческой жизни играют весьма важную роль. Восприятие света является важнейшим элементом нашей способности к деятельности, так как позволяет оценивать местонахождение, форму и цвет предметов, которые нас окружают. Человеческое самочувствие зависит от освещения и цвета окружающих предметов. Изучение влияния света на организм человека является одним из приоритетных факторов. [3]

Освещенность напрямую связана с силой света, чем больше сила света, тем больше и освещенность. Освещенность – физическая величина, численно равная световому потоку, падающему на единицу площади освещаемой поверхности, измеряется в люксах (лк).[9]

Недостаточно высокая освещенность помещения приводит к регулярному перенапряжению зрительных органов, что человек способен заметить далеко не сразу. Чрезмерно яркая освещенность вызывает более явственные симптомы, связанные с раздражением роговицы и глазного яблока. Последствия в обоих случаях могут привести к существенному снижению или полной утрате зрения.

Также дискомфорт, вызванный неправильным уровнем освещения, провоцирует возникновение повышенной раздражительности, быстрой утомляемости и серьезных нарушений психики.

Для предотвращения подобных последствий необходимы периодические измерения параметров освещения и своевременные устранения отклонений от принятых норм [8].

Таблица 1

Нормируемая освещенность для зрительных работ различной точности по зарубежным и отечественным нормам и международному стандарту *ISO*

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, угловые минуты	Россия (СНиП 23-05-95)	США (*IESNA*/ *ANSI*/ *ASHRAE*)	Великобритания (*CIBS*/ *BSCP3*)	Международный стандарт (*ISO* 8995)
Наивысшей точности	Менее 1	1250-5000	3000-10000	1000-2000	Более 2000
Очень высокой точности	От 1 до 3	750-4000	3000-10000	750-2000	1000-2000
Высокой точности	Свыше 3 до 5	400-3000	1000-3000	500-2000	750-1500
Средней точности	Свыше 5 до 10	200-1500	1000	300-1500	500 -1000
Малой точности	Свыше 10 до 50	200-750	500	200-1000	300-750
Грубая зрительная работа, постоянное пребывание людей в помещении	—	200-400	300	200-750	200-500
Временное пребывание работающих в помещении	—	50 -150	100	100-500	100-200
Помещения, используемые для прохода работающих	—	50-75	50	50-300	50-150

Мысль о необходимости нормирования освещения появилась более ста лет назад, однако до сих пор эта проблема не решена окончательно. В мире действуют множество специализированных общеевропейских норм, но в разных странах нормы могут отличаться друг от друга. В частности, европейские нормы не сильно отличаются от российских норм освещения производственных и жилых помещений. Самые высокие нормы освещенности на данный момент действуют в США. В зависимости от вида деятельности, они могут быть до 3 раз выше, чем европейские и российские нормы [6].

В таблице 1 представлены различные группы нормативов: Российские, Британские, нормативы США и международные [6].

Согласно нормативным документам Российской Федерации [1, 2] для помещений различного профильного назначения предусмотрены индивидуальные параметры освещения. На размер допустимых показателей также влияют площадь и другие характеристики помещения. В отдельных регионах Российской Федерации показатели могут несколько отличаться.

Для учебных заведений в кабинетах, лабораториях, аудиториях освещенность должна соответствовать следующим нормам [2]:

- на рабочих столах – 300-500 лк,
- в кабинетах технического черчения и рисования – 500 лк,
- в кабинетах информатики на столах – 300-500 лк,
- на классной доске – 300-500 лк,
- в актовых и спортивных залах (на полу) – 200 лк,
- в рекреациях (на полу) – 150 лк.

Для библиотек применимы нормы[2]:

- помещения открытого фонда – не ниже 200 лк;
- зоны чтения – не ниже 500 лк;
- выдача книг – 75-500 лк;
- полки – не ниже 500 лк.

Требования к параметрам освещения в дошкольных учреждениях[2]:

- для коридоров и приемных – не ниже 200 лк;
- для раздевальных комнат – не ниже 300 лк;
- для игровых помещений, групп и музыкальных комнат – не ниже 300 лк;
- для спальных комнат – не ниже 100 лк;
- для медицинских кабинетов и изоляторов – не ниже 200 лк.

В помещениях общественных зданий, как правило, следует применять систему общего освещения. Допускается применение системы комбинированного освещения в помещениях административных зданий. Для библиотек нормы варьируют от 75 лк до 500 лк в зависимости от зоны.[1]

В течение 2021 г. в г. Дубна Московской области проанализированы уровни освещенности (достаточности/недостаточности) в различных

образовательных учреждениях (дошкольные образовательные учреждения, техникум, университет) и объектах досуга (библиотеки).

Ниже представлены результаты исследования на примере Муниципального автономного учреждения культуры города Дубны Московской области «Муниципальная библиотека Левобережья». Измерения проводились прибором «*Mastech*» серииMS6610.В каждом помещении библиотеки (рис. 1) проводились измерения в 7 разных точках.

Как видно из рисунка 2, в некоторых помещениях библиотеки имеется недостаток освещенности (детский отдел, читальный зал, отдел обработки, вестибюль). Возможно, причиной такой ситуации являются старые люминесцентные лампы, которые частично сгорели, не дают того уровня освещенности, который нужен для работы в библиотеке.

Самые низкие значения освещенности выявлены в отделе обработки, где нет окон, а значит притока естественного света, этому помещению необходимо уделить максимальное внимание при разработке комплексной схемы рационального использования источников освещенности при проектировании светоцветовой среды.

В других помещениях, например, в кабинете директора, зафиксирован достаточный для рабочего места уровень освещенности (300 лк).

Рисунок 1 - Схема проведения исследования в исследования на примере МАУК города Дубны Московской области «Муниципальная библиотека Левобережья»

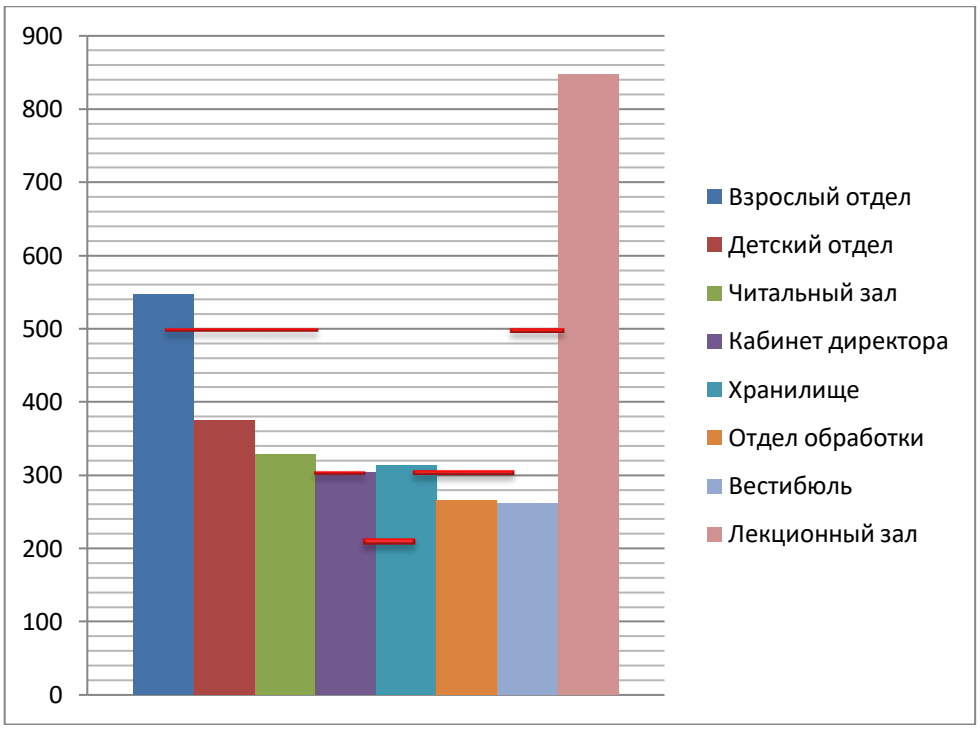


Рисунок 2 - Результаты измерения освещенности в МАУК города Дубны Московской области «Муниципальная библиотека Левобережья»

Рассчитан общий световой поток для каждого помещения библиотеки (в люменах) (табл. 2).

Чтобы быстро и правильно выбрать светильники и определить их необходимое количество можно воспользоваться следующей формулой:

$$СП\ (световой\ поток) = А * Б * В, \qquad (1)$$

где:

А – значение освещенности помещения;

Б – площадь помещения (комнаты) в кв.м.;

В – коэффициент высоты потолка (до 2,7 м – 1,0; 2,7-3,0 м – 1,2; 3,0-3,5 м – 1,5; 3,5-4,0 – 2,0)

По результатам расчетов отклонения от норм встречаются довольно часто.

К освещению рабочих мест необходимо относиться крайне внимательно. Тому есть две причины: массовое пребывание людей и многочасовая работа. Каждый второй сотрудник при среднестатистических результатах исследованиях освещенности и опросах начинает жаловаться на переутомление глаз, поэтому качество освещения должно быть приближено к показателям дневного света. В школах за годы обучения многие учащиеся получают диагноз «близорукость». Детям приходится проходить лечебно-диагностические процедуры и носить очки. Поэтому в школах установка

качественных и безопасных светильников создает для глаз и нервной системы освещение, способствующее хорошему самочувствию [7].

Таблица 2

Общий световой поток для каждого помещения МАУК города Дубны Московской области «Муниципальная библиотека Левобережья»

Помещение	Норматив (люмен)	*Mastech* (люмен)	Заключение о достаточности / недостаточности освещения
Взрослый отдел	346000	378425,14	Достаточно
Детский отдел	238000	178568,0	**Недостаточно**
Читальный зал	216000	141572,57	**Недостаточно**
Кабинет директора	5940	6002,23	Достаточно
Хранилище	3960	6217,2	Достаточно
Отдел обработки	8100	7182,0	**Недостаточно**
Вестибюль	44400	38818,29	**Недостаточно**
Лекционный зал	19250	32626,0	Достаточно

Несмотря на то, что сейчас нередко в различных организациях полностью заменяют старые люминесцентные лампы на новые светодиодные или увеличивают их количество, при установке нередко происходит недоучет размеров помещения, в частности, высоты установки приборов освещения. Ведь чем выше расположена лампа, тем больше нужно дополнительного света для комфортной работы.

В последнее тридцатилетие исследователи получают все больше доказательств того, что свет, попадающий в глаз человека, относительно независимо от зрения и зрительных рефлексов может являться также биологическим и поведенческим стимулом для человека. В техасском университете Остина в связи с этим ввели такое понятие, как хронодеструкция – изменение внутреннего временного порядка физиологических, биологических и поведенческих ритмов. Это грозит тем, что внутренние часы организма человека перестанут синхронизироваться с внешними часами.[10]

По итогам выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. К освещению рабочих мест необходимо относится крайне внимательно.
2. Нормативы освещенности России и других стран различны.
3. В различных организациях при замене ламп или увеличении их количества нередко происходит недоучет размеров помещения, освещенность недостаточна даже после модернизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений».
2. СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях».
3. Осиков М.В., Гизингер О.А., Телешева Л.Ф.,Долгушин И.И., Огнева О.И., Федосов А.А., Кудряшов А.В.,Вахитов М.Г., Калинина А.С. Исследование эффективности и безопасности для здоровья светодиодных источников света. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.
4. https://1posvetu.ru/svetodizajn/evropejskie-normy-osveshhennosti.html – Все об освещении / Норма освещения в Европейских странах. Дата обращения: 29.08.21. Режим доступа: свободный.
5. https://ksosvet.ru/blog/normy-osveshcheniya-v-shkole-i-detskom-sadu-po-sanpin – Производство светильников, опор, мачт освещения на заказ с доставкой по России // Нормы освещения в школах и дошкольных учреждениях. Дата обращения: 23.08.21. Режим доступа: свободный.
6. https://novolampa.ru/baza-znaniy/sravnenie-rossiyskikh-i-evropeyskikh-norm-osveshcheniya/ – база знаний «Novolampa» / Сравнение Российских и Европейских норм освещения. Дата обращения: 23.07.21. Режим доступа: свободный.
7. https://oxisrnd.ru/normativy-osveshcheniya-v-shkole – Ваш надежный поставщик светотехники, теплового и промышленного оборудование по ценам производителя // Нормативы освещения в школе, нормы и требования СанПин и СНиП освещенности в школах. Дата обращения: 20.08.21. Режим доступа: свободный.
8. https://www.radek-lab.ru/services/ispytatelnaya-laboratoriya/kontrol-fizicheskikh-faktorov/osveshchennost.php – Компания ООО «Радэк» // Проведение замеров уровня освещенности на рабочих местах в Москве – ООО «Радэк». Дата обращения: 30.08.21. Режим доступа: свободный.
9. https://www.tesli.com/blog/vse-stati/chto-takoe-osveshchennost/# – TESLI: электромонтаж и электротовары – магазин электрики с ценами производителей. // Что такое освещенность? Дата обращения: 30.08.21. Режим доступа: свободный
10. Moyano D.B., Fernandez M.S.J., Lezcano R.A.G. Towards a Sustainable Indoor Lightning Design: Effects of Artificial Light on the Emotional State of Adolescents in the Classroom // Methodology and Sources of Information. – 2020. – p.4.

EIGHTH INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL CONGRESS ELPIT-2021

22-26 September 2021, Samara-Togliatti, Russia

RESEARCH OF PRESSURE DROP IN HYDRODYNAMIC FILTER BY USING OF MACHINE MODELING WITH APPLICATION OF SOFTWARE ANSYSCFX

N.P. Frolov, V.A. Devisilov
Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ФИЛЬТРЕ ПОСРЕДСТВОМ МАШИННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYSCFX

Н.П. Фролов, В.А. Девисилов
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
г. Москва, Россия

В статье рассмотрена зависимость эффективности сепарации твердых частиц в гидродинамическом вибрационном фильтре двух конструкций с использованием защитной перегородки и без неё при различных рабочих параметрах, таких как: расход жидкости через фельтровальную перегородку, скорость вращения фильтровальной перегородки. Вычисления производились в программном комплексе ANSYSCFX с использованием нелинейного закона фильтрации Дарси.

Ключевые слова: ANSYSCFX, компьютерное моделирование, эффективность сепарации, гидродинамический фильтр, фильтровальная перегородка, защитная перегородка, очистка жидкости от механических примесей, закон Дарси.

1. ВВЕДЕНИЕ

В различных отраслях промышленности стоит проблема извлечения механических примесей из жидкостей. Фильтры, использующие вибрационные, гидродинамические и центробежные силы для очистки жидкостей от механических примесей в сочетании с классическими способами фильтрования через пористую фильтровальную перегородку,

обеспечивают снижение нагрузки на нее, увеличивая срок службы фильтра в целом [1]. В данной работе проводится компьютерное моделирование фильтра, использующего гидродинамические и центробежные силы для очистки жидкость т.н. гидродинамического вибрационного фильтра (ГДВФ).

Целью моделирования было получение зависимость перепада давления на перегородке в зависимость от следующих факторов: скорость вращения пористой фильтровальной перегородки, расхода жидкость через перегородку. Моделирование осуществлялось с помощью программного комплекса ANSYSCFX. В модели не учитывалось увеличение сопротивление перегородки от оседающих на нее примесей, в качестве рабочей жидкость в модели использовалась вода.

2. КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГДВФ, ПАРАМЕТРЫ РАССЧЕТОВ

Для расчётов использовалась упрощенная геометрическая модель ГДВФ. На рис. 1 приведены геометрическая и сеточная модели исследуемого фильтра.

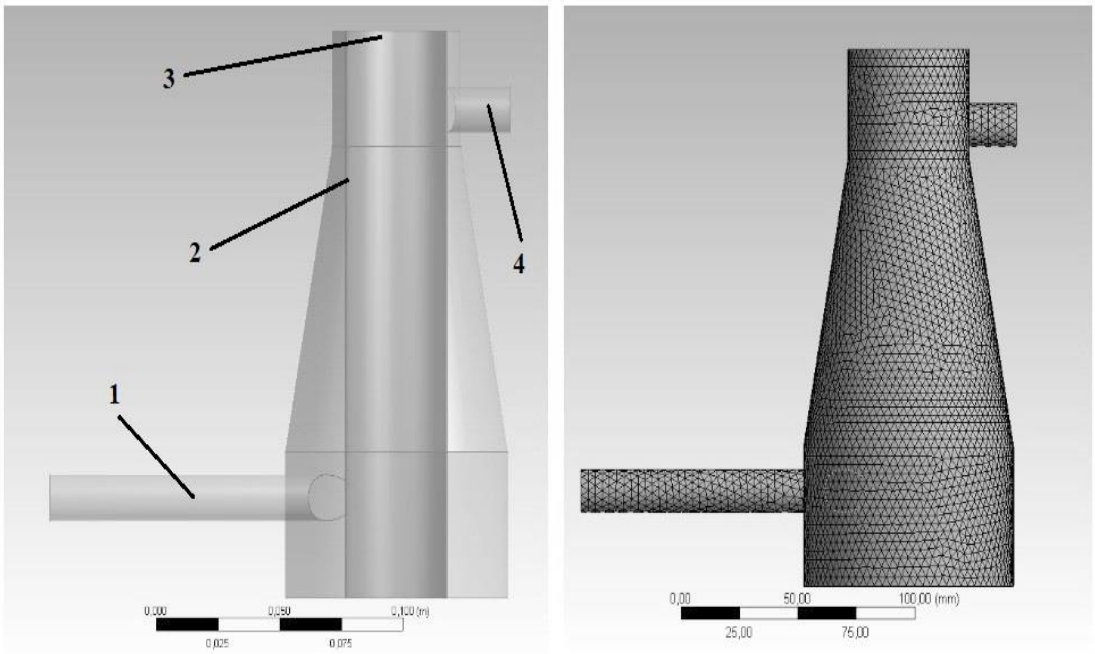


Рисунок 1 - Геометрическая и сеточная модели ГДВФ

Для разбиения расчетной области использовалась неструктурированная сетка с тетраэдрическими ячейками [2]. Максимальный размер элемента составлял 3,5 мм. Все модель разбивалась на 154337 тетраэдрических ячеек.

Жидкость поступает по нижнему патрубку (1), жидкость проходит через фильтровальную перегородку (2) и очищенной отводится из верхней части фильтра (3), часть жидкость отводится на перепуск по верхнему патрубку (4).

Основные геометрические размеры расчетной области: высота фильтра – 186 мм, внешний диаметр фильтровальной перегородки – 21 мм, толщина фильтровальной перегородки – 1 мм, диаметр меньшей цилиндрической часть – 52 мм, диаметр большей цилиндрической части – 90 мм, диаметры входного и выходного патрубков – 15 мм.

Общий расход через ГДВФ во время проведения расчётов не изменялся. Варьировалось количество жидкости, уходящей на перепуск, и скорость вращения фильтровальной перегородки. Общий расход жидкости через ГДВФ составлял 0.54 м^3/ч, расход жидкости на перепуск варьировался от 5 до 26%, скорость вращения фильтровальной перегородки от 0 до 2000 об/мин с шагом в 100 об/мин. Всего было проведено 105 вычислений. Коэффициент гидравлического сопротивления изменялся в зависимость от расхода жидкости через перегородку, для моделирования фильтровальной перегородки использовался нелинейный закон фильтрации Дарси.

3. ЗАДАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

Более объемное описание процесса моделирования фильтровальной перегородки приведено в работе [3]. Основные параметры фильтровальной перегородки, использовавшейся при моделировании: диаметр пор – 150 мкм, пористость – 0,6, площадь перегородки – 0,024 м^2.

На основе этих данных рассчитывается средняя скорость жидкости в среде:

$$v = \frac{Q_{fp}}{S_{fp} \cdot \varepsilon}, \qquad (1)$$

где:
Q_{fp} – расход жидкости через фильтровальную перегородку, м^3/с;
S_{fp} – площадь фильтровальной перегородки, м^2;
ε – пористость.

После расчёта средней скорость жидкость необходимо рассчитать Re – число Рейнольдса по формуле:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}, \qquad (2)$$

где:
D – характерный диаметр канала, м;
ρ – плотность жидкости кг/м^3;
μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

Для задания перегородки в программу необходимо ввести пористость и коэффициент α (кг/м^4), который рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{64 \cdot P \cdot Re^{-1}}{2\varepsilon^3 A}, \quad (3)$$

где:
P – периметр смоченной поверхности, м;
A – площадь поперечного сечения каналов пористой среды, м^2.

Рассчитанное значение коэффициента подставляется в соответствующе окно программы. Как видно из формул, коэффициент сопротивления α изменяется с изменением расхода жидкости через перегородку. Для расчетов этого коэффициента использовалась программа MathCad 15.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

При расчёте эффективности [2] учитывался процент сепарировавшихся частиц, т.к. конструкция данного фильтра была разработана для увеличения срока службы фильтровальной перегородки, то не сепарировавшимися частицам считались как те, что прошли через перегородку, так и те, что задержались на ней.

Расчет многофазного течения проводился с помощью модели Эйлера при установившемся режиме, после чего снимались показания объемной доли частиц в ФП, в пространстве за ней и перед ней. Те частицы, которые не прошли через перегородку и не осели на ней, считались сепарировавшимися. Часть результатов расчётов зависимости эффективности сепарации от частоты вращения перегородки приведена на рис. 2, 3.

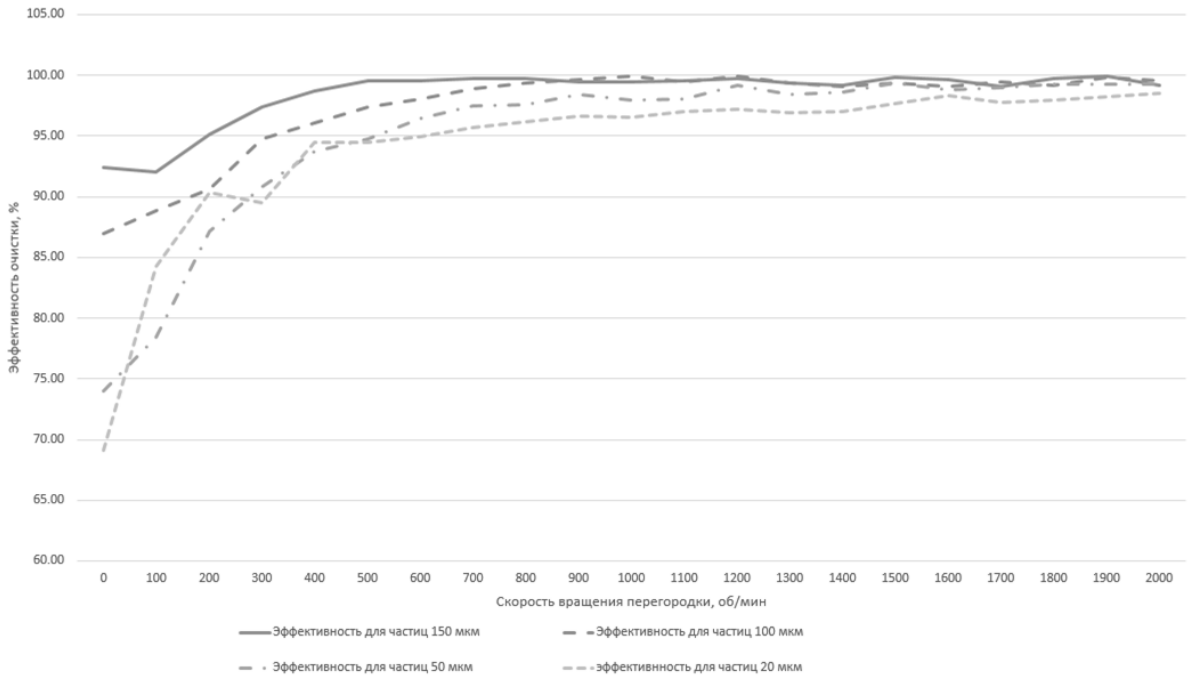


Рисунок 2 - Эффективность сепарации без зп, перепуск -20%

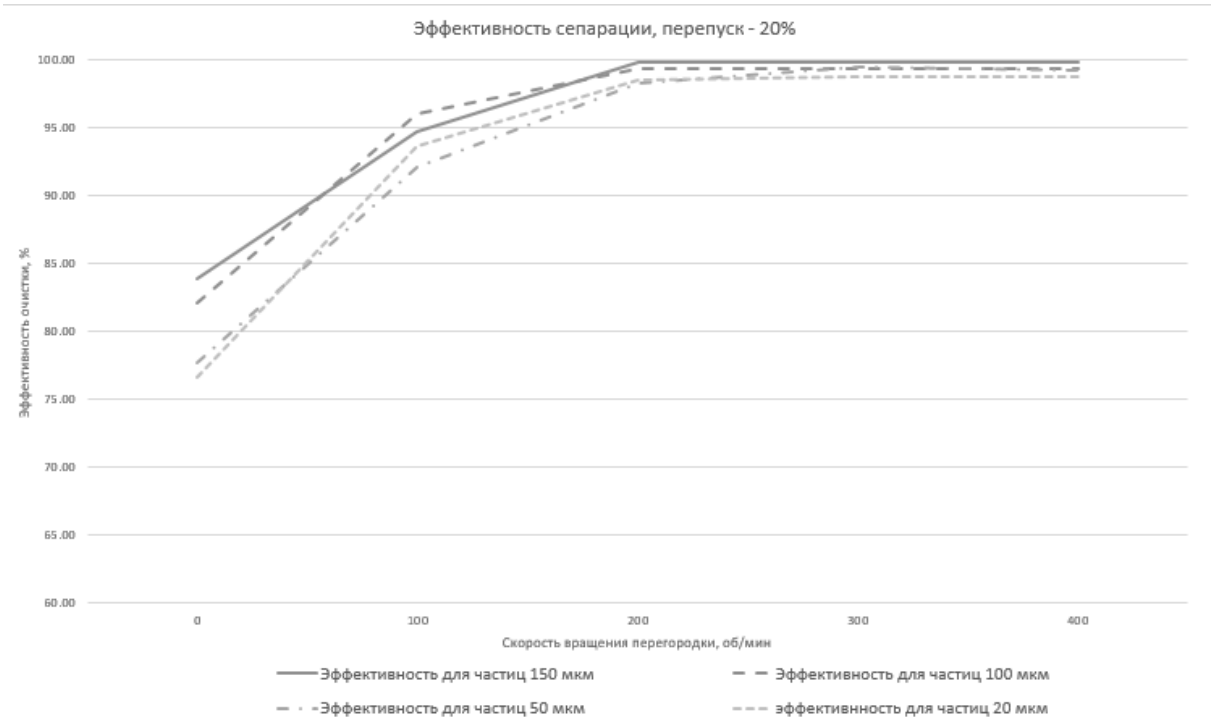


Рисунок 3 - Эффективность сепарации, фильтр с зп перепуск – 20%

Результаты расчетов зависимости эффективности сепарации от перепуска приведены на рис. 4, 5.

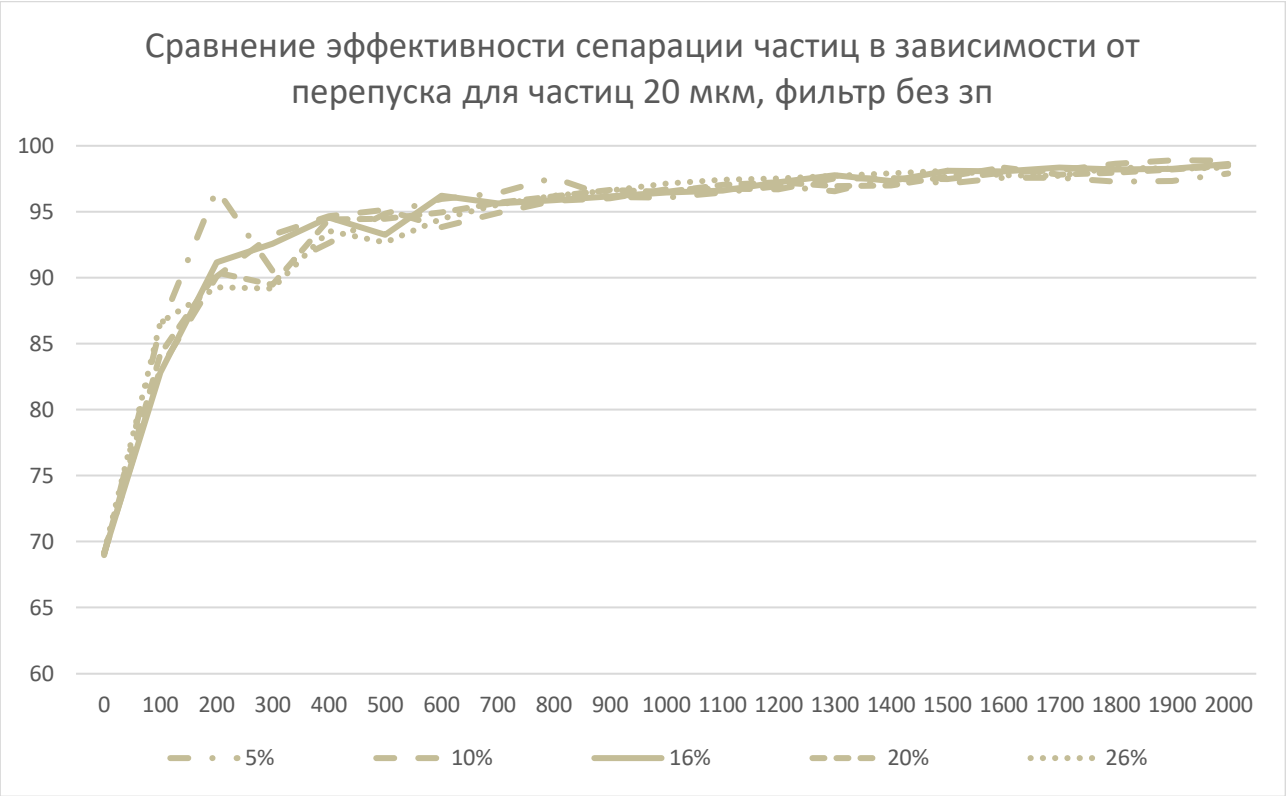


Рисунок 4 - Сравнение эффективности сепарации при различном перепуске, фильтр без зп, 20 мкм

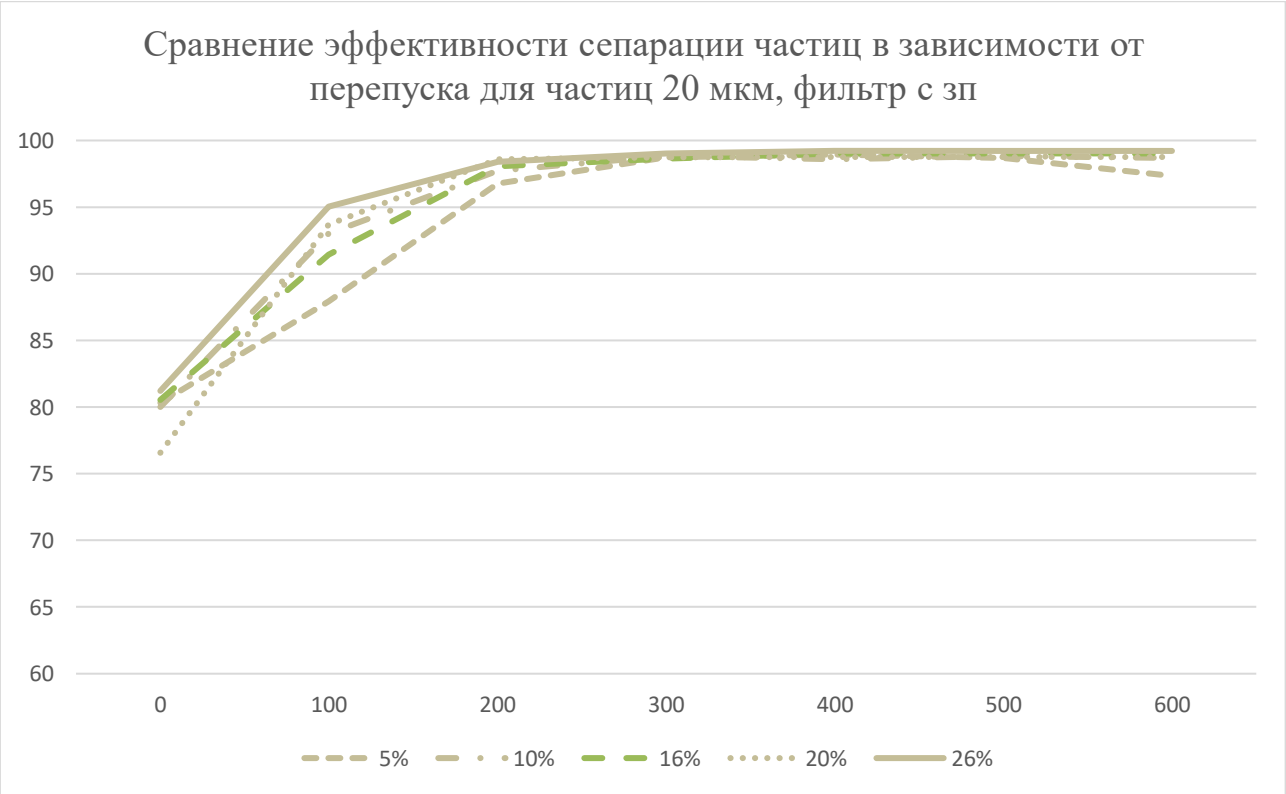


Рисунок 5 - Сравнение эффективности сепарации при различном перепуске, фильтр с зп, 20 мкм

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кривая эффективности сепарации выходит на «плато» около 500 об/мин для фильтра без зп, и около 200 об/мин для фильтра с зп.

Использование фильтра с зп обеспечивает несколько большую эффективность сепарации при 200 об/мин, чем фильтр без зп при 500 об/мин (около 2-5%), при этом перепад давления остается примерно одинаковым [5], ввиду более сложной конструкции фильтра с зп целесообразность его использования остается под вопросом.

Рассчитанная эффективность в программе ANSYSCFX может дать только качественную характеристику, поскольку сепарированные частицы все же могут осесть на фильтровальной перегородки, в данном аппарате, как и в гидроциклоне имеется вклад случайной составляющей, что невозможно учесть в программе.

Зависимости эффективности сепарации от количества перепуска не выявлено, предварительно, можно заключить, что использовать перепуск более 5% процентов не имеет смысла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. А. Девисилов, И.А. Мягков. Теоретические подходы к расчету гидродинамического вибрационного фильтра // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 14, №1(3), 2012. – С.860-876.
2. Е.Ю. Шарай. Компьютерное моделирование многофазных течений при решении задач техносферной безопасности: учеб. пособие/Е.Ю. Шарай; под ред. В.А. Девисилова. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 128 с.
3. В. А. Девисилов, Е. Ю. Шарай – Исследование поведения частиц в гидродинамическом фильтре на основе численных расчетов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 12, №1(9), 2010. – С.2216-2222.
4. В.Б. Шашков. Обработка экспериментальных данных и построение эмпирических формул. Курс лекций.: Учебное пособие. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 150 с.
5. N.P. Frolov, V.A. Devisilov. Investigation of the pressure drop on the filtration and protective baffles of a hydrodynamic vibration filter using ANSYS CFX// 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 815 012008.

Научное издание

ELPIT 2021

Volume 2 Том 2

PROCEEDINGS OF SCIENTIFIC SYMPOSIUM «PROBLEMS AND INNOVATIVE DECISIONS IN THE FIELD OF ENGINEERING PROVISION OF ECOLOGICAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF URBAN TERRITORIES»

СБОРНИК ТРУДОВ НАУЧНОГО СИМПОЗИУМА «ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ»

восьмого международного экологического конгресса (десятой Международной научно-технической конференции) "Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2021"

Россия, Самарская область, гг. Самара, Тольятти,
Самарский федеральный исследовательский центр РАН;
Самарский государственный технический университет
22-26 сентября 2021 г.

EDITOR: DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCE, PROFESSOR ANDREY VASILYEV

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР: Д.Т.Н., ПРОФЕССОР А.В. ВАСИЛЬЕВ

Подписано в печать 15.11.2021 г.
Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Печать оперативная.
Усл. печ. л. 14,53
Тираж 100 экз. Заказ №.

Отпечатано в типографии АНО «Издательство СНЦ». 443001, Самарская область, г. Самара, Студенческий пер., 3А. Тел.: (846) 242-37-07, ИНН 6315944726.
E-mail: sncran@mail.ru