

органического углерода и др.). В работе над магистерской диссертацией выполняется подсчет запасов различными методами, анализ результатов освоения, анализ состава проб нефтей, пиролиза. Посредством комплексного анализа вышеупомянутых аспектов планируется выведение гипотезы взаимосвязи геохимических параметров и продуктивности отложений, и самое главное – выведение зависимости, как это может влиять на подсчет параметров. На данный момент произведен подсчет запасов нефти петриковско-елецких отложений Северо-Домановчического месторождения, сопоставление с результатами пиролиза. Сделаны выводы о причинах возможного расхождения результатов подсчета объемным и пиролитическим методами. Выявлено, что необходимо учесть факт отсутствия четкой границы термического испарения и деструкции при проведении пиролиза. Испарение может быть как в низкотемпературном интервале, так и в высокотемпературном, что может повлиять на оценку подвижных УВ. А также захват свободных УВ структурой керогена [3].

**Вывод.** Подсчет запасов нетрадиционных залежей нефти петриковско-елецких отложений – перспективное и важное направление в геологоразведке, позволяющее повысить достоверность оценки и уменьшить риски при проведении работ на освоение и разработки данных залежей. Изучение влияния геохимических параметров позволит в корреляции с существующими методами подсчет уточнить методику подсчета и достигнуть поставленной цели.

Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Повжик П.П., доктору технических наук, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

#### Список литературы

1. Классификация трудноизвлекаемых запасов углеводородов Припятского прогиба и основные проблемы их разработки / П.П. Повжик, А.В. Халецкий, В.Г. Седач, Н.А. Демяненко // Недропользование XXI век. – 2017. – № 6. – С. 38–45.
2. Повжик П.П., Ерошенко А.А., Грудинин А.С., Калейчик Е.А., Даниленко В.В. «Характеристики нефте-материнских отложений – основа бассейнового анализа и прогноза ресурсов углеводородов (на примере отложений елецко-петриковского возраста Припятского прогиба/ Нефтяник Полесья. 2024. – №2 (46). –С. 82–89.
3. Баталин О.Ю., Вафмна Н.Г., Формы захвата свободных углеводородов керогеном // Баталин О.Ю., Вафмна Н.Г. / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (часть 3) – С. 418-425.
4. Асвинова, П. В. Разработка комплексного алгоритма проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ в породах кристаллического фундамента Припятского прогиба / П. В. Асвинова, Р. В. Асвинов // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 49–54.
5. Асвинова, П. В. Обработка и интерпретация гидрохимических данных в нефтепромысловых целях по межсолевой залежи нефти III блока Березинского месторождения / П. В. Асвинова ; науч. рук. В. Д. Порошин // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2022 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – С. 68–71.

УДК 621.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ

Котов А.В. (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь  
ОАО «Сейсмотехника, г. Гомель, Республика Беларусь*

*Ключевые слова: кинематика, плоский рычажный механизм, комплексные числа; преобразование координат*

**Актуальность.** В современных условиях жесткой конкуренции в машиностроении сокращение сроков конструкторских и исследовательских работ возможно только за счет внедрения передовых методов исследования и анализа механических систем на основе математического и компьютерного моделирования. Так для решения задач кинематического анализа плоских рычажных механизмов представляется возможным использовать комплексные числа в тригонометрической или показательной форме [1]. Благодаря этому основные соотношения между элементами рычажного механизма записываются по обычным алгебраическим правилам на основе геометрического определения механизма, без использования особых условий и действий над ними.

**Цель работы.** Представить аналитический метод для проведения кинематического анализа плоских рычажных механизмов, основанный на методе преобразования координат с применением теории комплексных чисел. Показать возможности применения данного метода при исследовании кинематики плоских рычажных механизмов, а также его определенные преимущества по сравнению с другими аналитическими методами исследования.

**Анализ полученных результатов.** На рис. 1 приведена векторная интерпретация кинематической схемы плоского рычажного механизма на примере шарнирного четырехзвенника, расположенного в комплексной плоскости. Положение каждого вектора задается в соответствующей полярной системе координат, связанной с его началом, и определяется длиной (модулем) и углом наклона, положительное значение которого отсчитывается от горизонтальной оси в направлении хода часовой стрелки, а отрицательное – в противоположном направлении.

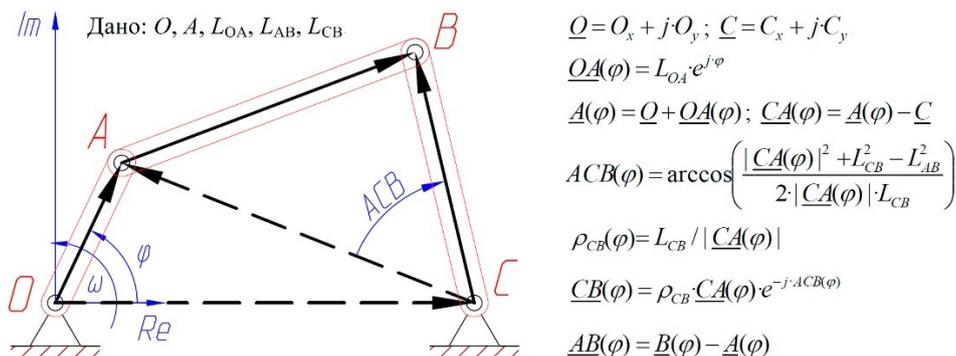


Рисунок 1 – Кинематическая схема плоского рычажного механизма и алгоритм проведения его кинематического анализа

Представленный аналитический метод кинематического анализа плоских рычажных механизмов с использованием теории комплексных чисел основан на методе преобразования координат. Как известно в методе преобразования координат используются такие основные математические операции как вращение и перемещение векторов [2]. Осуществление данных операций возможно также и с комплексными числами, для которых операции вращения и перемещения являются эквивалентными простым алгебраическим действиям – сложению (вычитанию) и умножению (делению). При использовании векторов комплексных чисел, их сложение и вычитание проводится с помощью алгебраической формы записи для прямоугольной (декартовой) системы координат, а умножение, деление и дифференцирование – с помощью показательной формы записи для полярной системы координат. Алгоритм проведения кинематического анализа рассматриваемого рычажного механизма методом преобразования координат с использованием теории комплексных чисел в функциях положения точек и звеньев приведен в правой части на рис. 1.

Проверка адекватности представленного кинематического анализа методом преобразования координат с использованием теории комплексных чисел проводилась с помощью известных аналитических методов [3], которая показала полное совпадение полученных результатов расчета с проверяемыми значениями. Предложенный метод кинематического анализа с применением теории комплексных чисел может найти свое практическое применение, как в учебной, так и в инженерной практике [4, 5].

**Заключение.** Предложенный метод преобразования координат с применением теории комплексных чисел для проведения кинематического анализа плоских рычажных механизмов исключил необходимость составления и решения громоздких систем тригонометрических уравнений, получаемых традиционными аналитическими методами. Данный метод легко поддается формализации и алгоритмизации в современных математических пакетах и языках программирования, позволяя в короткие сроки проводить всесторонний кинематический анализ проектируемых плоских рычажных механизмов, с возможностью проведения их последующего оптимизационного синтеза.

**Благодарность.** *Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Кролю Д.Г., к.ф.-м.н., доценту, за консультацию и помощь при проведении данного исследования.*

#### Список литературы

1. Wilson, Charles E. Sadler, J. Peter. Kinematics and Dynamics of Machinery. 3rd Edition. Pearson Education Limited, 2013. - 848 p.
2. Котов, А.В. Анализ уравновешенности кривошипно-ползунного механизма привода режущего аппарата методом векторов главных точек // Тракторы и сельхозмашины. – 2024. – Т. 91. – №2. – С. 167–180.

3. Теория механизмов и машин. Анализ, синтез, расчет / Ю.Ф. Лачуга, А.М. Баусов, А.Н. Воскресенский, А.М. Абалихин. – 3-е изд. – М.: ИКЦ Колос-с, 2020. – 416 с.

4. Alexandr Shimanovsky, Artur Putsiata, Oksana Kolomnikova [Modeling of vehicle dynamics considering load relative movement](#) / Acta Mechanica Slovaca. 2008. – № 3. Т.12. – Р. 691.

5. Пуятю А.В., Коновалов Е.Н., Пастухов М.И., Афанаськов П.М., Бугаева Е.В., Белогуб Н.В. [Оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона пассажирского после длительной эксплуатации](#) / Вестник Белорусского государственного университета транспорта. – 2020. – № 2(41). – С.42–45.

УДК 624.88-762.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА

Юй Янян (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь  
Чжэцзянская нефтехимическая компания с ограниченной ответственностью,  
Zhoushan, провинция Чжэцзян, Китай*

*Ключевые слова: механические торцевые уплотнения, утечки, питательный насос, адсорбция*

**Введение.** Механическое уплотнение — это устройство, которое достигает осевого уплотнения за счет двойного действия пружинного элемента на предварительное давление уплотнительных поверхностей подвижного и неподвижного колец, а также давления среды; также известно как уплотнение по торцевой поверхности [1, 2].

**Цель работы** – с помощью программного обеспечения Ansys провести тепловой анализ процесса трения механического уплотнения при различных скоростях вращения; с использованием фрактальной теории рассчитываются объем утечек и скорость износа; с учетом вибраций оборудования проводится динамический анализ структуры трения механического уплотнения, а также общей конструкции механического уплотнения для более точного анализа механизма трения контактного механического уплотнения.

**Основные результаты.** Рассмотрим основные причины выхода из строя торцевых уплотнений при нагревании от трения, вызванные использованием серийных торцевых уплотнений [3] и их вспомогательных систем в высокотемпературных масляных насосах с подогревом:

(1) Нарушение герметичности, вызванное потерей эластичности или разрушением гофрированной трубы. Сильфоны имеют определенный срок службы, и при длительном использовании в рабочем состоянии их эластичность постепенно снижается, что называется потерей эластичности. Когда температура уплотнения машины для производства металлических гофрированных труб превышает 300 °С, происходит очевидная потеря эластичности. В то же время из-за адсорбции мелких твердых частиц транспортируемой среды на гофрированной трубе пружина в конечном итоге теряет способность к деформации, что приводит к разрушению уплотнения.

(2) Растрескивание твердого сплава в паре трения при нагреве. Рабочая температура насоса горячего масла очень высока, и торцевая поверхность уплотнения обычно работает при высоких температурах. Под действием низкотемпературной промывочной жидкости это приведет к высокому тепловому напряжению, что приведет к появлению множества радиальных трещин на поверхности динамических и статических колец и, в конечном счете, к выходу уплотнения из строя.

(3) Чрезмерная температура на уплотнительном кольце приводит к нарушению герметичности. Температура торцевой поверхности пары трения обычно находится в очень высоких рабочих условиях, и высокие температуры могут снизить износостойкость твердого сплава на поверхности динамических и статических колец, что в конечном итоге приводит к повреждению торцевой поверхности пары трения и выходу из строя уплотнения; Температура воспламенения твердого сплава может быть очень высокой. выбранное количество изолирующей жидкости слишком низкое, что приводит к высокому повышению температуры в герметизирующей камере, когда охлаждающий эффект герметизирующей камеры снижается [4]. Когда температура изолирующей жидкости превышает температуру воспламенения, изолирующая жидкость, образующаяся на уплотнительной торцевой поверхности и внутренней поверхности гофрированной трубы, приводит к потере эластичности гофрированной трубы, а уплотнительная торцевая поверхность не может плотно прилегать, что приводит к нарушению герметизации.

(4) Трубопровод для промывочного раствора заблокирован. Трубопровод для самостоятельной промывки или внешней промывки заблокирован, в результате чего низкотемпературная промывочная среда не пропускает достаточно тепла для достижения охлаждающего эффекта. Кроме того, вся система уплотнения потребляет слишком много энергии, что приводит к высоким затратам на эксплуатацию и техническое обслуживание.