



#11 (51), 2019 część 5
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

#11 (51), 2019 part 5
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood(University College
London)**

**Igor Dziedzic (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**

Kehan Schreiner(Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Anthony Maverick(Bar-Ilan
University)**

**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**

**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**

**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**

**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood(University College
London)**

**Igor Dziedzic (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**

Kehan Schreiner(Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Anthony Maverick(Bar-Ilan
University)**

**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**

**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**

**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**

**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 kopii.

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie
85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo
Naukowe**

**Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

1000 copies.

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-
001 Warsaw, Poland»**

East European Scientific Journal

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw,
Poland**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гамаюнов А. Ю., Драгомиров С. Г., Драгомиров М. С. AUTOMOTIVE ANTIFREEZES НОВЫЙ ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОЦИКЛОННЫХ ФИЛЬТРОВ-СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ АНТИФРИЗОВ	4
Єгольников О. О. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДІАГНОСТУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ ДЛЯ МЕРЕЖ ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ	11
Манукян О. С., Минасян З. А., Арзуманян А. М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ТОНКОЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ КОРУНДОВЫМИ РЕЖУЩИМИ ПЛАСТИНАМИ	16
Masikevych A. Yu. THE PUBLIC SECTOR AS THE DRIVING FORCE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND INCREASING THE LEVEL OF ITS ENVIRONMENTAL SAFETY	19
Алиев Э. Г., Бахманова Ф. Н., Гамидов С. З., Рзаева С. Д., Гаджиева Г. Я., Халилов В. Г., Гусейнова Н. С. СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СВИНЦА(II) ИЗ ПЕЧЕНИ	24
Северюхин Е.П. УСЛОВНЫЙ КРИТЕРИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ	27
Булыгин Ю. И., Ткачева В. А., Луткова Е. М. ЭЛЕМЕНТЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ОХРАНОЙ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЙ	35
Mykhailiuk V.V., Artym V.I., Faflei O.Y., Yurych A.R. IMPROVEMENT OF THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF DOUBLE SHOULDER TOOL JOINT OF DRILL COLLARS	40
Халецкий В. Н., Иргит А. В., Крайнев Н. С. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ	48
Ismailov B.I. CONTROL OF THE DYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS WITH MEMORY	50

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Gamayunov A.Y.

Engineer,

LLC "STC "AutoSphere" at Vladimir State University", Russia

Dragomirov S. G.

doctor of engineering, professor,

Vladimir State University, Russia

Dragomirov M.S.

development Director, candidate of technical Sciences

L.L.C. "STC "AutoSphere" at Vladimir State University", Russia

NEW INTEGRAL CRITERION OF THE EFFICIENCY OF HYDROCYCLONE FILTERS-SEPARATORS FOR

Гамаюнов Антон Юрьевич

инженер

ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ», Россия

Драгомиров Сергей Григорьевич

доктор технических наук, профессор кафедры двигателей

Владимирского государственного университета

им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Россия

Драгомиров Михаил Сергеевич

директор по развитию, кандидат технических наук,

ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ», Россия

AUTOMOTIVE ANTIFREEZES НОВЫЙ ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОЦИКЛОННЫХ ФИЛЬТРОВ-СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ АНТИФРИЗОВ

Summary. A serious and still unsolved problem is the cleaning of automotive antifreeze from solid particles of pollution. The article describes a new integral criterion for evaluating the efficiency of hydrocyclone filter separators. The justification of the proposed criterion is given. The criterion is designed to determine the rational geometry of the hydrocyclone filter-separator for automotive antifreeze. The results described in the article allow to balance the hydraulic resistance and the trapping capacity of hydrocyclone filters-separators.

Аннотация. Серьезной и до сих пор нерешенной проблемой является очистка автомобильных антифризов от твердых частиц загрязнений. В статье описывается новый интегральный критерий оценки эффективности гидроциклонных фильтров-сепараторов. Дано обоснование предлагаемого критерия.

Критерий предназначен для определения рациональной геометрии гидроциклонного фильтра-сепаратора для автомобильных антифризов. Описанные в статье результаты позволяют сбалансировать гидравлическое сопротивление и улавливающую способность гидроциклонных фильтров-сепараторов.

Keywords: *solid particles of impurity, coolant, antifreeze, filtration coefficient, hydraulic resistance, optimal geometry, criterion of effectiveness.*

Ключевые слова: *твердые частицы загрязнений, автомобильный антифриз, коэффициент фильтрации, гидравлическое сопротивление, оптимальная геометрия, критерий эффективности.*

Постановка проблемы

Современные автотранспортные двигатели оснащены сложными многоконтурными адаптивными системами жидкостного охлаждения (СЖО) [1], в состав которых входит большое количество элементов, таких, как жидкостные насосы, теплообменники, термостаты, всевозможные клапаны для перераспределения теплоносителя по контуру системы. На надежность СЖО оказывает значительное влияние качество антифриза [2,3], а именно наличие в нем твердых частиц загрязнений. Присутствие твердых частиц в охлаждающей жидкости (ОЖ) является причиной абразивного износа элементов СЖО, закупоривания и уменьшения проходных сечений каналов системы, износа всевозможных

уплотнений, отложений на стенках гидравлического контура.

В связи с этим, проблема удаления твердых частиц загрязнений из антифриза (и из системы в целом) является актуальным и перспективным направлением совершенствования автотранспортных двигателей. Перспективное устройство для удаления твердых частиц из антифриза в процессе эксплуатации транспортного средства, помимо высоких фильтрующих показателей, должно иметь минимальное гидравлическое сопротивление. В противном случае, расход теплоносителя снизится ниже минимально допустимых значений. Поэтому при разработке устройства для очистки антифриза необходимо учитывать эти два параметра –

улавливающую способность (коэффициент фильтрации) и гидравлическое сопротивление.

Анализ последних исследований и публикаций

На сегодняшний день, существующие устройства для очистки ОЖ, можно разделить на три группы.

1. Фильтры охлаждающей жидкости (ФОЖ) [4,5] зарубежных компаний Fleetguard, Donaldson, Baldwin, Hengst, WIX и др. По конструкции являются аналогами традиционных масляных фильтров. За рубежом такие фильтры устанавливаются уже более 70 лет на некоторые модели двигателей, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях (тяжелые грузовики, карьерные самосвалы, строительно-дорожные машины и т.п.).

2. ФОЖ с фильтрующим элементом в виде сетки [6]. Встречаются довольно редко. В качестве примера можно привести такой фильтр для автобусов Scania.

3. Гидроциклонный фильтр-сепаратор (ГФС) [7], разработанный в ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ».

Первая группа ФОЖ, по сути, являются несколько модифицированными аналогами традиционных масляных фильтров. Они устанавливаются на специальное посадочное место (аналогично масляному фильтру) в блоке двигателя. В зоне этого посадочного места в блоке двигателя выполнен канал для подвода и отвода антифриза. Следует отметить, что этот канал является байпасным, т.е. через него проходит (по информации производителей) только около 10% всего теплоносителя, подаваемого насосом. По нашим данным это количество жидкости не превышает 1%.

Такие фильтры обеспечивают улавливание частиц загрязнений с размером более 30...50 мкм с вероятностью 98% (по данным фирм-производителей). Межсменный срок службы подобных фильтров составляет 1 год (или 200 тыс. км пробега автомобиля, или 4000 часов его работы). Они рассчитаны на одноразовое применение, после чего должны утилизироваться.

Следует отметить, что такие ФОЖ по мере загрязнения в процессе эксплуатации увеличивают свое сопротивление при одновременном ухудшении улавливающей способности.

Вторая группа фильтров, в качестве фильтрующего элемента используют

металлическую сетку, с размером ячейки 300x300 мкм. Собственно, размером ячейки и определяется размер улавливающих частиц >300 мкм.

Преимуществами таких ФОЖ (по сравнению с первой группой) являются:

- полнопоточная фильтрация;
- разборная конструкция и возможность многократного применения;
- удобство монтажа на любом участке гидравлического контура.

К недостаткам можно отнести:

- невозможность улавливания частиц размерами <300 мкм;
- необходимость частой очистки фильтрующего элемента от загрязнений;
- опасность полного загрязнения фильтра, что может привести к серьезным неисправностям, вплоть до выхода двигателя из строя.

Общее свойство фильтров первой и вторых групп — это увеличение сопротивления по мере загрязнения фильтрующих элементов.

К третьей группе относятся гидроциклонные фильтры-сепараторы, у которых отсутствуют недостатки фильтров первых двух групп. Конструкция такого ГФС представлена на рис. 1.

В этом гидроциклонном фильтре-сепараторе поток антифриза с твердыми частицами загрязнений поступает в закручивающий аппарат 1 через тангенциальный вход, в результате чего происходит закручивание потока. При прохождении закрученного потока через конусную сепарирующую чашку 2, под действием центробежных сил твердые частицы отбрасываются через улавливающие окна в отстойник 3 и там оседают. Принцип действия ГФС, аналогичен принципу действия гидроциклонов — отделение твердых частиц загрязнений от потока ОЖ происходит под действием центробежных сил (рис. 1б). Но следует отметить разницу в конструкциях этих двух устройств. Основное отличие фильтра-сепаратора от классического гидроциклона заключается в наличии улавливающих окон, расположенных на конусной части сепарирующей чашки, через которые твердые частицы загрязнений и попадают в отстойник (рис.1). Кроме этого, ГФС имеет разборную конструкцию, что делает его более компактным и удобным при установке и эксплуатации.

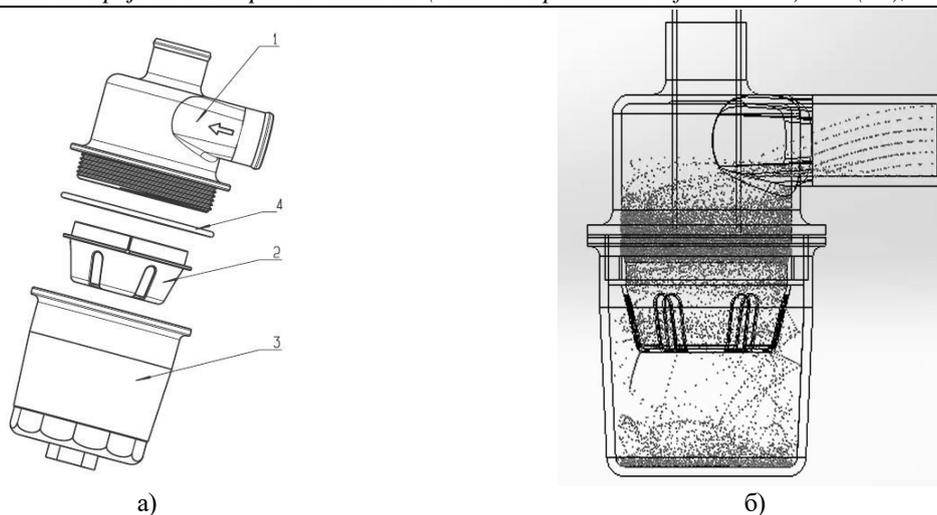


Рис. 1. Конструкция ГФС (а) и его принцип действия (б): 1 – закручивающий аппарат; 2 – конусная сепарирующая чашка с улавливающими отверстиями; 3 – отстойник; 4 – уплотнительное кольцо

Ранее подобный способ очистки антифризов в СЖО транспортных двигателей не применялся, поэтому прямых (принципиальных) аналогов данная разработка не имеет не только в России, но и за рубежом. Оригинальность технического решения, подтверждена патентом РФ на изобретение № 2 625 891 [7].

К преимуществам созданного ГФС следует отнести следующие достоинства:

- высокоэффективную полнопоточную фильтрацию, обусловленную применением гидроциклонного принципа работы фильтра-сепаратора;
- отсутствие собственно фильтрующего элемента, что упрощает конструкцию, снижает стоимость и существенно повышает пропускную способность фильтра;
- срок службы ГФС примерно равен ресурсу работы двигателя;
- ГФС имеет разборную конструкцию, что позволяет его использовать многократно (с периодической очисткой);
- ГФС обладает конструктивной и технологической простотой, легкостью установки на транспортном средстве (не требует специально выполненного посадочного места на блоке двигателя).

К особенностям работы ГФС можно отнести следующее:

- зависимость эффективности сепарации от расхода жидкости;
- при малых расходах жидкости часть твердых частиц загрязнений может не улавливаться и циркулировать в контуре СЖО;
- не удаляются из потока частицы с плотностью меньше плотности теплоносителя (как правило, это органические частицы).

Фильтры, принцип действия которых основан на применении центробежных сил, не позволяют осуществлять тонкую очистку жидкости, но для современных СЖО поршневых двигателей такая фильтрация и не требуется.

Из проведенного выше анализа можно сделать вывод, что созданный в ООО «НТЦ «АвтоСфера» при ВлГУ» гидроциклонный фильтр-сепаратор имеет наилучшие показатели среди известных устройств для очистки антифриза в СЖО.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

В общем случае эффективность процесса любой природы определяется отношением: полученный результат/затраченные ресурсы. При этом и результат, и ресурсы должны быть одной категории (природы). Например, это могут быть энергетические, финансовые, материальные, временные показатели и др.

Для фильтров различного принципа действия и конструкций важнейшим параметром их эффективности является коэффициент фильтрации β . Этот параметр количественно оценивает эффективность улавливания загрязнений:

$$\beta = \frac{m_{\Pi}}{m_c} \quad (1)$$

где: m_c – масса частиц в контуре системы, г; m_{Π} – масса задержанных фильтром частиц, г.

Но данный показатель β не может в полной мере характеризовать эффективность фильтрации, т.к. остаются неизвестными затраченные ресурсы для обеспечения конкретного уровня (коэффициента) улавливания частиц загрязнений.

В качестве таких затраченных ресурсов может выступать количество энергии (потери давления на фильтре), необходимой для достижения данного коэффициента фильтрации.

Перепад давления между входом и выходом фильтра количественно оценивает величину гидравлических потерь:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (2)$$

где ΔP – перепад давления между входом и выходом ГФС, Па; ξ – коэффициент местного сопротивления; ρ – плотность ОЖ, кг/м³; v – скорость потока, м/с.

Поскольку принцип действия гидроциклонных фильтров-сепараторов основан на применении центробежных сил, то чем они больше, тем выше коэффициент фильтрации [8].

Величина центробежных сил $F_{ц}$ в значительной степени зависит от угловой скорости потока:

$$F_{ц} = m\omega^2 r \quad (3)$$

где: m – масса вращающегося тела, кг; r – расстояние от оси вращения до центра тяжести тела, м; ω – угловая скорость вращения, c^{-1} .

С другой стороны, с увеличением этой скорости возрастают гидравлические потери. Увеличение гидравлических потерь приводит к снижению расхода в контуре СЖО, что негативно влияет на интенсивность теплоотвода. Восстановить расход можно путем применения насоса с более высоким напором, но при этом на привод насоса придется затрачивать большую мощность.

Таким образом, при оценке эффективности ГФС нельзя руководствоваться только значением коэффициента фильтрации, поскольку он не отражает, при каких гидравлических потерях достигается данный результат. Для ГФС необходимо учитывать два фактора: коэффициент фильтрации и гидравлические потери.

До настоящего времени такой подход в теории фильтрации не использовался. Возможно, это связано с тем, что при применении традиционных фильтрующих элементов (пористые материалы, сетки и т.п.) о потерях давления в фильтре можно было говорить только по отношению к новым (неработавшим) фильтрам. По мере их загрязнения в процессе эксплуатации эти потери давления, естественно, существенно возрастают (вплоть до бесконечности) и делать какие-либо заключения об эффективности фильтрации с учетом затрат энергии просто невозможно.

Иная ситуация наблюдается при использовании гидроциклонных фильтров-сепараторов. Из-за особенностей принципов их функционирования гидравлическое сопротивление этих устройств (перепад давления между входом и выходом) остается неизменным в процессе работы при каждом конкретном расходе потока. Таким образом, появляется возможность реально определить эффективность фильтрации (сепарации) у гидроциклонных фильтров, используя показатели достигнутого результата (коэффициент фильтрации) и затраченных ресурсов (потери давления на фильтре).

Таким образом, для сравнительного анализа различных конструктивных исполнений ГФС необходим критерий, который одновременно оценивает/учитывает эти два параметра. При одинаковом коэффициенте фильтрации, более эффективным ГФС будет тот, у которого наименьшее сопротивление и, наоборот, при равном сопротивлении эффективнее тот у которого выше коэффициент фильтрации.

Цель статьи

Целью данной статьи является обоснование и опытно-теоретическая проверка нового интегрального критерия эффективности гидроциклонных фильтров-сепараторов, предназначенных для очистки автомобильных антифризов.

Изложение основного материала

Нами предлагается в качестве нового критерия оценки эффективности ГФС использовать отношение коэффициента фильтрации к гидравлическим потерям ΔP :

$$E = \frac{\beta}{\Delta P} \quad (4)$$

Если выразить гидравлические потери через коэффициент местного сопротивления:

$$\xi = \frac{2\Delta P}{\rho\omega^2} \quad (5)$$

то получим безразмерный критерий эффективности ГФС:

$$E = \frac{\beta}{\xi} \quad (6)$$

Используя данный, предлагаемый нами, безразмерный критерий можно сравнивать эффективность ГФС различных конструкций. При этом предлагаемый критерий учитывает одновременно способность фильтра к улавливанию твердых частиц загрязнений и гидравлические потери, создаваемые фильтром.

Следует отметить, что при сравнении различных конструкций ГФС с помощью предлагаемого критерия эффективности, необходимо обеспечить одинаковые условия работы ГФС. К таким условиям относятся: расход жидкости через фильтр, размер и плотность улавливаемых частиц. Эти условия связаны с тем, что гидроциклонные фильтры-сепараторы имеют одну особенность - при каждом конкретном расходе (скорости) потока улавливающая способность фильтра по отношению к частицам разных размеров будет различной.

Для определения влияния геометрических характеристик ГФС на гидравлические и сепарационные процессы были выбраны следующие параметры (рис. 2):

1. относительная длина выходного патрубка – отношение длины выходного патрубка к расстоянию от верхней стенки до нижней стенки конуса (рис. 2а);

2. угол конуса сепарирующей чашки (рис.2б);

3. относительная площадь улавливающих окон сепарирующей чашки – отношение площади окон к площади образующей конуса (рис.2в).

Первый параметр – относительная длина выходного патрубка - является схожим элементом в конструкциях разрабатываемого ГФС и классического гидроциклона. Влияние этого параметра на гидравлические и сепарационные процессы в традиционных гидроциклонах оценивалось многими исследователями [9], но их результаты часто противоречивы. Исходя из этого,

было принято решение провести собственные исследования влияния этого геометрического параметра на работу создаваемого ГФС.

Выбор в качестве параметров угла конуса и относительной площади улавливающих окон сепарирующей чашки обусловлен тем, что они

являются отличительной особенностью конструкции разрабатываемого ГФС по сравнению с традиционным гидроциклоном, соответственно исследованием их влияния на гидравлические и фильтрационные показатели ранее никто не занимался.

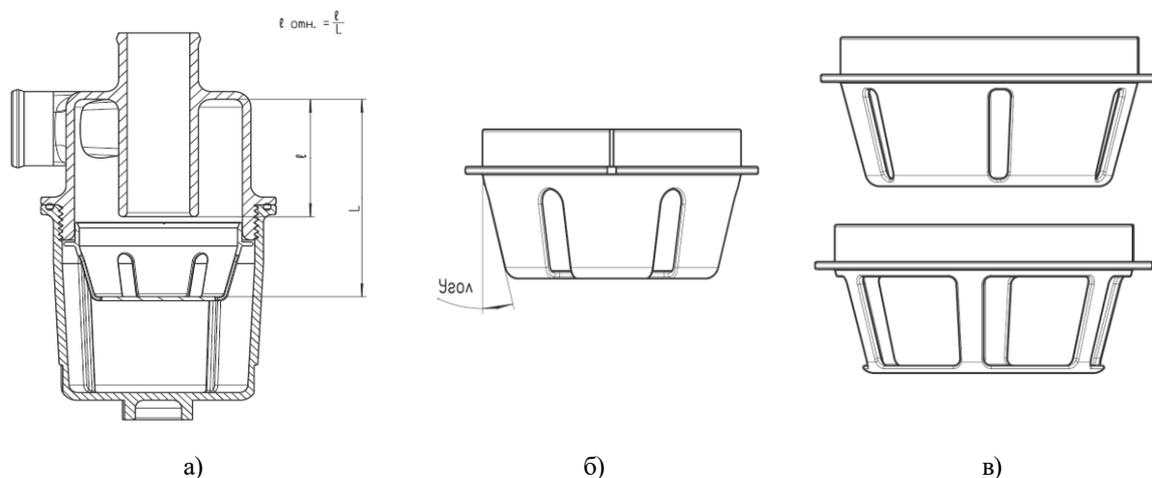


Рис. 2. Конструктивные параметры ГФС: а - относительная длина выходного патрубка; б - угол конуса сепарирующей чашки; в - относительная площадь улавливающих окон сепарирующей чашки (представлены примеры конструкции с крайними значениями)

Исследования ГФС проводили на комплексной лабораторной установке [10], которая позволяет определять коэффициент фильтрации и гидравлическое сопротивление различных вариантов конструкций фильтров.

При этом все конструкции ГФС исследовались при одинаковых режимных параметрах – при постоянном расходе жидкости, с использованием твердых частиц одинакового размера и одинаковой плотности.

По результатам проведенных исследований были получены зависимости перепада давления, коэффициента фильтрации и критерия

эффективности от выбранных геометрических параметров. Все зависимости представлены на рис.3-8.

Как следует из приведенных зависимостей (рис. 3), относительная длина выходного патрубка оказывает значительное влияние на коэффициент фильтрации и практически не оказывает влияния на гидравлическое сопротивление ГФС. Используя критерий эффективности, делаем обоснованный вывод о том, что максимальная эффективность ГФС достигается при значении относительной длины выходного патрубка в пределах 0,05...0,1 (рис. 4).

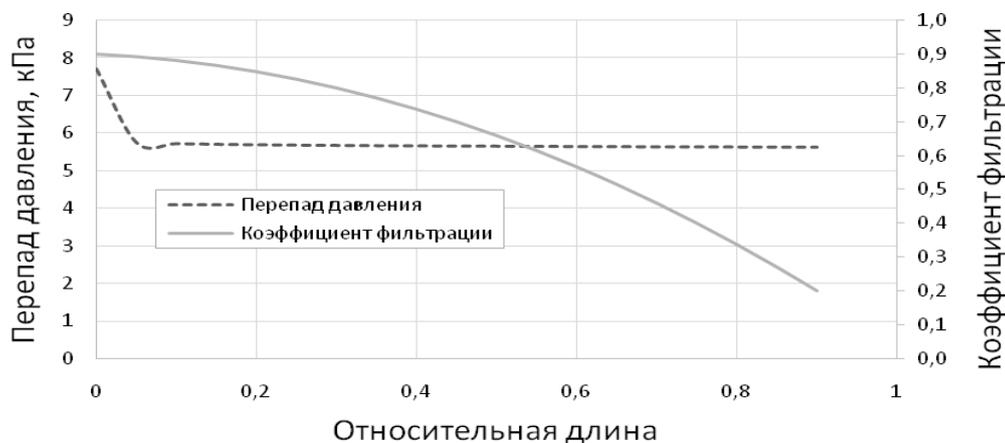


Рис. 3. Зависимость перепада давления и коэффициента фильтрации от относительной длины выходного патрубка

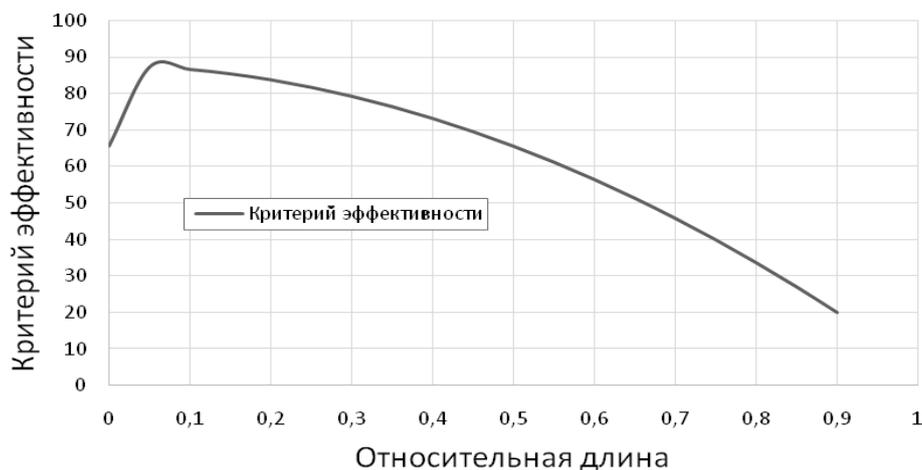


Рис. 4. Зависимость критерия эффективности от относительной длины выходного патрубка

Приведенные зависимости (рис. 5) показывают, что угол конуса сепарирующей чашки оказывает значительное влияние на оба показателя - и на коэффициент фильтрации, и на гидравлическое сопротивление. С помощью

критерия эффективности определяем, что максимальная эффективность ГФС достигается при значении угла конуса улавливающей чашки в пределах 20...25 градусов (рис. 6).

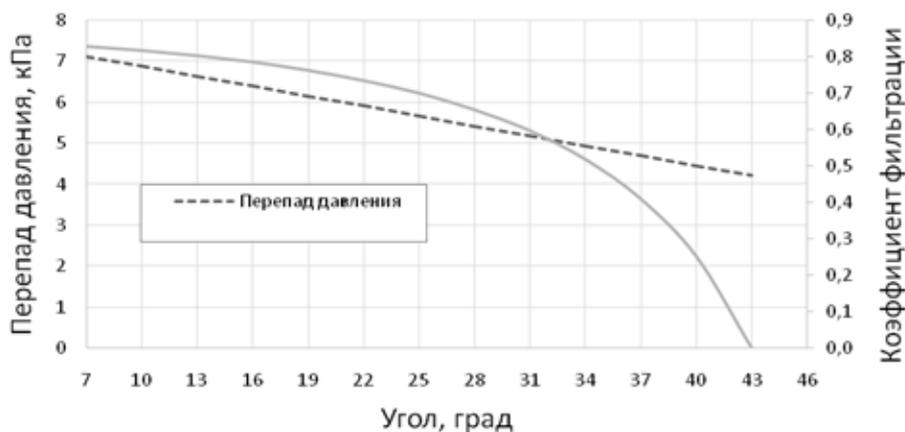


Рис. 5. Зависимость перепада давления и коэффициента фильтрации от угла конуса сепарирующей чашки

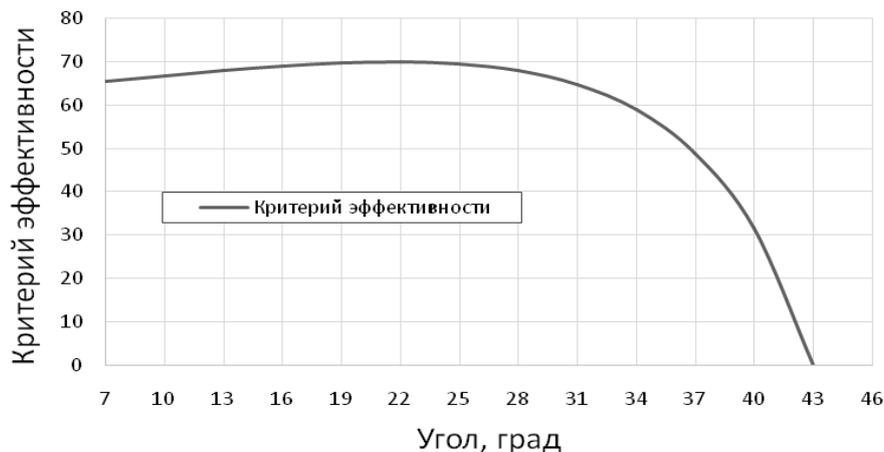


Рис. 6. Зависимость критерия эффективности от угла конуса сепарирующей чашки

Относительная площадь улавливающих окон сепарирующей чашки оказывает существенное влияние на коэффициент фильтрации и на

гидравлическое сопротивление ГФС (рис. 7). Используя предложенный критерий эффективности, делаем вывод о том, что

максимальная эффективность ГФС достигается при значении относительной площади улавливающих окон сепарирующей чашки в пределах 0,2...0,25 (рис. 8).

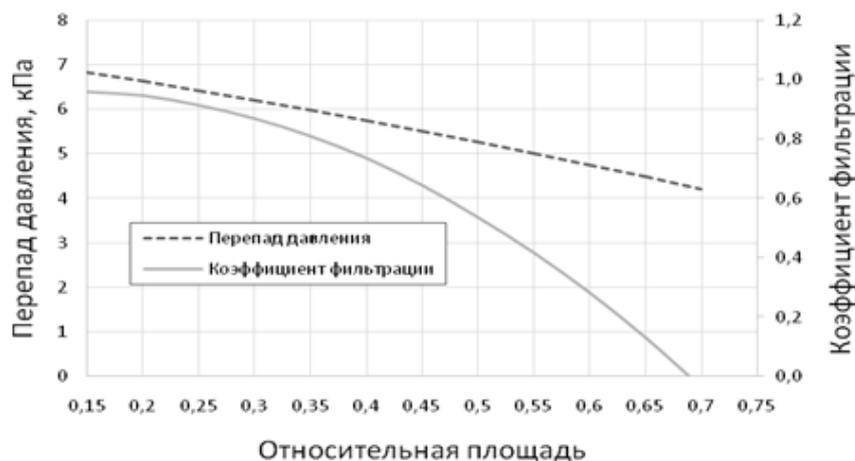


Рис. 7. Зависимость перепада давления и коэффициента фильтрации от относительной площади улавливающих окон сепарирующей чашки

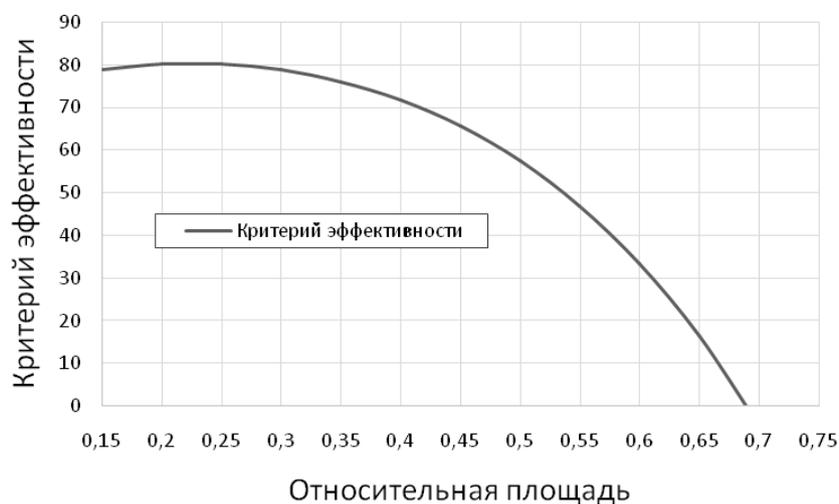


Рис. 8. Зависимость критерия эффективности от относительной площади улавливающих окон сепарирующей чашки

Выводы и предложения

1. Предложен новый интегральный критерий оценки эффективности гидроциклонных фильтров-сепараторов, связывающий показатели их улавливающей способности и гидравлического сопротивления. Новый критерий позволяет оптимизировать (сбалансировать) эти важнейшие рабочие показатели фильтра-сепаратора.

2. Использование нового критерия позволило при исследовании выявить влияние основных геометрических параметров гидроциклонного фильтра-сепаратора:

- относительной длины выходного патрубка;
- угла конуса сепарирующей чашки;
- относительной площади улавливающих окон сепарирующей чашки.

3. По результатам проведенного исследования с помощью нового критерия получены рациональные значения указанных конструктивных параметров, обеспечивающие максимальную эффективность гидроциклонного фильтра-сепаратора, предназначенного для

автомобильных антифризов. При этом достигнут рациональный баланс между гидравлическим сопротивлением фильтра-сепаратора и его улавливающей способностью.

Список литературы

1. Салахов Р. Р. Теплообмен в зарубашечном пространстве авиационного поршневого двигателя и разработка адаптивной системы охлаждения с целью улучшения его характеристик на режиме прогрева: дис. ... канд. тех. наук / Р. Р. Салахов. – Казань, 2015
2. Жуков В. А. Обеспечение надежности жидкостных систем охлаждения / В. А. Жуков // Вестник РГТАУ. – 2013. – №4. – С.156-160
3. Эреджепов М. К. Влияние качества охлаждающих жидкостей на ресурс автотракторных двигателей / М. К. Эреджепов, А. У. Абдулгасис // Ученые записки крымского инженерно-педагогического университета. – 2014. – №43. – С.38-44.

4. Eaton E.R., Duvnjak E. Examinatoins of Extended Life Heavy Duty Engine Coolant Filters. – SAE Techn. Pap. Ser. № 2004—1-0157. – 10 pp.

5. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование /А. И. Якубович и др. – М.:ИНФРА-М, 2014. - 473 с.

6. Антропов Б. С. Защита радиаторов системы охлаждения двигателей от продуктов накипи и коррозии / Б. С. Антропов, В. А. Бодров, И. С. Басалов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – №4. – С.82-84.

7. Патент РФ № 2 625 891, 19.07.2017. Драгомиров С.Г., Драгомиров М.С., Эйдель П.И., Гамаюнов А.Ю., Журавлев С.А., Селиванов Н.М. Гидроциклонное устройство для очистки от

твердых частиц загрязнений охлаждающей жидкости поршневых двигателей

8. Башаров М. М., Сергеев О.А. Устройство и расчет гидроциклонов /Под ред. А. Г. Лаптева. – Казань: Вестфалика, 2012. - 92 с.

9. Сабуров Э. Н., Карпов С. В. Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве. - М: Экология, 1993. - 368 с.

10. Эйдель П. И. Лабораторная установка для исследований фильтров охлаждающей жидкости поршневых двигателей /П. И.Эйдель,А. Ю. Гамаюнов, Н. М. Селиванов // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XVII Международной научно-практической конференции ВлГУ. – Владимир: ВлГУ, 2015. – С. 285-288.

Yeholnikov Olexander O.

a teacher is the

Mykolaiv College of a Transport Infrastructure of the V. Lazaryan Dnipro National University of Railway Transport

MAIN PRINCIPLES OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM DEVELOPMENT OF THE DIAGNOSTIC AND MONITORING PROCESSES' MANAGEMENT OF THE RAIL AND WATERWAYS AUTOMATION

Єгольников Олександр Олександрович

викладач

Миколаївський коледж транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДІАГНОСТУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ ДЛЯ МЕРЕЖ ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ

Abstract. The basic principles of the decision support system development of the diagnostic and monitoring processes' management for the rail and water networks of the south Ukraine have been analyzed and determined. Using the Petri-simulation methods, the system of organization of the servicing railway automation facilities technologist's automated workplace in the port has been investigated. Functional tasks of the technical diagnostics and monitoring system have been formulated. A model of decision support system has been proposed. The development need of cognitive model has been identified.

Анотація. Проаналізовано та визначено основні принципи розробки системи підтримки прийняття рішень управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматки для мереж залізнично-водного сполучення півдня України. За допомогою методів Петрі-моделювання досліджено систему організації на автоматизованому робочому місці технолога з обслуговування засобів залізничної автоматки в порту. Сформульовано функціональні завдання системи технічного діагностування і моніторингу. Запропоновано модель системи підтримки прийняття рішень. Визначено необхідність розробки когнітивної моделі.

Keywords: rail and water networks, decision support system, information system, railway automation devices, technical diagnostics and monitoring system.

Ключові слова: мережі залізнично-водного сполучення, система підтримки прийнятті рішень, інформаційна система, пристрої залізничної автоматки, система технічного діагностування і моніторингу.

Постановка проблеми.

Вирішення проблеми обробки вантажів у морських та річкових портах України пов'язано з налагоджуванням роботи припортових залізничних станцій, більшість з яких побудовано ще наприкінці минулого століття, коли їх функціонування було

орієнтовано виключно на переробку імпорту, який на той час перевищував експорт. Відтепер ситуація щодо вантажообігу змінилася коренним чином з переробки імпорту на експорт, що найбільш наглядно показано на прикладі роботи портів Іллічівськ, Южний, Рені, а також Миколаївського

торгівельного порту [1, 2]. Розширення номенклатури та обсягу вантажів призвело до диспропорції між пропускною та переробною здатністю портів, розладу та неузгодженої подачі суден під завантаження і великої кількості нерозвантажених поїздів, які залишені на припортових станціях та збільшення невиробничих витрат «Укрзалізниці». Це все вимагає модернізації мереж залізнично-водного сполучення, зокрема шляхом додаткового обладнання засобами автоматики, ефективність застосування яких неможлива без систем діагностики і моніторингу.

Аналіз останніх публікацій і досліджень.

Головним призначенням систем технічного діагностування і моніторингу (СТДМ) є організований на сучасному рівні контроль технічного стану об'єкта; пошук місць та визначення причин відмов та несправностей; прогнозування технічного стану об'єкту. Об'єктом моніторингу є електричні параметри пристроїв залізничної автоматики (рейкових кіл, стрілок, світлофорів), які у вигляді числових значень або попереджуючих інформаційних повідомлень передаються на спеціалізовані технологічні вікна або на автоматизоване робоче місце (АРМ) технолога; далі одержані дані зазнають оброблення та використовуються для складання практичних рекомендацій [3, 4]. Але впровадження СТДМ на мережах залізнично-водного сполучення є новим, ще неапробованим науково-практичним напрямком, дослідження в області якого потребують розглядати процес передачі даних для зберігання, оброблення та систематизації як складну систему підтримки прийняття рішень (СППР) [5, 6]. Мета впровадження СППР полягає у підвищенні оперативності, обґрунтованості і ефективності управлінського апарату за рахунок використання інформаційних технологій, оперативного формування на їх основі комплексної оперативної інформації, яка є необхідною для прийняття рішень. Вони поєднують комплекс методів і програмних засобів, необхідних для підтримки багатокритеріальних рішень складних задач як в умовах визначеності, так і в умовах невизначеності вихідної інформації. Доцільність та перспективи застосування СППР на залізничному транспорті наведено у роботах [7–10], аналітичний огляд яких визначатиме наступну схему: «моделювання→прогнозування→прийняття рішення», ядро якої являє собою спеціальне

інтелектуальне програмне математичне забезпечення підтримки прийняття рішень. Проте існуючі моделі не пристосовані для засобів залізничної автоматики і через інші специфічні експлуатаційні умови вони не можуть бути використані для технічного обслуговування мереж залізнично-водного сполучення.

Мета дослідження полягає у ґрунтовному аналізі та визначенні основних принципів розробки системи підтримки прийняття рішень управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики для мереж залізнично-водного сполучення. Для досягання поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

1) дослідити систему організації на автоматизованому робочому місці технолога з обслуговування засобів залізничної автоматики в порту;

2) розробити модель системи підтримки прийняття рішень, яка відображає взаємозв'язок між показниками засобів залізничної автоматики та автоматизованим робочим місцем технолога.

Виклад основного матеріалу.

Дослідження системи організації на АРМ технолога з обслуговування засобів залізничної автоматики в порту. Обслуговування мереж залізнично-водного сполучення здійснюється у відповідності з «Правилами обслуговування залізничних під'їзних колій» (статті 12, 64-77, Наказ Міністерства транспорту України № 644 від 21.11.2000 р.). Об'єднання автоматизованих систем керування портів з інформаційно-керуючими системами залізничного транспорту є характерною особливістю при технічному обслуговуванні припортових залізниць [11]. Аналіз сучасного стану припортових транспортних вузлів України [1, 2] показав недосконалість у координаційній взаємодії суміжних видів транспорту та елементів транспортної інфраструктури, тобто спостерігається відсутність синхронізації дій між роботою припортового транспортного вузла і завантаженням суден. З цього витікає ще одна важлива експлуатаційна задача – синхронізація подачі показників пристроїв залізничної автоматики (ЗА) на АРМ технолога та їх подальша передача на АРМ диспетчера залізничних перевезень порту та узгодження з роботою АРМ стивідора порту (рис. 1), що є характерним тільки для технічного обслуговування припортових залізниць.



Рис. 1. Структурна схема координаційної взаємодії диспетчерських служб припортової залізниці

Тобто задача управління процесами припортових залізниць є дискретною, діагностування і моніторингу засобів автоматики слабоструктурованою, з наявністю паралельних та

асинхронних процесів. Для її математичного опису доцільно застосовувати моделі, запропоновані К. А. Петрі [12], що на відміну від інших технологій імітаційного моделювання [13] дає змогу розробляти програмне забезпечення з детальним описом процесів функціонування системи. Основні етапи досліджень, що виконуються за допомогою мережі Петрі, включають у себе: виділення подій; з'ясування умов, за яких виникає кожна із подій; визначення кількості фішок у кожній позиції, що символізує виконання умови; з'єднання позиції відповідно до логіки виконання подій в системі; з'ясування змін, що відбуваються в системі при здійсненні кожної події [12]. Математична постановка задачі повинна враховувати

послідовний перехід з одного стану до іншого. Для дослідного випадку загальна функція матиме вигляд

$$F_1\{x(u)\} + F_2\{x(u)\} + F_3\{x(u)\} = F_4\{x(u)\}$$

де $u(t)$ – вектор управління потоками інформації;

$x(t)$ – вектор стану системи у певний момент часу.

Мережа Петрі є дводольним орієнтованим графом, вершини якого являють собою параметри системи, характеристику яким надано у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика параметрів системи управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики припортової залізниці

Позиції	Характеристика параметрів системи
	Стан показників пристроїв залізничної автоматики: A_i – рейкових кіл B_i – стрілок C_i – світлофорів
	Відповідність або невідповідність показників залізничної автоматики нормативним значенням
	Прийняття інформації про технічний стан пристроїв залізничної автоматики та готовність прийняти рухомий склад
	Прийняття інформації про готовність залізничних складів до розвантаження та узгодження сумісної роботи з судном

На рис. 2 представлено побудовану з використанням класичної мережі Петрі загальну динамічну модель управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики припортової залізниці, яка поєднує у собі функції управління вантажними роботами на судах з інформаційно-керуючими системами залізничного транспорту. Маркування мережі Петрі визначає її

стан [12]. Обраний сценарій передбачає часові затримки у роботі технолога, диспетчера та стивідора порту, пов'язані як зі швидкістю оброблення даних, так і зі впливом зовнішніх факторів, таких як затримки у подачі рухомих складів або погодні умови, які безпосередньо впливають на вантажні операції. У всіх випадках подією є передача даних.

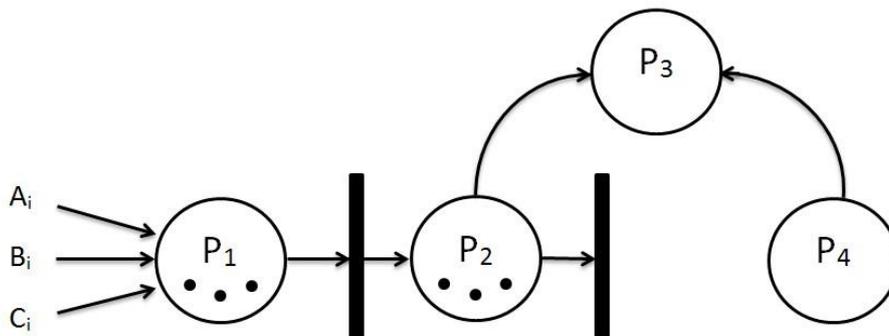


Рис. 2. Загальна динамічна модель управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики припортової залізниці з використанням мережі Петрі

Запропонована динамічна модель є базовим варіантом, покладеним в основу розробки системи підтримки прийняття рішень управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики для мереж залізнично-водного сполучення.

Модель системи підтримки прийняття рішень.

Метою створення моделі СППР є встановлення взаємозв'язку між показниками засобів залізничної автоматики та автоматизованим робочим місцем технолога з їх обслуговування, який систематизує ці дані, визначає їх можливі відхилення від нормативних показників та складає звітну документацію, на підставі якої далі розробляються заходи з технологічного обслуговування. Згідно з роботою [5] система підтримки прийняття рішень являє собою

комп'ютеризовану систему, що містить чотири основних компоненти: інтерфейс користувача, підсистему керування повідомленнями, базу даних і базу моделей. На підставі детальної проробки умов експлуатації залізничної автоматики на припортових залізницях та особливостей організаційної роботи в системі «технолог→диспетчер→стивідор порту» визначено основні функції та підфункції СППР для управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики для мереж залізнично-водного сполучення, які наведено у табл. 2. Система підтримки прийняття рішень повинна являти собою інтерактивну систему, що забезпечує кожному користувачеві (рис. 1) мережі доступ до необхідної інформації.

Таблиця 2

Функції та підфункції СППР для управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики для мереж залізнично-водного сполучення

Функції	Підфункції
Аналіз ситуації: пошук інформації	1. Фіксація погодних умов на дільниці 2. Ідентифікація показників пристроїв залізничної автоматики
Аналіз ситуації: визначення небезпечних факторів	1. Формулювання поточної сторінки обліку 2. Розрахунок відхилень знятих показників від нормативних 3. Вибір: прийняти чи відхилити
Прийняття рішень	1. Блокування засобів автоматики 2. Тимчасова зупинка транспортної мережі 3. Складання інших альтернативних заходів 4. Оцінка альтернативних напрямків дій
Поточний контроль та планування	1. Спостереження за системою 2. Складання електронної звітної документації 3. Складання плану заходів 4. Передача даних до офісу управління
Аналіз ризиків	Тестування системи: <ul style="list-style-type: none"> • плановий тест • технічний тест • операційний тест • економічний тест

Ключовим етапом дослідження функцій є прийняття рішення, коли технолог з обслуговування засобів автоматики обирає можливі варіанти сценаріїв. Цю задачу доцільно вирішувати за допомогою когнітивного моделювання [14], яке об'єднує два види моделювання – структурно-системне та імітаційне

та дозволяє розглядати процеси управління у статичному та динамічному вигляді, а також будувати моделі з постановкою числових експериментів з реальним їх застосуванням на практиці. На рис. 3 наведено загальну структуру запропонованої СППР.

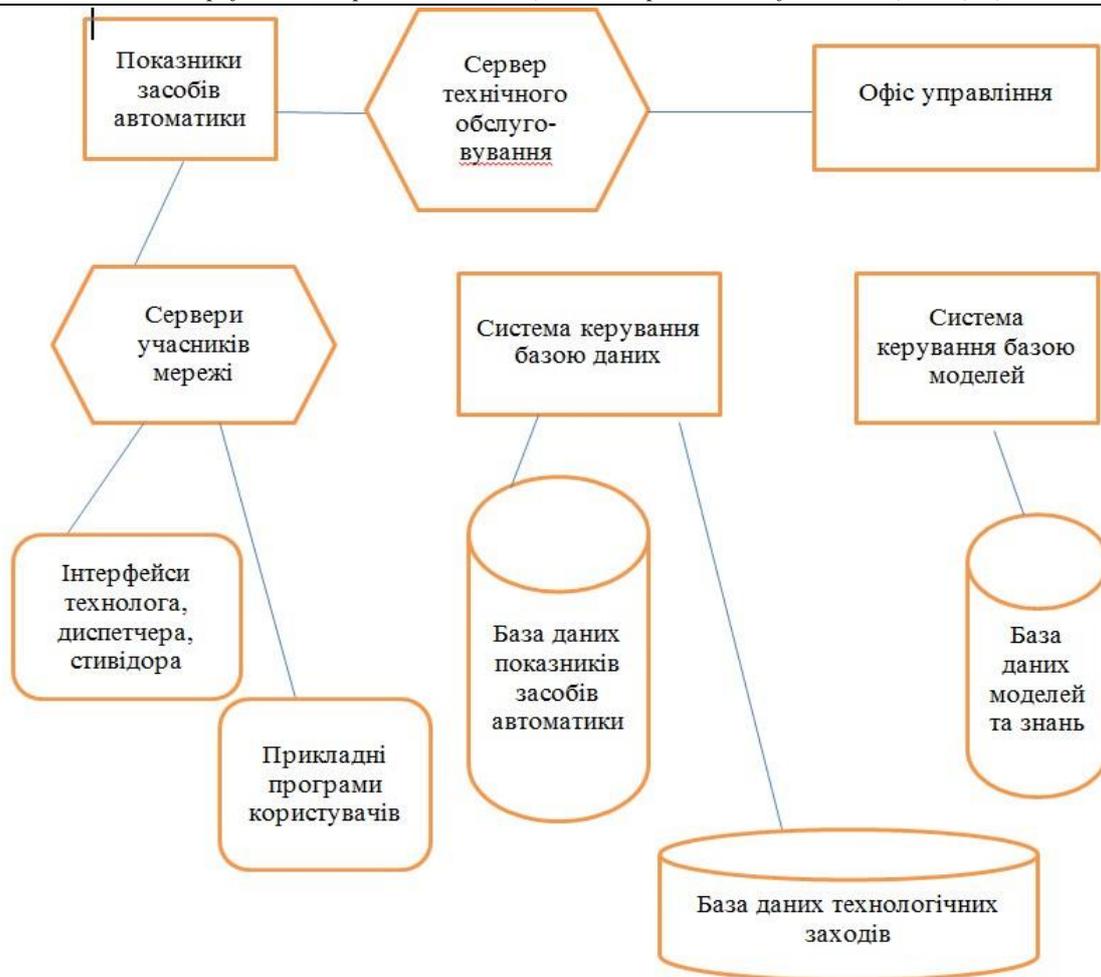


Рис. 3. Узагальнена модель СПДР управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики для мереж залізнично-водного сполучення

Вся важлива інформація проходить через сервер технічного обслуговування, на якому також містяться протоколи нарад та основні етапи прийняття рішень. Всі показники, які фіксуються засобами залізничної автоматики, заносяться до бази даних показників засобів автоматики. Система підтримки прийняття рішень постійно відслідковує ці дані, а в разі відхилення показників датчиків від нормативних значень з'ясовує характер причини (випадковий чи не випадковий); блокує систему у випадку перевищення для запобігання аварійної ситуації, тобто генерує важливі варіанти рішень, використовуючи базу моделей та знань. Підсистема керування повідомленнями забезпечує комунікації між технологом, диспетчером та стивідором через сервер технічного обслуговування.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. За допомогою методів Петрі-модельовання досліджено систему організації на автоматизованому робочому місці технолога з обслуговування засобів залізничної автоматики в порту. В результаті побудовано загальну динамічну модель управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики припортової залізниці, яка поєднує у собі функції управління вантажними роботами на судах з інформаційно-керуючими системами залізничного транспорту.

2. Сформульовано функціональні завдання системи технічного діагностування і моніторингу та розроблено модель системи підтримки прийняття рішень, яка відображає взаємозв'язок між показниками засобів залізничної автоматики та автоматизованим робочим місцем технолога, який систематизує ці дані, визначає їх можливі відхилення від нормативних показників та складає звітну документацію, на підставі якої далі розробляються заходи з технологічного обслуговування.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою когнітивної моделі управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики і постановці числових експериментів для прогнозування можливих прогнозів щодо технічного обслуговування мереж залізнично-водного сполучення.

Література.

1. Шемаєв В. В. Розвиток інфраструктури зернових терміналів у морських портах: інвестиційний аспект / В. В. Шемаєв // Збірник наук. праць Одеського національного морського університету. – 2016. – Вип. 3 (56). – С. 5-18.
2. Альшинський Є. С. Дослідження етапів розподілу процесу переробки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях / Є. С.

Альошинський, С. О. Світлична, Ю. Ю. Виборкова // Технологический аудит и резервы производства : науч. журн. – Х. : Технологический центр, 2013. – № 4/1 (12). – С. 27-33.

3. Колтунский Ю. Ю. Разработка системы диагностики электрической централизации с применением вычислительных средств / Ю. Ю. Колтунский, В. В. Лагута, А. А. Стогний // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2016. – № 11. – С.76-80.

4. Комплексный учет параметров объектов инфраструктуры железной дороги, железнодорожного подвижного состава и автомобильного транспорта для обеспечения безопасности движения на переездах / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. Г. Плотников [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2018. – Том 4. – № 2. – С. 167-194.

5. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень / В. Ф. Ситник. – К. : КНЕУ, 2004. – 614 с.

6. Коваленко И. И. Экспертные технологии поддержки принятия решений / И. И. Коваленко, А. В. Швед. – Николаев : Илион, 2013. – 216 с.

7. Мирошник, М. А. Проектирование компьютерных систем с интеллектуальной диагностической инфраструктурой / М. А. Мирошник, В. Г. Ковтук, Э. Е. Герман // РАДІОТЕХНІКА : Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. – 2011. – Вып. 164. – С. 190-197.

8. Мирошник, М. А. Разработка интеллектуальной диагностической инфраструктуры в распределенных компьютерных системах / М. А. Мирошник // Інформаційно-

керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 3. – С. 3-9.

9. Моисеевская, Д. А. Задача принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте / Д. А. Моисеевская // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2007. – Вып. 4 (13). – С.5-16.

10. Цуриков, А. Н. Автоматизированная информационная система поддержки принятия управленческих решений и рассылки оповещений в условиях чрезвычайной ситуации на железнодорожной станции // Вагонный парк. – Харьков, изд-во «Подвижной состав». – 2014. – № 1 (82). – С. 41-44.

11. Шеховцов О. І. Автоматизоване робоче місце диспетчера залізничних перевезень порту / О. І. Шеховцов // Збірник наук. праць Дон ІЗТ. – 2010. – № 24. – С. 62-68.

12. Van der Aalst, Wil. Modeling business processes: a Petri net-oriented approach / Van der Aalst, Wil and Stahl, Christian. – Cambridge : MIT press, 2011. – 400 p.

13. Иммитационное моделирование. Классика CS :Пер с англ. / Аверилл М. Лау, В. Дэвид Кельтон. – 3-е изд. – Киев : Издательская группа ВHV, 2004. – 847 с.

14. Аверкин А. Н. Поддержка принятия решений в слабоструктурированных проблемных областях. Анализ ситуаций и оценка альтернатив / А. Н. Аверкин, О. П. Кузнецов, А. А. Кулинич, Н. В. Титова // Теория и системы управления. – 2006. – № 3. – С. 139-149.

Манукян Оганес Самвелович

канд.техн.наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

Минасян Зограб Александрович

канд.техн.наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

Арзуманян Алексан Мкртычевич

док.техн.наук, профессор, Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ ТОНКОЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ КОРУНДОВЫМИ РЕЖУЩИМИ ПЛАСТИНАМИ

Manukyan H.S.

Candidate of Technical Science, docent, National Polytechnic University of Armenia Gyumri Branch

Minasyan Z.A.

Candidate of Technical Science, docent, National Polytechnic University of Armenia Gyumri Branch

Arzumanyan A.M.

Doctor of Technical Science, professor, National Polytechnic University of Armenia Gyumri Branch

DETERMINATION OF THERMODYNAMIC TEMPERATURE IN THE PROCESS OF THIN-BLADE TREATMENT WITH CORUNDUM CUTTING PLATES

Аннотация. Предложена математическая модель расчета термодинамической температуры в зоне резания корундовыми режущими пластинами. В основе модели лежит уравнение теплового баланса, записанное для процесса резания. Математическая модель учитывает режимы резания, теплофизические

характеристики режущей пластины, обрабатываемой детали, сходящей стружки, охлаждающей технологической среды, а также теплопотери радиацией и конвекцией. Для определения термодинамической температуры в процессе резания используется метод последовательных приближений.

Summary. Proposed a mathematical model for calculating the thermodynamic temperature in the cutting zone with corundum cutting inserts is proposed. The model is based on the heat balance equation written for the cutting process. The mathematical model takes into account the cutting conditions, the thermal characteristics of the cutting insert, the work piece, the descending chips, the cooling process medium, as well as the heat loss by radiation and convection. To determine the thermodynamic temperature during the cutting process, the method of successive approximations is used.

Ключевые слова: температура, корунд, процесс резания, тепловой баланс, метод итерации, точность.

Key words: temperature, corundum, cutting process, heat balance, iteration method, accuracy.

Тонкое тонколезвийное фрезерование цветных металлов и сплавов осуществляется в их сравнительно тонких поверхностных слоях, что приводит к весьма высоким тепловым и механическим нагрузкам при стружкообразовании малых сечений, вызывающих иногда трещины и прожоги на обработанных поверхностях. Значениями температур в зоне контакта с обрабатываемой поверхностью, полученных экспериментально с помощью естественных термопар, можно пользоваться лишь для описания явлений, происходящих в сравнительно больших объемах обрабатываемых материалов, например, для определения средних термических деформаций

материалов или для средней оценки качества обработанной поверхности. Оценивать более тонкие явления, происходящие в зоне контакта фрезы и обрабатываемого материала, можно только ориентируясь на значения локальных температур.

В данной работе предлагается математическая модель определения термодинамической температуры в зоне резания при обработке материалов корундовыми режущими пластинами. Математическая модель базируется на уравнении теплового баланса.

Уравнение теплового баланса для процесса резания корундовыми режущими пластинами имеет вид:

$$C_p \cdot m_p \cdot (\theta - t_{np}) + C_c \cdot m_c \cdot (\theta - t_{nc}) + C_d \cdot m_d \cdot (\theta - t_{nd}) + C_{ox} \cdot m_{ox} \cdot (\theta - t_{nox}) + Q_{тп} = P_z \cdot v \cdot \tau \quad (1)$$

где P_z - сила резания, зависящая от режимов резания (скорости, подачи, глубины), [Н]; v - скорость резания, [м/с]; C_p - теплоемкость корундовой режущей пластины, $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$; m_p - масса корундовой режущей пластины, [кг]; t_{np} - начальная температура режущей пластины из корунда, [$^{\circ}C$]; C_c - теплоемкость материала стружки (дюралюминия, латуни и т.д.), $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$; t_{nc} - начальная температура стружки, [$^{\circ}C$]; m_c - масса удаляемой стружки, [кг]; C_d - теплоемкость обрабатываемой детали (дюралюминия, латуни и т.д.), $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$; t_{nd} - начальная температура обрабатываемой детали, [$^{\circ}C$]; m_d - масса обрабатываемой детали, [кг]; C_{ox} - теплоемкость охлаждающей технологической среды (керосина), $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$; m_{ox} - масса охлаждающей технологической среды, [кг]; t_{nox} - начальная температура охлаждающей технологической среды, [$^{\circ}C$]; $Q_{тп}$ - потери тепла в окружающую среду посредством конвективного и радиационного теплообмена, [Дж]; θ - термодинамическая температура, устанавливаемая в процессе резания в условиях теплового равновесия, [$^{\circ}C$], τ - время установления стационарного процесса при резании [с].

Теплопотери в окружающую среду определяются по формуле:

$$Q_{тп} = Q_{конв} + Q_{рад} \quad (2)$$

где $Q_{конв}$ и $Q_{рад}$ соответственно конвективная и радиационная составляющие тепловых потерь, [Дж].

Конвективная составляющая тепловых потерь определяется по формуле Ньютона-Рихмана [1, 2]:

$$Q_{конв} = \alpha_{ср} \cdot F \cdot (\theta - t_{воз}) \cdot \tau \quad (3)$$

где $\alpha_{ср}$ - средний коэффициент теплоотдачи от поверхности режущей пластины и обрабатываемой детали в окружающую воздушную среду, $\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right]$; F - суммарная площадь поверхности режущей пластины и обрабатываемой детали [$м^2$]; $t_{воз}$ - температура окружающей воздушной среды, [$^{\circ}C$].

Коэффициент теплоотдачи определяется по критериальному уравнению конвективного теплообмена [2, 3]:

$$Nu = 0,66 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (4)$$

где Re - критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot l}{\vartheta} \quad (5)$$

v - линейная скорость движения режущей пластины, [м/с]; ϑ - коэффициент кинематической вязкости окружающей воздушной среды, [$м^2/с$]; l -

определяющий линейный размер, [м]; Pr - критерий Прандтля для окружающей воздушной среды.

В качестве определяющей температуры принимается температура окружающей воздушной среды вдали от зоны резания, а в качестве определяющего размера - длина режущей кромки пластины.

Определив значение критерия Нуссельта критериальному уравнению, находится коэффициент теплоотдачи α_{cp}

$$\alpha_{cp} = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} \quad (6)$$

где λ - коэффициент теплопроводности окружающей воздушной среды, $\left[\frac{Вт}{м \cdot К}\right]$.

Значения ϑ , λ и Pr для окружающей воздушной среды находятся по справочным таблицам [4, 8].

Радиационная составляющая тепловых потерь определяется по закону Стефана-Бомумана [3, 4, 5]:

$$Q_{рад} = \varepsilon_{пр} \cdot C_o \cdot F \cdot \tau \cdot \left[\left(\frac{\theta + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{воз} + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (7)$$

где $\varepsilon_{пр}$ - приведенная степень черноты технологической системы "режущая пластина-обрабатываемая деталь", определяемая по формуле [3, 4, 6]:

$$\varepsilon_{пр} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_d}} = \frac{\varepsilon_p \cdot \varepsilon_d}{\varepsilon_p + \varepsilon_d} \quad (8)$$

где ε_p - степень черноты материала режущей пластины; ε_d - степень черноты материала обрабатываемой детали; $C_o = 5,67 \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}\right]$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела. Значения ε_p и ε_d находятся из справочных таблиц [7, 8].

Подставляя выражения для тепловых потерь в уравнение теплового баланса, получим:

$$C_p \cdot m_p \cdot (\theta - t_{нр}) + C_c \cdot m_c \cdot (\theta - t_{нс}) + C_d \cdot m_d \cdot (\theta - t_{нд}) + C_{ох} \cdot m_{ох} \cdot (\theta - t_{нох}) + \alpha_{cp} \cdot F \cdot (\theta - t_{воз}) \cdot \tau + \varepsilon_{пр} \cdot C_o \cdot F \cdot \tau \cdot \left[\left(\frac{\theta + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{воз} + 273}{100} \right)^4 \right] = P_z \cdot v \cdot \tau \quad (9)$$

откуда получаем выражение для определения термодинамической температуры, устанавливаемой в процессе резания:

$$\varepsilon_{пр} \cdot C_o \cdot F \cdot \tau \cdot \left(\frac{\theta + 273}{100} \right)^4 + (C_p \cdot m_p + C_c \cdot m_c + C_d \cdot m_d + C_{ох} \cdot m_{ох} + \alpha_{cp} \cdot F \cdot \tau) \cdot \theta = C_p \cdot m_p \cdot t_{нр} + C_c \cdot m_c \cdot t_{нс} + C_d \cdot m_d \cdot t_{нд} + C_{ох} \cdot m_{ох} \cdot t_{нох} + \alpha_{cp} \cdot F \cdot \tau \cdot t_{воз} + \varepsilon_{пр} \cdot C_o \cdot F \cdot \tau \cdot \left(\frac{t_{воз} + 273}{100} \right)^4 + P_z \cdot v \cdot \tau \quad (10)$$

Обозначим:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{пр} \cdot C_o \cdot F \cdot \tau &= A \\ C_p \cdot m_p + C_c \cdot m_c + C_d \cdot m_d + C_{ох} \cdot m_{ох} + \alpha_{cp} \cdot F \cdot \tau &= B \\ C_p \cdot m_p \cdot t_{нр} + C_c \cdot m_c \cdot t_{нс} + C_d \cdot m_d \cdot t_{нд} + C_{ох} \cdot m_{ох} \cdot t_{нох} + \alpha_{cp} \cdot F \cdot \tau \cdot t_{воз} + \varepsilon_{пр} \cdot C_o \cdot F \cdot \tau \cdot \left(\frac{t_{воз} + 273}{100} \right)^4 + P_z \cdot v \cdot \tau &= D \end{aligned} \quad (11)$$

Примем:

$$t_{нс} = t_{нр} = t_{нд} = t_{нох} = t_{воз} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Для уравнения теплового баланса будем иметь:

$$A \cdot \left(\frac{\theta + 273}{100} \right)^4 + B \cdot \theta = D \quad (12)$$

Для решения уравнения (12) применим метод итераций.

Имеем:

$$\theta = \left[D - A \cdot \left(\frac{\theta + 273}{100} \right)^4 \right] / B \quad (13)$$

Выводы

1. Разработанная математическая модель позволяет рассчитывать среднюю термодинамическую температуру в зоне резания при обработке материалов режущими пластинами из корунда.

2. Учет геометрических и теплофизических параметров режущей пластины, обрабатываемого материала, сходящей стружки, теплотерьер радиацией и конвекцией, а также режимов резания позволяет повысить точность определения термодинамической температуры в зоне резания.

Список литературы:

1. Смирнов М.В. Теоретические основы теплотехники.- М.: Инфолио, 2010.- 272 стр.

2. Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. Техническая термодинамика и теплопередача.- М.: Юрайт, 2011. -560 стр.

3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача.- М.: Энергоиздат, 1981.- 416 стр.

4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи.- М.: Энергия, 1977.- 344 стр.

5. Кудинов А.А. Тепломассообмен.- М.: Инфра, 2012.- 464 стр.

6. Брюханов О.Н., Шевченко С.Н. Тепломассообмен. - М.: Инфра, 2012.- 464 стр.

7. Цветков Ф.Ф., Керимов Р.В., Величко В.И. Задачник по тепломассообмену.- М.: МЭИ, 2010.- 195 стр.

8. Краснощеков Е.Л., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче.- М.: Энергия, 1980. -288 стр.

Работа выполнена в рамках государственного финансирования по теме 18SH-2D010 ГКН Республики Армения.

Masikevych A. Yu.

PhD, associate professor

Bucovinian State Medical University

THE PUBLIC SECTOR AS THE DRIVING FORCE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND INCREASING THE LEVEL OF ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

Abstract. The main forms of activity of public environmental organizations of the Eastern Carpathians are studied aimed at preserving mountain ecosystems and improving the level of environmental safety of the region. It is shown that involvement of public environmental organizations in the assessment of environmental safety, proposed engineering and management solutions in many cases has contributed to the reduction of anthropogenic pressure on the environment.

Keywords: non-governmental environmental organizations, forms of public activity, mountain ecosystems, environmental safety

Introduction and formulation of the Problem

Environmental disasters of the late twentieth century on the territory of Ukraine (Chernobyl accident, chemical illness of children in Chernivtsi under the name of “alopecia”, poisoning of the Dniester River, etc.) prompted society to unite for the protection of their fundamental right - the right to a healthy and safe environment. The political thaw, the opening of the information veil, the removal of the secrecy mark from a number of documents under the “secret stamp” were all facilitated by this. It should be noted that in Ukraine at that time there were a number of “public” organizations such as the “Ukrainian Society for Nature Conservation” (acronym UTOP). Such “utopia” existed not only in nature conservation but also in other sectors of social activity. Chernobyl's alarming bell, fear of unknown threats, has structured society, especially in the western territories of Ukraine. It was here in 1988 in Chernivtsi that the public organization “Green Movement of Bukovina” was created, destined to become the harbinger of the first in Ukraine officially registered in the bodies of justice of the public environmental organization “Green World of Ukraine” [1].

Mass protests by citizens with fair demands to find out the causes of environmental disasters; support for the election of parliament to those political leaders who defended the human right to a clean environment and many other examples of that period could be cited.

These actions created a “ripe soil” into which the seeds of democratic restructuring of society lay through the activation of self-awareness. The days of communist influence on the “hearts and minds” of the people were gone in the summer. The competition of views on public life and the attitude to the natural resource filled the vacuum, a whole system of public organizations was formed, defending the position of the “green movement”. The period of formation was coming to an end, and it was replaced by a period of hard labor of civil society formation.

The catastrophic collapse in the economy of the state, the impoverishment of scientists, the scarcity of funds for scientific environmental studies, etc., that took place in this period, wished to use the available knowledge to preserve the environment. The assistance of the international funds ISAR, Caunterpart, Renaissance, Carpathian Fund and others, which provided grant funds for the implementation of socially significant environmental projects, was facilitated in this

Dozens of new public environmental organizations appear in the Carpathian region of Ukraine: Bukovyna branch of NECU “Krona”, ecological club “Vodograj”, “Stezharul”, “In Harmony with Nature”, Nature monument “Lavra Noble”, “Lion Society”, “Carpathian School”, “Dniester expedition”, “Ekopravo-Lviv”, “Eco-Ex”, “Ruthenia” and a number of others that formed a kind of business card for the

public environmental movement of the Eastern Carpathians region.

In December 1996, at the proposal of the “Krona” eco-NGO, an association of public environmental organizations of Bukovina and Galicia, called the “Green Movement of the Carpathian Region”, was established in the western region of Ukraine. The association included 21 eco-NGOs of Chernivtsi, Ivano-Frankivsk and Lviv regions, the association worked on the principles of the European Parliament [2].

In order to consolidate the efforts of scientists, specialists and the public in the field of improving the environment of the Carpathian region, a number of meetings, conferences of leaders of the environmental movement of Poland, Slovakia, Romania and Ukraine were held. Among them are international conferences “Save the Small Rivers of the Danube Basin” (Chernivtsi, July 1995), “The Role of the Public and Scientists in the Conservation of the Carpathian Nature” (Kosiv, October 1996) and others. All this contributed to the active involvement of the public in decision-making in the field of environmental protection, accelerated ratification of the Aarhus Convention by the Parliament of Ukraine, further improvement of the legislative framework and its harmonization with international legal instruments. It was in such actions that a number of public environmental organizations were formed [3, 4].

Ecofilm Studio (headed by professional film director Volodymyr Fesenko), with the support of international funds, created a series of environmental videos: “Quit Grain”, “Tree of Life”, “Will the Carpathian Forests Survive?” on state Ukrainian and local regional television channels [5].

To date, environmental non-governmental organizations in Ukraine have occupied a proper niche

in the process of becoming civil society. They are active participants in hearings in the Verkhovna Rada, roundtables in the media, influence the formation of environmental policy in the country, are involved in discussing the environmental impact assessment of economic activities, etc. [5, 6]. In such circumstances, the public sector is a major driving force behind the combination of organizational, management and engineering solutions to preserve the environment and enhance its environmental safety. That is why the research presented in this article is relevant and important.

Main part

In our activity, environmental NGOs in Ukraine can be distinguished in three main stages of formation: period of birth, organizational strengthening, professionalism and active influence on the decision making (Table 1).

Of great importance for establishing the authority of the eco-NGOs of the Carpathian region of Ukraine was their reorientation from the policy of confronting “one and all” (characteristic of the period of formation of most public organizations) to the implementation of specific international environmental projects. There could be dozens of examples where the ideas of one public environmental organization came together and were put together by others. These include the establishment in the Carpathians of a memorial park and at the honor of the great people of Ukraine, and international environmental camps with the participation of eco-NGOs of Slovakia, Bulgaria, Poland, and international conferences and seminars, the launch of information and resource centers, and the entry of eco-NGOs of Western Ukraine into the association “Ecomist” etc.

Table 1

Periods of formation of public environmental movement in the Pokutsko-Bukovynian Carpathian region

Formation periods	Birth (1988-1993)	Organizational strengthening (1994-2000)	Specialization, Professionalism, Active influence on decision making (2001 - present)
Forms of work	Protests actions, Picketing	Conferences, Exchange of delegations	Scientific substantiation, Participation in the environmental impact assessment
Level international relationships	Introductory	Experience study, Organizational support projects	Legal protection joint projects with border countries

In general, the Carpathian region of Ukraine is today characterized by a sufficiently developed network of public eco-NGOs that have proven themselves in real community development projects.

A number of projects of public environmental organizations have focused on the sustainable, balanced development of mountain areas, in particular the Pokutsko-Bukovynian Carpathians. Table 2 lists only some of them.

Particularly noteworthy is the project implemented in recent years by the public environmental organization Edelweiss from Kosovo,

Ivano-Frankivsk, within the framework of the Local Environmental Action Plans Program. The fact that Kosiv was selected as one of the seven demonstration communities in Ukraine is further evidence of the eco-NGO’s growth in the region.

The beginning of the 2000s was characterized by the active participation of the Carpathian region eco-NGOs in the preparation for the Ministerial Meeting “Environment for Europe” (Kyiv, 2003) and the preparation and discussion of the text of the Carpathian Convention. In recent years, the region's eco-NGOs have been implementing numerous conservation

projects for large mammals in the Eastern Carpathians and establishing eco-networks (“Krona”, “In Harmony with Nature”, “Our Home”, Ivano-Frankivsk), creating and expanding networks of nature reserve fund (NRF) sites, with Nature”, Western Center-Lviv, etc.)

Table 2

Projects implemented by eco-NGOs aimed at sustainable development of the Pokutsko-Bukovynian Carpathians

Project name	Organizations involved	Years	Practical value
«Grove in memory of the initial plastun of Ukraine Yuri Starosolsky»	Bukovyna branch of NECU “Krona” and “Green world of Bukovina” (Chernivtsi city), “Ecoplay” (Yaremche city), “Our House” (Ivano-Frankivsk city)	1993	Establishment of NGO “Green Movement of Carpathian Region”
“Carpathian Green Belt”	Establishment of NGO “Green Movement of Carpathian Region”	1994-1995	Joining forces and communities to conserve and restore the Carpathian forests
Ecological Camps	“Vodohraj” (Baniliv-Pidgirnyj village), “Krona”, “In Harmony with Nature” (Chernivtsi city), “Our House” (Ivano-Frankivsk city)	1993-2018	Environmental education
Pilot project for the formation of the regional ecological network	“Krona”, “Green World of Bukovina”	2004-2006	Network map, Description of elements
The rationale for the creation of the “Cheremoskyj” NPP, The extension of the “Vizhnitskyj” NPP	“Krona”, “Green World of Bukovina”, “Park Friends” (Berehomet district)	2007-2008	Presidential Decree on the Establishment and Extension of the NNP
Local Environmental Action Plan Program	“Edelweiss”, “Center for Community Initiatives” (Kosiv city)	2013-2017	Strengthening local communities

In 2004-2005, a project on the development of a regional eco-network was carried out on the example of the Chernivtsi region (scientific substantiation of the creation of NPP "Cheremoski" and NPP "Khotynskyi") - together with scientists-experts, state administration of eco-resources in Chernivtsi region. Initiative and justification for the location of the Carpathian Convention office in Chernivtsi. And this is the image, investments, international programs for the development of the Carpathian mountain areas.

Summarizing the above, we would like to emphasize once again the main activities of the NGOs in our region. First of all, it is environmental education of the population, education of ecological culture in society, legal protection of the population in ensuring human rights for a clean environment, public environmental expertise, participation in the development of environmental legislation, influence on government structures through specific practical actions, holding specialized environmental camps organizing leisure activities for young people in nature, holding seminars, trainings, summer schools for leaders of eco-NGOs and more.

There is a long-standing need to create powerful specialized environmental service centers in the region

(probably in the country too) that could set up an electronic network and free access to it by NGO partners, provide quality printing services to NGOs, provide training and competitions and organize competitions small grants to support community initiatives, etc.

Ukraine, now entering a new historic period of independent state development, must consider the environmental imperative as one of the most important factors in the survival of the Ukrainian nation. After all, the colonial ecological policy of the power structures of the former imperial center, the high level of concentration of industry and inefficient agriculture, long-term use of natural resources have led to the fact that today Ukraine is ecologically one of the most endangered countries in Europe. Today, in the structure of public opinion of Ukraine, unfortunately, the view of their secondaryity prevails when compared to the problems of state formation, national revival, economic formation and so on. And the lack of objective and complete environmental information, its preparation in the mass media, does not make it possible today to assess the importance and priority of environmental problems to the people of Ukraine.

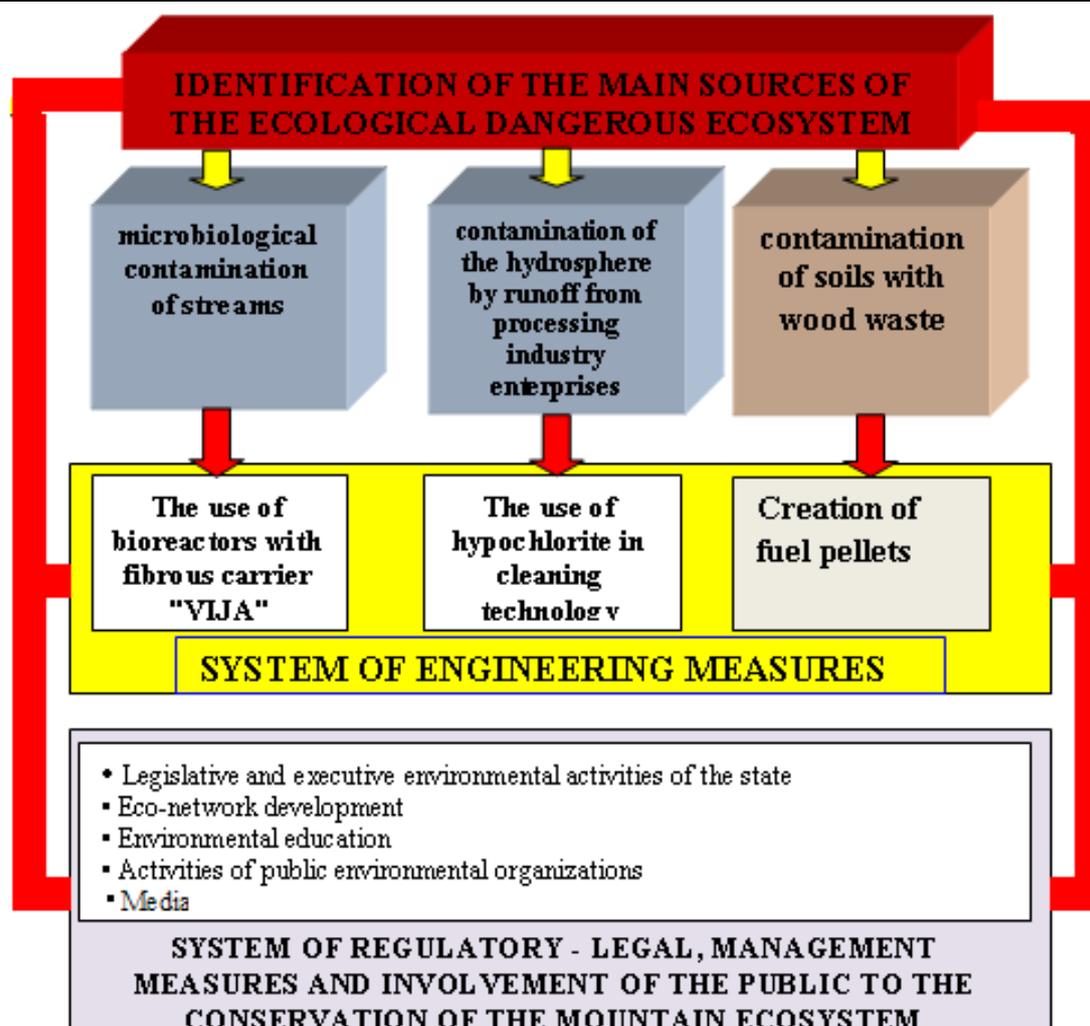


Figure - Relationship of engineering, technical, management decisions and public participation in the formation of ecological safety of the mountain ecosystem of the Pokutsko-Bukovynian Carpathians

Based on our research, we propose a scheme to improve the environmental safety of the Pokutsko-Bukovynian Carpathians, based on the active participation of the public in the environmental protection of the region (fig.).

Using sanitary and microbiological indicators, we identified the major hazards for the mountain ecosystem under study. These challenges were the organic and microbiological contamination of the river network, the discharges of untreated sewage from the processing industry enterprises, the accumulation of wood processing waste in watercourses and soils. Engineering and management solutions have been developed to reduce the level of environmental hazards. Among engineering solutions: development of surface water treatment technology using synthetic fibrous carrier "Vija", use of reagent method of treatment of untreated discharges of processing enterprises based on sodium hypochlorite, improvement of technology of obtaining fuel pellets from wood waste [7-10].

Non-governmental public environmental organizations provide significant assistance in ensuring the sustainable development of the Pokutsko-Bukovynian Carpathians. Their activities are not focused on forming the opinion of the local population

about the prospects and economic feasibility of environmental protection as an alternative way of further development of mountain areas [11].

Involvement of public environmental organizations in environmental assessment, proposed engineering and management solutions has in many cases helped to reduce anthropogenic pressure on the environment. Particular attention should be paid to the initiative of the eco-NGOs in the aspect of expanding the territories of the nature reserve fund and the formation of a regional and cross-border network. Thus, thanks to the proposals of the environmental community, the decision of Chernivtsi Oblast 2001 was proclaimed the Year of Protected Objects of the region, which served as a significant impetus for the increase in the percentage of protected areas from 7.5 to 13.8 over the next ten years.

Ukraine needs a program to overcome the ecological and economic crisis. Such a program should be based on the organic unity of ecological and economic principles of national-state revival and international partnership. In this direction, the environmental community of the Western region of Ukraine offers a kind of "The ten commandments of the cross-border partnership", which reflects the basic

principles of ecologically balanced development of the Carpathian-Danube region. It should always be remembered the prophetic words of one of the founders of the public environmental movement in Ukraine, Professor L. Sandulak, that... "we can build the most democratic country in the world, but no one will live in it" [12].

Conclusions

Involvement of the public in making important decisions and shaping the state's environmental policy, local action plans, implementation of international agreements, conventions (Bonn, Ramsar, Carpathian, etc.) serves as a guarantor of ecologically balanced development of the region with minimal damage to natural ecosystems.

References

1. Sandulyak L. (1997, 1998.) *Nasha Konstytuciya. Ekologichne pravo. Zelena Bukovy`na*, № 3-4, №1, p.11. (in Ukrainian).
2. Masikevy`ch Yu. (2001) *Pry`ncy`py` partnerstva ekoNUO v Ukrayini. Poglyad gromads`kosti: Ekologichna polity`ka v Ukrayini*. Kyiv, pp. 77–81.
3. Stegnij O. (2001) *Suchasni problemy` zeleny`kh Ukrayiny`: poglyad sociologa. Poglyad gromads`kosti: Ekologichna polity`ka v Ukrayini. Materialy` Pershoji vseukrayins`koyi konferenciyi ekologichnoyi gromads`kosti (Kyiv, 15-16 grudnya 2000). Ky`yiv, pp. 139–140. (in Ukrainian).*
4. Gromads`ka ocinka ekologichnoyi polity`ky` v Ukrayini. (2003) *Dopovid` ukrayins`ky`kh gromads`ky`kh ekologichny`kh organizacij*. Kyiv, 139 p. (in Ukrainian).
5. Masikevy`ch Yu. (2005) *Rozvy`tok gromads`kogo ekologichnogo rukhu v Karpats`komu regioni. Praci naukovogo tovary`stva im. Shevchenka. Kosiv, T.1. pp. 189–194. (in Ukrainian).*
6. Berezhnyj Ie., Havryliuk R., Masikevych Iu., Movchan Ia., Parchuk G., Tarasova O., Bolot K. (2005) *Small Hydro Power Stations Development in the Carpathians as a likely Threat: IA and SEA Aspects. Symposium Abstracts of the 17th International Symposium on Landscape Ecology: Landscape and Landscape Ecology / [Editors: Martin Bolti`hiar & Andrej Bay`a]. Institute of Landscape Ecology, Slovak Academy of Sciences. (Nitra, Slovakia, 27 – 29 May 2015). Nitra, Slovakia, p. 65.*
7. An. Masikevych, M. Kolotylo, V.Yaremchuk, Yu. Masikevych, V. Myslytsky, I. Burdeniuk, K. Dombrovskiyi. (2018) *Research of microbiological indicators of quality of surface waters of natural environmental territories of the Danube basin. EURIKA: Physics Sciences and Engineering, No 2. pp. 3–11.*
8. M. Malovanyy, G. Krusir, O. Holodovska, A. Masikevych. (2018) *Reagent purification of the processing industry enterprises. Food science and technology, vol. 12, Issue 3. pp. 109–116.*
9. Masikevych A., Kolotylo M., Yaremchuk V., Masikevych Yu., Myslytsky V., Burdenyuk I. (2017) *Use of artificially created "biofilters" for assessing the quality and purification of surface water in protected areas. Danish Scientific Journal, No 7, pp. 57–59.*
10. Andrew Masikevych, Mykhailo Kolotylo, Roman Bat , Yuriy Masikevych, Myroslav Malovanyy, Volodymyr Atamaniuk, Kateryna Petrushka. (2019) *Wood wastes utilization of the Pokutsko-Bukovinian Carpathians in the result of introduction of improved production technology of fuel briquettes. Environmental Problems, vol. 4, №1, pp. 24-31.*
11. Masikevy`ch A. Yu. (2002) *Zaluchennya gromads`ky`kh ekologichny`kh organizacij Bukovy`ny` do pry`jnyattya rishen`. Molod` u vy`rishenni regional`ny`kh ta transkordonny`kh ekologichny`kh problem: Materialy` mizhnarodnoyi naukovoyi konferenciyi (Chernivci, 22-23 kvitnya 2002 roku).- Chernivci: Zoloti ly`tavry`, pp. 157-161. (in Ukrainian).*
12. Leontij Sandulyak. (2019) *Ne movchit` – i vas pochuyut` (Svidchennya ochevy`dca ta uchasny`ka istory`chny`kh podij)*. Chernivci, 212 p. (in Ukrainian).

Aliyev E.H.
Graduate student,
head of Central Laboratory of "Azersu" OJS Company

Bahmanova F.N.
PhD, Baku State University

Hamidov S.Z.
PhD, doc., Baku State University

Rzayeva S.J.
Ph.D., Azerbaijan Medical University

Hajiyeva G.Y.
Ph.D., Azerbaijan Medical University

Halilov V.H.
Ph.D., doc., Azerbaijan Medical University

Huseynova N.S.
Azerbaijan Medical University

SORPTION EXTRACTION OF LEAD (II) FROM LIVER

Алиев Эльчин Габиль
докторант,
заведующий Центральной лабораторией в ОАО «Азерсу»

Бахманова Фидан Нариман
К.х.н., Бакинский государственный университет

Гамидов Сахиль Захид
К.х.н., доц., Бакинский государственный университет

Рзаева Сурая Джаббар
К.х.н., Азербайджанский медицинский университет

Гаджиева Гюльшан Яхья
К.х.н., Азербайджанский медицинский университет

Халилов Видади Гейдар
К.б.н., доц., Азербайджанский медицинский университет

Гусейнова Назиля Садых
Азербайджанский медицинский университет

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СВИНЦА(II) ИЗ ПЕЧЕНИ

Abstract. A new sorbent, based on a copolymer of maleic anhydride with styrene, modified with diaminobenzidine was synthesized. The conditions for the preliminary concentration of Pb (II) with synthesized sorbent were studied. A sorption isotherm of lead (II) ions with a sorbent was constructed. It was established that with increasing lead concentration in the solution, the amount of sorbed metal increases, and at a concentration of $6 \cdot 10^{-2}$ mol / l it becomes maximum (pH = 5, $C_{Pb^{+2}} = 6 \cdot 10^{-3}$ mol/l, sorption capacity = 515 mg/g). The effect of different mineral acids (HClO₄, H₂SO₄, HNO₃, HCl) with the same concentrations on the desorption of lead (II) from the sorbent was also studied. The maximum desorption of lead (II) was observed in perchloric acid. The degree of extraction of lead (II) ions under optimal conditions exceeds 95%.

Аннотация. Синтезирован новый сорбент, на основе сополимера малеинового ангидрида со стиролом, модифицированного диаминобензидином. Исследованы условия предварительного концентрирования Pb(II) с использованием синтезированного сорбента. Построена изотерма сорбции свинца(II) с сорбентом. Установлено, что с увеличением концентрации свинца в растворе увеличивается количество сорбированного металла, а при концентрации равной $6 \cdot 10^{-3}$ моль/л становится максимально (pH=5, $C_{Pb^{+2}} = 6 \cdot 10^{-3}$ моль/л, сорбционная емкость=515 мг/г). Также было изучено влияние разных минеральных кислот (HClO₄, H₂SO₄, HNO₃, HCl) с одинаковыми концентрациями на десорбцию свинца(II) из сорбента. Максимальная десорбция свинца(II) наблюдается в хлорной кислоте. Степень извлечения ионов свинца(II) при оптимальных условиях превышает 95%.

Key words: determination, sorption, lead, desorption, liver

Ключевые слова: определение, сорбция, свинец, десорбция, печень.

В настоящее время одной из глобально экологических проблем является загрязнение окружающей среды. Тяжелые металлы - основные загрязняющие вещества, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. Свинец является токсичным элементом, пагубно влияющим на организм человека. По степени воздействия на

живые организмы свинец отнесен к классу высоко опасных веществ наряду с мышьяком, кадмием, ртутью, селеном, цинком, фтором и бензапиреном. Опасность свинца для человека определяется его значительной токсичностью и способностью накапливаться в организме. Большая часть свинца поступает с продуктами питания (от 40 до 70 % в

разных странах и по различным возрастным группам), а также с питьевой водой, атмосферным воздухом, при курении, при случайном попадании в пищевод кусочков свинецсодержащей краски или загрязненной свинцом почвы.

Известен ряд способов извлечения свинца из природных и технологических объектов в частности с сорбентами. У многих известных сорбентов имеются определенные недостатки [1 - 4]. Низкая степень сорбции [1], некоторые сорбенты не поглощают металл при комнатной температуре, нужно нагревать до определенной температуры [3]; у большинства сорбентов низкая сорбционная емкость [2, 4].

Для определения и выделения свинца из природных и промышленных объектов путем концентрирования часто используют природные и синтетические сорбенты. В качестве синтетического сорбента для концентрирования и определения свинца(II) в настоящее время чаще всего используют хелатообразующие сорбенты [5-7].

Цель в настоящей работе - исследовать сорбцию свинца(II) хелатообразующим сорбентом на основе сополимера малеинового ангидрида со стиролом, синтезированным путем модификации сополимера диаминобензидином.

Экспериментальная часть

Реагенты и растворы. В работе применен полимерный хелатообразующий сорбент на основе сополимера малеинового ангидрида со стиролом. Сорбент синтезирован модифицированием сополимера с диаминобензидином по известной методике [8].

В работе использованы стандартный раствор Pb(II) с концентрацией 100 мг/л производства «Merck» с чистотой 99.99%. Для создания необходимой кислотности использовали фиксаж HCl (рН 1-2) и аммиачно-ацетатные буферные растворы (рН 3-11). Ионную силу раствора сохраняли постоянной с использованием хлорида калия (ч.д.а).

Аппаратура. Кислотность раствора контролировали на рН-метре PHS-25. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре Optima 2100.

Результаты и их обсуждение

Для определения микроколичеств ионов свинца(II) исследованы условия предварительного концентрирования его с использованием синтезированного хелатообразующего сорбента и определены оптимальные условия концентрирования.

Влияние рН на сорбцию. Изучено влияние рН на концентрирование Pb(II) с хелатообразующим сорбентом в диапазоне рН 1,0-10,0. Результаты исследования показали, что количественное извлечение достигается при рН 5,0. При рН<4 низкая степень извлечения может быть связана с протонизацией функциональных групп сорбента и малой степенью набухаемости полимера. При увеличении рН жидкой фазы набухаемость таких полимерных сорбентов увеличивается, и в результате создаются благоприятные условия для взаимодействия ионов Pb(II) с координационно-активными группами в составе макромолекулы. В водных растворах при рН≥8 ионы Pb(II) подвергаются гидролизу и наряду с катионной формой могут присутствовать в виде гидроксокомплексов [9]. При более высоких значениях рН ускоряется гидролиз и вследствие этого степень сорбции Pb(II) постепенно уменьшается.

Сорбционную способность сорбента исследуют в статических условиях. К 50 мг сорбента добавляют раствор свинца и оставляют в буферной среде при рН 1,0-10,0. Смесь отфильтровывают и концентрацию ионов Pb(II) в растворе после сорбции определяют по предварительному построенному градуированному графику и рассчитывают сорбционную емкость сорбента. Результаты при различных значениях рН среды приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние рН на сорбцию Pb(II) с хелатообразующим сорбентом.

рН	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СЕ, мг/г	43	67	84	114	127	125	103	96	63	44

Все дальнейшие исследования проводилось при рН 5,0.

Влияние концентрации свинца(II) на процесс сорбции. Чтобы определить оптимальные условия сорбции свинца(II) с полученным

сорбентом было проведено исследование зависимости сорбционной емкости от концентрации свинца (II). Результаты были приведены в таблице 2. Была построена изотерма сорбции (рис. 1).

Таблица 2.

Результаты исследования зависимости сорбционной емкости от концентрации свинца(II).

С ₀ , моль/л	2·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁴	8·10 ⁻⁴	1·10 ⁻³	2·10 ⁻³	4·10 ⁻³	6·10 ⁻³	8·10 ⁻³
СЕ, мг/г	13	49	98	127	256	403	515	510

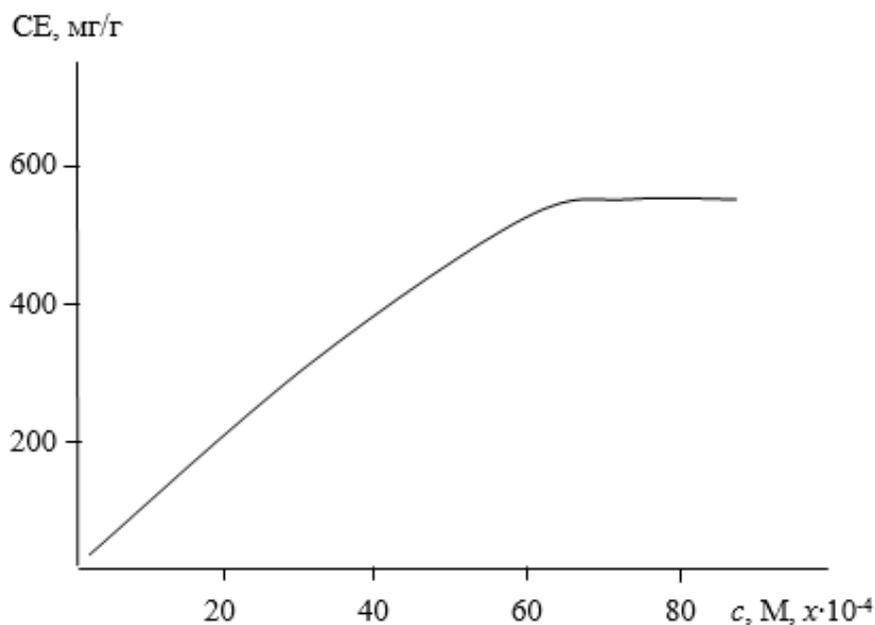


Рис.3. Изотерма сорбции свинца(II) с хелатообразующим сорбентом. $m_{\text{сорб}} = 50 \text{ мг}$, $V=20 \text{ мл}$, $\text{pH } 5,0$

С увеличением концентрации свинца в растворе увеличивается количество сорбированного металла, а при концентрации равной $6 \cdot 10^{-2}$ моль/л становится максимально ($\text{pH}=5$, $C_{\text{Pb}^{+2}}=6 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $V_{\text{ж.ф.}}=20 \text{ мл}$, $m_{\text{сорб.}}=0,05 \text{ г}$, $CE=515 \text{ мг/г}$).

Влияние ионной силы. Изучено влияние ионной силы на сорбцию. Увеличение ионной силы до $0,8 \text{ моль/л}$ не заметно влияет на сорбцию. Последующее увеличение приводит к значительному уменьшению сорбции. Это связано с тем, что с увеличением ионного окружения функциональных групп уменьшается возможность комплексообразования свинца(II). Также была исследована зависимость сорбции от времени. Полная сорбция свинца(II) происходит через 2 часов, при статических условиях.

Изучение десорбции. Изучено влияние разных минеральных кислот (HClO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 , HCl) с одинаковыми концентрациями на десорбцию ионов свинца(II) из сорбента. Установлено, что максимальная десорбция свинца(II) происходит в $1,0 \text{ М}$ хлорной кислоте.

Влияние скорости потока растворов пробы и элюента. Раствор свинца пропускали через миниколонку, содержащую 100 мг сорбента, со скоростью $1-5 \text{ мл/мин}$. В результате анализа было

установлено, что оптимальная скорость потока равна $1,0 \text{ мл/мин}$. Максимальная десорбция поглощенных ионов Pb(II) происходит при скорости потока элюента 1 мл/мин . В дальнейшие исследование в качестве элюента использовали $5,0 \text{ мл } 1,0 \text{ М HClO}_4$ при скорости потока $1,0 \text{ мл/мин}$.

Разработанная методика применена для выделения свинца(II) из печени.

ХОД АНАЛИЗА. У крысы в течении 21 дня был создан гипотиреоз в Тиразоле. Затем в течении 20 дней крысу кормили $\text{Pb(NO}_3)_2$. После этого печень крысы сушили при комнатной температуре в течение 2-3 недель. Затем сжигали в муфельной печи. Полученную золу ($0,03 \text{ г}$) переводили в химический стакан, добавляли 3 мл HCl и 1 мл HNO_3 . Нагревали на магнитной мешалке, иногда перемешивая. После полного растворения золы, содержимое переводили в колбу емкостью 20 мл , разбавляли дистиллированной водой до метки. Отфильтрованный раствор подкисляют $5,0 \text{ мл HNO}_3 (1:1)$ и пропускают через миниколонку со скоростью потока $1,0 \text{ мл/мин}$. Сорбированные ионы элюируют $5,0 \text{ мл } 1,0 \text{ м HClO}_4$. Содержание концентрации Pb(II) в растворе элюата определяют по предварительно построенному градуированному графику. Полученные результаты представлены в табл.3.

Таблица 3

Результаты определения свинца(II) из печени (n=5, P=0,95)

Образец печени	Найдено Pb, мг/л	Найдено фотометрическим методом, Pb, мг/л
I	0,19572	0,19025
II	0,23001	0,22768

Установлены оптимальные условия концентрирования ионов свинца(II) полимерным сорбентом. Исследование показало, что в

оптимальных условиях концентрирования ионы свинца количественно сорбируются ($R>95\%$).

Список литературы

1. Onwu, F. K.; Ogah, S. P. I. Studies on the effect of pH on the sorption of cadmium (II), nickel (II), lead (II) and chromium (VI) from aqueous solutions by African white star apple (*Chrysophyllum albidum*) shell // African Journal of Biotechnology (2010), 9(42), 7086-7093.
2. Sahoo, Himadri Bhusan; Tripathy, Subhasish; Equeenuddin, Sk. Md.; Sahoo, Prafulla Kumar. Utilization of ochre as an adsorbent to remove Pb(II) and Cu(II) from contaminated aqueous media // Environmental Earth Sciences (2014), 72(1), 243-250.
3. Oves, Mohammad; Khan, Mohammad Saghir; Zaidi, Almas. Biosorption of heavy metals by *Bacillus thuringiensis* strain OSM29 originating from industrial effluent contaminated north Indian soil // Saudi Journal of Biological Sciences (2013), 20(2), 121-129.
4. Pyrzynska, Krystyna; Stafiej, Anna. Sorption Behavior of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) onto Carbon Nanotubes // Solvent Extraction and Ion Exchange (2012), 30(1), 41-53. (ST)
5. Алиева Р.А., Абилова У.М., Гусейнова Н.С., Чырагов Ф.М. Сорбционно-фотометрическое

определение свинца в печени крупного рогатого скота // Журнал аналитической химии, 2017, том 72, №11, с. 1006-1011.

6. Aliyeva R.A., Huseynova N.S., Abilova U.M., Iskandarov Q.B., Chyragov F.M. Determination of Lead (II) in Liver Corpse of a Slaughtered Cattle with Preconcentration on a Chelating Sorbent // American Journal of analytical Chemistry, 2016, №7, 617-622.

7. Алиева Р.А., Абилова У.М., Гусейнова Н.С., Искендеров Г.Б., Чырагов Ф.М. Определение свинца в печени с предварительным концентрированием на хелатообразующем сорбенте // Azərbaycan əczaçılıq və farmakoterapiya jurnalı. 2015, №2. Səh. 29-32.

8. Алиева Р.А., Чырагов Ф.М., Гамидов С.З. Сорбционное исследование меди (II) полимерным сорбентом // Журн. химические проблемы. 2006. № 4. С. 161-163.

9. Турова Н.Я. Справочные таблицы по неорганической химии / Под ред. Тамм Н.С. Л.: Химия, 1977. с. 116.

УДК: 004.896:681.51

Северюхин Е.П

УСЛОВНЫЙ КРИТЕРИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ

Severyukhin E.P.

CONDITIONAL CRITERION OF PREFERENCE AT SYNTHESIS OF INTELLECTUAL SYSTEMS OF CLIMATE CONTROL

Abstract. In article new approach to creation of conditional criterion of the preference based on a different platform, combining unconditional and conditional criterion of preference is offered. New approach is based on conditional criterion of preference which allows to choose optimum combinations of couples of criteria and to select optimum structure of intellectual system for them. The conditional criterion of preference which is based on the theory of indistinct sets and the theory of decision-making is offered. This conditional criterion of preference is supposed to be used, as part of big algorithm on synthesis of system of climate control. After application of procedure of a defazifikation of [1] decisions, there are only most preferable options of execution of intellectual system of climate control.

Аннотация. В статье предлагается новый подход к построению условного критерия предпочтения, основанного на отличающейся платформе, сочетающей в себе безусловный и условный критерий предпочтения. Новый подход основывается на условном критерии предпочтения, который позволяет выбирать оптимальные сочетания пар критериев и по ним подбирать оптимальный состав интеллектуальной системы. Предлагается условный критерий предпочтения, основывающийся на теории нечетких множеств и теории принятия решений. Этот условный критерий предпочтения предполагается использовать, как часть большого алгоритма по синтезу системы климат-контроля. После применения процедуры дефазификации [1] решений, остаются только наиболее предпочтительные варианты исполнения интеллектуальной системы климат-контроля.

Ключевые слова: условный критерий предпочтения; дефазификация; нечеткое множество.

Key words: the conditional criterion of preference; defazification ; unsharp set

На современном этапе развития общества перед человеком все чаще встает проблема выбора наиболее оптимального решения с минимальным количеством известной информации, выраженной численными значениями показателей качества. Общие показатели качества, характеризующие в данной статье систему климат-контроля подчас

мало известны, иногда известны только характеристики лишь некоторых, отдельных частей системы (называемые в дальнейшем частными показателями качества), именно они и обеспечивают численные технические показатели функционирования автоматизированной системы.

При синтезе систем климат-контроля интеллектуальных зданий подходящий математический аппарат предоставляет как теория принятия решений, так и теория нечетких множеств [1], в процессе разработки успешно применяются элементы комбинаторики.

Задача определения условного критерия предпочтения, наиболее оптимально подходящая для реализации синтеза из блоков (последовательной сборки) и выбора конечного варианта системы климат-контроля представляется центральным вопросом. Она освещается в данной статье.

В процессе решения предлагается один из возможных подходов к оптимизации или к построению условного критерия предпочтения, применяемый при синтезе системы климат-контроля на основе первоначальной оптимизации с помощью площадей, и последующей деаггрегации оставшихся решений с помощью простейшей функции нормального распределения [2]. С помощью функций нормального распределения предполагается представить и выделить два множества решений: “посредственные -средние” и “средние-наилучшие”.

Мощность нечеткого множества составляется авторами только из элементов отобранных по безусловному критерию предпочтения, применяя принцип оптимальности Парето, в соответствии с теорией принятия решений.

Пусть для примера число лингвистических переменных, [1] используемых при реализации данного метода равно трем. Точность оценки качества по условному критерию представляется в трех градациях :”посредственное” [v1],

”среднее”[v2] и “наилучшее”[v3]. Количество же информационных гранул [1] используется две “посредственный—средний”[v1(x,y)-v2(x,y)]; “средний—наилучший”[v2(x,y)-v3(x,y)], где $v1(x,y), v2(x,y), v3(x,y)$ — функции принадлежности к этим трем лингвистическим переменным.

В таком случае каждая модель системы климат-контроля имеет кроме двух рассматриваемых числовых значений показателей качества еще и три функции принадлежности: $A(v1,v2,v3,x,y)$. Система, принимается наилучшей по условному критерию, если у нее степень принадлежности к грануле “средний—наилучший” является большей, чем у остальных- т.е она является наиболее оптимальным вариантом исполнения, сочетающим в себе пять блоков составляющих.

После того как получено условное, мысленное разделение системы климат-контроль на уровни проектирования, осуществляется сравнение прошедших отбор по Парето вариантов блоков системы между собой. Для наглядности они располагаются на графике по порядку см.рис.1 .

Оптимизации для прошедших отбор по Парето вариантов осуществляется по парам основных (ключевых) критериев. Весь представленный далее алгоритм приводится только для одной пары критериев X и Y. В общем же случае рекомендуется рассматривать не только одну пару ключевых критериев, а как все их возможные сочетания или если критериев много –ключевые сочетания главных критериев. В дальнейшем, на рисунке №1 изображается примерный вид расположения моделей-аналогов систем климат-контроля, взятый из реального примера.

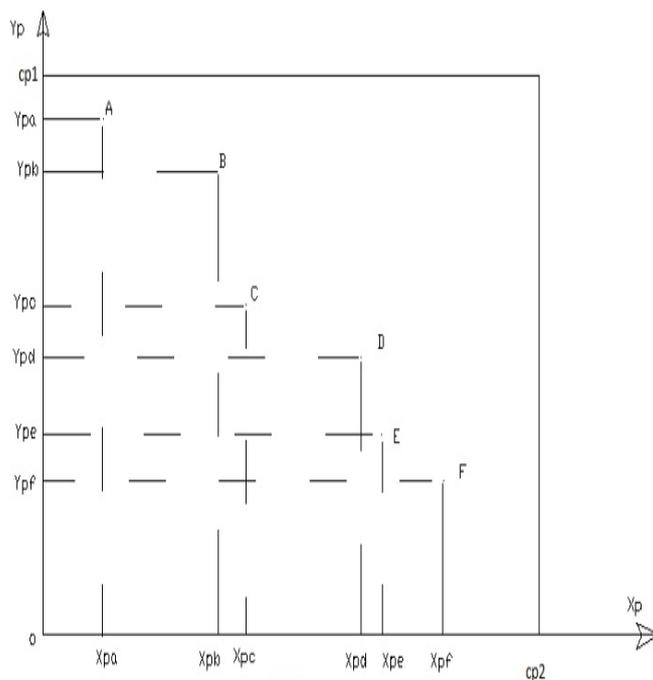


Рис.1 иллюстрация моделей аналогов, прошедших отбор по Парето

Предлагаемый алгоритм используемого условного критерия предпочтения .

1) Руководствуясь принципом рациональной необходимости, лицом принимающим решения (ЛПР) вводятся ограничения $c1$ для X_p и $c2$ для Y_p . (на практике например такими ограничениями например могут быть минимальная мощность обогрева , стоимость (бюджетные ограничения) и проч.

2) Рассчитывается общая ограничиваемая площадь [уе] $S = c1 * c2$ в условных единицах; Ограничения налагаются посредством условий определяемых заказчиком к разрабатываемому проекту.

3) Вычисляются значения:

$$\begin{aligned} s_a &= x_{pa} * y_{pa}; \\ &\dots \\ s_f &= x_{pf} * y_{pf}; \end{aligned} \quad (1)$$

4) Вычисляется промежуточный параметр: $\frac{S_{cp}}{S} = \frac{S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F}{6}$; для

представленных шести точек (2) (если число выбранных точек больше, то соответственно при расчетах нужно учесть их большее количество).

5) Вычисляется характеристика : $\Delta = \frac{S_{cp}}{S}$ при $\Delta \in [0,1]$. Данная характеристика представляет собой промежуточный параметр.

6) Вычисляются коэффициенты перевода:

$$\begin{cases} K_1 = \frac{c1}{V(p1)} = c1 = x_e ; \\ K_2 = \frac{c2}{V(p2)} = c2 = y_e \end{cases} \quad (3)$$

Вспомогательный график с единичной площадью $S_B = 1$ необходим, для того чтобы зафиксировать и отсечь площадь оптимизации, ограничиваемую по расчетным значениям на реальном графике.

7) Осуществляется расчет $S_{op} = M * \Delta * S_B$; в таком случае зададим нормирующий множитель $M=2$;

8) Рассчитывается радиус R_B : $\frac{\pi * R_B^2}{4} = S_{op} = M * \Delta * S_B$; отсюда $R_B = \sqrt{\frac{4 * M * \Delta * S_B}{\pi}}$; (5)- вспомогательный радиус .

9) Расчет крайних точек , расположенных на осях координат :

$$\begin{cases} x_p = K_1 * x_B ; \\ y_p = K_2 * y_B \end{cases}$$

Для радиуса, расположенного на вспомогательном графике:

$$\begin{cases} x_{p1} = K_1 * R_B ; y_{p1} = 0 ; \\ x_{p2} = 0 ; y_{p2} = K_2 * R_B ; \end{cases}$$

для обозначения рассчитанных координат на основном графике.

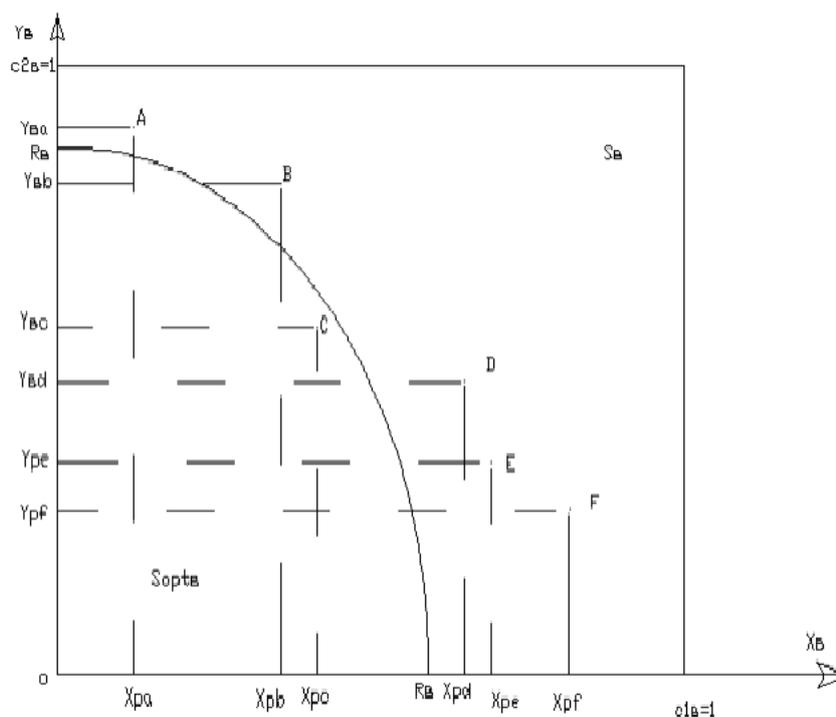


Рис. 2 Иллюстрация построения вспомогательного графика (площади оптимизации)

10) Фиксируются две крайние точки на вспомогательном графике и на основном графике [точки пересечения круга и эллипса с осями критериев соответственно]. Затем определяется местонахождение остальных точек, сначала на вспомогательном, а затем и на основном графике.

$y_B = \sqrt{R_B^2 - x_B^2}$; -для окружности . По этой формуле отображаем значения y_B на вспомогательном графике.

Шаг интерполяции на вспомогательном графике равен : $h_B = \frac{R_B - 0}{n} = \frac{R_B}{n}$; если $n=10$

(обычно такого количества точек бывает достаточно для восстановления окружности с требуемой точностью по ним, но рекомендуется для достижения большей точности использовать большее количество расчетных точек). Тогда значения получаются $x_{Bi} = x_{B0} + h_B * N$; при $N=0,1,...,n-1$. $i \in (1, n)$

Здесь для совокупности точек

$$\left. \begin{matrix} (x_{B1}, y_{B1}) \\ (x_{B2}, y_{B2}) \\ \dots \\ (x_{Bn}, y_{Bn}) \end{matrix} \right\} \text{ переводятся в } \left. \begin{matrix} (x_{P1}, y_{P1}) \\ (x_{P2}, y_{P2}) \\ \dots \\ (x_{Pn}, y_{Pn}) \end{matrix} \right\} \text{ посредством } \begin{cases} x_{Pi} = K_1 * x_{Bi} \\ y_{Pi} = K_2 * x_{Pi} \end{cases} \text{ при } N=0,1,...,n-1; i \in (1, N)$$

Шаг интерполяции (7) на основном графике рассчитывается с учетом расположения точек по которым осуществляется восстановление четверти эллипсоида на основном графике. На примере

$$y_{Bi} = \sqrt{R_B^2 - x_{Bi}^2}; \tag{6}$$

при $i \in (1, n)$.

С учетом n точек

$$\left. \begin{matrix} (x_{B1}, y_{B1}) \\ (x_{B2}, y_{B2}) \\ \dots \\ (x_{Bn}, y_{Bn}) \end{matrix} \right\} \dots \rightarrow$$

восстанавливается окружность на вспомогательном графике, рассчитанной площади. И впоследствии осуществляется построение окружности по формуле: $y_B = \sqrt{R_B^2 - x_B^2}$;

11) На основном графике строится эллипс-граница, путем перенесения рассчитанных точек со вспомогательного графика. Определение точного расположения эллипс-границы на основном графике осуществляется посредством операции преобразования.

Здесь,

приведенном в данной статье четверть круга-границы на вспомогательном графике постепенно преобразуется в четверть эллипса-границы на основном графике.

$$h_p = \frac{R_p}{n}; \tag{7}$$

где $x_{Pi} = x_{p0} + h_p * N$; (8)

$y_{Pi} = f(x_{Pi}); \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$; -Для эллипсоида с центром в точке начала координат откуда

$$y_{Pi} = \sqrt{b^2 - \frac{b^2 x_{Pi}^2}{a^2}} \text{ где } N=0,1,...,n-1; i \in (1, N) \cdot \begin{cases} a = x_{p1} \\ b = y_{p2} \end{cases}$$

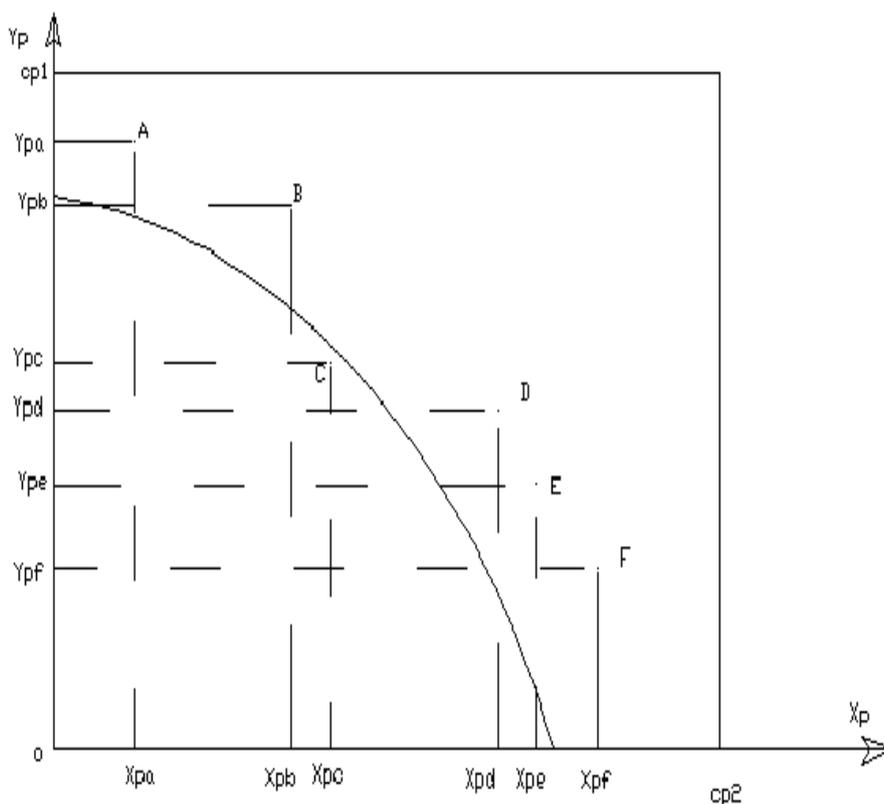


Рис. 3 иллюстрация построения основного графика с площадью оптимизации

Часть эллипсоида-границы строится посредством сплайн-интерполяции с использованием n рассчитанных точек, ограничивая площадь оптимизации по формуле эллипса.

После того как четверть эллипса построена, область содержащая прошедшие по условному критерию решения ограничена, перед лицом принимающим решения появляются два альтернативных варианта действий, из которых нужно выбрать один.

Вариант первый: ограничиться выделением наиболее подходящих сочетаний (моделей-аналогов) с последующей технической реализацией

всех оставшихся вариантов. В дальнейшем же по практической реализации в жилой зоне отобрать наилучший вариант автоматизированной системы климат-контроля.

Вариант второй: попытаться выделить, при необходимости, среди отобранных проектов наилучшие модели-аналоги автоматизированных систем с помощью теории нечетких множеств. Предположительно проектировщик ограничен в финансовых средствах, не имеет возможности реализовать все оставшиеся варианты тогда, далее в статье описывается решение вышеупомянутой задачи руководствуясь вторым вариантом действий.

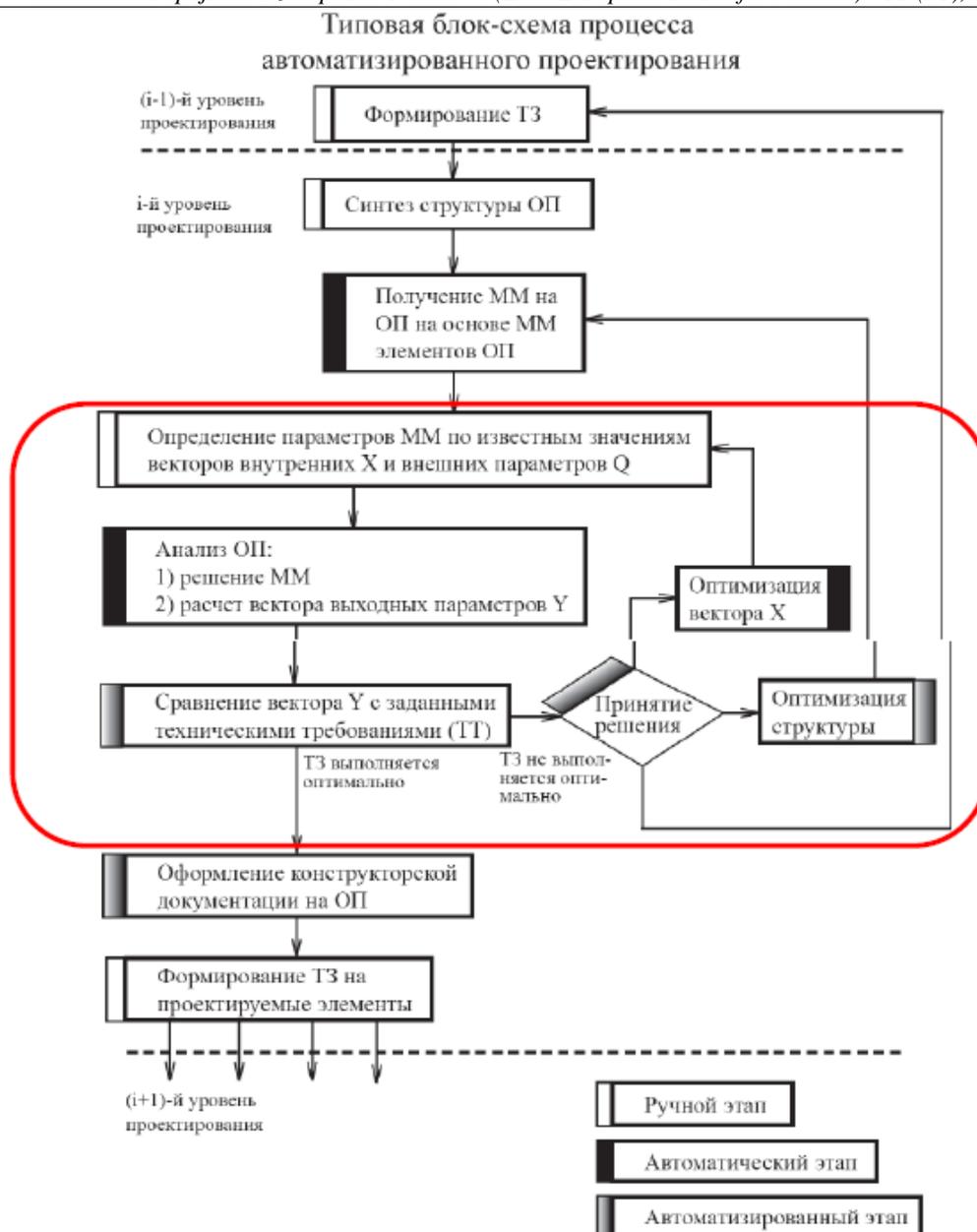


Рис.4

Решая задачу выбора оптимальной модели системы климат-контроля, в конечном счете, необходимо задействовать аппарат дефазификации нечетких множеств[1]. Использование дефазификации нехудших решений, в общем случае, допускается, чтобы случайно в процессе выбора не отбросить нехудший вариант-исполнения системы климат-контроля, оказавшийся за обозначенной границей, т.е. попадающий в зону наиболее перспективных вариантов реализации.

Операцию дефазификации отобранных решений предполагается проводить с помощью перпендикуляра, который опускается на часть эллипсоида-границы, расположенную в положительных координатных осях, из каждой точки модели-аналога. В дальнейшем измеряется длина перпендикуляра. По данной длине мы определяем качество данной системы климат

контроля. Эта длина принимается к расчету размерностью (y_i/x_i) , выражаемая через условные единицы критериев X и Y .

Длина перпендикуляра вычисляется, как числовой параметр α -для решений справа-вверху (рис.3) от разграничивающей линии и, как числовой параметр β -для решений, расположенных слева -внизу от разграничивающей линии эллипсоида (рис.3).

При осуществлении операции дефазификации нечеткого множества оценивается расположение моделей справа и слева от этого эллипсоида. Тогда процедура дефазификации предполагается проводить с помощью функции нормального распределения[2]. Здесь, α_j –длины перпендикуляров до точек A,B,D,E,F от линии эллипсоида ; $v1(\alpha_j)$ -значение величины функции принадлежности модели A,B,D,E,F к классу лингвистических переменных”.

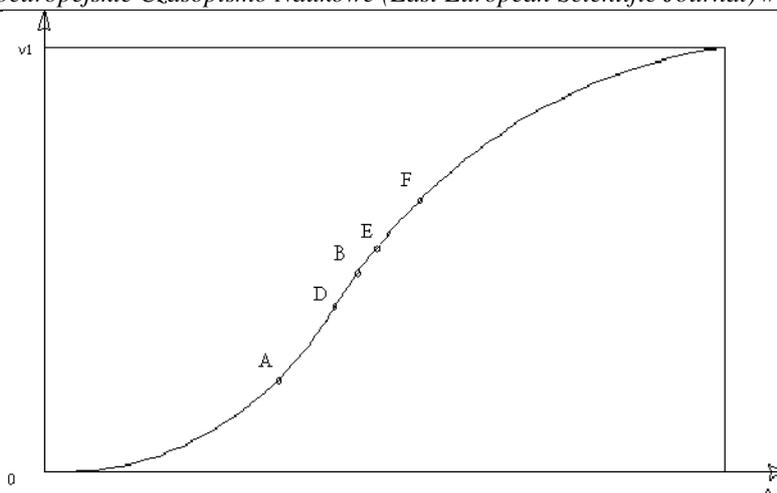


Рис.5 Иллюстрация определения величины функции принадлежности [1] для класса “средний—посредственный” используя лингвистические переменные “посредственные”[v1], “средние”[v2] ; оценка функции принадлежности вариантов-моделей

посредством параметра α_j .
$$v_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-(\alpha-s)^2/(2\sigma^2)}$$

Значение $v_2(A)$ связано с $v_1(A)$ посредством соотношения:

$$v_2(A) = 1 - v_1(A)$$

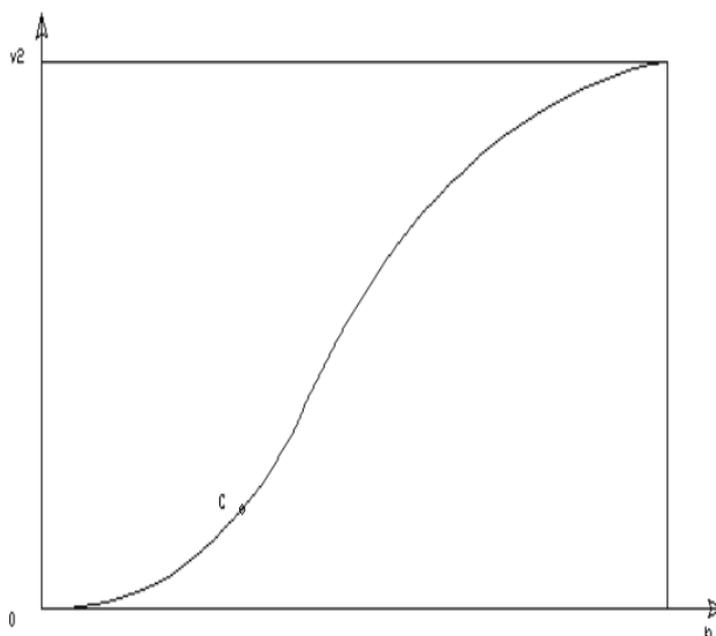


Рис.6 Определение величины функции принадлежности для класса “средний—наилучший”, лингвистические переменные: “средние”[v2], “наилучшие”[v3]; оценка функции принадлежности вариантов—моделей посредством параметра β .

$$v_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-(\beta-s)^2/(2\sigma^2)} ; \text{ где } \beta - \text{длины перпендикуляров опущенные от точки C до рассчитанной}$$

границы;

v_2 -отображает значение величины функции принадлежности модели C к классу “средних”.

Для осуществления процесса дефазификации решений используется функция нормального распределения; где $v_3(C) = 1 - v_2(C)$. Для

рассматриваемого задания в этой статье $\beta \neq 0$ только для аналога обозначаемого буквой C, $v_2(C) \neq 0$, значит из шести рассматриваемых аналогов C является единственным представителем класса

“посредственные -средние” с ненулевой функцией принадлежности.

У остальных вариантов аналогов функция принадлежности к классу “посредственные”[v1] значительно выше, чем у модели С.

$$v1(F) > v1(E) > v1(B) > v1(D) > v1(A) > v1(C)$$

$$v2(C) > v2(A) > v2(D) > v2(B) > v2(E) > v2(F)$$

Из всех оставшихся вариантов, кроме С, аналог А является наилучшим, и следует вторым по предпочтительности после С. Таким образом, для рассматриваемого примера, модель С является наиболее подходящей для практической реализации в техническом исполнении.

Приведенный пошаговый алгоритм является лишь одним из возможных в данном случае при реализации выбора, но он обладает рядом преимуществ. Во первых, он математически обоснован. Во вторых, предполагает возможность полного перебора базы данных, оставшихся из числа нехудших решений, наглядно представить варианты. В третьих, предоставляет возможность четко определить окончательный выбор, руководствуясь парой наиболее важных критериев. В четвертых, позволяет создавать новые варианты реализации систем климат-контроля и сэкономить финансовые и трудовые ресурсы при технической реализации.

Выводы

В данной статье предлагается условный критерий предпочтения, основанный на оптимизации по площадям.

Поставленная задача решается с помощью определения функция принадлежности к нескольким типам лингвистических переменных, для градации и оценки решений-аналогов систем климат-контроля между собой. В качестве вспомогательной операции выбора используется дефазификация нечеткого множества решений. В

более сложном случае (не рассматриваемом в рамках данной статьи), для более чем одной пары критериев X и Y, введение дефазификации позволит не исключить нехудшие варианты, оказавшиеся расположенные, ближе к ядру (оси) нечеткого множества[1], а при необходимости учесть качество, выраженное через другие критерии. Поскольку принадлежность к множеству “наилучшие” для одной пары критериев (X-Y) не подразумевает автоматического включения данной реализации в множество “нехудшие” для других пар критериев.

В результате осуществления вышеуказанного алгоритма реализуется подготовка к проектированию нового варианта системы климат-контроля. Происходит последовательная отбраковка неподходящих вариантов блоков и число возможных сочетаний для синтеза автоматизированной системы климат-контроля сокращается, впоследствии же осуществляется синтез автоматизированной системы.

Литература:

1. Анджей Пегат. Нечеткое моделирование и управление, Щецинский технический университет. Пер.с англ. А.Г.Подвесовского, Ю.В.Тюменцева. М.:Бином,2009;

2. В.Е.Гмурман Теория вероятностей и математическая статистика. М.”Высшая школа”,2001 .

3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. Пособие для вузов. Под. ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова.- М.: Высш. шк., 2004-616 с.: ил.

4. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г.Э.Яхьяева.-2-е изд., испр.-М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010-316 стр..

г. Дубна, Международный университет природы, общества и человека “Дубна”, 2019

Bulygin Yu. I.

*Grand PhD in (Engineerin) sciences,
professor of the Department of life Safety
and environmental protection,
Don State Technical University*

Tkacheva V. A.

*Master student of the Department of life Safety
and environmental protection,
Don State Technical University*

Lutkova E. M.

*Master student of the Department of life Safety
and environmental protection,
Don State Technical University*

ELEMENTS OF RISK-ORIENTED APPROACH IN INDUSTRIAL SAFETY AND LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEMS OF ENTERPRISES

Булыгин Юрий Игоревич

*доктор технических наук,
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»,
Донской государственной технической университет*

Ткачева Виктория Андреевна

*магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»,
Донской государственной технической университет*

Луткова Екатерина Михайловна

*магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»,
Донской государственной технической университет*

ЭЛЕМЕНТЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ОХРАНОЙ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЙ

Summary. The methodology of approaches to the assessment and calculation of risk levels of accidents at a hazardous production facility and in violation of articles of sanitary legislation in the field of labor protection has much in common. This is explained by a unified conceptual risk-oriented approach to risk management in both the industrial safety management system and the occupational safety management system. Calculation of individual and collective risks for oil refining production is given and conclusions on risk management are made. The method of risk assessment at the repair enterprise on the basis of determination of the hazard index by expert methods is described.

Аннотация В методологии подходов к оценке и расчету уровней рисков аварий на опасном производственном объекте и при нарушении статей санитарного законодательства в области охраны труда много общего. Объясняется это единым концептуальным риск-ориентированным подходом при управлении рисками как в системах управления промышленной безопасностью ОПО, так и СУОТ. Приведен расчет индивидуальных и коллективных рисков для нефтеперерабатывающего производства и сделаны выводы по управлению рисками. Описан метод оценки риска на ремонтном предприятии на основе определения индекса опасности экспертными методами.

Key words: *industrial safety, oil refining, engineering, risk analysis, accident, labour protection, risk-based approach.*

Ключевые слова: *промышленная безопасность, переработка нефти, машиностроение, анализ риска, авария, охрана труда, риск-ориентированный подход.*

Введение. Обеспечение безопасности технологического процесса и улучшение условий труда на объектах нефтепереработки и машиностроения являются одними из важнейших задач. Проведенные технические расследования причин аварий на данных объектах позволили установить их экономический ущерб от 15 до 100 млн. руб. Также высок ущерб от травматизма и

профессиональных заболеваний на рабочем месте в машиностроении.

Актуальность исследования обоснована необходимостью модернизации системы управления промышленной безопасностью и охраны труда для нефтеперерабатывающих предприятий (относятся к ОПО) и ремонтных предприятий машиностроительной отрасли (эксплуатируются технические устройства с

признаками ОПО), которая должна включать в себя отказ от компенсационной модели, и постепенный переход к предупреждающим действиям и мерам, а также оценку рисков аварийных ситуаций. Для этого данная система должна представлять собой не отдельные несбалансированные на каждом этапе мероприятия, а единое целое, т. е. технологии должны быть безопасными, цели и задачи понятны руководству и исполнителю на рабочем месте.

Риск-ориентированный подход. Важнейшей функцией как системы управления промышленной безопасностью ОПО, так и СУОТ является внутренний контроль (аудит), основанный на риск-ориентированном подходе.

Работоспособность и надежность различного оборудования, эксплуатируемого в промышленности, необходимо обеспечивать управлением его техническим состоянием, а значит, обязательным условием реализации данной цели является усовершенствование и развитие системы ремонта и технического обслуживания оборудования. Поэтому качественная работа ремонтных объектов производственного комплекса играет важную роль для поддержки общей работоспособности машиностроительной и нефтеперерабатывающей отрасли. Для такого рода предприятий характерным является специализация участков и цехов, определяющая для каждого из них строго регламентируемую группу выполняемых операций.

Такая организация деятельности предприятий позволяет достичь высокого уровня качества выпускаемых продуктов и изделий, непрерывную работу оборудования, кроме того, концентрация усилий персонала на выделенном производственном участке позволяет повысить

уровень их квалификации. Уменьшение количества производимых на каждом рабочем месте операций позволяет достичь более высокой специализации и применять при больших производственных объемах высокопроизводительное и технологичное оборудование, снизить трудоемкость и повысить качество выпускаемой продукции.

В рассматриваемых отраслях производств основные цеха предприятия принято разделять в зависимости от специфики производственных процессов.

Техническая документация, применение специального технологического оборудования и комплектующих элементов, работа службы технического контроля и работа с кадрами, а так же работа вспомогательных служб объединяет в себе технологический процесс.

Риск-ориентированным подходом к управлению промышленной безопасностью (ПБ) называют систему, основанную на принятии решений, ориентированных на учет степени риска. Риск измеряет возможность воздействия опасности на человека и значимость последствий такого воздействия. Именно это имеется ввиду, когда говорят, что риск – это сочетание двух характеристик.

Суть риск-ориентированного подхода заключается в снижении рисков: контроль над объектами (цехами) повышенной опасности, а в более безопасных зонах – снижается либо отсутствует. Это позволяет вовремя принимать необходимые меры там, где это необходимо и в значительной мере экономить ресурсы.

Для осуществления анализа опасностей и оценки риска аварий на промышленном предприятии используют план анализа опасности объекта (рис.1).

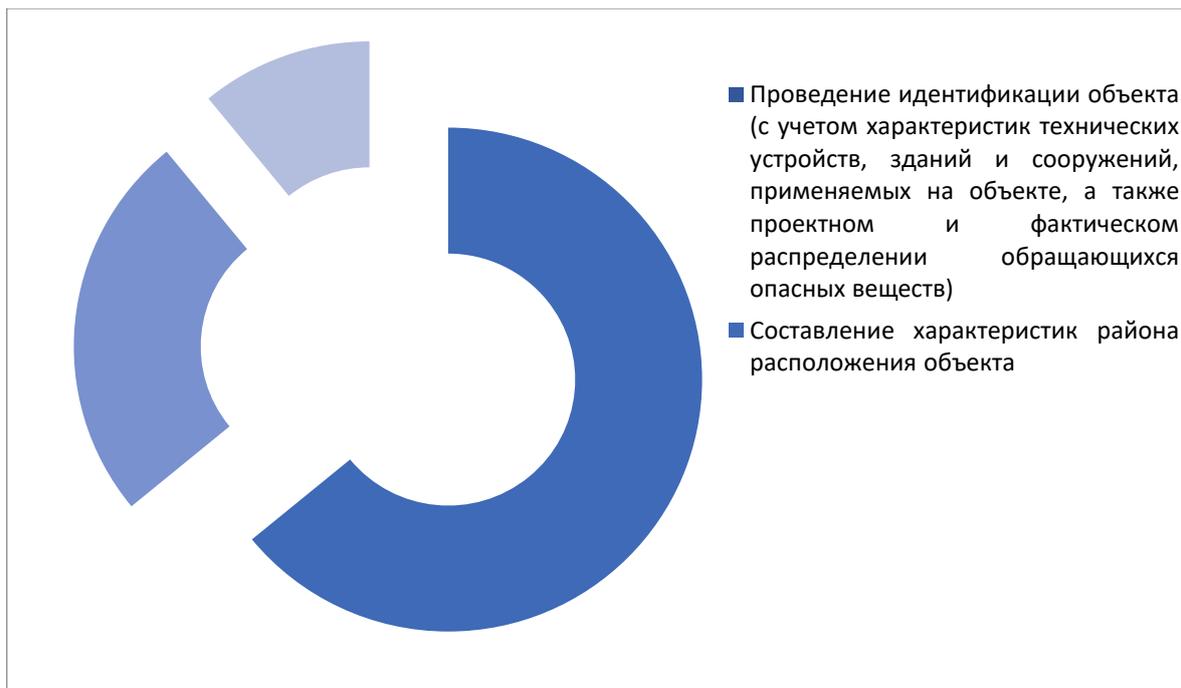


Рисунок 1 - План анализа опасности объекта

Расчет значений индивидуального и социального рисков для территории производственных объектов и прилегающей к объекту территории проводится по методикам, изложенным в «Руководстве по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах", утвержденном приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144 и "Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404.

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи производственного объекта, индивидуальный риск принимается равным величинам потенциального риска в этой зоне.

Индивидуальный риск для работников объекта оценивается частотой поражения определенного работника производственного объекта опасными факторами в течение года.

Величина индивидуального риска R_m (год⁻¹) для работника m производственного объекта при его нахождении на территории объекта определяется с помощью соотношения:

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} P(i), \quad (1)$$

где $P(i)$ - величина потенциального риска в i -ой области территории объекта, год⁻¹; q_{im} - вероятность присутствия работника m в i -ой области территории объекта.

Коллективный риск при аварийной ситуации определяем по формуле:

$$R_k = k \cdot R_m \cdot N, \quad (2)$$

где: R_k - коллективный риск; k - коэффициент, учитывающий соотношение числа пострадавших людей от аварии (с учетом их технической и индивидуальной защищенности) к общему числу N людей, находящихся в зоне аварийной ситуации; R_m - индивидуальный риск; N - число людей, находящихся в зоне аварии.

Для производственных объектов социальный риск принимается равным частоте возникновения событий, при реализации которых может пострадать в результате воздействия опасных факторов не менее 10 человек.

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи производственного объекта, социальный риск S (год⁻¹) определяется по формуле:

$$S = \sum_{j=1}^L Q_j, \quad (3)$$

где L - число сценариев развития аварийных ситуаций, для которых выполняется условие $N_i \geq 10$; N_i - среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи производственного объекта в результате реализации j -го сценария в результате воздействия опасных факторов.

Величина N_i определяется по формуле:

$$N_i = \sum_{j=1}^I Q_{dij} n_i, \quad (4)$$

где I - количество областей, на которые разделена территория, прилегающая к производственному объекту (i - номер области); Q_{dij} - условная вероятность поражения человека, находящегося в i -ой области, опасными факторами при реализации j -го сценария; n_i - среднее число людей, находящихся в i -ой области.

Оценка риска аварий на опасном производственном объекте.

Произведем расчет рисков для нефтеперерабатывающего производства с общей численностью работников 149 человека, в т.ч. в наибольшую работающую смену - 20 человек.

Вероятность присутствия работника m в i -ой области территории объекта определяем как $q_{im} = P$, где P - частота посещения объекта.

Для резервуарных парков $P=0,04$, для эстакад $P=0,02$, для насосных $P=0,02$, для технологических трубопроводов $P=0,04$.

Количество пострадавших при аварии не превышает 10 человек, т.е. социальный риск равен нулю, т.к. параметр L в формуле (4) равен нулю.

Индивидуальный риск составляет:

$$\begin{aligned} R_m &= 0,04 \cdot (4,295 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \cdot (0,6305 \cdot 10^{-5}) \\ &\quad + 0,04 \cdot (0,14742 \cdot 10^{-5}) + 0,02 \\ &\quad \cdot (1668,0 \cdot 10^{-5}) + 0,02 \\ &\quad \cdot (1045,0 \cdot 10^{-5}) + 0,02 \\ &\quad \cdot (973,0 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,101 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,9462 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,8128 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,8128 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,21222 \cdot 10^{-5}) \\ &= 74,0 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1} \\ &= 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1} \end{aligned}$$

Коллективный риск:

$$\begin{aligned} R_k &= k \cdot R_m \cdot N = 9/20 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \\ &= 6,7 \cdot 10^{-3}, \text{ чел/год} \end{aligned}$$

Матрица для определения опасности территорий (зон) по критерию «частота реализации – социальный ущерб»

Частота реализации опасности случаев/год	Социальный ущерб				
	Погибло более одного человека, имеются пострадавшие	Погиб один человек, имеются пострадавшие	Погибших нет, имеются серьезные пострадавшие	Серьезно пострадавших нет, имеются потери трудоспособности	Лиц с потерей трудоспособности нет
> 1	Зона неприемлемого риска				Зона
1...10 ⁻¹	необходимы неотложные меры			жесткого контроля	
10 ⁻¹ ...10 ⁻²	по уменьшению риска		необходима оценка		
10 ⁻² ...10 ⁻³	целесообразности мер по				
10 ⁻³ ...10 ⁻⁴	уменьшению риска				
10 ⁻⁴ ...10 ⁻⁵	Зона приемлемого риска, нет необходимости				
10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁶	в мероприятиях по уменьшению риска				

По результатам расчета рисков можно заключить, что на нефтеперерабатывающем предприятии необходима разработка мер по уменьшению риска.

Рассмотрим теперь возможности управления рисками в СУОТ машиностроительных предприятий. Ниже приведем пример расчета уровней риска при нарушении статей санитарного законодательства на ремонтном предприятии, предложенный [1].

Возможный потенциальный риск нанесения вреда здоровью работников ремонтного предприятия, находящихся под действием ОВПФ, проявляющихся в нарушении законодательства (R) рассчитывается по формуле (5) [2,3,4]:

$$R = \sum_k (p_k \cdot u_k \cdot M), \quad (5)$$

где p_k – вероятность не исполнения k -ой статьи санитарного законодательства ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и ФЗ «О защите прав потребителей» и иного законодательства в области защиты прав потребителей; u_k – показатель, характеризующий вред здоровью при нарушении k -ой статьи законодательства; M – показатель, характеризующий численность персонала, находящегося под воздействием определенных факторов (масштаб воздействия).

Вероятность возможного нарушения санитарного законодательства для ремонтных предприятий (p_k) определяется по зависимости (6) [2,3,4]:

$$p_k = \frac{m_k}{n}, \quad (6)$$

где p_k – частота нарушения санитарного законодательства/законодательства в сфере защиты прав потребителей по k -ой статье для каждого вида деятельности; m_k – число выявленных нарушений санитарного законодательства в сфере защиты прав потребителей по k -ой статье по каждому виду деятельности; n – общее число проверок по виду

деятельности.

Коэффициент масштабности рассчитывается по формуле (7)[2,3,4]:

$$M = V \cdot K(V), \quad (7)$$

где M – показатель численности контингента, который находится под воздействием определенного типа деятельности; V – показатель, который количественно характеризует объект надзора и определяет численность населения, находящегося под его воздействием; $K(V)$ – коэффициент, позволяющий привести показатель V к безразмерному виду.[2,4]

Исходные данные для расчета примем на основании акта проверки предприятия Роспотребнадзором в 2016 году. Периодичность таких проверок – один раз в три года. В ходе проверки были выявлены тринадцать нарушений обязательных требований и требований, установленных муниципальными правовыми актами.

Вероятность нарушения санитарного законодательства по k -ой статье ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» предполагает расчет данного показателя при соотношении нарушения правовых актов со статьями ФЗ №52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999г. Из перечня статей выберем те, которые относятся непосредственно к охране труда. Это статьи 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Расчет вероятности нарушения санитарного законодательства выполним для каждого нарушения (формула (6)). Число выявленных нарушений выбираем из акта проверки, а общее число проверок равно количеству рабочих мест на ремонтном предприятии.

Для тринадцати выявленных нарушений расчет вероятности нарушения сведем в табл. 2. Коэффициент масштаба рассчитывается для учета общего числа работников, здоровью которых может быть причинен ущерб из-за нарушения требований законодательства в отношении защиты прав потребителей и санитарных требований.

Результаты расчета вероятности нарушения санитарного законодательства судоремонтного предприятия

<i>k</i> -ая статья ФЗ №52	Число нарушений <i>k</i> -ой статьи ФЗ №52 на рабочих местах, m_k	Вероятность нарушения санитарного законодательства, p_k	Число работников предприятия, n
1	6	0,004	1499
2	1	0,0007	1499
3	2	0,001	1499
4	1	0,0007	1499
5	3	0,002	1499
6	14	0,009	1499
7	9	0,006	1499
8	3	0,002	1499
9	5	0,003	1499
10	5	0,003	1499
11	1	0,0007	1499
12	4	0,0026	1499
13	1	0,0007	1499

$K(V)$ в нашем случае будет равен $8,6 \cdot 10^{-6}$ [46]
 Коэффициент масштабности для рассматриваемого судоремонтного предприятия равен (формула (7)):

$$M = 1808 \cdot 8.6 \cdot 10^{-6} = 0,016$$

$$R = 0.004 * 0.001794 * 0.16 + 0.0007 * 0.0381 * 0.16 + 0.001 * 0.000138 * 0.16 + 0.0007 * 3.02E - 08 * 0.16 + 0.002 * 3.02E - 08 * 0.16 + 0.009 * 0 * 0.16 + 0.006 * 0 * 0.16 + 0.002 * 0 * 0.16 + 0.003 * 0 * 0.16 + 0.003 * 0 * 0.16 + 0.0007 * 3.02E - 08 * 0.16 + 0.003 * 0.025091 * 0.16 + 0.0007 * 0 * 0.16 = 1.74811 * 10^{-5}$$

Класс опасности для данного объекта определяется как третий, периодичность проверок должна быть не чаще, чем один раз в три года [46]. Необходимо проводить корректирующие мероприятия, для снижения класса опасности до четвертого, чтобы снизить периодичность проверок до одного раза в пять лет, либо получить полное освобождение от проверок.

Заключение

1. В методологии подходов к оценке и расчету уровней рисков аварий на опасном производственном объекте и при нарушении статей санитарного законодательства в области охраны труда много общего. Объясняется это единым концептуальным риск-ориентированным подходом при управлении рисками как в системах управления промышленной безопасностью ОПО, так и СУОТ.

2. Приведен расчет индивидуальных и коллективных рисков для нефтеперерабатывающего производства и сделаны выводы по управлению рисками.

3. Описан метод оценки риска на ремонтном предприятии на основе определения индекса опасности экспертными методами, с определением вероятности наступления каждого

Показатель, характеризующий вред здоровью при нарушении *k*-ой статьи законодательства u_k выбирается в зависимости от вида деятельности предприятия и статьи законодательства, которая была нарушена. [46]

Далее рассчитаем категорию риска для рассматриваемого предприятия по зависимости (5):

неблагоприятного инцидента, идентифицируемого на стадии выявления опасности с последующим анализом риска с учетом опасных и вредных факторов на конкретном рабочем месте для ремонтных предприятий машиностроительной отрасли.

Список литературных источников

1. Короткий А. А., Панфилов А. В., Курилкин Д. А. Риск-ориентированный подход к организации надзорной деятельности в области промышленной безопасности. / А. А. Короткий, А. А. Кинжибалов, А. В. Панфилов, Д. А.Курилкин. // Безопасность труда в промышленности – 2016. - №2.

2. Методические рекомендации «Риск-ориентированный подход к осуществлению контрольно-надзорной деятельности территориальными органами Роспотребнадзора» / размещено на сайте Роспотребнадзора.

Режим доступа:
http://rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=2854

3. Алешин А.В. Ростехнадзор идет по пути снижения административного давления на предприятия / А. В. Алешин // Промышленная и

Mykhailiuk V.V.*Associate Professor, PhD (in engineering)**Department of Oil and Gas Field Machinery and Equipment
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas***Artym V.I.***DSc, Professor**Department of Construction and Civil Engineering
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas***Faflei O.Y.***assistant**Department of Construction and Civil Engineering
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas***Deineha R.O.***Assistant**Department of Oil and Gas Field Machinery and Equipment
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas***Yurych A.R.***Associate Professor, PhD (in engineering)**Department of Oil and Gas Well Drilling Engineering
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

IMPROVEMENT OF THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF DOUBLE SHOULDER TOOL JOINT OF DRILL COLLARS

Summary. The need to design new and improve existing drilling equipment is one of the important conditions for ensuring the efficiency of well construction. During drilling operations, the elements of the drill string, including their tool joints, are exposed to the highest load. Double-shoulder tool joints that have several advantages over standard (single-shoulder) ones, are becoming widespread in the world.

However, such joints require a secure contact and a specified load along three surfaces (the threaded surface, main and auxiliary end faces) simultaneously, which must be secured by a tight tolerance of the distance between the main and auxiliary end faces and the ends of the pin and the tool joint box. Failure to follow stringent requirements can lead to accelerated fatigue failure of the thread and, consequently, to drill string failures. Therefore, it is necessary to design a tool joint that will work effectively throughout the entire period of operation.

The analyzed existing options for solving the problem solve it to some extent, but have several disadvantages. To eliminate them, it is proposed to use elastic elements (ring springs) in the construction of double-shoulder tool joints.

The use of such elements makes it possible to create the necessary axial loads on the internal, and as a consequence, on the outer support joints and maintain their ratio throughout the operating lifetime without affecting the stress distribution in the danger areas of the connection, which was confirmed by simulation modeling.

In addition, the use of elastic elements reduces the impact of fabrication precision of the tool joint on its stress-strain state.

Keywords: drill string, double-shoulder tool joint, elastic elements, drill collars, tension, simulation modeling.

Introduction

The construction of directional and horizontal wells at oil and gas fields has led to the need to create and use qualitatively new sophisticated drilling equipment. First of all, it concerns the elements of the drill string assembly, which in the most difficult operating conditions must withstand high torsional, bending and tensile loads. Existing pipes made in accordance with API specifications cannot withstand such loads.

These loads on the drill string are multiplied several times under increased pressures and

temperatures, thus requiring additional equipment strength and maximum reliability of the tool joints of drill pipes and drill collars.

Moreover, in view of the high cost of drilling, operating companies and drilling contractors place utmost importance on reducing operational and other risks in well construction and maximizing production costs. The latter is impossible without the use of highly reliable equipment along with optimization of well construction programs.

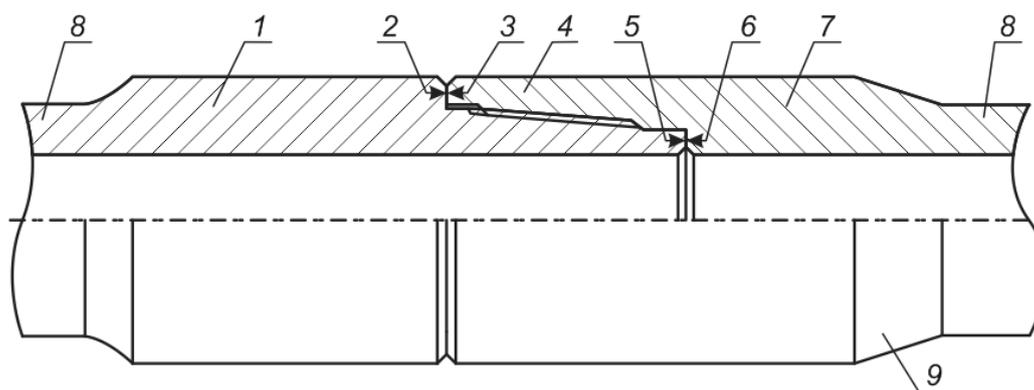
Well construction efficiency is mainly related to increased drilling rate and reduced non-productive

time. This goal can be achieved by a competent approach to the drill string construction and assembly at the design stage, taking into account the following factors:

- the external and internal shape of the drill pipes and tool joints should not create much hydraulic resistance when drilling fluid moves;
- the mechanical characteristics of the pipe body, welds and threaded joints must be high enough to withstand the makeup torque, bending, tensile and torsional loads;
- other drill pipe design features (internal upset, turnkey distance, etc.) that affect the fatigue strength of the metal, the possibility of additional repair [1].

Analysis of previous studies and publications.

Joint (threaded connection) is a weak point in the standard design of drill pipes and drill collars. It is known that the efficiency of the joint (the ratio of the torsional load that the drill pipe can withstand to the torsional load that the tool joint withstands) is about 80 - 90% [2]. In order to increase this figure, as well as to increase the efficiency of work with simultaneous torsion, tension and bending (that is, under the most typical loads arising in case of drilling emergencies), double-shoulder tool joints are used in world practice today (Fig. 1) [3-5].



1 – pin; 2 – stop shoulder of the pin; 3 – stop face of the box; 4 – tool-joint thread; 5 – stop face of the pin;
6 – stop shoulder of the box; 7 – box;
8 – pin and box necks; 9 – tapered elevator shoulder
Figure 1 – Scheme of double-shoulder tool joint

Double-shoulder joint design contains the main external support (consists of **stop shoulder of the pin** 2 and **stop face of the box** 3), which serves as the surface of the joint tightening, and additional internal support (consists of **stop shoulder of the box** 6 and **stop face of the pin** 5), which is a mechanical limiter and a friction surface that provides additional resistance to the applied torsional and bending moments. The designs of such connections have threads as well as standard connections according to the American Petroleum Institute (API).

For the design of double-shoulder tool joints of drill collars, the following advantages can be distinguished compared to standard API tool joints:

- higher torque transmission (even 1.5 times) and higher bending resistance;
- preventing jamming of tool joints under maximum torsional moments;
- higher fatigue strength;
- in combination with high-strength pipes allow the construction of complex profile wells with a high intensity of deviation;
- allow to significantly increase the hydraulic characteristics (having an equal internal diameter, which causes a smoother flow of drilling fluid, reducing turbulence, eliminating the possibility of sticking of solid parts of the mud inside the tool joint);
- interchangeability with standard tool joints;

- greater tolerance for wear on the outer surface of the tool joint.

The design and study of double-shoulder tool joints of drill collars are considered in the publications [6-8].

However, such joints require a secure contact and a specified load along three surfaces (the threaded surface, main and auxiliary end faces) simultaneously. It is difficult to do this, despite the tight tolerance of the distance between the main and auxiliary end faces and the ends of the pin and the tool joint box.

As a result, one of the supporting ends may be unloaded and the other end may be overloaded. Particularly dangerous is the case where, due to minor deviations from the specified tolerances, the support end remains unsupported or even open. As a result, it can accelerate the fatigue failure of the thread, and as a consequence, breakage and consequently damage of the drill string.

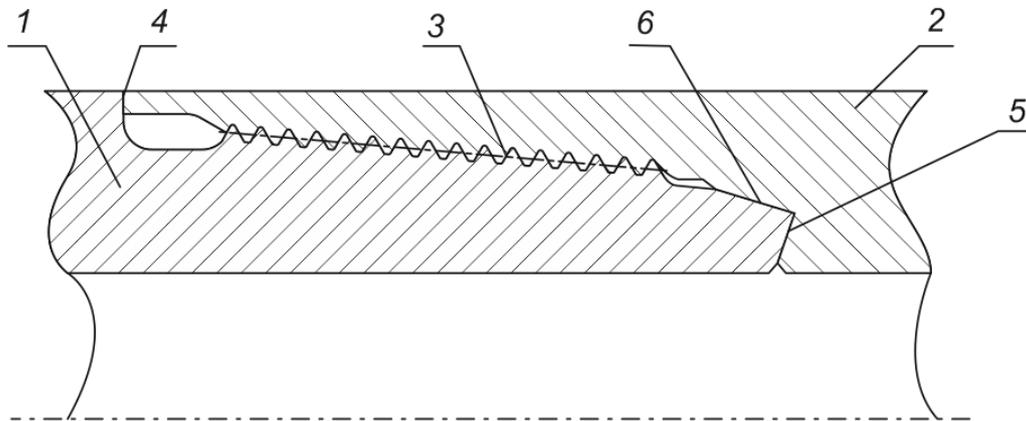
Laboratory fatigue studies with alternating cantilever bending of site-collected samples of CCK-59 drill pipes with such tool joints show that, depending on the accuracy of their manufacture, the cyclic durability of the tool joint may vary substantially [9].

Therefore, it is necessary to create such a tool joint in which the specified load on the additional support end is provided during manufacture and maintained throughout the entire period of its operation and is not conditioned by a tight tolerance of the distance between

the support ends and the shoulders of the connecting parts, as well as their wear.

To solve this problem we can use tool joint of pipes [10] (Fig. 2) with additional support of the pin

and box end, the feature of which is its execution from two contact planes 5 and 6 at an angle.



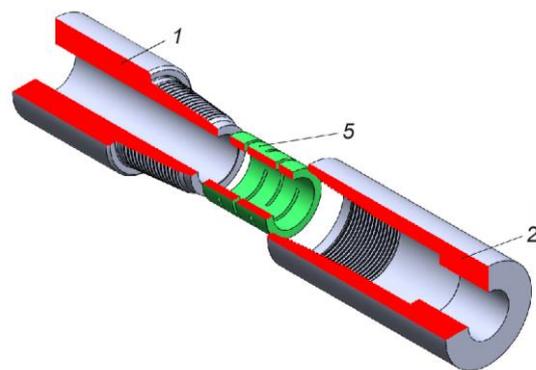
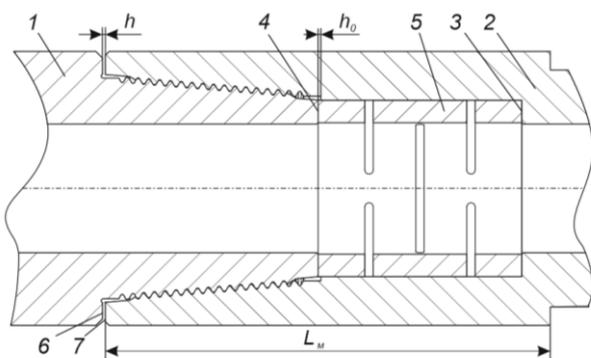
1 – pin; 2 – box; 3 – tool joint; 4 – main support; 5 – the first plane of additional support; 6 – the second plane of additional support

Figure 2 – Tool joint for steel pipes with additional pin and box end support

In addition to the fact that, according to [10], this tool joint is more leak-proof than single-shoulder tool joint and, depending on the angles forming the first and second planes of the additional support, we can compensate the tool joint manufacturing errors to some extent by the elastic deformations. But there is a drawback – a significant concentration of stresses in the area of the additional support end, which, in turn, will reduce its service life.

Also, to solve this problem, [9] describes the design of the tool joint of the tool joint (Fig. 3), consisting of a pin 1, box 2 and a procarved spring 5, which is installed between the stop shoulder of the box

3 and the stop face of the pin 4. In this case, a gap h is formed between the stop shoulder of the pin 6 and the stop face of the box 7, which is eliminated in the process of tightening the connection and compressing the spring. The gap value h is equal to the spring travel h_0 and according to its parameters, strictly corresponds to the specified axial load on the inner support joint. After tightening the joint, this also provides a strictly specified axial load on the outer support joint, as the difference between the total tightening force of the tool joint and the force created by the spring on the inner support joint.



1 – pin, 2 – box, 3 – stop shoulder of the box, 4 – stop face of the pin, 5 – procarved spring; 6 – stop shoulder of the pin, 7 – stop face of the box
a – scheme; b – three-dimensional model

Figure 3 – Threaded connection of the tool joint with a procarved spring inside

The procarved spring installed in the tool joint of the drill pipe between the stop shoulder of the box and the stop face of the pin, has parameters that provide its compression by the amount of travel $h = h_0$, given the axial force on the inner support joint.

In the process of multiple assembling-disassembling of joints during the round trip, the specified distance between the stop faces is disturbed

due to the wear of their surfaces, which leads to significant changes in the given axial force ratios on both support joints and the reduction of threaded joint functionality.

In the tool joint of the drill pipe when applying a procarved spring, the deformation of which is much higher than that of the material of the connection details, the requirements for the accuracy of the

distance between the support joints are sharply reduced, and the wear of the support surfaces does not significantly affect the specified axial force of connection tightening on the inner joint, since its value is also much smaller than the travel of the spring.

Therefore, according to [9], a procarved spring in the design of the tool joint of the drill pipes ensures the creation of strictly specified axial loads on the inner and outer support joints. It also provides for maintaining their ratio for the entire period of operation, since it is practically independent of the tolerance for the distance between them and the wear of their support surfaces.

However, in addition to the advantages of using a procarved spring in the design of the tool joint, there are also disadvantages:

- large overall dimensions;
- a significant concentration of stresses in the elements of the spring;
- getting of the drilled rock into the spring openings.

To obtain the same effect, as with the application of a procarved spring and eliminate its disadvantages listed above, it is proposed to use in the design of double-shoulder tool joints of the drill collars elastic elements (ring springs), Fig. 4.

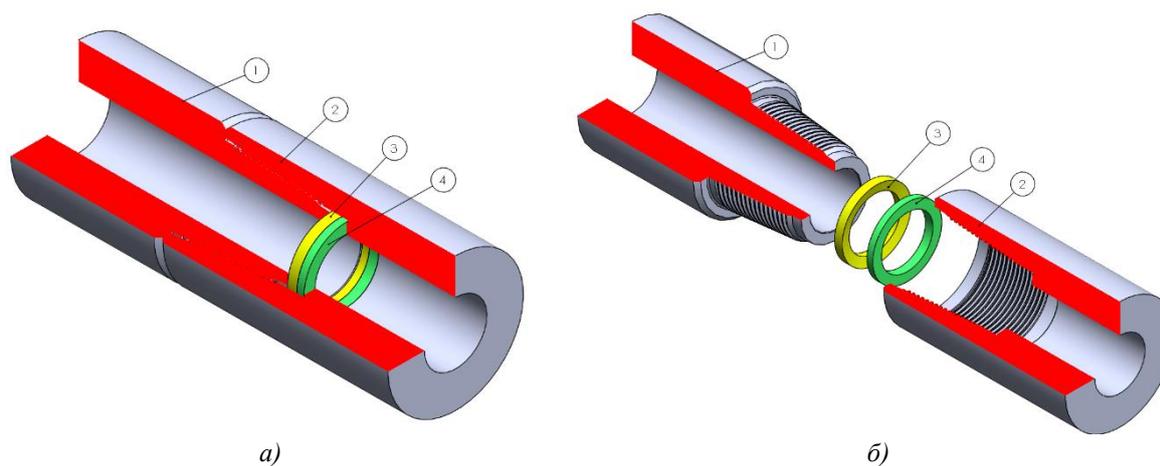


Figure 4 – Three-dimensional model of double-shoulder tool joint with installed elastic element
 1 – pin; 2 – box; 3, 4 – elastic elements

The purpose of the work and justification of the need for its implementation

The purpose of the work is to compensate for the manufacturing errors and the impact of the wear of the structural elements of the double-shoulder tool joints of the drill collars through the use of ring springs, whose parameters are determined by simulation modeling, ensuring strictly specified axial loads on the inner and outer support joints and maintaining their interrelation for the entire operation period.

Tasks of the work:

1. To analyze ways to compensate for the manufacturing errors and the impact of wear on the structural elements of the double-shoulder tool joints of the drill collars.

2. To develop a three-dimensional model of structures of the double-shoulder tool joints of the drill collars with an ring spring installed in it and to investigate its stress-strain state using the finite element method.

3. To provide recommendations for geometric parameters of elastic elements (ring springs).

Presentation of basic material of the research

From sources [6-8] it is known that the stress distribution across the roots of a double-shoulder tool joint occurs more uniformly than in a single-shoulder one. Figure 5 summarizes the graphical dependences of the distribution of equivalent stresses on the pin roots of the single-shoulder (curve 1) and double-shoulder (curve 2) toll joints of the drill collars.

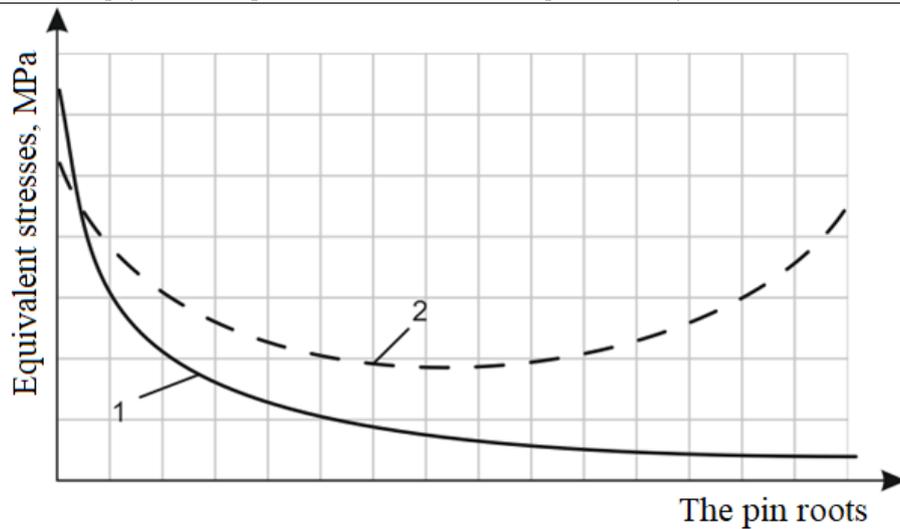


Figure 5 – Generalized graphical dependences of the distribution of equivalent stresses on the pin roots of the single-shoulder (curve 1) and double-shoulder (curve 2) toll joints of the drill collars

In Fig. 6, the distribution of equivalent stresses in the pin roots of double-shoulder toll joint SIFDS50.

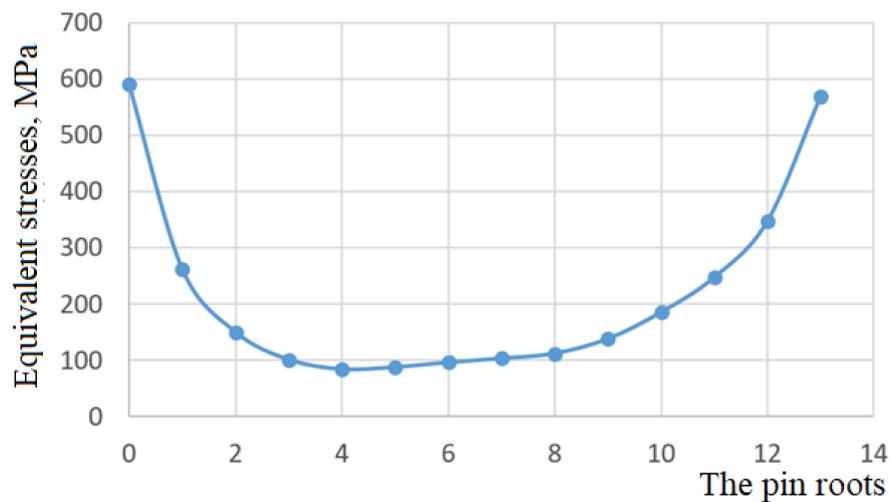


Figure 6 – The distribution of equivalent stresses in the pin roots of double-shoulder tool joint SIFDS50

This distribution of stresses is observed at the values of effort at the joint faces, shown in Fig.7.

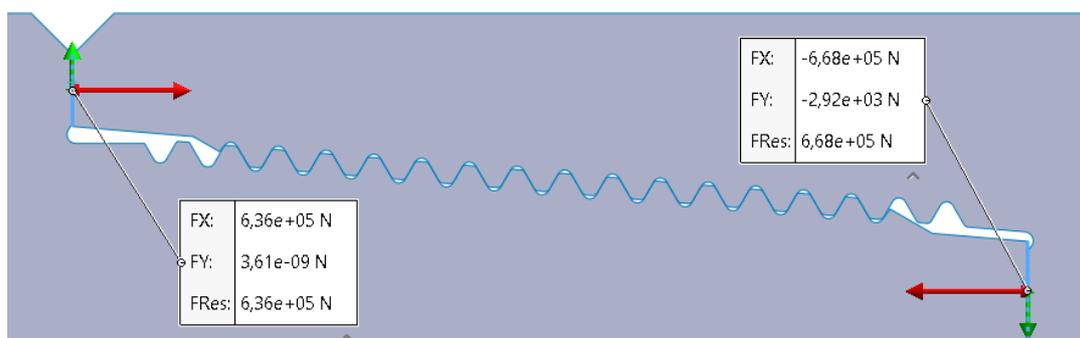
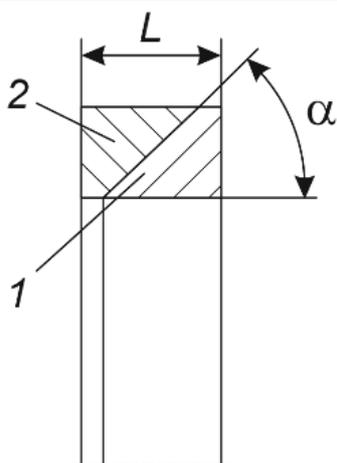


Figure 7 – The distribution of stresses at the faces of joint SIFDS50

Therefore, to investigate the tool joint with the elastic elements installed therein, it is first necessary to determine the dependences of the displacement on the load applied to them at different values of the angle α . The design scheme of the elastic elements is shown in Fig. 8.



1, 2 – elastic elements; α – angle; L – length
 Figure 8 – Calculation scheme of elastic elements

It is clear that the load on the elastic elements is applied in the axial direction. The roller / slider [11] was used as the ring support during simulation, which allowed the ring to freely move radially and tangentially.

When applying the axial load, the elastic element 2 will be stretched and the element 1 will be compressed radially.

The length of elastic elements equal to $L = 20$ mm and different angles $\alpha = 45, 56, 68$ and 80 were also selected for the study.

The length of the elastic elements is limited for technological reasons and the fact that at given angles α this value is maximum.

Spring steel of grade 60C2A with a yield strength of 1372 MPa was selected as the material for elastic elements.

The obtained results are shown in Fig. 9.

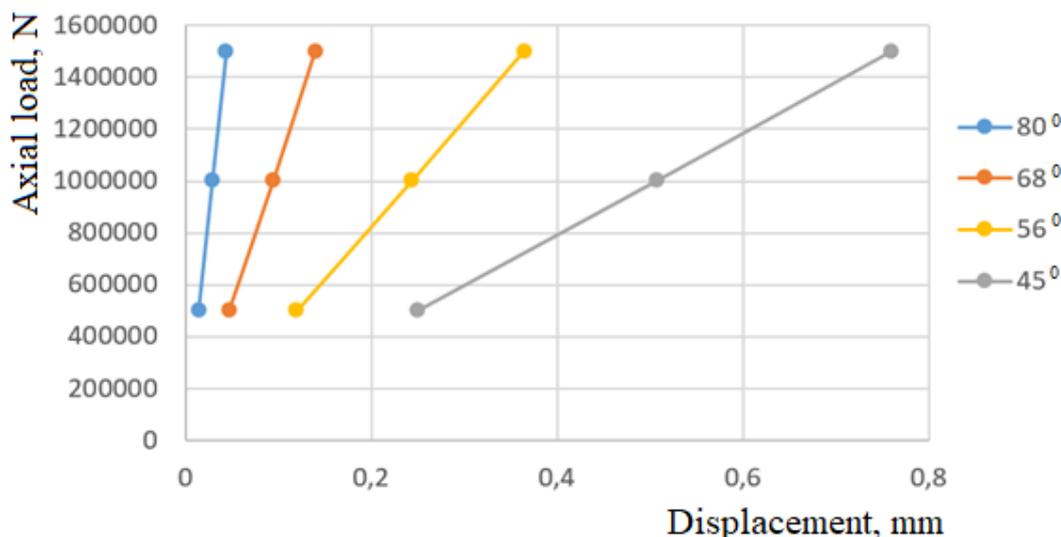
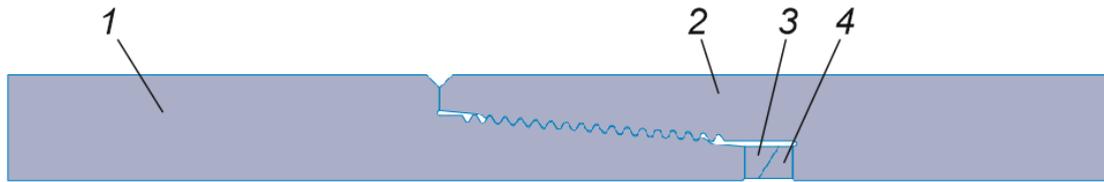


Figure 9 - Relationship between the displacement of elastic elements 3 and 4 and the magnitude of their axial load

Based on the relationship between the displacement of the elastic elements 3 and 4 and the magnitude of their axial load (Fig. 9), it is clear that the approach of the angle to 450 allows to support the load with slight deviations at a large range of displacements of the elastic elements. The use of the elastic properties of the elements reduces the impact of precision of the tool joint and advances to the accuracy of tenths of a millimeter, not hundredths of a millimeter as it was earlier.

However, for a more accurate study of such elastic elements, their simulation was performed as part of the design of a double-shoulder tool joint.

It should be noted that 2D simplification of the model, namely an axisymmetric type of study (Fig. 10), was applied to study the stress-strain state of a double-shoulder tool joint with its elastic elements (Fig. 10), since the design scheme provides for the application of loads acting only in axial direction.



1 – pin; 2 – box; 3, 4 – elastic elements
Figure 10 – 2D model of tool joint for the study

In the study the boundary conditions are accepted as in [6, 8], namely the face end of the pin is limited in displacements in any direction. A friction coefficient of 0.12 is established between the contacting surfaces.

The load from the action of the makeup torque is modeled by the overlapping of the ends of the pin and the box (use of the so-called "shrink fit") (Fig. 11) [11].

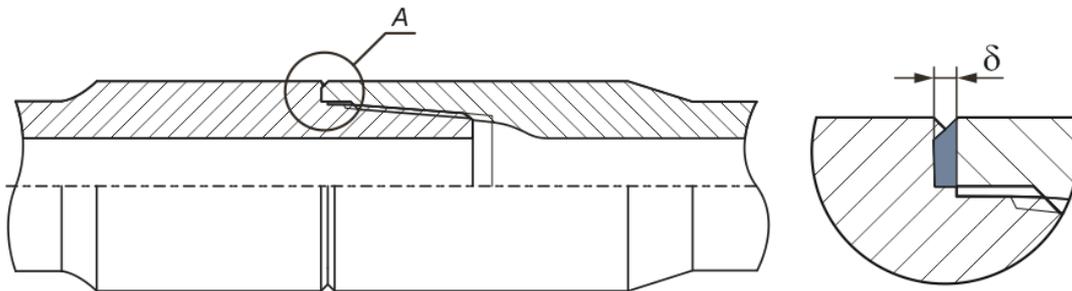


Figure 11 – Setting the makeup torque by overlapping the thrust faces of the pin and the box

The essence of the method of "shrink fit" is that previously at the stage of creating a three-dimensional model of the tool joint, the stop shoulder of the pin 2 and the stop face of the box 3 (the main support of the pin and the box) overlapped to the desired predetermined value. This value, in turn, can be determined by the known angle of rotation of the pin relative to the box and the makeup torque [12].

Similarly, the "shrink fit" method is used for a double-shoulder tool joint.

Using the same axisymmetric model of tool joint to determine its stress-strain state compared to the three-dimensional model has several advantages, including the ability to create a small finite element grid (higher accuracy of the obtained results), a higher speed

of calculations on the computer (the ability to process more options for calculations).

To select the angle α , we conditionally assume that for any of its magnitudes, the stress distribution across the roots of the nipple turns remains constant, based on the guaranteed constant efforts at the ends of the joint (Fig. 7).

The choice of the angle α is also influenced by the material properties of the elastic elements. Therefore, stress with a magnitude of 914 MPa (to ensure a minimum factor of safety margin $914 = 1372 / 1.5$, where 1.5 is the factor of safety) will serve an additional criterion in determining the magnitude of the angle of elastic elements.

The results of the study are given in table. 1.

Table 1

Results of the study					
Angle, °	45	50	55	58	65
Contact force, kH	625	630	693	665	731
The maximum stresses that arise in elastic elements, MPa	1131	940	846	720	635

Therefore, based on the results (Table 1) obtained by the finite element method and the criteria described above, the angle of magnitude 55° is for the elastic elements installed in the structure of the double-shoulder tool joints SIFDS50.

Fig. 12 shows the displacements in the investigated model (at an angle of elastic elements 55°), and in Fig. 13 – distribution of equivalent stresses in it.

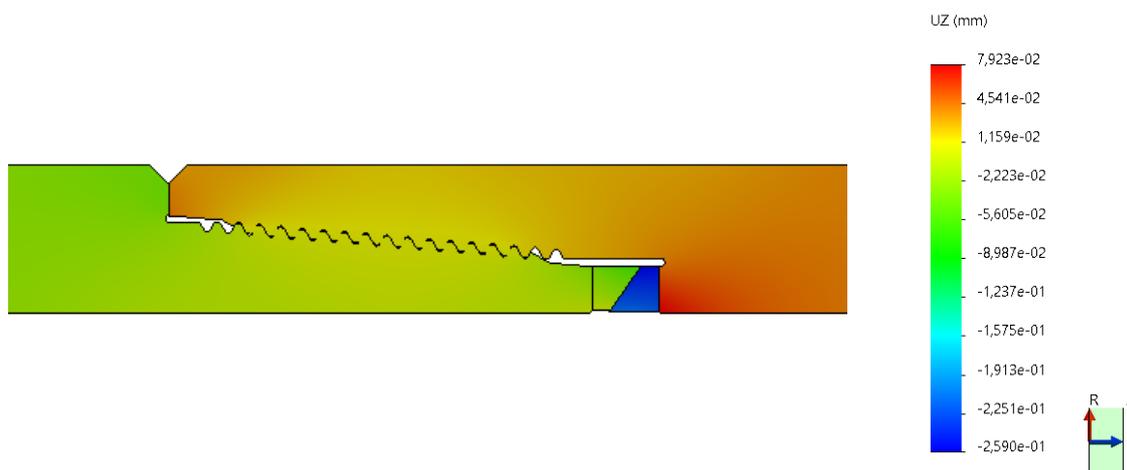


Figure 12 – Displacement in the axial direction

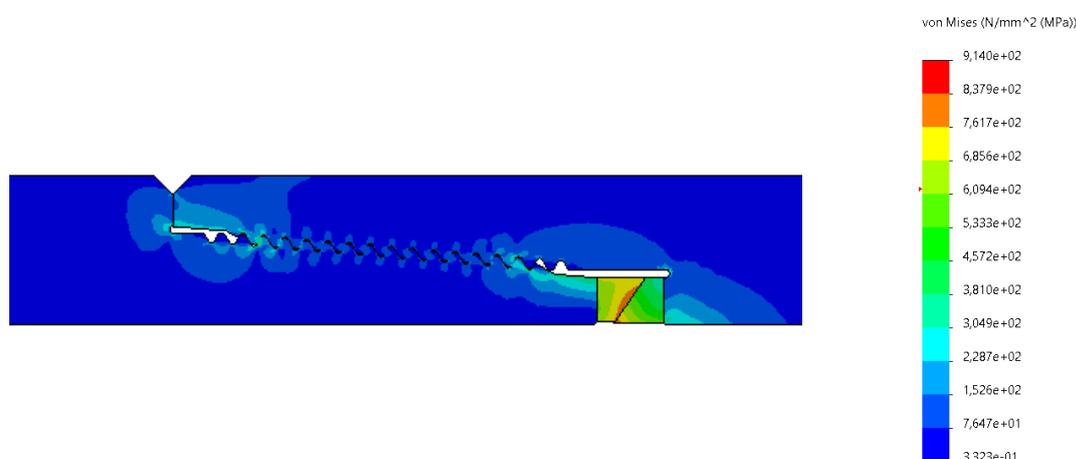


Figure 13 – Equivalent stress distribution

Therefore, the placement of the elastic elements into the tool joint makes it possible to create the necessary axial loads on the internal, and as a consequence, on the outer support joints and maintain their ratio throughout the period of operation. For this tool joint design, the impact of the stop faces is negligible, since their wear will be offset by the displacement of the elastic elements.

Conclusions

Although, the proposed design of double-shoulder tool joints of drill collars contains additional elements in its structure, it has several advantages in comparison with other similar in principle designs: smaller overall dimensions, lower stress concentration in additional elastic elements, no penetration of the drilled rock into the slits of the procarved spring.

The placement of the elastic elements into the tool joint makes it possible to create the necessary axial loads on the internal, and as a consequence, on the outer support joints and maintain their ratio throughout the period of operation. For this tool joint design, the impact of the stop faces is negligible, since their wear will be offset by the displacement of the elastic elements.

Based on the relationship between the displacement of the elastic elements 3 and 4 and the magnitude of their axial load (Fig. 9), it is clear that the

approach of the angle to 45° allows to support the load with slight deviations at a large range of displacements of the elastic elements. The use of the elastic properties of the elements reduces the impact of precision of the tool joint and advances to the accuracy of tenths of a millimeter, not hundredths of a millimeter as it was earlier.

However, based on the limitations imposed in the design of elastic elements (technological, material strength) using simulation modeling for the SIFDS50 tool joint, the optimal angle was set to 55°.

It should also be noted that the use of elastic elements during the repair of double-shoulder tool joints of drill collars (their installation in the structure at first repair) would allow the extension of the drill collar operational lifetime with such tool joints.

It is clear that, from a practical point of view, the application of these elastic elements entails a number of additional requirements for the assembly and disassembly of tool joints of this type, but the advantages of using them are much greater than the inconvenience caused.

References

1. <http://naukarus.com/povyshenie-proizvoditelnosti-bureniya-za-schet-ispolzovaniya-burilnyh-trub-s-rezbovymi-soedineniyami-vam>

2. Drill pipes: without the right to rupture / S. I. Bilan, A. P. Bykov, A. V. Emelyanov // *Drilling and oil*. - 2010. - N 9. - S. 38-39.
3. The catalog of pipes and services for pipe products of the company DRILCO.
4. <http://www.tubular.nssmc.com/ru/product-services/octg/connection/list>
5. Product catalog of the company NOV® GrantPrideco.
6. Investigation of the influence of structural elements of double-shoulder tool joints of drill pipes on their stress-strain state / V.I. Artym, O.Ya. Faflei, R. O. Deineha, V.V. Mykhailuk // *Exploration and development of oil and gas deposits*. - 2017. - No. 4 (65). - P. 77-87.
7. Analysis of modern designs of drill collars tool joints / V.I. Artym, O.Ya. Faflei, R. O. Deineha, V.V. Mykhailuk // *Petroleum engineering*. – 2017. – No. 2(28). – S. 22-30.
8. Artym V.I., Faflei O.Ya., Mykhailuk V.V., Deineha R.O. Investigation of the stress-strain state of double-shoulder tool joints of drill pipes. *Young scientist*. - 2017. - No.11 (51). - P. 1043-1047
9. Lachinjan Leonid Artem'evich, Lachinjan Natal'ja Leonidovna. Patent of RF 2521123. Drill pipes tool joint. <http://www.freepatent.ru/patents/2521123>
10. Patent No. 2934937.
11. <http://help.solidworks.com>
12. Baryshnikov A.I. Improving the strength and durability of tool joints of the drill string. - The dissertation of Doctor of Engineering. M., 1998

Научный руководитель: Колмаков Виталий Олегович.

Авторы:

Халецкий Владислав Николаевич,

Иргит Айбек Валерьевич,

Крайнев Никита Сергеевич.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ

Волоконно-оптические датчики позволяют измерять многие характеристики лабораторных и промышленных объектов, в частности температуру. Не смотря на то, что их использование достаточно трудоемко, оно дает ряд преимуществ, использования подобных датчиков на практике: безиндукционность (т.е. неподверженность влиянию электромагнитной индукции); малые размеры датчиков, эластичность, механическая прочность, высокая коррозионная стойкость и т.д.

Для измерения температуры с помощью световодов, изготовленных из кварцевого стекла, особенно подходит так называемый эффект Рамана. Свет в стеклянном волокне рассеивается на микроскопически малых колебаниях плотности, размер которых меньше длины волны. В обратном рассеивании можно найти, наряду с эластичной долей рассеивания (излучаемое рассеивание) на одинаковой длине волны, как проникший свет, так и дополнительные компоненты на других длинах волны, которые связаны с колебанием молекул и, тем самым с локальной температурой (комбинационное Рамановское рассеяние).

Волоконно-оптические датчики (так же часто именующиеся оптические волоконные датчики) это оптоволоконные устройства для детектирования некоторых величин, обычно температуры или механического напряжения, но иногда так же смещения, вибраций, давления, ускорения, вращения (измеряется с помощью оптических гироскопов на основе эффекте Саньяка), и концентрации химических веществ. Общий принцип таких устройств в том, что свет от лазера (чаще всего одномодового волоконного лазера) или суперлюминесцентного оптического источника передается через оптическое волокно, испытывая

слабое изменение своих параметров в волокне или в одной или нескольких брэгговских решетках, и затем достигает схемы детектирования, которая оценивает эти изменения.

В сравнении с другими типами датчиков, волоконно-оптические датчики обладают следующими преимуществами:

Они состоят из электрически непроводящих материалов (не требуют электрических кабелей), что позволяет использовать их, например, в местах с высоким напряжением.

Их можно безопасно использовать во взрывоопасной среде, потому, что нет риска возникновения электрической искры, даже в случае поломки. Они не подвержены электромагнитным помехам (EMI), даже вблизи разряда молнии, и сами по себе не электризуют другие устройства. Их материалы могут быть химически инертны, то есть не загрязняют окружающую среду, и не подвержены коррозии. Они имеют очень широкий диапазон рабочих температур (гораздо больше, чем у электронных устройств). Они имеют возможность мультиплексирования; несколько датчиков в одиночной волоконной линии может быть интегрировано с одним оптическим источником.

Сенсоры на основе брэгговских решеток

Волоконно-оптические датчики зачастую основаны на волоконных брэгговских решетках. Основной принцип многих волоконно-оптических датчиков в том, что брэгговская длина волны (т.е. длина волны максимального отражения) в решетке зависит не только от периода брэгговской решетки, но также от температуры и механических напряжений. Для кварцевых волокон изменение брэгговской длины волны на единицу деформации примерно на 20% меньше, чем растяжение, так как

есть влияние деформации на уменьшение показателя преломления. Температурные эффекты близки к ожидаемым только при тепловом расширении. Температурные и деформационные эффекты могут различаться при использовании различных технических средств (например, при использовании эталонной решетки, которая не подвержена деформации, или применении различных типов волоконных решеток) так, что оба значения регистрируются одновременно. Для регистрации только деформации, разрешающая способность достигает нескольких μe (т.е. относительное изменение длин порядка) при этом точность имеет тот же порядок малости. Для динамических измерений (например, акустический явлений), достигается чувствительность большая чем 1 me в 1 Hz полосы пропускания.

Распределенное зондирование. Другие оптоволоконные датчики не используют волоконные брэгговские решетки как сенсоры, используя в качестве сенсоров само волокно. Принцип зондирования в них основан на эффекте Рэлеевского рассеяния, Рамановского рассеяния или рассеяния Бриллюэна. Например, метод оптической рефлектометрии временной области, где положение области со слабым отражением может быть определено с использованием импульсного зондирующего сигнала. Этот метод используется также для определения других величин, например температуры или напряжения в зависимости от сдвига частоты Бриллюэна.

В некоторых случаях, измеряемая величина является средним значением по всей длине волокна. Этот метод характерен для некоторых температурных датчиков, а также для интерферометров, основанных на эффекте Саньяка, применяемых в качестве гироскопов. В других случаях измеряются позиционно-зависимые величины (например, температура или напряжение). Это называется распределенным зондированием.

Квази-распределенное зондирование

Определенные волокна могут содержать серию решеток сенсоров для мониторинга температуры и распределения деформации по всему волокну. Это называется квази-распределенным зондированием. Существуют различные технические решения для адресации только к одной решетке (и таким образом точного определения положения вдоль волокна)

В одном способе, называемом мультиплексирование с разделением по всей длине волны (WDM), или оптической рефлектометрии в частотной области спектра (OFDR), решетки имеют немного различающуюся брэгговскую длину волны. Длина волны перестраиваемого лазера в блоке интегрирования может быть настроена на длину волны, принадлежащую к определенному типу решетки, а длина волны максимального отражения указывает на влияние деформации или, например температуры. Кроме того

широкополосные источники света источники света (например суперлюминесцентные источники) могут быть использованы совместно со сканирующим длину волны фотодетектором (например на основе волоконного резонатора Фабри-Перо) или на основе CCD спектрометра. В любом случае, максимальное количество решеток, как правило, не превышает 10-50, что ограничено диапазоном настройки пропускной способности источника света и необходимой разностью длин волн в решётках волокна.

- Другой метод, называемый временным разделением каналов (TDM), использует идентичные слабоотражающие решетки, в которые посылаются короткие световые импульсы. Отражение от различных решеток регистрируют посредством времени их поступления. Временное разделение каналов (TDM) часто используют вместе с разделением по всей длине волны (WDM) для того, чтобы умножить число различных каналов в сотни или даже тысячи раз.

Другие подходы

Помимо выше описанных подходов, есть много альтернативных методов. Вот некоторые из них:

Волоконные брэгговские решетки могут быть использованы в интерференционных оптических волокнах, где они используются только в качестве отражателей, и измеряют фазовый сдвиг, зависящий от расстояния между ними. Существуют лазерные брэгговские сенсоры, где датчик решетки располагается в последнем зеркале волоконно - оптического резонатора лазера, на основе волокна допированного эрбием, которое воспринимает свет накачки на длине волны 980 нм через волокно. Брэгговская длина волны, которая зависит, например, от температуры или механического напряжения, определяет длину волны генерации. Этот подход, который имеет много вариантов дальнейшего развития, обещает принести высокие результаты из-за узкой полосы спектральной области, которая характерна для волоконного лазера, и высокой чувствительности. В некоторых случаях, пары брэгговских решеток используются в качестве волокна для интерферометров Фабри-Перо, которые могут реагировать особо чувствительно на внешние воздействия. Интерферометр Фабри-Перо можно изготовить так же другим способом, например, используя переменный воздушный зазор в волокне. Длиннопериодные решетки особенно интересны для зондирования нескольких параметров одновременно (например, температуры и напряжения) или иначе, для альтернативного определения деформации при очень низкой чувствительности к температурным изменениям.

Области применения

Даже по прошествии нескольких лет развития, волоконно-оптические датчики до сих пор не пользуются большим коммерческим успехом, так как трудно заменить применяемые сейчас технологии, даже если они имеют определенные

ограничения. Хотя в некоторых областях применения, волоконно-оптические датчики получают все большее признание, как технология с большим потенциалом интересных возможностей. Это, например, работа в жестких условиях, таких как зондирование в устройствах с высоким напряжением, или в СВЧ печах. Сенсоры на основе брэгговских решеток могут также быть использованы, например, для мониторинга условий, внутри крыльев самолетов, в ветровых

турбинах, мостах, больших плотинах, нефтяных скважинах, и трубопроводах. Здания с встроенными волоконно-оптическими датчиками иногда называют «умными конструкциями», датчики в них осуществляют контроль деформации внутри различных частей конструкции, и получают данные об этих изменениях, например износ, вибрации и т.д. Умные конструкции являются основной движущей силой для развития волоконно-оптических датчиков.

Ismailov B.I.

*Azerbaijan State Oil and Industry University,
PhD, docent, Department of "Instrumentation Engineering",
Baku, Azerbaijan Republic.*

CONTROL OF THE DYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS WITH MEMORY

Abstract. The article is devoted to the problems of controlling the behavior of complex coupled systems functioning within the framework of the Open System, the influence of control actions, as well as noise against the background of the corrective manifestation of the memory phenomenon inherent in fractional chaotic processes.

To evaluate, analyze and visualize the processes occurring when controlling the dynamics of a complex system, it is proposed to use the Poincare return times, Tsallis entropy, Lyapunov exponents, and fractal dimension.

The structure of studies of the dynamics of multidimensional fractional chaotic coupled systems and the structure of the study of adaptive coherent behavior of coupled systems are given.

Keywords: open system, fractional dynamics, memory, Poincare recurrence, Tsallis entropy.

The process of interaction of physical systems within the framework of the Open System is accompanied by structural changes in their dynamics caused by mixing processes, as well as the transport of information flows. In addition, in the process of controlling the dynamics of complex systems, one can observe the manifestation of effects in time, the cause of which is the system memory. Mathematical modeling of the reaction of complex systems consisting of coupled nonlinear physical systems requires controlling the behavior of information flows, which are manifested in the stability and instability of the manifold of fixed points of their periodic orbits [1]. Studies of nonlocality degree and memory degree, as an integral part of fractional dynamics, are applicable in transport systems - transfer of information flows [1,2].

In addition to the well-known characteristics in the behavior of chaotic processes about their excessive sensitivity to initial conditions and influencing factors, they also have hereditary character and its manifestations in the form of nonlocal effects in time. [1.3-6].

The relevance of the problem is related to the need of predicting the behavior of a complex system when controlling its dynamics in order to obtain satisfactory characteristics. The development of dynamic processes is accompanied by transient processes with the transformation of complex processes within the framework of the Open System into such stages as: quasi-regular, chaotic, hyper-chaotic, and other states [1,6-10].

Along with this, the article analyzes the influence of control actions and the course of processes in the space of influence of various nature of noise. An important place in the study is given to the manifestations of memory as a corrective condition that affects the stability of the system. In the structure of studies of memory manifestations, there are also stages of determining the local dimension of the process under study and its global value, the difference of which will indicate memory loss [6-8].

The structure of the study is presented in Figure 1 and covers the main stages of analysis, interactions and calculations.

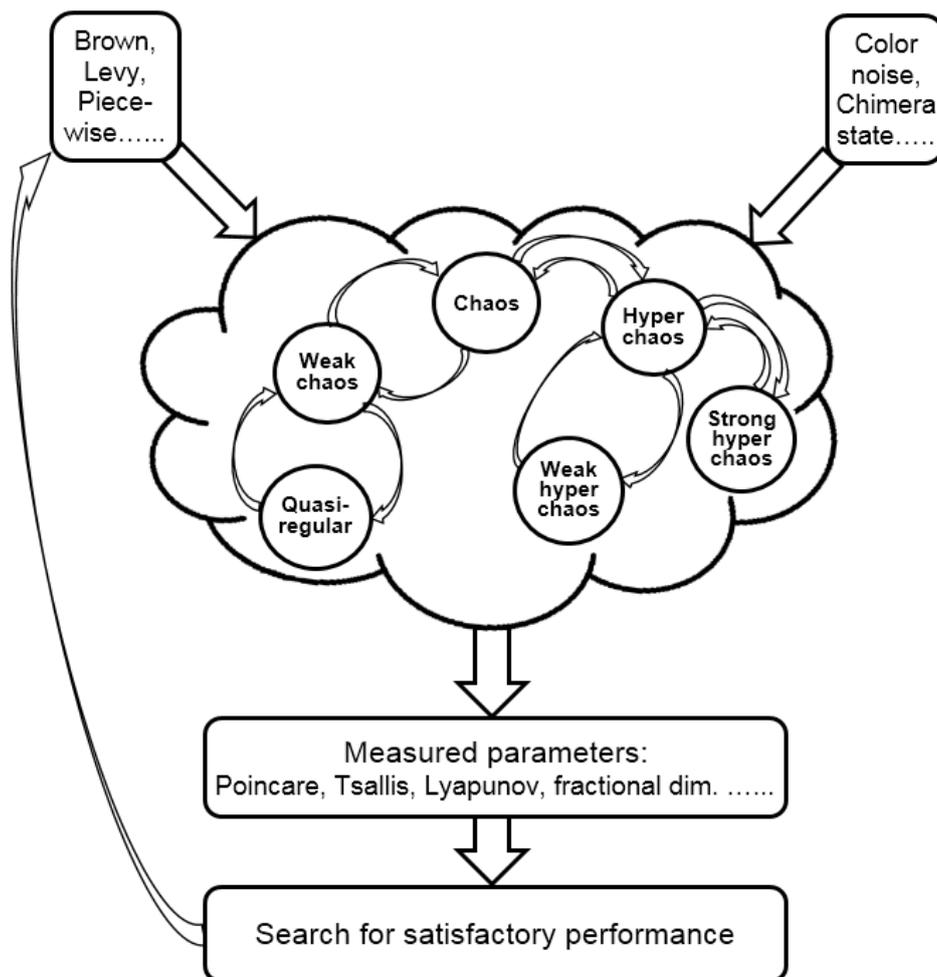


Figure 1. Structure of studies of the dynamics of multidimensional fractional-order chaotic coupled systems.

Studies on the use of Levy flight-type superdiffusion processes for mixing and transferring information flows in terms of fractional dynamics have shown their effective role in enhancing the transport-mixing-transport fractional structure effect, estimated by such parameters as the transport exponent, Poincare's return times et al. [1,10-13].

According to the above scheme, the control of the main informative parameters is carried out, among which an important place is occupied by the return times of Poincare. These indicators are essentially indicators and characteristics, showing how certain states of complex systems are repeated over time [10, 14-17]. The diagrams constructed as a result of the nonlinear recurrence analysis have important visual analysis features in the form of the texture and topology of points fixed on the secant plane from the paths of the

orbits of processes in phase space, as well as their color palette. [1,8,10,15,16,18].

In the control process, synchronization issues in fractional systems are updated, which is implemented by an adaptive system implemented on the principle of minimum losses - minimum return time and will be accompanied by visual images in terms of nonlinear recurrence analysis [1,19]. The Lyapunov exponents and fractal dimensions are used as indicators of the chaotic behavior of the system.

The structure of the study, which allows adaptively investigating the coherent behavior of the system based on the analysis of the process trajectory in the context of the selected area of interest, is shown in Figure 2. The result of the structure algorithm is the search for satisfactory coherence, the Tsallis entropy, the stability and Poincare diagram [1,19].

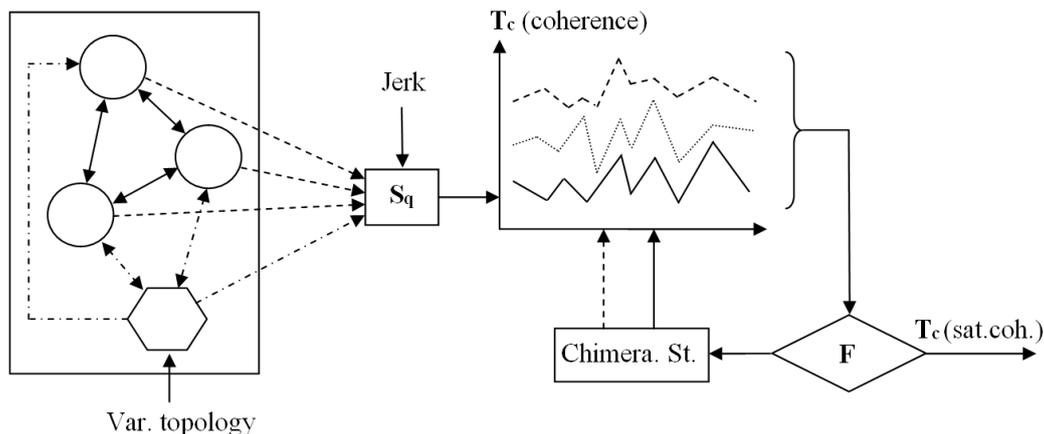


Figure 2. The structure of the study of the behavior of related systems.

In the presented structure, Chimera states is represented as a noise resonant exciter [21,22]. By its nature, the state of the chimera is a chaotic transition process, in connection with which its use as an exciting effect in the context of the organization of new structures is proposed. In the research algorithm for the presented structure, the Tsallis entropy characterizes the interaction of complex fractional chaotic systems and is used as a measure of the coherence of coupled multidimensional chaotic heterogeneous systems with non-extensive topology. [23,24].

Conclusion

The article analyzes methods for controlling the dynamics of coupled multidimensional fractional chaotic systems in the framework of the Open System. Structures for studying the behavior of interacting systems in the field of corrective actions and resonant excitation are presented. The importance of using Poincaré's recurrency, of transitional systems under study, Tsallis entropy, characterizing the topology and physics of interconnected systems, as well as Lyapunov's indicators of randomness of systems.

Reference

1. Vladimirskiy E.I., Ismaylov B.I. Drobnaya struktura «peremeshivanie – transport» kak otkrytaya sistema. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredoviyh tehnologiy. 2014. #4/4 (70). Str. 4-9.
2. Tarasov, V. E. The fractional oscillator as an open system [Text] / V. E. Tarasov // Cent. Eur. Phys. – 2012. – 10 (2). – P. 382–389. doi 10.2478/s11534-012-0008-0
3. Edelman M. Universality in Systems with Power-Law Memory and Fractional Dynamics. arXiv:1709.00093v1 [nlin.CD] 31 Aug 2017.
4. Gade P. M., Amritkar R. E. Loss of memory in a chaotic dynamical system. Physical Review A 45, 725 – Published 1 January 1992. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.45.725>
5. William Ott, Mikko Stenlund, and Lai-Sang Young. Memory loss for time-dependent dynamical systems. Mathematical Research Letters. 2012. DOI: 10.4310/MRL.2009.v16.n3.a7 · Source: arXiv
6. Vladimirskiy E.I., Ismaylov B.I. Vozvratyi Puankare kak kriteriy sinhronizatsii i upravleniya drobnymi sistemami s pamyatyu. Ezhemesyachnyy

nauchnyiy zhurnal “PROSPERO”, Rossiya, Moskva, #4. 2014, s. 23-24.

7. Vladimirskiy E.I., Ismailov B.I. Fractional-order Chaotic Filter with Generalized Memory. International Journal of Contemporary Applied Sciences. Vol. 3, No. 4, 2016, pp. 46-61.

8. Vladimirskiy E.I., Ismailov B.I. Synergetic Principles of Poincaré Recurrence in Open Systems with Generalized Memory. Journal “Philosophy of Science”. No.5 (2), 2016. Vol. 83. Pp.1549-1557.

9. Roberto Barrio and all. When chaos meets hyperchaos: 4D Rössler model. Physics Letters A. 2015.

10. Ismailov B.I. Analytical-numerical methods of research of transition processes in multidimensional chaotic systems. European science. №8 (30). 2017. pp. 29-33.

11. Zeleniy L.M., Milovanov A.V. Fraktalnaya topologiya i strannaya kinetika: ot teorii perkolyatsii k problemam kosmicheskoy elektrodinamiki. UFN, t. 174, #8, 2004. –s. 810-850.

12. Laskin N., Lambadaris I., Harmantris, Devetsikiotis M. Fractional Levy Motion and Its Applications to Network Traffic Modeling Computer Networks, vol. 40, issue 3, 2002. Pp. 363-375.

13. Marquardt Tina. Fractional Levy processes with an application to long memory moving average processes. Bernoulli, 12(6), 2006. pp. 1099-1126.

14. Poincaré H. (1890) Sur la problem des trois corps et les équations de la dynamique. Acta Mathematica. 13: pp. 1–271.

15. Eckman J., Kamphorst S., Ruelle D., Recurrence Plots of Dynamical Systems, Europhysics Letters, 4 (9), 1987. Pp. 973-977.

16. Webber C.L., Zbilut J.P. Recurrence quantification analysis of nonlinear dynamical systems. Chapter 2. In: Riley MA, Van Orden G. (eds) Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioural sciences, pp. 26–92 <https://www.nsf.gov/pubs/2005/nsf05057/nmb/nmb.pdf>. Accessed 5 July 2018.

17. Rossi L., Turchetti G. and Vienti. Poincaré recurrences as a tool to investigate the statistical properties of dynamical systems with integrable and mixing components. Journal of Physics: Conference Series 7, 2005. Pp. 94-100.

18. Ismailov B.I. Visualization of Measuring Experiments in a Context of Acceptance of the Decisions. 2nd world conference on soft computing. WconSC'12. Baku, 2012, pp. 97-102.
19. Ismailov B.I. Transient processes in coupled heterogeneous structures. Theses of International Conference "Scientific research of the SCO countries: synergy and integration". 2018. Beijing, PRC. Pp. 217-221.
20. Vladimirski E.I., Ismailov B.I. Transient and recurrence processes in open system. *International Journal of Advanced and Applied Sciences (IJAAS)*, 4(10) 2017, pp.106-115.
21. Shanahan Murray. Metastable chimera states in community-structured oscillator networks. *Chaos* 20, 2010. Pp. 1-5.
22. Kemeth F.P. and all. A classification scheme for chimera states. arXiv:1603.01110v2 [nlin.CD] 18 Jul 2016.
23. Tsallis C. and Tirnakli U. Nonadditive entropy and nonextensive statistical mechanics—Some central concepts and recent applications. *Journal of Physics: Conference Series*. 2010, 201(1), pp. 1-15.
24. Vladimirski E.I., Ismailov B.I. Physics of Open System. Non-standard approaches in the context of studies of multidimensional coupled chaotic systems of fractional order. *International Conference on Recent Innovations in Electrical, Electronics & Communication Engineering (ICRIEECE)*, IEEE Bhubaneswar Subsection. India. 2018. Pp. 229-230.

#11 (51), 2019 część 5
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

#11 (51), 2019 part 5
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw,
Poland

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com>