СЕКЦІЯ 1

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І СИНТЕЗ ПРОЦЕСІВ У МЕТАЛУРГІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КОЛЛЕКТОРНОГО УЗЛА

Абрамов С.А., Гришин В.С. к.т.н., Морозенко Е.П. к.т.н
Национальная металлургическая академия Украины

Анализ современных подходов к синтезу технологий, которые повышают работоспособность и надежность узлов электрических машин показывает, что такие подходы наиболее эффективны, когда их используют на всех этапах технологических воздействий [1].

Перспективным направлением повышения надежности коллекторных узлов электрических машин является усиление арочного распора при сборке медных коллекторных пластин с изоляционными.

С целью повышения контактного взаимодействия поверхностей медных коллекторных пластин с изоляционными, для обеспечения заданной совокупности свойств всего коллекторного узла электрической машины было проведено моделирование оптимального микрорельефа поверхностей медных ламелей.

Обеспечение заданной совокупности свойств коллекторного узла осуществлялось в следующей последовательности:

- комплексный анализ коллекторного узла и установление особенностей действия эксплуатационных функций;
- деление ламелей на функциональные элементы и определение необходимых параметров функциональных элементов;
- определение необходимых технологических воздействий для контактных элементов деталей коллекторного узла;
- синтез и разработка средств технологического обеспечения всех видов для реализации необходимых технологических воздействий;
- обеспечение заданной совокупности свойств коллекторного узла в целом за счет обеспечения свойств контактных поверхностей сопрягаемых медных и изоляционных пластин коллектора.

Функцию технологических преобразований контактирующих поверхностей коллекторных и изоляционных пластин можно представить в виде:

$$f_x = S_y \rightarrow S_z, \qquad (1)$$

где f_x - функция преобразований; S_y – вектор геометрических показателей и начальных свойств поверхности заготовки ламели после волочения и стандартной изоляционной пластины; S_z – вектор конечных свойств медной ламели обеспеченных в функциональных зонах технологическими воздействиями.

Решение задачи синтеза технологий, которые обеспечивают долговечность коллекторного узла с учетом вектора конечных необходимых свойств ламели S_z позволило определить структуру технологических воздействий на контактирующие поверхности деталей коллектора в виде отделочно-упрощающих технологий.

1. Grishin V., Abramov S., The forming processing of copper profiles by method of hot extrusion as technical system // Статья. Системні технології , 2015. - №2(97).-с.25-32.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВИБРОПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СМЕЖНЫХ ПРОКАТНЫХ КЛЕТЯХ

Баглай А.В., Веренев В.В. д.т.н.

«ДИАМЕХ», г. Харьков, Институт черной металлургии НАНУ, г. Днепр

В процессе работы многоклетевых прокатных станов, связанных единым технологическим процессом, техническое состояние оборудования между клетями может существенно различаться. Причины этого заключаются в разных периодах замены шпинделей из-за различной скорости износа бронзовых вкладышей, замены зубчатых передач из-за поломки и т.п. Результаты опытно-промышленных измерений показывают, что из-за этого характер вибрационных процессов, обусловленных захватом полос валками, в клетях стана может существенно различаться. Конструктивное исполнение смежных клетей, как правило, близкое. Частотные характеристики главных линий привода также близки. Скорость прокатки отличается на величину коэффициента вытяжки, величина которого составляет 1,2-1,4. Поэтому данные факторы не оказывают большого влияния на вибропереходные процессы.

Суть предлагаемого сравнительного анализа состоит в следующем. Представляется, что после капитального ремонта клетей стана, который производят один раз в год, состояние оборудования хорошее. Ему соответствуют некоторые базовые параметры вибрации: вид переходного процесса, частота, период, длительность и интенсивность затухания. Последовательные периодические измерения позволяют оценить изменяемость указанных параметров, и установить их зависимость от времени эксплуатации и связь с ремонтными воздействиями, например, заменой шпинделей. Такой метод особенно эффективен, если одновременно сравнивать вибропереходные процессы в одноименных точках оборудования, например трех клетей. Так измерения на входе - выходе корпуса шестеренной клети (2 точки) и редуктора (6 точек) совместно с крутящим моментом путем сравнения позволили установить следующее. Клеть № 1 находится в наилучшем состоянии. Здесь вид кривой виброперемещения во многих точках совпадает с затухающей кривой момента. В клети № 2 в некоторых точках начинает проявляться высокочастотная вибрация. Здесь оборудование находится в промежуточном состоянии. В клети № 3 наблюдается существенная высокочастотная составляющая вибрации во всех точках. На кривой момента заметны признаки размыкания угловых зазоров. Состояние клети № 3 наихудшее. Вынесенные качественные оценки всегда можно сопроводить указанными выше количественными показателями вибрации. Систематизация последних позволяет определить предельные или допускаемые их значения для прокатных клетей и учитывать в разрабатываемых системах диагностики.

МОДЕЛИРОВАНИЕ S-ОБРАЗНОГО ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ А- И Е-ЦЕНТРОВ В ИЗОВАЛЕНТНО ЛЕГИРОВАННОМ ГЕРМАНИЕМ КРЕМНИИ В СРЕДЕ STATISTICA И MATHCAD

Быткин С.В. к.т.н, Критская Т.В. д.т.н.

Запорожская государственная инженерная академия

Изовалентно легированный германием кремний (Si<Ge>) обладает рядом физико-технологических преимуществ с точки зрения обеспечения радиационной стойкости npn- и npnp-структур, традиционно изготавливаемых на основе кремния n-типа, легированного фосфором Si<P> [1].Особенности накопления радиационных дефектов в Si<P> и Si<P,Ge>, моделировались в [2] с использованием полученных в [3] экспериментальных результатов, однако в этих работах не учитывалось S-образное накопление дефектов.

Целью настоящей работы является моделирование нелинейного накопления основных радиационных дефектов в кремнии и оценка возможности использования Ge как примеси, существенно замедляющей радиационную деградацию Si. Для $\Phi_\alpha \leq 1\cdot10^{11}$см$^{-2}$ наблюдается существенное замедление накопления А- и Е-центров в Si<P,Ge>:

Влияние дозы α-облучения Φ_α на накопление радиационных дефектов в Si<P> и Si<P,Ge> (концентрация Ge ≈ $5\cdot10^{19}$ см$^{-3}$)

Φ_α, см$^{-2}$	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{13}	10^{14}
Относительное превышение концентрации А-центров в Si над этой величиной в SiGe	$3{,}527\cdot10^{3}$	7,963	0,948	1,264	1,58
То же для Е-центров	40,703	3,377	3,218	9,444	27,191

Полученные зависимости качественно объяснены схемой, предложенной в [4]. При облучении Si<P> и Si<P, Ge> образуется устойчивый кластер GeVO, уменьшающий концентрацию вакансий в облучаемом материале и, как следствие, концентрацию радиационных дефектов на начальном этапе облучения. Процессы радиационного дефектообразования в Si<P,Ge>, определяющие стабильность его электрофизических свойств в условиях действия ионизирующего облучения, носят сложный характер, эффективность протекания этих процессов нелинейно связана с интегральной дозой облучения.

1. S. V. Bytkin, T. V. Kritskaya, S. P. Kobeleva. Statistical analysis of germanium influence on radiation and thermal stability of the n-p-n-p device structures based on CZ-Si 〈P, Ge〉 electrophysical properties. Russian Microelectronics, December 2014, Volume 43, Issue 8, pp. 546–551.

2. Быткин С. В., Критская Т.В. Моделирование процесса накопления радиационных дефектов в процессе облучения монокристаллов Si <P> и Si <P, Ge>. Металургія. Збірник наукових праць Запорізької державної інженерної академії, вип.1(21). Запоріжжя, 2010, стор.116-125.

3. BytkinS.V. Reduction of the Thermostable Radiation Defects Probability Formation in Si and SiGe as a Physical Basis of the Bipolar npn Transistors Radiation Hardness Increase at the Application of the Radiation & Thermal Processing (RTP- technology). MAPLD 2004 Proceedings, September 8-10, 2004. The Johns Hopkins University- Applied Physics Laboratory-Laurel, Maryland, USA. [Электронный ресурс] Режим доступа / http://klabs.org/mapld04/papers/p/p138_bytkin_p.doc.

4. C.A. Londos, E. N. Sgourou, A. Chroneos, V. V. Emtsev. Carbon, oxygen and intrinsic defect interactions in germanium-doped silicon. Semicond. Sci. Technol. 26(2011) 105024 (7pp) [Электронныйресурс] Режимдоступа / Online at stacks.iop.org/SST/26/105024.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СУШКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ ПРИ ПУЛЬСАЦИОННО-РЕЗОНАНСНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Національна металургійна академія України

Схема аппаратурного обеспечения пульсационно-резонансного сжигания топлива на посту сушки сталеразливочных ковшей представлена на рис.1.

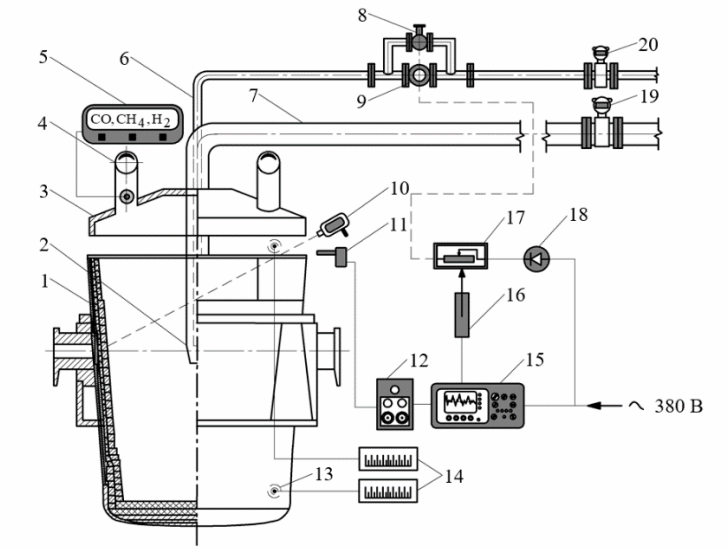


Рисунок 1 – Схема аппаратурного обеспечения пульсационно-резонансного сжигания топлива на посту сушки сталеразливочных ковшей
1 – ковш; 2 – горелка; 3 – крышка; 4 – газоход для отвода продуктов сгорания; 5 – хроматограф; 6 – газопровод; 7 – воздухопровод; 8 – байпасный перепуск; 9 – пульсационный блок; 10 – радиационный пирометр; 11 – акустический зонд; 12 – предусилитель; 13 – термопара; 14 – потенциометры; 15 – анализатор спектра; 16 – исполнительный механизм; 17– реостат; 18 – выпрямитель; 19, 20 – расходомеры

Необходимая для резонанса частота прерывания газового потока пульсационным блоком 9 определяется при помощи акустического зонда 11, посылающего сигнал на предусилитель 12, от которого усиленный сигнал направляется к анализатору спектра 15. По спектральному анализу определяется частота, на которой амплитуда колебаний в рабочем объеме ковша максимальна и, соответственно, задается число оборотов электродвигателя пульсационного блока, которое необходимо для получения колебаний резонансной частоты.

Испытание пульсационно-резонансного режима сжигания топлива на стенде сушки сталеразливочных ковшей позволяет отметить следующее:

– работа пульсационного блока на газопроводе стенда обеспечивает расходы газа и изменения расходов газа в соответствии с технологической инструкцией;

– практически подтверждена возможность поиска пульсационно-резонансных частот в промышленных условиях несмотря на отрицательное воздействие температур, акустических помех и инерционности аппаратуры;

– установлена достаточно высокая работоспособность пульсационного блока и возможность стабильного поддержания в процессе сушки необходимых резонансных частот пульсаций газа;

– отмечено более интенсивное протекание процесса сушки, что позволяет уменьшить продолжительность процесса и, соответственно, сократить расход топлива;

– экономия природного газа при пульсационно-резонансом режиме сжигания топлива в сравнении с нормативными показателями составила в интервале 2,7÷26,1%;

– результаты испытаний позволяют рекомендовать к опытному внедрению пульсационно-резонансный режим сжигания топлива.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАЗОГРЕВА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ ПРИ ПУЛЬСАЦИОННО-РЕЗОНАНСНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Національна металургійна академія України

Схема аппаратурного обеспечения пульсационно-резонансного сжигания топлива приведена на рис 1.

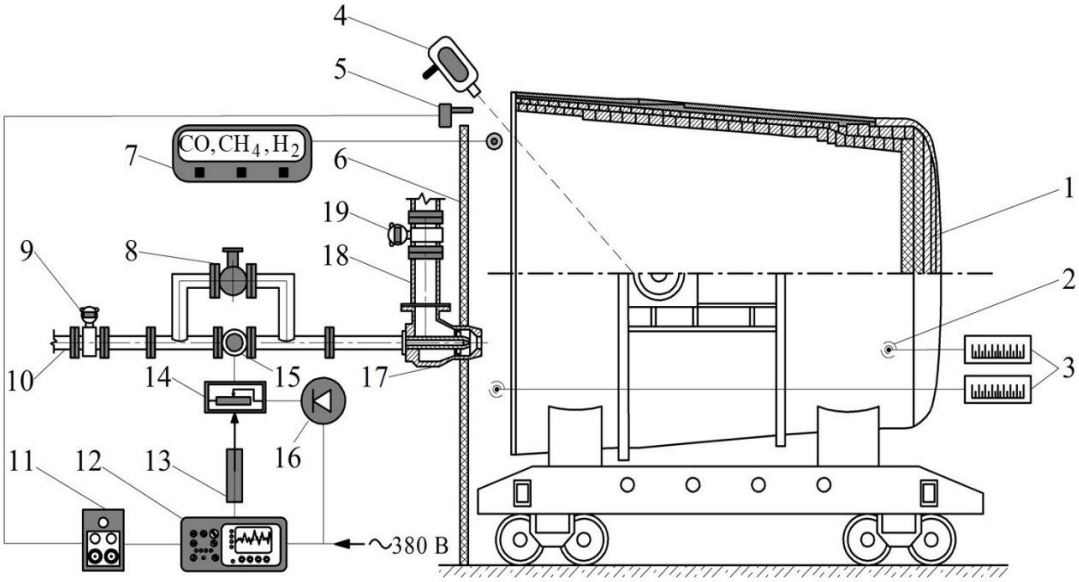


Рисунок 1 – Схема аппаратурного обеспечения пульсационно–резонансного сжигания топлива на посту интенсивного разогрева ковшей под плавку
1 – ковш; 2 – термопара; 3 – потенциометры; 4 – радиационный пирометр; 5 – акустический зонд; 6 – отбойная стенка; 7 – хроматограф; 8 – байпасный перепуск; 9 – расходомер;10 – газопровод; 11 – предусилитель; 12 – анализатор спектра; 13 – исполнительный механизм; 14 – реостат; 15 – пульсационный блок; 16 – выпрямитель; 17 – горелка; 18 – воздухопровод; 19 – расходомер

Для опытов отобраны ковши после длительного простоя, то есть разогрев ковшей производился из холодного состояния.

Ковш укладывался на передвижную тележку в горизонтальное положение и продвигался к отбойной (огнеупорной) стенке с выступающей горелкой типа ГНП-9. Ось горелки расположена на расстоянии 1/3 диаметра ковша от нижней кромки.

В соответствии с технологической инструкцией при простое сталеразливочного ковша без разогрева более 6 часов продолжительность разогрева должен быть не менее 6 часов. Настройка резонансных частот привела к рабочему диапазону частот 18÷30 Гц.

Результаты испытаний системы пульсационно-резонансного сжигания топлива на посту разогрева сталеразливочных ковшей позволяют отметить следующее:

– высокую возбудимость резонансных частот в ковше вследствие небольшой протяженности и объема участка газопровода между пульсационным блоком и горелкой;

– заметный рост интенсивности разогрева с применением пульсационно-резонансного режима сжигания топлива;

– целесообразность применения пульсационно-резонансного сжигания топлива на постах интенсивного разогрева ковшей под плавку, так как пульсационно-резонансный режим позволяет форсировать разогрев резонансной пульсацией факела;

– экономия природного газа составила 19,5÷37,8%, что позволяет рекомендовать пульсационно-резонансный режим сжигания топлива на стендах разогрева к опытному внедрению.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СИСТЕМНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Национальная металлургическая академия Украины

Исследованиям пульсации в виде колебаний давления и расхода газа в трубопроводных системах посвящено достаточно большое количество работ, преимущественно теоретических и связанных с волновым движением газового потока. Теоретические решения волнового движения в ряде случаев требуют экспериментальных значений параметров и величин, входящих в эти решения. Во всех случаях результаты теоретических решений требуют экспериментальной проверки. В связи с этим целесообразным является исследование пульсаций газового потока на экспериментальной установке (см.рис.1).

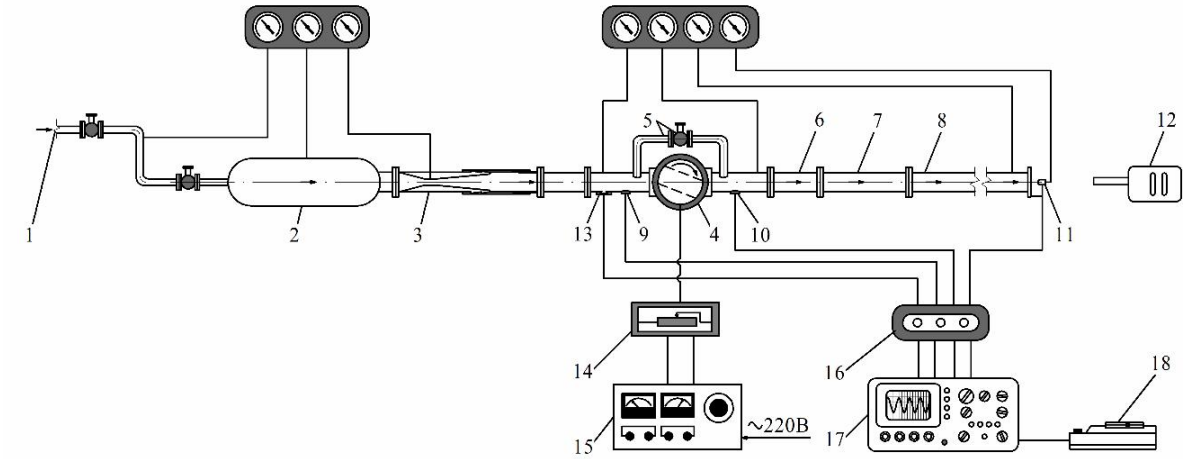


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования пульсирующего газового потока
1 – трубопровод сжатого воздуха; 2 – форкамера; 3 – расходомерная трубка Вентури; 4 – пульсатор с цилиндрическим прерывателем потока газа; 5 – байпас с запорно-регулирующей задвижкой; 6-8 – секции трубопровода; 9-11 – датчики пульсаций; 12 – источник света; 13 – фотодатчик; 14 – реостат; 15 – выпрямитель электрического тока; 16 – преобразователь сигнала; 17 – осциллограф; 18 – графопостроитель

Экспериментальная установка подключена к стационарному трубопроводу сжатого воздуха и последовательно включает: форкамеру, измерительную трубку Вентури, пульсатор с цилиндрическим прерывателем и съемные секции трубопровода.

Экспериментальная установка позволяет исследовать разнообразные стороны пульсирующего газового потока. В частности, диссипация пульсаций определяется по снижению интенсивности звука при прохождении пульсирующего газового потока от момента генерации пульсаций до выхода из трубопровода. При этом интенсивность звука пульсирующего газового потока перед пульсатором I_1, после пульсатора I_2 и на выходе из трубопровода I_3 определяется выражениями:

$$I_1 = \frac{p_{a1}^2}{\rho \cdot \upsilon_з}, \; I_2 = \frac{p_{a2}^2}{\rho \cdot \upsilon_з}, \; I_3 = \frac{p_{a3}^2}{\rho \cdot \upsilon_з}, \qquad (1\text{-}3)$$

где p_{a1}, p_{a2} и p_{a3} – амплитудные значения акустического давления пульсирующего газового потока (соответственно, датчики пульсаций 9,10 и 11); ρ и $\upsilon_з$ – плотность газа и скорость звука.

Экспериментальная установка позволяет также исследовать характеристики пульсатора, конфигурацию пульсаций и настройку пульсаций на заданную частоту.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ДИССИПАЦИИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Национальная металлургическая академия Украины

Диссипация пульсирующего газового потока исследовались в системе “пульсатор-трубопровод”.

Экспериментальные данные, представленные на рис. 1., указывает на снижение интенсивности звука за пульсатором, т.к. пульсатор помимо генерации пульсаций создает акустическое сопротивление, что приводит к снижению звукового давления. Снижение интенсивности звука за пульсатором (○) составило 0,78÷0,87 в зависимости от статического давления перед пульсатором, а среднее снижение интенсивности звука во всем диапазоне давлений составило – 0,82.

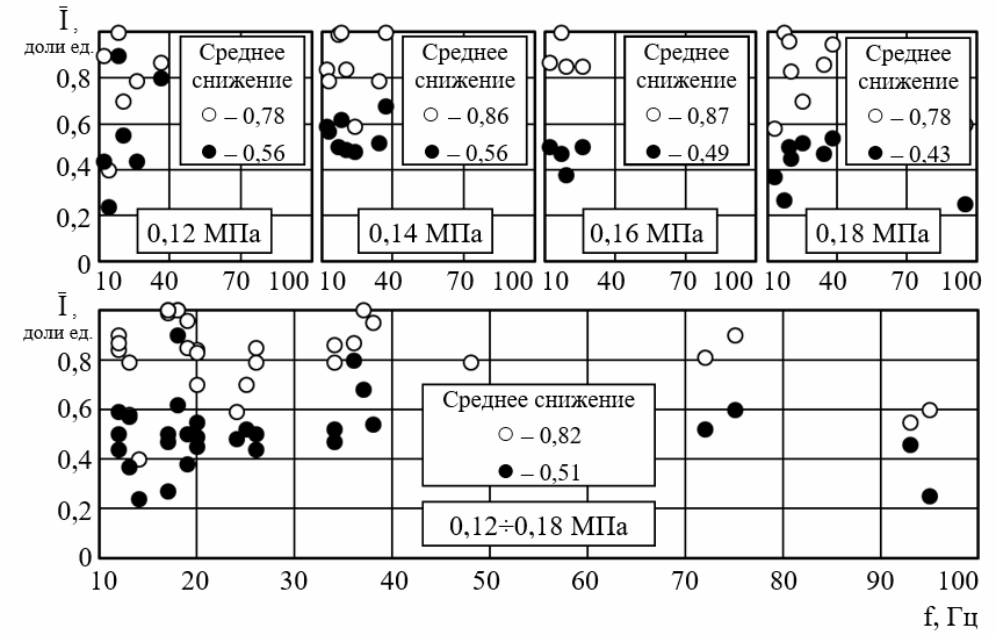


Рисунок 1 – Изменение интенсивности звука пульсирующего газового потока при прохождении пульсатора $\overline{I}_{п}$ (○) и пульсатора совместно с трубопроводом $\overline{I}_{п-т}$ (●) при различных давлениях газа

Изменение интенсивности звука за трубопроводом (●), которое включает совместное акустическое сопротивление пульсатора и диссипацию в трубе, составило в зависимости от давления 0,43÷0,56 при среднем снижении – 0,51.

Уменьшение длины трубопровода практически не сказывается на диссипации пульсаций, что соответствует плоской конфигурации звуковой волны в трубопроводе, при которой звуковые лучи параллельны друг другу. В случае плоской звуковой волны энергия пульсаций не рассеивается в стороны к периферии потока, а интенсивность звука практически не зависит от расстояния, прошедшего звуковой волной. Сравнение экспериментальных данных показывает, что потери энергии звуковой волны наиболее значительны при деформации плоской звуковой волны. Это происходит в самом пульсаторе и на выходе пульсирующего газового потока из трубопровода.

Экспериментальные исследования пульсирующего газового потока показали, что во всех случаях происходит диссипация пульсаций газового потока, причем наиболее контрастно это проявляется за пульсатором и на выходе из трубопровода вследствие изменения турбулентности потока. Для снижения диссипации при конструировании трассы пульсирующего газового потока следует избегать участков, деформирующих газовый поток и вызывающих изменения в турбулентности потока.

СИСТЕМНОЕ ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ДИССИПАЦИИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Национальная металлургическая академия Украины

Данные исследования касаются разработки пульсационно-резонного сжигания топлива при сушке и разогреве сталеразливочных ковшей. Опытно-промышленные исследования показали возможность существенной экономии топлива при пульсационно-резонансном сжигании.

Диссипация пульсаций газового потока при реализации пульсационного сжигания топлива неизбежна, так как пульсатор и горелочное устройство размещены на расстоянии друг от друга. Движение пульсирующего газового потока от пульсатора к горелке по трубопроводу приводит к рассеиванию и потерь энергии волнового движения, и, соответственно, к ослаблению пульсаций.

Влияние диссипации особенно ощутимо при реализации пульсационно-резонансного сжигания, которое связано с настройкой частоты пульсаций газового потока на частоту собственных колебаний рабочего объема печи или агрегата. Ослабление пульсаций газового потока затрудняет настройку и выбор наиболее эффективного диапазона резонансных частот.

Анализ волнового уравнения, размерностей параметров и условия проведения экспериментов позволил обобщить экспериментальные данные по изменению интенсивности звука $\overline{I}$ вследствие диссипации путём аппроксимации совокупности полученных результатов критериальным уравнением:

$$\overline{I} = C \cdot St^{q} \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right)^{r} \cdot \left(\frac{l_т}{d_т}\right)^{s}, \qquad (1)$$

где p, p_0 – соответственно, давление в трубопроводе и атмосферное давление; $l_т$ и $d_т$ - длина и диаметр трубопровода; St – число Струхаля, которое учитывает влияние на изменение интенсивности звука частоты пульсаций f

$$St = \frac{f \cdot l_т}{\upsilon}, \qquad (2)$$

здесь υ – скорость газа, проходящего через трубопровод экспериментальной установки.

Полученные в результате обработки экспериментальных данных значения коэффициентов в уравнении (1) (см. табл. 1) позволяют выполнить расчет диссипации пульсаций газового потока в системе пульсационно-резонансного сжигания топлива.

Таблица 1
Значения коэффициентов в критериальном уравнении (1) для расчета диссипации пульсаций газового потока.

Место определения звукового давления $\overline{I}$	Частота пульсаций, Гц	C	q	r	s
за пульсатором $\overline{I}_п$	10 < f < 60	0,80	0,06	-0,51	0,018
	60 < f < 100	0,85	-0,12	0,42	0,10
на линейном участке трубопровода $\overline{I}_т$	10 < f < 60	0,45	0,08	-0,37	0,044
	60 < f < 100	0,39	0,16	0,37	-0,13
в конце трубопровода $\overline{I}_{п-т}$	10 < f < 60	0,51	-0,056	0,43	0,044
	60 < f < 100	0,42	0,19	0,39	-0,13

Критериальное уравнение (1) с учетом коэффициентов, приведенных в табл. 1, применимо при давление в трубопроводе $p = 0{,}12 \div 0{,}18$ МПа, частоте пульсаций $f = 10 \div 100$ Гц и относительной длине трубопровода $l_т / d_т = 2 \div 60$ с отклонением расчетных данных от экспериментальных ±12%

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ПАРОВОГО КОТЛА ПРИ ПУЛЬСАЦИОННО-АКУСТИЧЕСКОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Национальная металлургическая академия Украины

Пульсационно-акустическое сжигание топлива для существующих серийных котлов позволяет без существенных изменений в конструкциях котельных агрегатов и горелочных устройств достичь позитивного результата в повышении эффективности работы котлов: снижение недожога топлива, повышение к.п.д. котла и снижение удельного расхода топлива на выработку пара. Исследования выполнены на паровом котле ДКВР-10-13.

Изменения в работе котла при пульсационно-акустическом сжигании топлива проявляются в снижении химического недожога топлива (см. табл.1.) и в повышении температуры в топке по сравнению с работой котла без наложения акустических пульсаций.

Таблица 1

Результаты анализа продуктов сгорания, отобранных за топкой

Режим работы котла	Компоненты продуктов сгорания, об. %					Химический недожог, %
	CO	H_2	CH_4	CO_2	O_2	
Без наложения акустических пульсаций	0,06	0,12	0,15	7,2	3,05	2,043
С наложением акустических пульсаций	0,01	0,03	0,04	8,0	1,65	0,486

Химический недожог топлива снижается примерно в четыре раза. Соответственно, увеличился к.п.д. котла и уменьшается удельный расход топлива на выработку пара. Снижение химического недожога топлива увеличивает температуру в топке в среднем более чем на 50ºС.

На рис. 1 приведено ожидаемое снижение выбросов CO в атмосферу в течение года и годовая экономия топлива, соответствующая повышению к.п.д. котла. С учетом возможных изменений режимов работы котла относительная тепловая нагрузки на котел $\overline{Q}$ (отношение фактической нагрузки к номинальной) принята в интервале 0,75÷1,25, а продолжительность работы котла в течение года – 4000÷7000 ч.

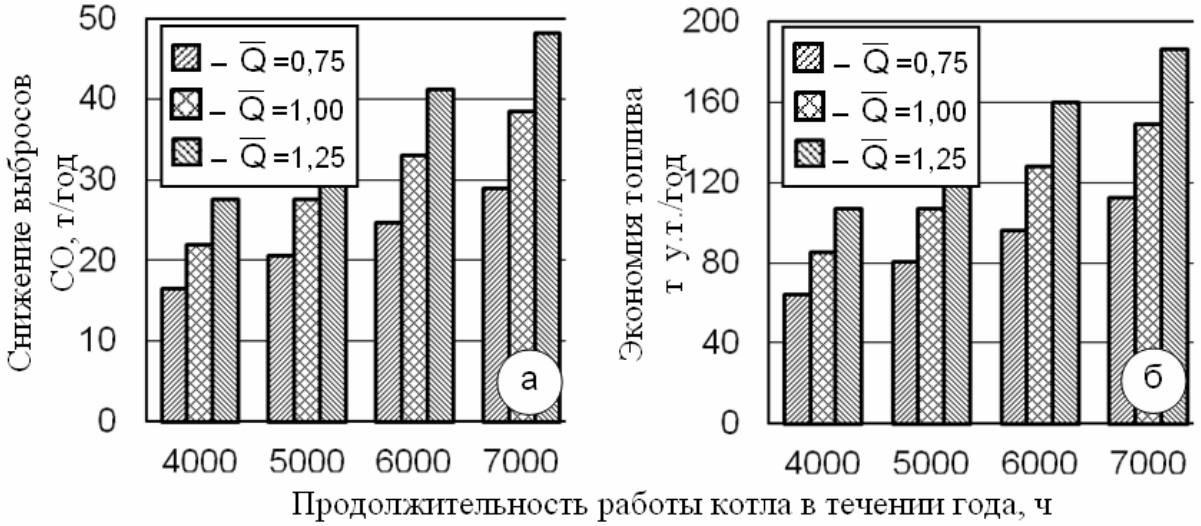


Рисунок 1 – Ожидаемое снижение выбросов CO (а) и экономия топлива (б) при пульсационно-акустическом сжигании в котле

По данным, приведенным на рис. 1, снижение выбросов CO в атмосферу в течение года может составить 16÷48 т, а экономия условного топлива 64÷186 т.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ ОТХОДЯЩИМ ГАЗОМ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ КОНВЕРТЕРОВ

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. магистрант
Национальная металлургическая академия Украины

Данная работа касается уменьшения объема конвертерного газа при восстановлении железорудного сырья. Вариант компоновки реактора-восстановителя на газоотводящем тракте конвертера приведен на рис. 1.

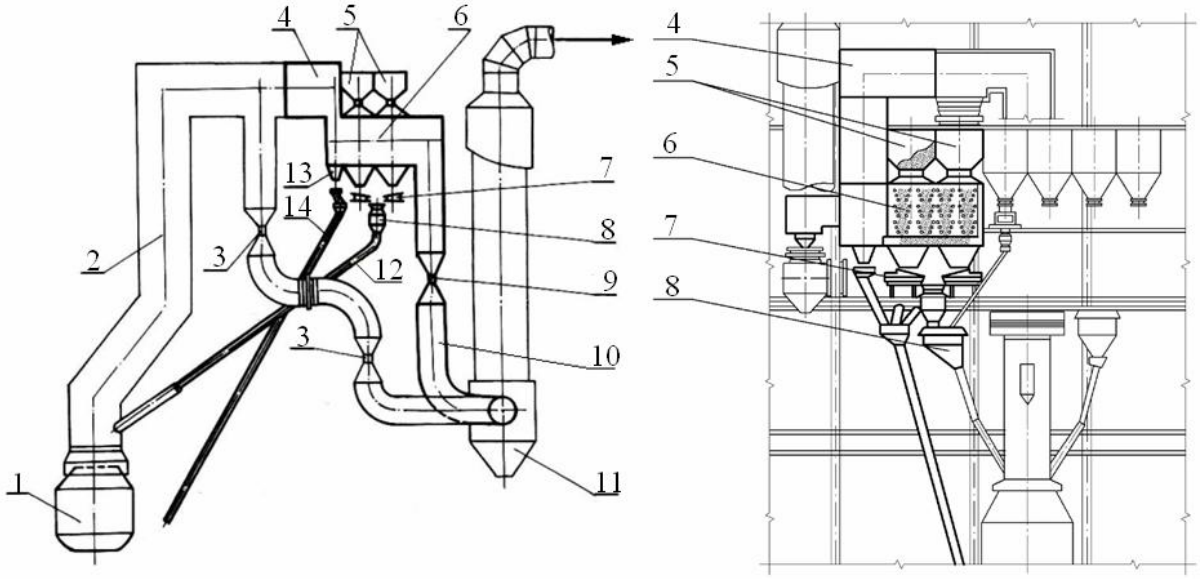


Рисунок 1 – Компоновка реактора-восстановителя на газоотводящем тракте конвертера
1 – конвертер; 2 – охладитель конвертерного газа (ОКГ); 3 – основная газоочистка; 4 – подводящий газоход; 5 – бункера; 6 – реактор-восстановитель; 7 - питатель; 8 – бункер-накопитель с дозатором; 9 – газоочистка обводного газохода; 10 – обводной газоход; 11 – влагоотделитель; 12 – течка для подачи сыпучей шихты в конвертер; 13 – карман для сбора пыли; 14 – течка для удаления пыли

Возможность уменьшения объема конвертерного газа при восстановлении железорудного сырья обусловлена реакцией Л. Белла: $2CO \leftrightarrow CO_2+C$, сопутствующей восстановлению оксидов железа монооксидом углерода и сопровождающейся уменьшением объема газовой фазы в два раза.

Реализация процесса восстановления железорудного сырья с уменьшением объема конвертерного газа представляется следующей последовательности:

– конвертерный газ отводят из конвертера без дожигания CO и охлаждают в ОКГ радиационного или радиационно-конвективного типа до 550–750 °С.

– затем газы пропускают через слой железорудного сырья, нагретого до 450–650 °С и предварительно восстановленного до 35%, что приводит к реакции Л.Бэлла ($2CO \rightarrow C+CO$), при которой объем CO газовой фазы, вступившей в реакцию, уменьшается вдвое.

Результаты расчета процесса восстановления железорудного сырья, сопровождающегося распадом CO и уменьшением объема конвертерного газа показали возможность уменьшения объема газа в 1,1÷1,8 раза в зависимости от концентрации CO в газе и температуры газа.

Реализация процесса распада CO при отводе конвертерного газа предоставляет возможность уменьшить затраты на газоочистку, получить восстановленный и науглероженный продукт, который можно использовать как в конвертерном процессе, так и в других металлургических процессах.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І СИНТЕЗ РЕЗОНАНСНИХ ВІБРАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Гурський В. М. к.т.н., Кузьо І. В. д.т.н.
Національний університет «Львівська політехніка»

В сучасному розумінні системний підхід, що опирається на попередні здобутки, дає змогу визначити шляхи удосконалення технологічних систем, зокрема вібраційних. Одним із принципових напрямків розвитку останніх, можна вважати підвищення якості їхньої реалізації та функціонування. Пошуком шляхів, що напряму відповідають за реалізацію таких задач відповідає саме системний підхід, одним із ефективних засобів якого є оптимізаційний синтез. Зокрема, для технологічних вібраційних систем необхідним є відповідне формулювання та постановка науково-технічного завдання, спрямованого на реалізацію машин підвищеної ефективності функціонування з відповідністю до основних технологічних вимог [1]. В силу цього запропоновано [2] формулювання багатокритеріального підходу, за яким цільовий критерій – енергетичний, який визначає ступінь перетворення потужності інерційних сил $p_p(t) = m_p a_p(t) v_p(t)$, що може бути передана робочою масою m_p середовищу за період коливань. Вважаючи, що ефективне використання потужності здійснюється за максимального її значення $p_{p\max}$, критерій ефективної передачі потужності робочою масою вібраційної системи має вигляд:

$$\varsigma_{P*}(\forall) = p_{p\max} / P \to \max ,$$

де P – споживана потужність; $\forall$ – набір параметрів вібраційної системи, що оптимізується. Передусім синтезують пружні параметри резонансних ланок, а також силові умови (імпульсне чи гармонійне збурення) і характеристики збурення (амплітудні значення зусилля, число приводів, параметри приводів і т.д.).

Зважаючи на широке розмаїття технологічних вібраційних машин, визначено наступний набір технологічних обмежень:

1) кінематичні – їх вибір обумовлюється призначенням, режимами та умовами оброблення (амплітуда, пришвидшення, сила та енергія удару тощо);

2) динамічні – $\omega_{0i\min} < \omega_{0i}(\forall) < \omega_{0i\max}$, що формують динамічні особливості вібраційних систем (для прикладу резонансні) з точки зору доступних (схем збурення) чи раціональних (з точки зору оброблення) частот.

Для оцінки працездатності системи використовують додаткові показники, що оцінюють напружено-деформований стан відповідальних вузлів та умови функціонування приводу.

У процесі комплексного розв’язування динамічних моделей із сформованими оптимізаційними алгоритмами отримано нові співвідношення коефіцієнтів жорсткості резонансних віброударних машин, що забезпечують енергетичні показники функціонування та суттєво переважають за реалізацією існуючі машини. Відповідно до цього синтезовано резонансні двочастотні та віброударні режими роботи машин на основному резонансі та з використанням субгармоніки порядку $\omega_0 / 2$.

1. Назаренко І. І. Системний аналіз різних конструктивних схем віброударних машин для ущільнення / І. І. Назаренко, А. Т. Свідерський, О. П. Дєдов // Техніка будівництва. – 2008. – № 21. – С. 52-63.

2. Гурський В. М. Багатокритеріальний аналіз і синтез нелінійних резонансних вібраційних машин: монографія / В. М. Гурський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 308 с.

КІНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПОВЕРХОНЬ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

Жиленко Т.І. к.ф.-м.н., Гапонова О.П. к.т.н.
Сумський державний університет

З кожним днем збільшується кількість нових матеріалів з різними фізичними властивостями, які висуває сучасність. Широкого загалу набувають матеріали з покриттями, що підвищують їх термін використання. На сьогоднішній день розроблено безліч методик зміни фізико-хімічних властивостей металевих поверхонь у заданому напрямку. Одним з економічних та ресурсозберігаючих методів для підвищення міцності шляхом нанесення захисних покриттів є електроіскрове легування (ЕІЛ). За його допомогою можна досягти високої міцності зчеплення шару, що наноситься з основним матеріалом. Технологія є простою та економічною у використанні, призводить до великої продуктивність.

Розглянуто поверхні з конструкційних вуглецевих сталей алітованих методом ЕІЛ.

Проаналізовано рівняння дислокаційно-дифузійної кінетики перетворень, які відбуваються під час зміни фізичних і хімічних властивостей поверхонь:

$$\dot{\rho} = \frac{\rho}{t_d}\left(1 + \frac{n}{n_0} - \frac{\rho}{\tau_a}\right),$$

$$\dot{n} = \frac{1}{t_v}\left(\frac{\rho}{\rho_0} - n\left(1 - \frac{\rho}{\tau_v}\right)\right),$$

де ρ - густина дислокацій, n - концентрація нерівноважних вакансій, $\dot{\rho}, \dot{n}$ - відповідні швидкості зміни ρ і n; t_d, t_v - характеризують час автономної зміни густини дефектів; τ_a, τ_0 - визначають густину дислокацій без урахування вакансій; n_0, τ_v - відповідають густині задання інтенсивності взаємного впливу дефектів.

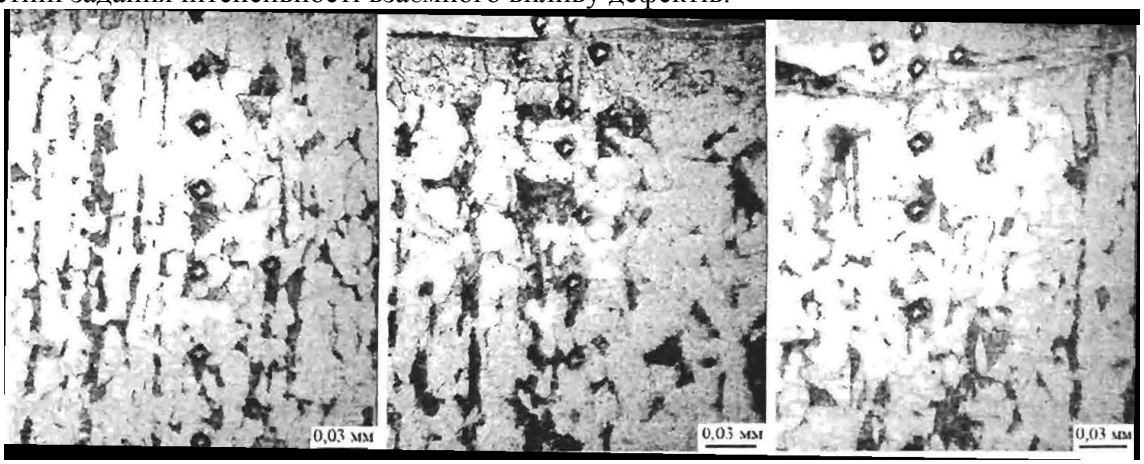


Рисунок – Мікроструктура перерізу зразків зі сталі 20 з алюмінієвим покриттям, отриманих ЕІЛ методом під час різних режимів

Знайдені закономірності пластичного перебігу, що спричиняють втрату стійкості системи, локалізацію деформації. Розвиток ротаційної пластичності, спостерігаються у матеріалах , де швидкість деформації зсуву значно залежить від концентрації точкових дефектів і забезпечується високою напругою. Такі умови досягаються на етапі розвитку пластичної деформації, до того ж деформаційне зміцнення переводить матеріал у стан, у якому спостерігаються значні неоднорідні поля напруг і деформаційні дефекти у вигляді дислокаційних клубків. Це пояснює те, що на етапі розвинутої пластичної деформації у більшості випадків утворюються високо-кутові межі похилого типу.

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ МАСОПЕРЕНОСУ В ГАЛЬВАНІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Капітонов О.Г. к.х.н.

ДВНЗ «УДХТУ», факультет комп'ютерних наук та інженерії

Гальванічні процеси відіграють важливу роль в сучасних технологіях. Саме тому розробники нових процесів мають враховувати широкий спектр вимог — економічних, екологічних, морфологічних і т.ін. Якість осаду залежить від поляризації електродів, концентрацій компонентів та їх співвідношень в електроліті, використання тих чи інших поверхнево-активних речовин, теплового та гідродинамічного режиму ванни та багатьох інших чинників, причому відповідні залежності майже завжди не є монотонними. На додачу, процеси електроосадження — досить повільні і тривають десятки хвилин. Отже, прискорення розробки нових гальванічних процесів — нагальна науково-технічна задача; комп'ютерне моделювання — один із підходів до її вирішення, який сьогодні потужно розвивається.

Попередні розрахунки дозволили стверджувати, що перехідні процеси, які мають місце при вмиканні електричного струму у гальванічній ванні не дають скільки-небудь значного вкладу в осад, що створюється. Отже, математична модель має описувати стаціонарний процес електрооосадження. Масоперенос розглядається як сукупність трьох потоків: а) дифузійного, пов'язаного з тепловим рухом молекул; б) міграційного, який створюється за рахунок градієнту електричного потенціала і включає лише заряджені частинки; в) конвективного, джерелом якого є інтенсивне газовиділяння на катоді. Вважається справедливим припущення, що суттєві зміни концентрацій компонентів електроліту відбуваються лише в шарі рідини, достатньо близькому до електрода (гіпотеза дифузійного шару).

Модель враховує хімічні реакції, які протікають як в об'ємі розчину, так і в дифузійному шарі. Опис реакціїї потребує:

- складання кортежу назв або інших ідентифікаторів компонентів-учасників як тих, що вступають в хоча б в один процес, так і продуктів;
- формування цілочисельного масиву стехіометричних коефіцієнтів, позитивних для вихідних учасників, негативних для продуктів та нульових для компонентів, які в реакції участі не приймають;
- визначення констант рівноваги для кожної реакції.

Представлена модель враховує також той факт, що по досягненні визначеного граничного значення концентрації, яке характеризується так званим добутком нерозчинності, деякі компоненти можуть утворювати продукт, який випадає в осад. Для цього формується відповідний масив добутків (для розчинних продуктів вводиться значення 10^4, яке перевищує будь-який добуток молярних концентрацій у водному розчині). Якщо відповідна концентрація продукту перевищує граничне значення, з матеріального балансу виводиться потрібна кількість речовини, щоб відновити порушене обмеження.

1. Janssen L.J.J., Hoogland J.G. The effect of electrolytically evolved gas bubbles on the thickness of the diffusion layer. //Electrochim Acta. – 1970.- v.15, N62.- p.1013-1023.

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ШАРУ МАТЕРІАЛУ В МОЛОТКОВІЙ ДРОБАРЦІ

Кобрін Ю.Г., Шевченко І.А. к.т.н., Кононов Д.О. к.т.н.,
Васильченко Т.О. к.т.н., Гречаний О.М.
Національна металургійна академія України,
Запорізька державна інженерна академія

Вступ. Робочі процеси подрібнення використовуються в різних галузях виробництва. Залежно від якості та властивостей матеріалу, процеси обробки здійснюються подрібнювальними машинами різноманітних конструкцій. Серед них значного поширення набули дробарки ударної дії. Для подрібнення крихких матеріалів, з утворенням продуктово-повітряного шару, використовуються молоткові дробарки. Це пояснюється тим, що молотки хитаючись навколо осей підвісу змінюють свою відносну швидкість , напрямок та глибину занурення в продуктово-повітряному середовищі , що порушує його рівномірний рух.

Аналіз досягнень. В молоткових дробарках частинки крихких матеріалів руйнуються як під ударами молотків, так і в результаті співударяння самих частинок з гранями отворів решета і декі при русі їх шару по циліндричній поверхні. Ефективність руйнування частинок залежить в основному від їх швидкості відносно молотків і нерухомої поверхні робочої камери. Простежити рух окремої частинки дуже складно, тому оперують середньою швидкістю шару, яка за абсолютною величиною менша за лінійну швидкість кінців молотків [2,3].

Постановка завдання. Задача теоретичного дослідження - знайти залежність середньої швидкості шару подрібнювального матеріалу від швидкості молотків - одного з основних параметрів молоткової дробарки.

Головна частина досліджень. В молоткових дробарках переважає руйнування в результаті вільного удару. Куски сировини, що подаються в молоткову дробарку зазнають удари шарнірно підвішених до обертаючогося ротора молотків. В процесі подрібнення частинки матеріалу відкидаються на відбійні плити, співударяються між собою, знову відскакують до молотків. Під час роботи на циліндричній поверхні камери дроблення утворюється шар частинок подрібнювального матеріалу. Молотки переміщуються в цьому шарі, руйнують частки матеріалу і примушують їх рухатися під дією сили опору переміщенню молотків в шарі подрібнювального матеріалу [1,4].

Висновки. Для конкретної дробарки, в якій колова швидкість молотків стала, швидкість шару залежить від властивостей матеріалу, виражених коефіцієнтами тертя та опору для даних умов. Отримані залежності середньої швидкості шару подрібнювального матеріалу від швидкості молотків дробарки можуть бути застосовані при визначенні конструктивно-технологічних параметрів молоткових дробарок.

1. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых [Текст] / 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980. - 415 с.

2. Баренблатт Г.И. О некоторых общих представлениях математической теории хрупкого разрушения [Текст] // ПММ. - 1964. - № 4. -С. 630-643.

3. Ходаков Г.С. Физика измельчения [Текст] / Г.С.Ходаков – М.: Наука, 1972. -307 с.

4. Васильченко Т.О., Шевченко І.А., Кобрін Ю.Г. Аналіз руйнування крихких матеріалів ударом [Текст] / Металургія. Наукові праці запорізької державної інженерної академії. Запоріжжя: ЗДІА.- 2017. - Вип. 2(38). - С.116-122.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРИТЕРИЕВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ЗАДАЧАХ СРАВНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ВЫБОРОК ИЗМЕРЕНИЙ

Малайчук В.П. д. т. н., Федорович А.И. к.т.н.
Днипровский национальный университет имени Олеся Гончара

Исследована эффективность применения критериев сдвига и масштаба непараметрической статистики в задачах наблюдения за состоянием технических объектов путём сравнения выборок измерений и их параметров. Проведены вычислительные эксперименты на моделях выборок случайных величин с разными законами распределения вероятности и изменениями их параметров (симметричность и асимметричность, равенство дисперсий и математических ожиданий, размеры сравниваемых выборок). Как известно параметрические критерии Фишера и Стьюдента эффективны если сравниваются выборки с одинаковыми дисперсиями или с равными математическими ожиданиями. По данным анализа результатов вычислительных экспериментов установлено, что из непараметрических критериев проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий экспериментальных выборок ближе всего по эффективности к критерию Стьюдента относится критерий Ван-дер-Вардена, а к критерию Фишера – непараметрический критерий Клотца. Если у сравниваемых выборок измерений отличаются и математическое ожидание, и дисперсии, то для проверки гипотезы об их равенстве следует применять критерий Буша-Винда.

При полной неопределенности знаний о статистических закономерностях сравниваемых выборок предлагается визуально-аналитический метод принятия решений путем сравнения всех пяти критериев (Стьюдента, Фишера, Ван-дер-Вардена, Клотца и Буша-Винда). При использовании предложенного алгоритма ноль по критерию получаем в случае, когда при его реализации проверяемая гипотеза подтверждается с вероятностью меньше 0,7, в противном случае – единица. То есть, если на вход попадают некоррелированные данные с одинаковыми симметричными законами распределения вероятностей и отсутствием разницы между сдвигами и масштабам, то по всем предложенным критериям получим единицы. При комбинации 00110 следует считать, что входные данные – это некоррелированные случайные величины с одинаковыми масштабами, но которые имеют разницу в сдвигах. При комбинации 11000 – некоррелированные случайные величины с одинаковыми сдвигами, но разными масштабами. При комбинации 00000 – должны быть некоррелированные случайные величины с разницей между сдвигами и масштабами. При комбинации 01010 – входные данные являются коррелированными случайными величинами. Если входные данные подчиняются нормальному и лапласовского законам распределения вероятностей, но при этом имеют одинаковые сдвиг и масштаб, получим последовательность 11011. В случае 00010 – входные данные независимые случайные величины с нормальным и лапласовского законами распределения вероятностей, которые имеют разницу в сдвиге и масштабе.

О НОВОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Марченко В.Т., Хорольский П.П., Сазина Н.П.
Институт технической механики Национальной академии наук и Государственного космического агентства Украины

Технический уровень является одним из основных технико-экономических показателей сложных технических изделий и систем. Наряду с затратами на создание и эксплуатацию показатель технического уровня определяет конкурентоспособность вновь создаваемого технического изделия или системы. Вопрос оценки технического уровня изделий ракетно-космической техники стал особенно актуальным в результате возникновения и развития мирового рынка космической продукции и космических услуг.

Изделия ракетно-космичекой техники являются уникальными техническими изделиями. Например, для космических аппаратов среди группы однородных по функциональному назначению, как правило, не существует изделия, которое превосходило бы по своим техническим характеристикам все остальные аппараты. Поэтому в качестве базового образца сравнения целесообразно принять гипотетическое изделие с самыми лучшими техническими характеристиками из группы однородных изделий. После завершения расчета технического уровня (по отношению к гипотетическому образцу) за базовый образец принимается изделие, у которого имеет место наибольшее значение показателя технического уровня по отношению к гипотетическому образцу. Значения технического уровня остальных изделий приводятся к уровню выбранного за базовый образец реального изделия.

Существующие сегодня методы оценки технического уровня новых образцов изделий машиностроения для определения значений весовых коэффициентов используют методы балльных оценок или ранжирования. Таким образом, эксперты напрямую влияют на значения весовых коэффициентов, и как следствие, имеет место высокая степень субъективизма.

По своей сути задача оценки технического уровня изделий ракетно-космической техники является задачей многокритериальной оптимизации. На основе анализа существующих методов решения многокритериальных задач оптимизации разработан новый метод оценки технического уровня изделий ракетно-космической техники.

В основу разработанного метода положен модифицированный применительно к изделиям ракетно-космической техники метод анализа иерархий Т. Саати.

Используя метод Т. Саати, эксперты (на основе заранее подготовленной содержательной модели оценки эффективности функционирования сложной технической системы) выполняют вспомогательную работу, которая заключается в построении матрицы парных сравнений и таким образом не могут напрямую влиять на численные значения весовых коэффициентов, как это имело место в случае использования методов бальных оценок и ранжирования.

Самый существенный недостаток существующего метода формирования матрицы парных сравнений является отсутствие формализованного способа устранения возможных нарушений правила транзитивности. Устранение этого недостатка достигается за счет построения на заданном множестве факторов вспомогательных бинарных матриц

Модификация метода Т. Саати заключалась, в основном, в создании формализованного способа обнаружения противоречивых заключений экспертов и устранения возможной несогласованности подготовленной ими матрицы парных сравнений.

Метод позволяет не только выявить наличие противоречия между элементами в матрице парных сравнений, но показывает эксперту, какой именно элемент в матрице некорректный и каким образом устранить некорректность. Кроме того, метод позволяет устранить возможность рассогласования матрицы, обусловленную дискретностью фундаментальной шкалы Т. Саати.

Таким образом, предложенный метод позволяет исключить возможные существенные ошибки при подготовке исходных данных с использованием экспертных оценок и обеспечить повышение качества технического уровня вновь создаваемых образцов сложной техники на всех этапах ее работы.

ПРИЧИНИ ВІДМОВ ФІЛЬЄРИ МУНДШТУКОВОГО ПРЕСА

Мельник В.О.
завідувач лабораторії верстатів з ЧПК
навчально-наукового центру професійної підготовки і практики
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Виробництво керамічної цегли займає вагоме місце в розвитку економіки України. Для формування керамічної цегли використовують шнекові преси закордонного виробництва, особливістю яких є наявність гами універсальних мундштуків [1]. Основними елементами таких мундштуків є серцевина, порожниноутворювачі (керн) та фільєра. Згідно інформації заводу "Закарпатська Будівельна Кераміка" ТОВ "Русинія" випливає, що за потужності виробництва 75-80 млн. шт. умовної цегли на рік заміна серцевини мундштука проводиться кожних півроку, кернів – кожного місяця, а фільєри – кожні два тижні. Звідси випливає, що фільєра є найслабшою ланкою керамічного преса. Основною причиною відмов фільєри є її знос. Висока частота відмов фільєри значно знижує надійність всього пресу.

У процесі формування цегли через фільєру проходить керамічна маса, під дією якої у фільєрі змінюється форма її калібруючих поверхонь.

Виходячи з відомих видів зношування [2], зміну форми калібруючих поверхонь фільєри викликає механічне зношування. Проте механічне зношування може бути абразивним, гідроабразивним, гідроерозійним, кавітаційним тощо [2]. Для підвищення ресурсу роботи калібруючих поверхонь фільєри слід знати характеристики керамічної маси.

Керамічна маса – це гідрофільна структурована дисперсна система – «глина-вода-повітря» зі значним вмістом колоїдних фракцій [3]. Керамічна маса є дисперсною системою із різним ступенем концентрації дисперсної фази [4]. В роботах [3, 5] таку масу описують як пластичну з високою концентрацією дисперсної фази. Причина такого різного тлумачення терміну «керамічна маса» полягає в тому, що вона є неньютонівською рідиною [3, 5, 6, 7, 8] і сьогодні не існує єдиної теорії, яка б достовірно описувала її поведінку за різноманітних фізико-хімічних факторів. Вивчаючи поведінку такої речовини при проходженні її через фільєру, дослідники [3, 5, 6, 7, 8] важають, що цей процес складно описати аналітично.

Під час руху через калібруючі поверхні фільєри до них з керамічної маси поступає вода із зваженими найдрібнішими частинками дисперсної фази, які накопичуючись і орієнтуючись паралельно до напрямку сили тертя, утворюють на цій поверхні гелеподібний шар. Товщина і швидкість утворення шару залежать від величини нормального тиску на поверхню тертя, а також від дисперсності і вологості маси За таких умов зношування фільєри є гідроабразивним. Це підтверджується наявністю на її стінках лунок та подряпин, які орієнтовані в напрямку руху керамічної маси (рис. 1).

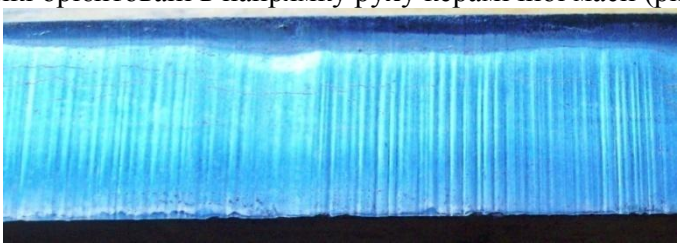


Рисунок 1 – Гідроабразивний знос калібруючої поверхні фільєри

З метою підвищення ресурсу фільєри необхідно провести аналіз сучасних конструкторських та технологічних методів, можливості та ефективності їх застосування в процесі її розроблення, виготовлення та експлуатації.

1. Bongioannistampi. [Електроннийресурс] 16с. - Режим доступу до ресурсу: http://www.bongioannistampi.com.

2. Елагина, О.Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин : учеб. пособие / О.Ю. Елагина .— М. : Логос, 2009 .— 488 с. : ил.

3. Барабанщиков Ю. Г. Формирование структуры и прочности строительных материалов при трении водосодержащих сырьевых смесей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора. техн. наук: 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / Ю.Г. Барабанщиков. - Санк-Петербург, 2006. – 36 с.

4. Толкачев В.Я. Технология качественной экструзии изиделий из глин. /Толкачев В.Я. – Красноярск: Изд. «Компьютерные технологии», 2009. – 220 с.: ил.: 38.

5. Бакаев Д. Р. Совершенствование технологии экструдирования вязкопластических масс для повышения качества пустотелых керамических изделий: дис… канд. техн. наук: 05.03.05/ Денис Радмирович Бакаев.-Магнитогорск, 2003. – 161 с.

6. Frank Handle (Ed.). Extrusion in Ceramics. Berlin: Publ. «Springer», 2007. – 470 с.

7. Крих Г.Б. Особливості застосування реологічних моделей неньютонівських рідин / Г.Б. Крих// Національний університет «Львівська політехніка».-2007.

8. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости / Уилкинсон У.Л. – М.: Мир, 1964. – 216 с.

МЕТОД СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ УВОДА ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Палий А.С.

Институт технической механики Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины

В настоящее время ближний космос наполнен фрагментами космического мусора. Одной из мер направленной на стабилизацию среды космического мусора является ограничение срока орбитального существования объектов космической техники (ОКТ). Наиболее засоренной является область низких околоземных орбит. Для увода ОКТ с низких околоземных орбит используют активные и пассивные системы.

Предпочтительным является увод с помощью активной системы, так как данный способ в некоторых случаях является практикой космических исследований в течение ≈ 60 лет. Для его осуществления необходима ориентация ОКТ по вектору скорости, выдача тормозного импульса и, следовательно, функционирование всех служебных систем ОКТ. Однако известно, что одними из главных причин выхода ОКТ из строя являются деградация солнечных батарей, потеря связи с ОКТ и прочие, что делает в ряде случаев невозможным использование активных систем для увода ОКТ с орбит.

В отличие от активных, пассивные системы не требуют для своего функционирования ориентации ОКТ в пространстве для увода его с орбиты.

Одной из перспективных пассивных систем увода является аэродинамическая система. К настоящему времени разработаны и успешно используются методы системного проектирования единичных (уникальных) аэродинамических систем увода (АСУ), а общие подходы и методы проектирования класса данных систем не разработаны.

Для проектирования аэродинамических систем увода предлагается использовать метод, в котором реализовано три этапа:

1) на первом этапе проводится расчет площади миделевого сечения, анализ воздействия космического вакуума и атомарного кислорода на материал надувных и развертываемых элементов АСУ и принимается решение по выбору материала;

2) далее на следующем этапе проводится анализ воздействия фрагментов космического мусора на надувные элементы АСУ с помощью разработанной итерационной процедуры. Для этого на каждой итерации рассчитываются вероятность пробоя надувного элемента фрагментами космического мусора и площадь образованных в нем отверстий. Далее на последующих итерациях значения вероятность пробоя и площади образованных отверстий пересчитываются до достижения АСУ границы плотных слоев атмосферы. Затем определяется срок активного существования АСУ и подбираются параметры системы наддува для обеспечения работоспособности оболочки на протяжении всего срока орбитального существования и выбираются параметры системы хранения АСУ и масса системы в целом;

3) на последнем этапе проводится сравнение эффективности надувных и выдвижных АСУ. В результате анализа полученных результатов определено, что наиболее эффективной является конфигурация надувной АСУ в форме двух двугранных пленочных панелей, прикрепленных к центральной надувной мачте, выдвижные АСУ не эффективно использовать на ОКТ класса нано. Под эффективной понимается система, для функционирования которой требуется не более 5 % от массы ОКТ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАРІЗАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ НАРІЗЕЙ

Рогаль О.В. аспірант, Тарас І.П. к.т.н., доцент, Сьомкайло В.М. студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

В багатьох галузях техніки широко використовують різні типи нарізевих з'єднань для деталей із різноманітних матеріалів. У машинах і механізмах використовують такі основні типи нарізей: ISO метрична; UN; UNJ; MJ; Whitworth; BSW; BSPT; NPT; NPTF; DIN 405; TR-DIN 103; ACME; Stub-ACME; API; API RD; VAM-API-Buttress 2.5; API-Buttress 2.6.

При розроблені технологічних процесів виготовлення деталей необхідно знати як режими різання, так і час обробки. Нормування операції різьбонарізання потребує значних затрат часу технолога. Однак у технічній та нормативні літературі є обмежена кількість інформації про нарізання нарізей.

Мета роботи – дослідження впливу різних матеріалів деталей на час нарізання циліндричних нарізей.

Дослідження проводили на деталях з таких матеріалів: алюміній, сталь, чавун та титан. Для нарізання нарізей на токарних верстатах використовують наступні основні типи пластин: однозуба пластина (Тип S) A, однозуба пластина (Тип S) A1 стружколом, однозуба пластина (Тип S) A2 стружколом, багатозуба пластина тип M, багатозуба пластина тип (TWIN THREDER, TT), K пластина (Тип K). У залежності від матеріалу деталі, на якій здійснюється нарізання нарізі використовують PVD покриття системи (Ti, Al) N+TiN або сплави без покриття.

Дослідили процес нарізання метричної нарізі: діаметр 100 мм; крок 2 мм; довжина нарізі 100 мм. Для спрощення вибору інструменту, режимів різання використали розроблену фірмою SECO комп'ютерну програму SECO Thread Turning Wizard [1], яка спрощує виконання технологічних розрахунків. Програма самостійно підбирає державку, пластину, визначає оптимальні режими різання та має змогу завантажити цю інформацію у верстат з числовим програмним керуванням. Результати розрахунків представлені на рисунку.

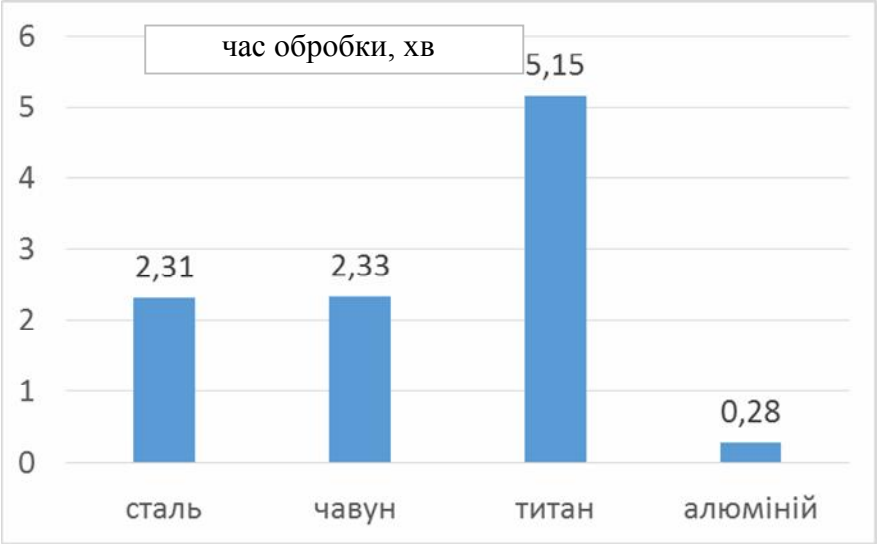


Рис. Вплив матеріалу деталі на час нарізання циліндричної нарізі

Встановлено, що час нарізання циліндричних нарізей на деталях із різних матеріалів зростає у такій послідовності: алюміній чавун сталь титан. Найбільша тривалість нарізання нарізі на титані обумовлена поєднанням його фізико-механічних властивостей: міцності та в'язкості У подальших дослідженнях планується дослідити процес нарізання конічних нарізей, які використовуються в інструментах і обладнанні в нафтогазовому комплексі.

1. Матеріали сайту компанії SECO: https://www.secotools.com/#

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІЩЕННЯ ПОВЗУНА ПОРШНЕВОГО НАСОСА НА ХАРАКТЕР ВЗАЄМОДІЇ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ПАРИ

Роп'як Л.Я. к.т.н., Шовкопляс М.В.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

В практиці буріння свердловин для подачі промивної рідини застосовують поршневі насоси односторонньої та двосторонньої дії. До надійності роботи поршневих насосів ставляться підвищенні вимоги тому, що припинення подачі промивної рідини може призвести до виникнення аварійних ситуацій – прихоплення бурового інструменту в свердловині та простою дороговартісного обладнання. Ліквідація аварій потребує значних затрат часу та фінансів. Тому до складу бурової установки входить два поршневих насоси, один з яких робочий, а інший – резервний. Ресурс роботи поршневих насосів залежить від їх конструктивного виконання, технології виготовлення, зміцнення деталей та складання вузлів, а також і від експлуатаційних чинників.

В праці [1] досліджено вплив зміщення осі (центра) повзуна на величину лінійної швидкості, прискорення поршня і сили реакції в парі тертя повзун – напрямні станини, а в [2, 3] вивчено напружено-деформаваний стан штока насоса, спричинений виникненням позаштатних ситуацій. Однак у технічній і нормативній літературі практично відсутні відомості про вплив зміщення осі повзуна за рахунок похибок виготовлення деталей та складання вузлів, а також зношування елементів пари тертя повзун – напрямні станини на характер взаємодії поршня із внутрішньою поверхнею змінної циліндрової втулки насоса.

Мета роботи – уточнення допустимої величини зміщення осі повзуна для забезпечення сприятливих умов роботи деталей циліндро-поршневої пари бурового насоса.

У процесі проведення досліджень зробили детальний аналіз кінематичних схем і робочих креслень поршневих насосів односторонньої та двосторонньої дії. Як вихідні дані використовували вказані на робочих кресленнях геометричні розміри і допуски на виготовлення деталей та складання вузлів насоса, а також величину допустимого зносу деталей пари тертя повзун – напрямні станини, яка зазначена в інструкції з експлуатації поршневого насоса. Розрахунки виконали для крайніх лівих, правих і декількох проміжних положень повзуна поршневого насоса. Результати проведених розрахунків показали, що величина допустимого зносу деталей пари тертя повзун – напрямні станини поршневого насоса, яка наведена в експлуатаційній документації є завищена. Досягнення цієї величини допустимого зносу призводить до зміщення осі повзуна, повороту штока і виникнення безпосереднього контакту металевого пояска гумово-металевого поршня із дзеркалом циліндрової втулки, що спричиняє інтенсивне зношування деталей циліндро-поршневої пари бурового насоса, і як наслідок – зниження ресурсу роботи. Отримані результати досліджень дозволили розробити науково обґрунтовані рекомендації для визначення допустимої величини зносу деталей механічної частини поршневого насоса, що забезпечить підвищення ресурсу роботи деталей його гідравлічної частини, а також і значне скорочення витрат запасних частин (поршнів і циліндрових втулок) при бурінні свердловин. У подальших дослідженнях планується розробити методику контролю зносу напрямних станини і повзуна поршневого насоса у виробничих умовах.

1. Остапович В.В. Вплив зносу деталей пари крейцкопф – напрямні поршневого насоса двосторонньої дії на його кінематичні та силові параметри / В.В. Остапович, Л.Я. Роп'як, А.Ю. Годлевський // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2011. – № 3 (29). – С. 64 – 70.

2. Воробйов М.С. Уточнення інерційного та зайвев'язьового навантаження поршневих машин / М.С. Воробйов, М.І. Квас // Нафтогазова енергетика. – 2010. – № 2. – С. 19 – 22.

3. Остапович В.В. Дослідження напружено-деформованого стану вкритої хромовим покривом ділянки штока поршневого насоса двосторонньої дії в умовах позаштатного навантаження / В.В. Остапович, Л.Я. Роп'як, А.С. Величкович // Методи та прилади контролю. – 2013. – № 2 (31). – С. 118 – 125.

ENERGY EFFICIENT SOLUTIONS FOR SMALL CAPACITY ELECTRIC ARC FURNACES OF A FOUNDRY CLASS

Timoshenko S.N. /Cand. Sci. (Tech.)/
Donetsk national technical university, Pokrovsk

The aim of the work is numerical studies heat exchange in the foundry class electric arc furnaces (EAF) in order to reduce energy accumulation by lining and energy loss with liquid bath radiation. Proposed solutions: energy saving water-cooled elements (WCE) instead of some part of refractory lining in the conditions of energy-intensive in terms of downtime, and "deep" steelmaking bath (DB) are grounded on the base of mathematical model of the heat exchange.

A joint solution of the equations of the lining enthalpy change due to heat exchange with the environment, WCE and loaded scrap during the period of furnace downtime and energy loss in the WCE in the course of heat is performed. Comparative data on the influence of the duration of downtime (τ_d), the presence of scrap and the relative area of WCE (β_{wce}) on the energy efficiency (χ – ratio of the EAF electrical energy specific consumption in conditions of modernized and initial refractory working space) were obtained (fig. 1).

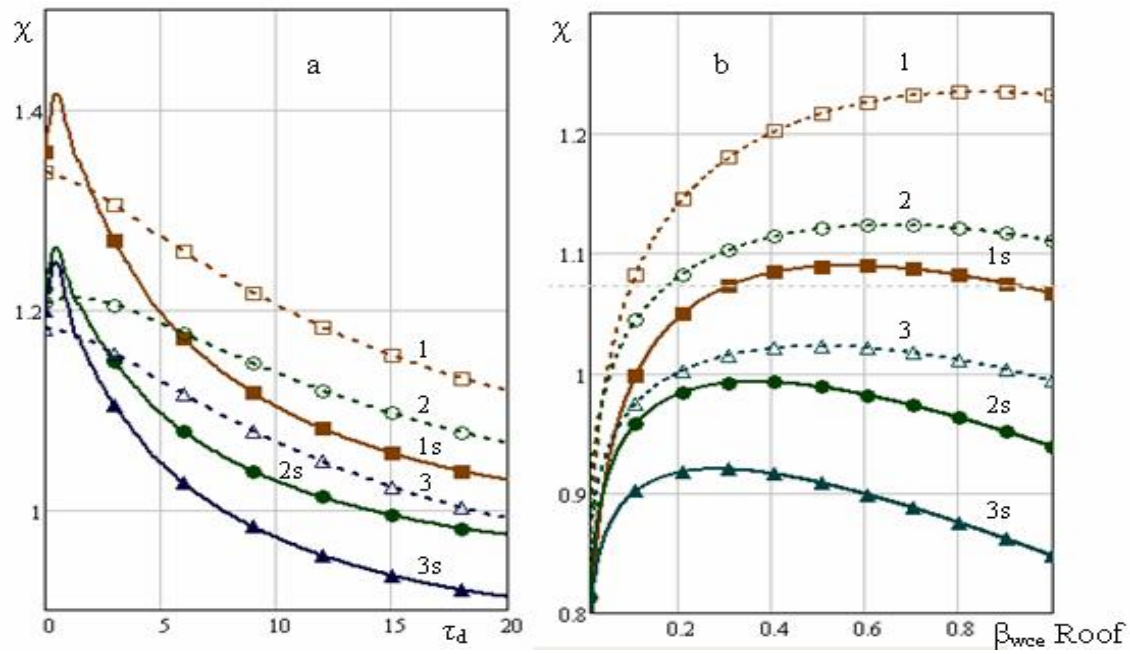


Fig.1. Factor or relative energy efficiency χ vs. EAF downtime period τ_d, hours at β_{wce} = 0.16 (a) and vs. relative surface of water- cooled roof β_{wce} at τ_d = 20 hours (b). 1- standard WCE with dense arranged pipes; 2- energy saving WCE; 3- energy saving WCE plus DB. Index "s" means scrap, loaded in the EAF in downtime period

Heat loss with water with using of energy-saving WCE reduces by 37-39% in comparison with traditional panels with a dense pipes arrangement. The DB at the same mass of the melt allows further reducing these losses by 13-18%. In the real 3-ton AC EAF with specific power 0,5-0,7 MVA/ton, the β_{wce} of the roof and walls can be permitted up to 20 and 40% correspondingly at downtime 18-20 hours and more. Preliminary loading of scrap increases the possibilities of the solutions, of both reducing the rational for the EAF modernization threshold duration of downtime, and increasing the β_{wce}. Main economy effect is in significant reduction of refractories consumption in the EAF.

СЕКЦІЯ 2

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ ОДЕРЖАННЯ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ

Бобырь С.В. д.т.н., Борисенко А.Ю. к.т.н., Кукса О.В. к.т.н., Лошкарев Д.В. инж.
Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины

В настоящем исследовании использованы экспериментальные данные, приведенные в работе [1]. В качестве объекта исследований выбраны низколегированные стали с различным содержанием легирующих элементов - хрома, молибдена и никеля. Точки начала и конца фазовых превращений Тнфп и Тнкп определяли по имеющимся термокинетическим диаграммам превращения аустенита для трех скоростей охлаждения преимущественно с перлитным, бейнитным и мартенситным превращением. По приведенным дилатограммам находили два параметра: относительное расширение образца стали до начала фазового превращения аустенита – D_1 и относительное расширение образца стали в конце фазового превращения аустенита – D_2.

Напряжение фазового превращения связано с относительным удлинением образца простой зависимостью [2]:

$\sigma_{фп} = E\times \varepsilon_{фп}$, где E – модуль упругости стали (~ $2{,}17\times10^5$ МПа). $\varepsilon_{фп} = D_2/6500$.

Напряжение фазового превращения для армко-железа $\sigma_{фп}$ имеет весьма значительную величину, достигая значений 968 Мпа.

В результате моделирования получены следующие зависимости, связывающие химический состав стали, скорость ее охлаждения v, параметры D1 и D2, характеризующие внутренние напряжения, температуры фазовых превращений Тнфп и Тнкп, Ac_3, Ac_1:

$D_1 = 0{,}286 - 6{,}24\ C + 1{,}23\ Mn – 2{,}95\ Si – 0{,}7\ Cr - 0{,}01\ Ni + 1{,}84\ Mo – 13{,}1\ V + 109{,}7\ P – 81{,}1\ S + 0.494\ lgv$, $R^2 = 0.50$.

$D_2 = 20{,}98 – 15{,}3\ C + 0{,}64\ Mn - 2{,}1\ Si + 0{,}235\ Cr + 0{,}5\ Ni + 3{,}46\ Mo + 10{,}5\ V - 18{,}1\ P + 23{,}9\ S + 3{,}44\ lgv$, $R^2 = 0.7$.

Тнфп = 883,1 – 42,5 C – 157,7 Mn + 64,3 Si – 11,8 Cr – 46,9 Ni – 116 Mo – 214,4 V – 4484 P + 3152 S – 73,2 lgv + 19,3 D_1, $R^2 = 0.89$.

Ткфп = 586,7 + 98,6 C – 197,2 Mn + 221,6 Si – 102,3 Cr – 51,4 Ni – 257,3 Mo – 51,8 V - 1439 P + 2058 S – 137,9 lgv + 5,8 D_1 - 0,86 D_2, $R^2 = 0.85$.

$Ac_3 = 899 - 142.8\ C - 2\ Mn - 95\ Si - 2.73\ Cr - 18.2\ Ni + 75.2\ Mo - 18\ V - 477P + 580\ S$, $R^2 = 0.92$.

$Ac_1 = 716.3 + 1.68\ C + 5.42\ Mn - 37.57\ Si + 20.81\ Cr - 9.76\ Ni + 51.8\ Mo + 8.3\ V + 228\ P - 180S$,

$R^2 = 0.93$.

Положительное влияние на параметр D_1, а значит и на внутренние напряжения в аустените перед его распадом, оказывают такие элементы, как углерод, марганец, молибден и фосфор. Легирующие элементы кремний, хром, ванадий и сера оказывают влияние со знаком «–» на величину напряжений в аустените. Увеличение скорости охлаждения приводит к увеличению ликвации легирующих элементов и повышению внутренних напряжений в аустените.

Отрицательное влияние на параметр D_2 и величину напряжения фазового превращения оказывали углерод, кремний и фосфор.

На температуру начала фазового превращения аустенита Тнфп все легирующие элементы, за исключением кремния и серы и скорость охлаждения оказывали отрицательное воздействие.

На температуру конца фазового превращения аустенита углерод, кремний, сера и напряжения в аустените оказывали положительное влияние.

1. П.В. Романов, Р.П. Радченко. Превращения аустенита при непрерывном охлаждении стали (Атлас термокинетических диаграмм). – Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1960 . – 403с.

2. В.С. Золотаревский. Механические свойства металлов. – М.: Металлургия, 1983 – 350с.

К ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛИННОМЕРНЫХ ТРУБЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ

Денисенко А.И. к.т.н., Дейнеко Л.Н. д.т.н., Надтока В.Н. к.т.н.
Национальная металургическа академия Украины
Государственное конструкторское бюро «Южное»

Электролитно-плазменная обработка является высокопроизводительным методом снижения шероховатости, очистки, подготовки под последующее нанесение антикоррозионных покрытий на поверхности ответственных изделий.

Перспективы применения электролитно-плазменных очистки и полирования в производственных условиях ограничивает нерешенность ряда технологических вопросов, связанных, например, с длинномерностью обрабатываемых изделий (ленты, трубы, проволока и др.) невозможностью обрабатывать внутреннюю поверхность пустотелого изделия или поверхности в глубоких отверстиях и с полостями.

Физико-химический механизм процесса электролитно-плазменного полирования достаточно сложен и мало изучен, так что на сегодняшний день нет единого мнения о механизме сглаживания микронеровностей при электролитно-плазменном полировании. Есть основания считать, что эффект полирования вызывается суперпозицией физико-химических, тепловых, электрических и гидродинамических процессов. Наличие электролитных мостиков в парогазовой оболочке приводит к выравниванию микронеровностей по электрохимическому механизму. Нельзя исключать разрушение микровыступов по электроэрозионному механизму в результате прохождения разрядов, во время которых выделяется значительная энергия, оплавляющая вершины выступов. Вследствие этого может достигаться высокая скорость снижения высоты микронеровностей поверхности. [1].

Использование струйных течений электролита позволяет существенно расширить технологический спектр электролитно-плазменного воздействия и номенклатуру обрабатываемых деталей [2 – 4].

Профилирование электрода - инструмента в соответствии с обрабатываемой поверхностью в совокупности с адаптивным управлением направлением подачи струи эффективно препятствуют срыву процесса с импульсного на дуговой и обеспечивают возможность использования данного процесса для высокоточной прецизионной обработки поверхности [3].

Рис. 1 Результат электролитно-плазменной обработки
внутренней поверхности трубы диаметром 26,5 мм из стали 12Х18Н10Т. [4]

1. Плотников Н. В. К вопросу о модели электролитно-плазменного полирования поверхности / Н.В. Плотников, А.М. Смыслов, Д.Р. Таминдаров // Вестник УГАТУ. – 2013. – Т.17. – №4(57). Уфа: Узд-во УГАТУ, 2013. – С.90-95.

2. Тутик В.А. Спосіб очищення і полірування внутрішньої поверхні труб пароплазменним розрядом / В.А. Тутик, П.П. Саф'ян // Патент на корисну модель України № 64430, МПК (2011.01): C23G 5/00. – Опубл. в Бюл. № 21. – 2011. – 7 с.

3. Блощицин М.С. Особливості електролітно-плазмового полірування / Л.Ф. Головко, М.С. Блощицин, М.В. Хорошуля, В.О. Задорожний, А.Р. Славінський // Матеріали МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», 2016. – С. 277.

4. Алексеев Ю.Г. Электролитно-плазменная обработка внутренних поверхностей трубчатых изделий / Ю.Г. Алексеев, А.Ю. Королёв, В.С. Нисс, А.Э. Паршуто // Наука и техника. 2016. − №1. − С. 61-68.

ВІЗУАЛЬНО-АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ СТАТИСТИЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ В ЗАДАЧАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Малайчук В.П. д.т.н., Астахов Д.С.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Інформація про стан лінійно-протяжних об'єктів міститься в двовимірних вибірках авто і взаємно корельованих вимірювань, отриманих шляхом сканування їх ультразвуковими дефектоскопами. Зміна корельованості вимірювань є ознакою зміни якості. У доповіді розглядаються результати досліджень одновимірних і двовимірних вибірок вимірювань з різними видами автокореляції шляхом візуального спостереження і аналізу їх параметрів. Це двовимірні вимірювання донного та дефектного каналів скануючих дефектоскопів. Крім одновимірних моделей Маркова і Юла-Уокера розглянуто моделі з кратними корінням характеристичних рівнянь другого, третього і четвертого порядку і Юла-Уокера третього і четвертого порядку. Досліджено залежність часу кореляції від значень коренів характеристичних рівнянь моделей.

Розглянуто двовимірні взаємно корелюють вибірки, що формуються взаємно корельованими послідовностями незалежних випадкових величин, проведено їх візуально-аналітичний аналіз і оцінка корельованості. Результати використовуються при обробці вимірювань в задачах контролю та спостереження за станом та якістю технічних об'єктів.

ВІЗУАЛЬНО-АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ КОРЕЛІРОВАНОСТІ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ В ЗАДАЧАХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Малайчук В.П., Клименко С.В., Кудрєватих О.Т.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Цифрові зображення технічних об’єктів містять інформацію про їх стан і якість. Ця інформація може бути отримана шляхом обробки матриць вимірювань з метою виявлення ділянок, параметри статистичних закономірностей яких відрізняються від параметрів цифрового зображення. Серед них особливе місце займає корелірованість.

Проведено візуально-аналітичний аналіз корелірованості на моделях, які описуються різницеві рівняннями з різними варіантами коренів характеристичних рівнянь. Це модель Хабібі першого порядку з кратними дійсними коріннями по рядках і стовпцях і моделі другого порядку з кратними і комплексно-сполученими коріннями.

Проведено візуально-аналітичний аналіз матриць вимірювань яскравості з різними параметрами корелірованості і оцінені можливості виявлення змін кореляції на різних ділянках цифрових зображень шляхом сумарно-різницевого перетворення вимірів, формування бінарних матриць і їх візуально-аналітичного аналізу.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЫПЛАВЛЯЕМОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Меньшиков Ю.Л., к.т.н.

Днепровский национальный университет им.О.Гончара

Процесс выплавки стали представляет собой сложный многофакторный процесс, для которого чрезвычайно трудно построить удовлетворительную полную математическую модель. Однако этот процесс обладает некоторыми хорошими свойствами, которые позволяют построить его приближенную математическую модель в алгебраической форме при некоторых ограничениях [1]. Одним из этих свойств является цикличность процесса. Для построения указанной модели необходимо также выполнения дополнительных ограничений: 1) каждому набору исходных компонент для выплавки стали соответствует только одна характеристика выплавленной стали; 2) указанное соответствие должно быть инъективным; 3) область изменения исходных компонент при выплавке должна быть односвязной; 4) должна выполняться также непрерывная зависимость свойств выплавленной стали от характеристик исходных компонент. Предварительная проверка этих ограничений является необходимой для построения математической модели в алгебраической форме. Однако в силу погрешности исходных данных эту проверку выполнить затруднительно.

Для построения прогноза свойств выплавленной стали необходимо чтобы математическая модель процесса обладала свойством адекватности.

Представим искомую математическую модель с n переменными $q_1, q_2, .., q_n$ (компоненты процесса выплавки стали) относительно переменной q_1 в виде

$$A_p(q_2, q_3, ..., q_n)z = z_1 q_2 + z_2 q_3 + \ldots + z_{n-1} q_n + z_n = q_1, \qquad (1)$$

где $z = (z_1, z_2, .., z_n)^T$ есть искомый вектор параметров математической модели процесса. Предполагается, что имеется n измерений q_{ij} каждой переменной q_i, $i, j = 1, n$ с некоторой погрешностью.

Обозначим через $p = (q_{21}, q_{22}, \ldots, q_{2n}, q_{31}, \ldots, q_{nn})^T$ вектор исходных данных. Каждый вектор q_i, $i = 1, n$, может принимать значения в некоторой замкнутой области $D_i \subset E^n$ в силу погрешности измерений. Тогда $p \in D = D_1 \oplus D_2 \oplus .. \oplus D_n \subset E^{(n-1)n}$.

Каждый вектор $p \in D$ определяет соответствующий оператор A_p в уравнении (1). Совокупность операторов A_p образует некоторый класс операторов $\{A_p\} = K_A$. Далее для каждого оператора $A_b \in K_A$ строится приближенное решение z_b уравнения (1) методом регуляризации [1]. Далее фиксируется решение z_b и перебором операторов $A_p \in K_A$ определяется наибольшее отклонение от эксперимента. Пусть это будет оператор $A_{p^b} \in K_A$. Перебором решений z_b определяется решение z_{b^0}, которое имеет наименьшее отклонение $A_{p^{b^0}} z_{b^0} \in K_A (p^{b^0} \neq b^0)$ от измерений q_1. Эта модель z_{b^0} обладает свойством адекватности в малой окрестности исходных данных, а также будет давать гарантированный прогноз снизу величины q_1 для будущих измерений с использованием этой математической модели. На реальных измерениях выполнены расчеты прогноза параметра q_1.

1. Menshikov Yu.L. Parameter identification of adequate mathematical models of steel smelting // Pioneer Journal of Advances in Applied Mathematics, Vol.16, is. 1-2, 2016, p.19-28.

ANALYSIS OF THE EQUILIBRIUM DISTRIBUTION OF PHASES OF THE SYSTEM FE-P-C IN THE PREPARATION OF PHOSPHORIC FERROALLOYS

Nadtochij A.A. Ph.D., Velikonskaya N.M. senior teacher
National Metallurgical Academy of Ukraine

An increase in the nomenclature and volume of smelting of phosphorus-doped steels increases the requirements for the quality of phosphorous alloying ferroalloys. In Ukraine, ferrophosphorus is not produced, and the demand for it is realized through imports. The most promising resource for electrothermal production of phosphorus was considered phosphorites of the Malokamyshevatsky deposit of the Kharkov region (Peremoga site).

In the first approximation, the chemical composition of phosphorite ore can be considered as a ternary system of P_2O_5-CaO-SiO_2, since the content of a mixture of these oxides is more than 80%. Calculation of the equilibrium in the heterogeneous system P_2O_5 – CaO – SiO_2, carried out using the thermodynamic database "HSC Chemistry 6", without taking into account the formation of solutions and the imperfect behavior of the components, showed the formation of stable high-temperature compounds SiO_2, CaO•SiO_2, 2CaO•SiO2, 3CaO•2SiO_2, 3CaO•P_2O_5, 2CaO•P_2O_5. In the calculations of the equilibrium of the P_2O_5 – CaO – SiO_2 system, the influence of temperature and basicity on the phase distribution was investigated. Initial calculations in the temperature range 1000 - 1800 ^{0}C with a 20% P_2O_5 content and basicity equal to 1 are shown in Fig. 1.

Analysis of the data showed that the most stable phosphorus compound is 3CaO•P_2O_5, but at a temperature of ≈ 1400 ^{0}C its content decreases with a simultaneous increase in the calcium phosphate content of 2CaO•P_2O_5. Calcium oxide with silicon oxide forms three kinds of double compounds. As the temperature rises, the CaO•SiO_2 content decreases, and the content of 2CaO•SiO_2, 3CaO•2SiO_2 increases.

For a more detailed analysis of the effect of the amount of P_2O_5 in the system on the equilibrium composition of the phases, calculations were carried out (Fig. 2) at a constant temperature and basicity (T = 1400 ° C, B = 1).

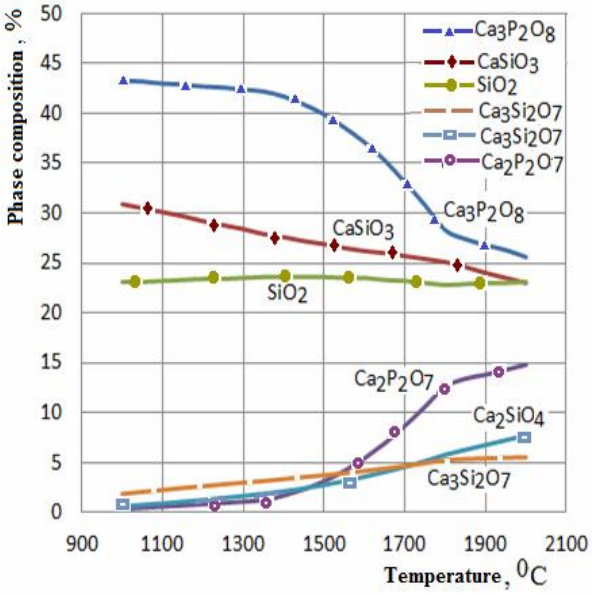


Figure 1 – Equilibrium phase composition of the P_2O_5 – CaO – SiO_2 system in the temperature range 1000 – 2000 ^{0}C (P_2O_5 – 20%, B = 1)

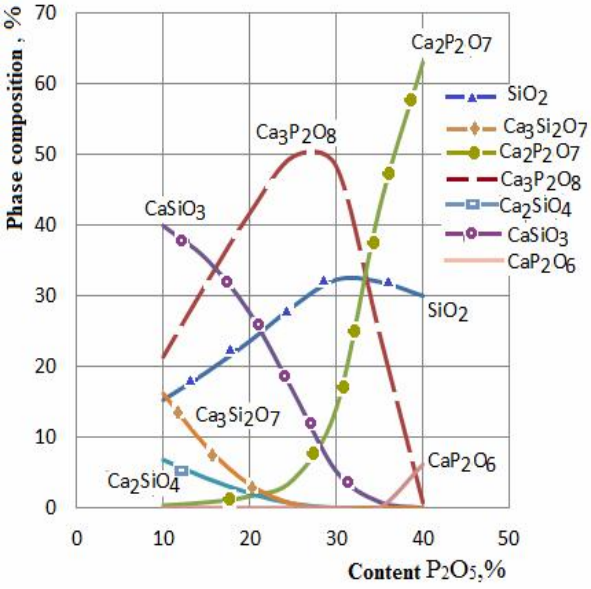


Figure 2 – Equilibrium phase composition of the P_2O_5 – CaO – SiO_2 system as a function of the P_2O_5 content (T = 1400 ° C, B = 1)

Calculation of the equilibrium in the heterogeneous P_2O_5 – CaO – SiO_2 system showed that an increase in the P_2O_5 content in the system above 25-30% with B = 1 leads to a decrease in the more thermodynamically durable tricalcium phosphate compound and an increase in 2CaO•P_2O_5.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ВОЛОЧІННЯ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОГО ДРОТУ З ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Парусов Е. В. к.т.н., с.н.с.

Зав. ВТОМ, Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова (м. Дніпро)

Сучасні напрямки розвитку виробництва якісного холоднодеформованого дроту з високовуглецевої сталі передбачають: підвищення ефективності роботи волочильного обладнання з максимальним коефіцієнтом його завантаження, мінімальний час технологічних простоїв, зниження витрати основних й допоміжних матеріалів, зокрема енергоносіїв, забезпечення екологічної чистоти виробничого процесу.

В процесі волочіння (холодна обробка металів тиском) бунтовий прокат круглого поперечного перерізу під дією тягнучого зусилля проходить через канал волоки, який плавно звужується, після чого дріт набуває необхідного розміру. При обробці бунтового прокату, за рахунок деформаційного зміцнення змінюються його фізико-механічних властивості, при цьому тепло яке виділяється під впливом холодної пластичної деформації, в деяких випадках викликає небажане старіння металу [1-3]. Схема напруженого стану прокату при проходженні через волоку, характеризується однією розтяжною та двома стискуючими напругами, що викликає умови при яких пластичність металу може бути суттєво нижча ніж у порівнянні з іншими видами обробки тиском. Така особливість обумовлює відносно малі одиничні коефіцієнти витягування (μ) високовуглецевої сталі, які на практиці не перевищують діапазон 1,25…1,33. Під час волочіння прокату об’єм металу, що деформується остається незмінним, виходячи з цього можна розрахувати основні показники та співвідношення процесу деформації при волочінні металу [4].

З огляду на викладене відділом термічної обробки металу для машинобудування Інституту чорної металургії НАН України розроблена програма **CalcRoutes**© для прогнозування енергосилових параметрів волочіння та визначення тимчасового опору розриву дроту або проміжної дротової заготовки, в залежності від якості бунтового прокату. Для проведення розрахунку вводяться наступні данні: вихідний та кінцевий діаметр прокату, кількість блоків волочильного стану, вміст вуглецю, кількість сорбітовидного перліту у структурі прокату, значення тимчасового опору розриву, потужність електродвигунів та коефіцієнт використання волочильного стану у технологічному процесі. Програмною оболонкою **CalcRoutes**© передбачена автоматична побудова маршрутів волочіння ($\mu \leq 1{,}32$), з використанням двох схем: з рівномірним ступенем обтиснення й зі ступенем обтиснення, який постійно зменшується.

За допомогою **CalcRoutes**© можливо розрахувати наступні показники: розмір волок для побудови маршруту волочіння, одиничні обтиснення, швидкість прокату-дроту, кінематичну витяжку та тимчасовий опір розриву металу після виходу з кожного з осередків деформації, коефіцієнт загрузки електродвигунів, сумарну їх потужність, теоретичну та фактичну продуктивність з урахуванням фонду робочого часу.

Розрахунок тимчасового опору розриву базується на наступній формулі [5], з внесенням деяких змін: $\sigma_{B1} = \sigma_{B2} \cdot k \cdot \sqrt{d_1 \div d_2}$, де σ_{B1}, σ_{B2} – відповідно тимчасові опори розриву дроту та бунтового прокату, МПа; d_1, d_2 – відповідно діаметри бунтового прокату та готового дроту, мм, k – коефіцієнт, який враховує кількість сорбітовидного перліту у структурі бунтового прокату.

Бібліографічний список

1. Стальная проволока / Х. Н. Белалов, А. А. Клековкин, Н. А. Клековкина [и др.]. – Магнит.: Магн. госуд. техн. универ. им. Г. И. Носова. – 2011. – 689 с.

2. Бабич В.К. Деформационное старение стали / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков – М. : Металлургия, 1972. – 320 с.

3. Парусов Э. В. О склонности бунтового проката к деформационному старению в процессе волочения / Э. В. Парусов, А. Б. Сычков, С. И. Губенко [и др.] // Проблемы трибологии. – 2016. – № 4. – С. 31-40.

4. Перин И. Л. Теория волочения / И. Л. Перлин. – М. : Металлургия, 1975. – 448 с.

5. Горловский М. Б. Справочник волочильщика проволоки / М. Б. Горловский, В. Н. Меркачев. – М. : Металлургия, 1993. – 336 с.

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ ТА НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ОБРОБКИ НА ЩІЛЬНІСТЬ ЛИТОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ AL-SI

Селівьорстов В.Ю. д.т.н., професор, Доценко Ю.В. к.т.н., доцент,
Доценко Н.В. аспірант, Селівьорстова Т.В. к.т.н., доцент
Національна металургійна академія України

Відомо, що використання активних методів зовнішніх фізичних впливів та управління структуроутворенням забезпечує не тільки значне зниження браку виливків, але й підвищення механічних властивостей литого металу, зокрема, при литті в кокіль. До таких активних методів, в тому числі, можна віднести низькочастотний вібраційний вплив на твердіючий в ливарній формі розплав та традиційне модифікування.

В умовах ливарного цеху проводили плавку сплаву марки АК7 в печі САТ–04. Температура випуску - 720 ± 5°С. Заливку сплаву в кокіль середнім діаметром 60 мм з товщиною стінки 5 мм та висотою робочої порожнини 150 мм здійснювали при увімкненій вібраційній установці при частоті коливань 100 Гц, 150 Гц, 200 Гц та амплітуді 0,7 мм.

При даних частотах заливали не модифікований розплав та розплав з додаванням 0,1 мас. % експериментального ультрадисперсного препарату «Typhoon-Z». Окремо здійснювали заливку не модифікованого розплаву та розплаву з модифікатором в кокіль без застосування вібраційної обробки.

Результати досліджень щодо визначення щільності металу дослідних виливків представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Щільність металу виливків

№ зразка	Обробка	Частота, Гц	Маса зразка в повітрі, г	Маса зразка в CCl_4, г	Щільність зразків, г/см^3	
1	без обробки	-	16,585	6,955	2,744	2,752
2		-	15,265	6,385	2,739	
3		-	8,945	3,805	2,773	
1.1	вібрація	100	15,810	6,615	2,739	2,733
1.2		100	18,765	7,820	2,731	
1.3		100	20,565	8,560	2,729	
2.1		150	21,415	9,040	2,757	2,786
2.2		150	16,085	7,100	2,852	
2.3		150	21,775	9,160	2,750	
3.1		200	15,355	6,490	2,760	2,784
3.2		200	22,435	9,600	2,785	
3.3		200	14,095	6,095	2,808	
4.1	вібрація + модифікування	100	18,880	8,160	2,806	2,768
4.2		100	18,970	7,975	2,749	
4.3		100	16,360	6,890	2,749	
5.1		150	20,515	8,555	2,732	2,734
5.2		150	21,515	8,975	2,734	
5.3		150	16,530	6,900	2,736	
6.1	модифікування	-	18,530	7,745	2,737	2,736
6.2		-	17,285	7,220	2,736	
6.3		-	18,075	7,545	2,736	

Результати показали значний розбіг значень від 2,729 г/см^3 до 2,852 г/см^3. Окрім того, найбільші діапазони коливань значень щільності спостерігаються у зразках металу, що піддавався віброобробці. Наприклад, при частоті 150 Гц без застосування модифікування щільність сплаву коливається в межах 2,750 – 2,852 г/см^3 (різниця 3,5 %), без обробки – 2,739 – 2,773 г/см^3 (1,2 %), з застосуванням тільки модифікування – 2,736 – 2,737 г/см^3 (0,04 %).

Наведені дані свідчать про наявність ліквацiйних зон у виливках, що піддавалися віброобробці, та отриманих за традиційною технологією. Це підтверджується результатами досліджень щільності металу зразків, що містили таку зону, або її частину.

Проведені дослідження показали підвищення усередненої щільності металу виливків, що піддавалися віброобробці разом з модифікуванням на 1,2 % відносно металу виливків, отриманих за традиційною технологією.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КОВШОВОГО ВАКУУМУВАННЯ З ПРОДУВКОЮ

Солона А.В. аспірант

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

З метою забезпечення необхідної якості сталі проводиться вакуумна обробка розплаву з одночасною продувкою інертним газом. При цьому відбувається дегазація та видалення неметалевих включень.

Динаміка газорідинного середовища описується рівнянням Нав'є-Стокса для випадку несоленоїдального руху середовища газ-розплав, доповненого рівнянням, що слідує з умови нерозривності та рівнянням переносу газової фази в «вакуумному» наближенні [1].

Для вирішення системи рівнянь трьох рівнянь використаємо узагальнення методу розщеплення за фізичними факторами на випадок несоленоїдального руху середовища [2]:

I етап

$$\vec{\tilde{v}} = \vec{v}^{\,n} + \tau\left[-\left(\vec{v}^{\,n}\cdot\vec{\nabla}\right)\vec{v}^{\,n} + \vec{\nabla}\left(\upsilon_e\vec{\nabla}\cdot\vec{v}^{\,n}\right) + \left(1-\alpha^n\right)\vec{g}\right] \qquad (1)$$

II етап

$$\Delta\tilde{p}^{\,n+1,k+1} = \left[\vec{\nabla}\cdot\vec{\tilde{v}} - \Phi\left(\vec{v}^{\,n+1,k},\alpha^{n+1,k}\right)\right]/\tau \qquad (2)$$

$$\alpha^{\mathrm{n+1,k+1}} = \alpha^{\mathrm{n}} + \tau\left[-\nabla\cdot\left(\alpha^{\mathrm{n+1,k}}\ \vec{\mathrm{v}}^{\mathrm{n+1,k}}\right) + \Phi\left(\tilde{\mathrm{v}}^{\mathrm{n+1,k}},\alpha^{\mathrm{n+1,k}}\right)\right] \qquad (3)$$

$$\vec{v}^{\,n+1,k+1} = \vec{\tilde{v}} - \tau\vec{\nabla}\tilde{p}^{\,n+1,\mathrm{k+1}} \qquad (4)$$

На першому етапі знаходимо поле проміжних швидкостей $\vec{\tilde{v}}$ без врахування тиску. На другому етапі за допомогою неявної схеми методом ітерацій знаходимо поля тиску, швидкостей та концентрації газу. Рівняння другого етапу можна розв'язувати в єдиному ітераційному циклі, що дозволяє зекономити час розрахунку. Щоб не розв'язувати кожен раз рівняння Пуассона на другому етапі, замінимо його відповідним еволюційним аналогом.

Задачу вирішуємо у циліндричних координатах. Зважаючи на циліндричну симетрію в циліндричних координатах і припускаюи що фурма знаходиться по центру ковша, зводимо задачу до двомірної.

Розрахунки проводитимемо для ковша ємністю 60 т з наступними параметрами: висота металу в заповненому ковші 2,21 м; середній радіус металевої ванни 1,1 м, початкова температура 1600, атмосферний тиск у камері 100 Па.

Граничні умови для швидкостей на усіх твердих поверхнях та вісі симетрії обрані умовами непротікання та вільного ковзання відповідно, а на вільній поверхні – умовами вільного потоку. Граничні умови для коефіцієнта газовмісту на усіх поверхнях обрані умовами непроходження газу через тверді поверхні та вільного конвективного його переноса через вільну поверхню розплаву. Втрати температури відбуваються за лінійним законом через поверхню розплаву, а на інших границях маємо теплоізоляцію.

Зниження тиску в системі має значний вплив на розвиток процесів, що протікають з утворенням газової фази. Окислення вуглецю в вакуумі відбувається в результаті взаємодії з розчиненим в сталі киснем, рівноважна концентрація якого визначається перебігом реакції окислення вуглецю, рівновага якої залежить від тиску. Вже при 10 кПа і вмісті вуглецю, наприклад, 0,5% рівноважна концентрація кисню знижується до дуже низьких значень - 0,0005%.

Продувка нейтральним газом підвищує розкислювальну здатність вуглецю в вакуумі, полегшуючи умови виділення вуглецю введенням в метал готових газових бульбашок.

1. Огурцов А.П., Самохвалов С.Е. Математичне моделювання теплофізичних процесів у багатофазних середовищах. // Київ: Наукова думка, 2001.– 409 с.

2. Никитенко Н.И. Теория тепломасопереноса. – К.: Наук. думка, 1983. – 352 с.

БАЗА ДАННЫХ И МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ

Степаненко Д.А. к.т.н., Цюпа Н.А. к.т.н., Андриевский Г.А.
Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины

Базы данных, которые содержат результаты экспериментальных исследований различных свойств (вязкость, электропроводности, температуры плавления, поверхностного натяжении и т. д.) металлургических расплавов, в том числе шлаков и других оксидных систем, служат информационной основой для теоретической и прикладной металлургии при разработке путей совершенствования существующих и принципиально новых технологий получения металлопродукции необходимого качества при снижении затрат на её производство и улучшении экологических показателей.

Созданная в Институте черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины база экспериментальных физико-химических данных о свойствах шлаковых расплавов (свыше 8000 составов) «Шлак» в рамках «Банка данных «Металлургия» (БДМет) [1, 2] ориентирована на удовлетворение информационных нужд теоретической и прикладной металлургии и в течение более 20 лет находится в стадии постоянной эксплуатации и активного пополнения новыми экспериментальными данными.

Как показывает опыт, для обоснованного выбора рационального состава шлакообразующих смесей, с позиции обеспечения качества выплавляемой стали и оптимизации энергетических затрат на ее выплавку для конкретных технологических условий работы сталеплавильного агрегата, необходимо учитывать вязкость и электропроводность, которые, как показано ранее [1], являются структурно чувствительными свойствами.

С целью прогнозирования удельной электропроводности фторсодержащих шлаков проанализированы экспериментальные данные базы данных «Шлак» различных авторов, в частности, данные Поволоцкого Д.Я. с соавторами, Евсеева П.П. и Филиппова А.Ф., а также Басова А.В., Магидсона И.А. и Смирнова Н.А.

На основе анализа выборки экспериментальных данных (N=56) выполнен корреляционно-регрессионный анализ связи удельной электропроводности расплавов фторсодержащих шлаков с их химическим составом, представленным через параметр стехиометрии многокомпонентной оксидной системы (ρ) [1] и температурой их расплавов. В результате получена прогнозная модель для расчета удельной электропроводности (χ) расплавов фторсодержащих шлаков с учетом их химического состава в диапазоне температур 1350-1800°С (1).

$$\lg \chi = 1.94 - 4.1 \cdot \rho + 4.15 \cdot \left(\frac{T}{1000} \right), \quad \text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}. \; R = 0.62, \qquad (1)$$

где R – коэффициент корреляции; T – температура.

1. Приходько Э. В. Прогнозирование физико-химических свойств оксидных систем / Э. В. Приходько, Д. Н. Тогобицкая, А. Ф. Хамхотько, Д. А. Степаненко // Днепропетровск: «Пороги», 2013. – 344с.

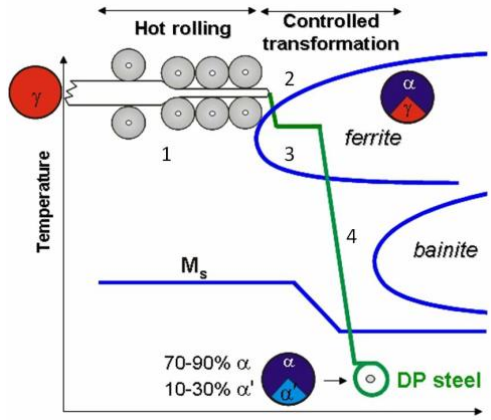
2. Тогобицкая Д. Н. Создание баз физических данных о свойствах шлаковых расплавов, в рамках банка данных «Металлургия», создание, развитие, перспектива / Д.Н. Тогобицкая, А.Ф. Хамхотько, Ю.М. Лихачев //Сб. VII Всесоюзной конференции. – Челябинск. – 1990. – Т.3. – Ч.2.

Работа выполнена под руководством проф. д.т.н. Д. Н. Тогобицкой.

MODEL REDUCTION FOR OPTIMAL CONTROL OF COOLING LINE OF HOT STRIP ROLLING MILL

Nataliya Togobytska, Prof. Dr. rer. nat
University of Applied Sciences (HTW), *Berlin, Germany*

This paper concerns a model reduction approach for the control of the cooling line during the hot rolling of dual phase (DP) steel. Dual phase steels combine good formability properties with high strength and have therefore become important construction materials, especially in automotive industry. The essential industrial process route for the production of dual steel consists of the hot rolling and subsequent controlled cooling to adjust the desired microstructure in steel, i.e., the composition of steel phases produced upon cooling. Since the process window for the adjustment of the phase composition is very tight, the computation of optimal process parameters like the flow-rate of water and the feed velocity of the strip is an important task.



A sketch of the processing scheme for hot-rolled dual phase stee

This paper focuses on the problem of controlled cooling for the setting the desired temperature distribution in the steel slab in the cooling line following the hot rolling. The problem of the controlled cooling can be considered as a mathematical optimal control problem, where the time-dependent heat transfer coefficient serves as a control function [1, 2]. A standard discretization of the optimal control problem may lead to a large-scale optimization problem. The numerical solution of this problem requires a high computation time and may not be realized under real-time requirements. Different techniques of model reduction can be applied to approximate these problems by smaller ones that are tractable with less effort. Among them, the method of proper orthogonal decomposition (POD) discussed in this paper. The POD method was applied to the optimal control problem for setting the desired temperature distribution in the steel slab in the cooling line of the hot rolling mill. The reduced-order approach for the control problem allows to reduce the *computational time* by more than a factor of eight.

1. P. Suwanpinij, N. Togobytska, U. Prahl, W. Weiss, D. Hömberg and W. Bleck. Numerical cooling strategy design for hot rolled dual phase steel, *Steel Research International*, 11, 1001–1009, 2010

2. N. Togobytska, D. Hömberg and M. Graf. Parameter identification and optimal control of heat transfer in cooling line of hot strip rolling mill, *Modern Problems of Metallurgy*, Ukraine, 20, 2017

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗА СУЛЬФАТОВ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА

[1]Фролова Л.А. к.т.н, [2]Анисимова Л.Б. к.б.н.
[1]ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»
[2]Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины

Наиболее перспективным методом получения ферритов кобальта, является гидрофазный метод. Основной стадией в данном технологическом процессе является щелочной гидролиз солей железа и солей кобальта с образованием структуры полигидроксокомплексов. Как следует из анализа литературы, процесс получения соосажденных гироксидов и оксидов железа и кобальта практически не исследован. В частности, совершенно не изучена реакция образования гидроксида железа (II). Нет никаких данных о влиянии катионов кобальта на процесс осаждения и образующиеся соединения. Не изучено влияние условий осаждения на полноту прохождения реакции, размер и фазовый состав образующихся продуктов.

Основным параметром, характеризующим процесс гидролиза неорганических солей железа и кобальта в водных растворах, является pH. Показатель pH исходных растворов солей железа и кобальта в зависимости от принятой для изучения исходной концентрации солей 0,05-0,5 моль/л изменяется. Кроме того, метастабильный характер солей двухвалентного железа вынуждает искусственно снижать pH исходного раствора введением кислоты с одноименным анионом. Для определения полноты прохождения гидролиза было рассмотрено влияние кислотности среды на равновесие в системе Fe^{2+}–OH^-–H_2O, а также Co^{2+}–OH^-–H_2O.

Для определения условий совмещения этих процессов были проанализированы термодинамические и кинетические условия их протекания в отдельности.

Т.к. мольные доли отдельных форм определяются значениями констант устойчивости соответствующих ступеней равновесия и концентрацией свободных OH^- групп, то зная значения ступенчатых констант устойчивости и задавая концентрацию H^+ или OH^-, можно определить доли отдельных форм гидроксокомплексов железа (II) или кобальта (II) при разных значениях pH раствора.

Исходя из полученных расчетов, можно сделать вывод, что осаждение соли железа в виде гидрооксида начинается при pH=8, полное осаждение достигается при pH=10,5. При pH=11,7 начинается растворение гидрооксида железа (II) с образованием гидроксоиона $Fe(OH)^-_3$, при pH=12 – $Fe(OH)_4^{2-}$. Для гидроксосоединений кобальта в зависимости от pH среды наблюдается сходная картина. Полученный график показывает, начало осаждения соответствует pH=8,7, а полное осаждение соли кобальта в виде гидрооксида происходит при pH=10,6, а растворение осадка начинается при pH=11,8.

Проведенные эксперименты показали, что во всем диапазоне изменения концентрации H^+ ионов происходит соосаждение без растворения при pH=12-13, что объясняется образованием устойчивых полигидроксокомпелексов.

1. Limaye MV, Singh SB, Date SK, Kothari D, Reddy VR, Gupta A et al (2009) High coercivity of oleic acid capped $CoFe_2O_4$ nanoparticles at room temperature. J Phys Chem B 113(27):9070– 167

2. Frolova L, Derimova A, Khlopytskyi A, Galivets Y, Savchenko M (2016) Investigation of phase formation in the system $Fe^{2+}/Co^{2+}/O_2/H_2O$. East Eur J Enterp Technol 6 (83): 55 –59

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУНТОВОГО ПРОКАТА ИЗ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ СВАРОЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Чуйко И.Н. к.т.н., Сагура Л.В. к.т.н.
Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины

Традиционная технология производства сварочной проволоки из легированных сталей включает в себя операцию смягчающей термической обработки (отжига) на метизном переделе, что приводит к повышению потребления энергоресурсов и, как следствие, к значительному удорожанию конечной продукции со снижением ее конкурентоспособности на рынке. Необходимость проведения дополнительной термической обработки обусловлена высокими значениями прочностных характеристик бунтового проката в состоянии поставки.

В связи с этим представляется целесообразным оценить влияние химического состава стали на механические характеристики бунтового проката из стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА.

Традиционно используемый при анализе влияния химического состава на те или иные свойства стали углеродный эквивалент применяется для приведения влияния основных легирующих элементов (марганца, молибдена, никеля и др.) к влиянию углерода. Математическая оценка влияния основных легирующих элементов на механические свойства бунтового проката из легированной стали марок Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА в научно-технической литературе отсутствует. В свете выше изложенного представляло несомненный теоретический и практический интерес получить математическое выражение для оценки влияния на механические свойства (временное сопротивление разрыву $\sigma_в$ и относительное сужение ψ) бунтового проката из легированной стали указанных марок содержания основных легирующих элементов при одинаковых условиях охлаждения проката при его производстве. С этой целью были проведены статистические расчеты на исходном массиве данных объемом 49 плавок.

Для построения математической модели были использованы следующие факторы:

- содержание углерода (C): интервалы варьирования – 0,02…0,08 %;
- содержание марганца (Mn): интервалы варьирования – 0,60…1,40 %;
- содержание никеля (Ni): интервалы варьирования – 0,36…0,67 %;
- содержание молибдена (Mo): интервалы варьирования – 0,47…0,98 %.

В результате регрессионного анализа исходного массива данных и устранения из уравнений статистически незначимых коэффициентов были получены следующие функции отклика для определения механических характеристик бунтового проката диаметром 5,5…6,5 мм из стали Св-08ГНМ и Св-08Г1НМА:

$$\sigma_в = -1112 + 746{,}92Mn + 744{,}42Ni + 741{,}23Mo$$

$$\psi = 92{,}83 - 280{,}3C - 9{,}37Mn$$

Проверка значимости показала, что все коэффициенты моделей статистически значимы.

После определения вклада каждого из значимых факторов (см. табл.) установлено, что на предел прочности катанки примерно в равной степени влияют содержание марганца, никеля и молибдена. На относительное сужение катанки наиболее существенное влияние оказывает содержание углерода, менее существенное влияние оказывает содержание марганца.

Таблица

Влияние независимых факторов на механические свойства бунтового проката

Механическая характеристика	Вклад факторов в функцию отклика, %			
	C	Mn	Ni	Mo
$\sigma_в$	–	38	25	37
ψ	66	34	–	–

СЕКЦІЯ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ С ПОДВИЖНЫМИ ГРАНИЦАМИ

Амуров А.В., Бразалук Ю.В. к. ф.-м. н., Евдокимов Д.В.
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Численное решение краевых задач с подвижными границами неизбежно влечет существенные вычислительные трудности, связанные с подвижностью границы и возможными особенностями постановки граничных условий на подвижной границе. С вычислительной точки зрения для задач с подвижными границами принципиально возможны два подхода: сетки, эволюционирующие вместе с изменяющейся геометрией области решения, и неподвижные сетки. Понятно, что неподвижные сетки не позволяют с достаточной точностью аппроксимировать форму подвижной границы, а некоторые виды граничных условий на подвижной границе при помощи неподвижных сеток аппроксимировать просто невозможно, например, на неподвижной сетке невозможно аппроксимировать силы поверхностного натяжения на свободной границе жидкости, которые пропорциональны кривизне поверхности. На согласованных эволюционирующих сетках возникают принципиально большие возможности аппроксимации. При этом, если реперные точки свободной поверхности совпадают с узлами подвижной сетки, возможна заметная экономия вычислительных ресурсов. Однако для подвижных сеток существует дополнительная проблема пересчета значений искомых функций с узлов «старой» (в начале шага по времени) сетки на узлы вновь построенной (в конце шага по времени), и при этом может возникнуть трудноконтролируемая системная погрешность. Подобные пересчеты помимо генерации дополнительной погрешности порождают еще и нефизичное сглаживание полученных результатов. В любом случае, представляется целесообразным минимизировать число операций пересчета с одной сетки на другую вместе с уменьшением погрешности самого пересчета. Для линейных задач очевидным решением указанной проблемы является отказ от численных методов, основанных на дискретизации области решения, в пользу вычислительных алгоритмов, локализованных на границе области решения, наиболее известными из которых являются численные методы теории потенциала, в частности, метод граничных элементов.

Однако переход от исходной дифференциальной формулировки к граничным интегральным уравнениям не является полным решением проблемы точности расчета полей в областях с подвижными границами. Существует несколько приемов повышения точности численного решения рассматриваемых задач: использование криволинейных граничных элементов; итерационное уточнение формы границы; повышение порядка точности пошагового по времени алгоритма пересчета нового положения границы, что фактически эквивалентно повышению порядка точности численного решения дифференциального уравнения, описывающего движение границы. К сожалению, для задач с подвижными границами практически не существует аналитических решений в квадратурах, которые позволили бы протестировать точность различных предложенных алгоритмов и расчетных схем, однако, используя пересчеты на измельченных сетках и отдельные приближенные аналитические решения, удалось сформулировать рекомендации по рациональному подбору параметров расчетных для конкретных случаев решения задач в областях с подвижными границами.

Усовершенствованные таким образом алгоритмы могут быть применены в многочисленных областях науки и техники, где применяются течения со свободными границами, например, в гидротехнике, в литейных технологиях металлургических производств, для расчета движения жидкости в топливных баках транспортных средств, а также в тех областях, где рассматриваются задачи о фазовых переходах, например, задача Стефана в той же металлургической промышленности.

КОГНІТИВНО-ГРАФІЧНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ ІЄРАРХІЧНИХ ФОРМ БАЗИСІВ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Астіоненко І.О. к.ф.-м.н., Литвиненко О.І. к.т.н.
Херсонський національний технічний університет

У методі скінченних елементів (МСЕ) використовують інтерполяційні базиси ієрархічного типу. Базиси ієрархічного типу ефективні у процедурах адаптивного уточнення, які засновані на апостеріорних оцінках похибки скінченно-елементного розв'язку. При використанні ієрархічних скінченних елементів (СЕ) додавання багаточленних компонент легко здійснити локально, з метою уточнення в області, де шукана функція змінюється дуже швидко і апроксимація може давати великі похибки. Сьогодні найбільше розроблені питання побудови ієрархічних базисів на одновимірних і трикутних СЕ. А про ієрархію моделей на серендипових скінченних елементах (ССЕ) у відомих монографіях дуже мало інформації. Для кожного елемента наведено тільки по одному базису, для якого кількість параметрів інтерполяційного полінома дорівнює кількості вузлів інтерполяції. Великий інтерес викликає вивчення можливості підвищення степені серендипових поліномів за рахунок введення нових доданків при фіксованій кількості вузлів інтерполяції. Зрозуміло, що звичайний метод оберненої матриці тут не працює і потрібні нові, нестандартні підходи.

Про ієрархічні процедури побудови базисів СЕ Зенкевич і Морган у своїй монографії писали [1]: "Повышение точности приближения может быть достигнуто последовательным повышением степени базисных функций (при фиксированной сетке конечных элементов)… В этом плане обсуждаются так называемые иерархические формы, когда функции высших степеней последовательно получаются с помощью добавления соответствующих слагаемых. Такие формулировки, как правило, оказываются наиболее эффективными в вычислительном отношении". Базисні функції, які отримані за допомогою адитивного уточнення, автори [1] називають ієрархічними. Таким чином, засновники МСЕ передбачили неоднозначність апроксимації функції двох аргументів на серендипових елементах вищих порядків. Саме це стало поштовхом для пошуку методів побудови ієрархічних форм базисних функцій. У роботі запропоновано когнітивно-графічний метод побудови ієрархічних форм, який дозволив отримати альтернативні базиси на скінченних елементах серендипової сім'ї без включення внутрішніх вузлів.

Нові базиси на ССЕ мають більше параметрів в інтерполяційному поліномі, чим вузлів: до стандартного поліному додається "прихований" параметр, наявність якого дозволяє отримати нескінченну множину базисів на цьому елементі.

Когнітивно-графічний метод дозволив удосконалити відому інтерполяційну процедуру Тейлора [2] і отримати модифіковані елементи з нерегулярним розташуванням вузлів.

Самостійний інтерес викликає дослідження впливу "прихованих" параметрів на якість апроксимації, тому виконано тестування альтернативних базисів серендипового скінченного елемента при розв'язанні задач еліптичного типу. Доведено, що на кожному з ССЕ кращі обчислювальні властивості має базис, при якому матриця жорсткості має мінімальний слід. Запропоновані процедури універсальні і використовуються як на площині, так і у просторі.

1. Зенкевич О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич, К. Морган. — М.: Мир, 1986. — 318 с.

2. Zienkiewicz O.C. The Finite Element Method /O.C. Zienkiewicz, R.L.Taylor. — V.1. — Butterworth-Heinemann, 2000. — 689 p.

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНІСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВІ МЕТОДУ КАНОНІЧНОГО РОЗКЛАДАННЯ ВИПАДКОВОГО ВЕКТОРА

Атаманюк І.П. д.т.н., Коваленко О.А. к. с.-г.н., Шаповалова С.В.
Миколаївський національний аграрний університет

Врожайність сільськогосподарських культур є важливим показником ефективності сільськогосподарського виробництва, який широко застосовується при плануванні, регулюванні ринків сільськогосподарської продукції, імпортно-експортних операціях. Існуюча в наш час система отримання врожайності є недостатньо оперативною і формується в більшості випадків на основі суб'єктивної інформації. В зв'язку з цим велике значення має розробка підходів прогнозування врожайності, які б дозволили отримувати оцінку даного показника шляхом використання формалізованих методів на основі об'єктивної оперативної інформації. Враховуючи, що сільськогосподарське виробництво підлягає впливу багатьох випадкових факторів для прогнозування врожайності потрібно застосовувати стохастичні методи аналізу. Найбільш універсальним з точки зору обмежень є метод канонічного розкладу [1] випадкових векторів та процесів. На основі даного математичного апарату [2,3] прогнозна модель для оцінки врожайності сільськогосподарських культур може бути записана як:

$$m_x^{(6,N)}(1,7) = M\left[X(7)\right] + \sum_{j=1}^{6}\sum_{\nu=1}^{N}\left(x^{\nu}(j) - M\left[X^{\nu}(j)\right]\right) S_{((j-1)N+\nu)}^{(6N)}(6N+1),$$

де $S_{\lambda}^{(\alpha)}(\xi) = \begin{cases} S_{\lambda}^{(\alpha-1)}(\xi) - S_{\lambda}^{(\alpha-1)}(\alpha)\gamma_k(i), & \lambda \le \alpha\text{-}1; \\ \gamma_{\alpha}(\xi), & \lambda=\alpha; \end{cases}$

$$\gamma_{\alpha}(\xi) = \begin{cases} \beta_{1,[\alpha/N]+1}^{(\mathrm{mod}_N(\alpha))}\left([\alpha/N]+1\right), & \text{для } \xi \le kN; \\ \beta_{1,[\alpha/N]+1}^{(\mathrm{mod}_N(\alpha))}(7), & \text{якщо } \xi=6\mathrm{N}+1; \end{cases}$$

$$\beta_{h\nu}^{(\lambda)}(i) = \frac{1}{D_{\lambda}(\nu)}\{M\left[X^{\lambda}(\nu)X^{h}(i)\right] - \sum_{\mu=1}^{\nu-1}\sum_{j=1}^{N} D_j(\mu)\beta_{\lambda\mu}^{(j)}(\nu)\beta_{h\mu}^{(j)}(i) -$$
$$-\sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(\nu)\beta_{\lambda\nu}^{(j)}(\nu)\beta_{h\nu}^{(j)}(i)\},\ \lambda=\overline{1,h}, \nu=\overline{1,i}, h=\overline{1,N}, i=\overline{1,7}.$$

Досліджується випадковий вектор $\overrightarrow{X} = X(i),\ i=\overline{1,7}$, що складається з наступних компонент: $X(1)$-вміст гумусу в ґрунті, $X(2)$- кількість опадів, $X(3)$ - кількість добрив, $X(4)$ - посівна площа, $X(5)$ - норма висіву зерна, $X(6)$ - використання гербіцидів та пестицидів, $X(7)$ - врожайність.

Алгоритм екстраполяції дозволяє отримати оптимальну оцінку $m_x^{(6,N)}(1,7)$ врожайності сільськогосподарських культур з урахуванням нелінійних зав'язків порядку N. Прогнозна модель може бути модифікована для більшої кількості параметрів.

1. Атаманюк І.П. Поліноміальний канонічний розклад скалярного випадкового процесу зміни параметрів радіоелектроних пристроїв / І.П. Атаманюк // Вісник ЖІТІ. Технічні науки. – 2000. – №13. – С. 99-101.

2. Atamanyuk Igor P. Optimal Polynomial Extrapolation of Realization of a Random Process with a Filtration of Measurement Errors / I. P. Atamanyuk //Journal of Automation and Information Sciences. Volume 41, Issue 8, Begell House, USA – 2009. – pp. 38-48.

3. Атаманюк И.П. Алгоритм экстраполяции нелинейного случайного процесса на базе его канонического разложения / И.П.Атаманюк // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – №2. – С. 131-138.

INVESTIGATION OF PETROL STATION SIMULATION MODEL

Babenko Yuliia, Ph.D
National metallurgical academy of Ukraine

At present, in most spheres of human activity, information technologies are successfully integrated, combining a clear mathematical apparatus and a stochastic nature of processes. Therefore, the creation of complex objects simulation models based on the theory of probabilities, the theory of dynamic flows and, in particular, queueing systems (QS) are topical issues. QS is a rather interesting subject for research in terms of the influence of both initial conditions and internal probability parameters.

The most studied are QS, in which the time between the receipt of two serial arrival rates is subject to the Poisson law. However, such systems are quite common in practice, and therefore the interest has the study of QS parameters with different laws of time distribution between the receipt of two serial arrival rates.

The aim of this work is to study the effectiveness of QS, namely the activities of the petrol station, and the finding of numerical values of indicators that characterize the quality of service of this system, which in the future research will affect the structure of QS.

The object of this work is the petrol station.

The subject of the work is the simulation model of the petrol station. This study was conducted using the simulation model built into the Anylogic Free Release program.

In the given work the system, which provides service of cars at the petrol station is considered. The refueling consists of two servicing elements, which are responsible for two different operations:

– calculation for purchased fuel (cashier's card)

– refueling with different types of fuel (in the petrol station it is assumed that each fuel column contains a certain type of fuel).

While design we will assume that the petrol station is a set of single-channel queueing system, because it contains the following branching in the form of queues: the queue for the petrol payment and queues to the columns. The model assumes that if the car drove to the petrol station and at some point changed its decision on the need to refuel, it should leave the station until the time of payment.

The constructed simulation model provided an opportunity to evaluate the performance of the petrol station at different initial conditions of its operation and at different loadings due to the use of laws of time distribution between two serial arrival rates.

Thus, use of uniform, triangular distribution laws, as well as the law of the Cauchy, allowed us to obtain the value of some of the characteristics of QS, which can then be used on a real object. According to calculations, it is determined that the best option for the operation of the petrol station is the joint work of the three gasoline columns. At the same time, the average client time in the system does not exceed the immitating model's limitations, and the load capacity of the columns is optimal.

1. Мезенцев К.Н. «Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1». Часть 2 /Под ред. А.Б. Николаева. МАДИ. — М.: 2011. – 103 с.

2. Киселева М.В. Имитационное моделирование систем в среде Anylogic / М.В Киселева. – Екатеринбург, 2009. – 95 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФЛОТАЦІЇ ПРИ БЕЗПЕРЕВНОМУ РОЗЛИВУ СТАЛІ

Безуб В.М. аспірант
НМетАУ

Як відомо, при безперервному розливу сталі широко застосовується дуття аргоном. Таке дуття дозволяє одночасно вирішити декілька задач і, перш за все, сприяє якісному перемішуванню розплаву. Однак при деяких режимах дуття виникає ситуація, коли флотаційний агрегат (газова бульбашка з прикріпленими до неї силами поверхневого натягу неметалевими включеннями) не спливає, не піднімається в розплаві, а залишається в товщі розплаву. При подальшій кристалізації в цьому місці виникає дефект типу “неметалеве включення”. Таким чином дослідження динаміки флотаційних агрегатів є актуальним.

В даній доповіді представлено концепцію дослідження динаміки флотаційних агрегатів у розплаві методами математичного моделювання.

В математичну модель динаміки флотаційного агрегату входять наступні математичні моделі:

- взаємодія в комплексі бульбашка-неметалеве включення;
- створення і зміна форми і розміру бульбашок;
- гідродинамічна структура потоків і балансові співвідношення;
- транспорт твердої фази;
- абсорбція суміші газів рідкою фазою;
- десорбція суміші газів з рідкої фази.

Ці моделі зв’язані між собою через модель росту бульбашки з газом. Саме бульбашка грає ключову роль у процесі переносу твердої фази з ядра потоків розплаву в його верхні шари.

Моделювання здійснювалось засобами пакету Octave з використанням модулів, розроблених на мові С++.

1. Арзамасцев А.А., Попов В.С. Метод расчета межфазной поверхности в системе газ-жидкость при барботаже // Современные машины и аппараты химических производств: Тез. докл. 3-й Всесоюз. науч. конф. «Химтехника-83». Ташкент, 1983. Ч. 5.с. 139-l4l.

2. Боришанский В.М., Жохов К.А. Отрыв пузырька от поверхности нагрева // Инженерно-физический журнал (ИФЖ). 1968. Т. 15. №4. с. 599-601

3. Вопросы физики кипения / Под ред. И.Т. Аладьева М.: Мир, 1964. 443 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Беликов А.С. д.т.н., Берлов А.В. к.т.н., Чуб-Швец М.В.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Рассматривается задача о нейтрализации токсичных веществ (продукты горения твердого ракетного топлива) при возникновении экстремальной ситуации в хранилище топлива или на этапе его транспортировки [1-3]. Рассматривается ситуация движущегося поезда, в составе которого находится вагон, где горит твердое ракетное топливо. Подача нейтрализатора осуществляется из соседнего вагона. Это модифицированный вагон, на котором размещается специальная струйная установка. Подача нейтрализатора осуществляется за счет работы насосов.

При моделировании загрязнения атмосферного воздуха в случае экстремальной ситуации в хранилище рассматривается сценарий подачи нейтрализатора от специальной установки, которая размещается вблизи хранилища.

Для прогнозирования процесса загрязнения атмосферного воздуха и нейтрализации опасных веществ в атмосфере разработана численная модель, основанная на двухмерном уравнении массопереноса. Для численного интегрирования уравнения массопереноса загрязнителя использовалась неявная попеременно-треугольная разностная схема. При построении разностной схемы осуществляется физическое и геометрическое расщепление уравнения переноса на четыре шага. Неизвестное значение концентрации загрязнителя на каждом шаге расщепления определяется по явной схеме – методу бегущего счета.

Разработанная численная модель была использована для расчета зон поражения, как на территории промышленного объекта, где расположены хранилища, так и для расчета токсичного поражения людей в селитебных зонах, прилегающих к железнодорожной магистрали. Выполнен комплекс расчетов по определению необходимой интенсивности подачи нейтрализатора в зону загрязнения для максимального уменьшения ее размеров и интенсивности. На основе таких расчетов выявлена оптимальная подача реагента, обеспечивающая минимальное загрязнение атмосферы при эмиссии токсичных веществ из вагона. Исследована динамика формирования зоны загрязнения на различных территориях для рассматриваемой чрезвычайной ситуации.

Построенная численная модель может быть использована для экспресс прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте и разработке стратегии защиты окружающей среды.

1. Беляев Н. Н. Прогнозирование уровня загрязнения атмосферы в случае аварии при транспортировке химически опасного груза / Н. Н. Беляев, А. В. Берлов, П. С. Кириченко // Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об’єктах : матеріали Всеукр. науково-практ. конф. студентів та молодих вчених, ХНАДУ, 28–29 жовтня 2015 р. – Харків : ХНАДУ, 2015. – С. 140–142.

2. Беляев Н. Н. Защита атмосферы от загрязнения при эмиссии опасного вещества из движущегося железнодорожного вагона / Н. Н. Беляев, А. В. Берлов, П. С. Кириченко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. / под общ. ред. В. И. Большакова.– Днепропетровск : ПГАСА, 2016. – Вып. 87. – С. 13–18.

3. Berlov O. V. Atmosphere protection in case of emergency during transportation of dangerous cargo / O. V. Berlov // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2016. – Вип. 1 (61). – С. 48–54.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ХАОТИЧЕСКОГО 4D АТТРАКТОРА БЕЗ ПОЛОЖЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ

Белозёров В.Е. д.ф.-м.н., Ивлев А.С. бакалавр

Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Системы без положений равновесия получили большое распространение в недавних исследованиях по хаотической динамике. Система Лоренца была усложнена в 2005 году дополнением 4-го уравнения. Новая 4D система уже обладала гиперхаотическим поведением (она зависит от 2 положительных показателей Ляпунова). В работе Лоренца присутствовали только квадратичные нелинейности. В работе [1] рассматривается ситуация, когда нелинейности имеют неполиномиальный характер (экспонента). В настоящей работе мы усложнили тип нелинейности, введя в систему тригонометрическую функцию sin(α*xy*). В результате, получили новые виды аттракторов. Система, предложенная в работе [1] имеет вид:

$$\dot{x} = a(y - x), \dot{y} = -by + nxz + cw,$$
$$\dot{z} = d - e^{xy}, \dot{w} = -my \qquad (1)$$

В нашей работе уравнения системы (1) с новой нелинейностью представлены так:

$$\dot{x} = a(y - x), \dot{y} = -by + nxz + cw,$$
$$\dot{z} = d - e^{xy}\sin(\alpha xy), \dot{w} = -my \qquad (2)$$

Здесь a, b, c, d, m, n, α – некоторые положительные коэффициенты, определяющие структуру гиперхаотического аттрактора. При значениях коэффициентов $a = n = 1$, $b = m = 0{,}5$, $c = 0{,}1$, $d = 2{,}5$, α=1000 аттрактор, генерируемый данной системой, имеет вид (Рис. 1):

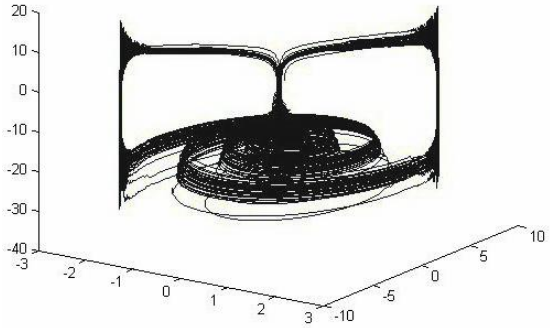


Рис. 1: Новый хаотический аттрактор, при a = n = 1, b = m = 0,5, c = 0,1, d = 2,5, α=1000 и начальных условиях (x(0), y(0), z(0), w(0)) = (0,1; 0,1; 0,1; 0,1)

В будущем, автор надеется с помощью введения новых типов нелинейностей получить гиперхаотические аттракторы для 5D динамических систем.

1. D. V. Hoang, S. T. Kingni and V.-T. Pham, “A No-Equilibrium Hyperchaotic System and Its Fractional-Order Form”, *Mathematical Problems in Engineering,* vol. 2017, Article ID 3927184, 3927184, 11 pages, 2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ МОДЕЛИ СЕРДЕЧНЫХ РИТМОМ, ОСНОВАННОЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСЦИЛЯТОРА ВАН-ДЕР-ПОЛЯ

Белозёров В.Е. д.ф.-м.н., Мищук Д.Д. бакалавр

Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Динамика сердечно-сосудистой деятельности является одним из важных аспектов исследования заболеваний человека. Сердечные ритмы могут моделироваться с помощью различных осциллирующих устройств. Одним из наиболее часто используемых осцилляторов является осциллятор Ван-дер-Поля. В нем классические нелинейности усложняются наличием запаздывания. Регулировка величины этого запаздывания позволяет приблизить модель к реальным ритмам, генерируемым человеческим сердцем. В настоящей работе используется запаздывание для осциллятора Ван-дер-Поля в следующей форме:

$\dot{x} = Q(x,y), \dot{y} = P(x,y) + C(t,y)$, где x и y - переменные состояния, функции $Q(x,y)$ и $P(x,y)$ – определяют динамику системы, а функция $C(t,y)$ генерирует управляющее воздействие. Эта функция определяется следующим образом:

$C(t,y) = K[(1-R)S_\tau - y], S = \sum_{m=1}^{N\tau} R^{m-1} y_{m\tau}$, где $y=y(t)$, $0 \le R < 1$ и K – управляющие параметры регулятора. Для исследования предлагается следующая модель:

$$\dot{x}_1 = x_2; \dot{x}_2 = F(t) - \alpha(x_1 - v_1)(x_1 - v_2)x_2 - \frac{x_1(x_1+d)(x_1+e)}{ed} + C(t,x_2) \quad (1)$$

Здесь α - изменяет форму импульса, в течении времени, за которое сердце получает импульс; v_1 и v_2 - асимметричные члены, которые заменяют собой демпфирующий член, существующий в классическом уравнении Ван-дер-Поля; e - контролирует период сокращения предсердий или желудочков; параметр d используется тогда, когда гармоническое воздействие классического уравнения заменяется кубическим членом; $F(t)$ - внешнее воздействие. Моделирование сердечной деятельности при конкретных значениях параметров $\alpha = 0.5$; $e = 6$; $d = 3$; $v_1 = 0.97$; $v_2 = -1$; $F(t) = 2.5sin(1,9t)$; $R = 0.5$; $K = 3$; $N_\tau = 10$ приведены на Рис.1:

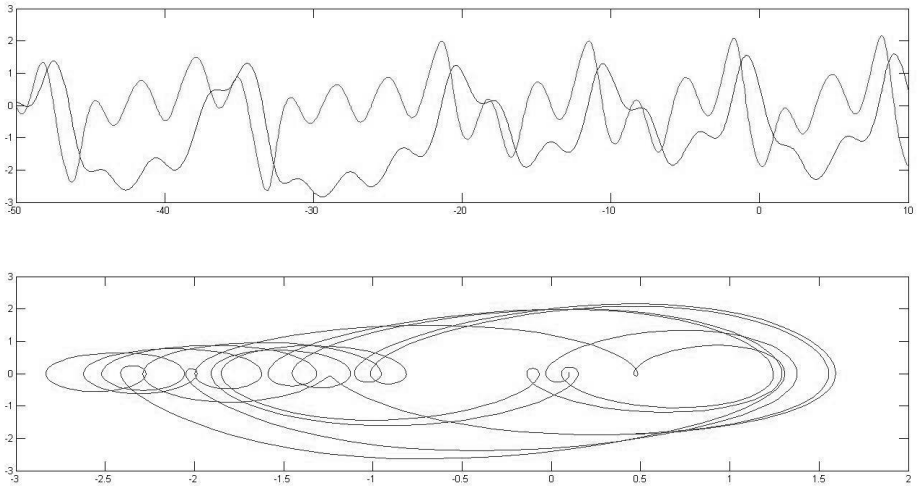


Рис.1. Фазовый портрет импульсов сердечной деятельности

1. B. B. Ferreira, A. S. de Paula, M. A. Savi, “Chaos control applied to heart rhythm dynamics”, Chaos, Solitons & Fractals, 44(2011) 587-599.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА БАЗЕ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Беляев Н.Н. д.т.н., Калашников И.В., Грабар Я.А., Мищенко А.Ю.
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

В настоящее время для оценки риска и ущерба в случае чрезвычайных ситуаций при перевозке опасных грузов или на химически опасных объектах используются методики, основанные на применении эмпирических зависимостей (нормативная методика) или аналитических решений уравнений массопереноса. Этот подход не позволяет учесть ряд важных факторов, которые существенно влияют на формирование зон химического заражения (нестационарный процесс эмиссии, наличие застройки и т.д.) [1,2]. Применяемые методики не дают возможности определить конкретное количество вредного вещества, которое попало на конкретную территорию и тем самым количественно оценивать масштаб загрязнения окружающей среды. Поэтому расчет экологического ущерба на основании нормативной методики или аналитических моделей является нереалистичным и не отвечает современным требованиям.

В работе представляется новая компьютерно-информационная система для оценки техногенного риска при экстремальных ситуациях, которые возникают в случае транспортировки опасных грузов или на химически опасных объектах. Основой разработанной информационной системы является комплекс численных моделей для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха при аварийных ситуациях, сопровождающихся эмиссией опасных веществ. Для численного интегрирования моделирующих уравнений (уравнение аэродинамики и массопереноса) используются неявные разностные схемы ращепления.

Для оценки риска применяются численные модели, позволяющие прогнозировать концентрацию опасных веществ на территории, прилегающей к транспортному коридору или к химически опасному объекту. Эти модели дают возможность оценить риск поражения людей как на открытой местности, в условиях застройки, так и внутри зданий. Разработанные модели по оценке риска могут быть использованы как для случая эмиссии опасных веществ от неподвижных источников (например, зоны аварийного разлива), так и от движущихся источников.

Для оценки экологического ущерба в случае выброса загрязняющих веществ, при чрезвычайных ситуациях используются численные модели, позволяющие рассчитать:

1. Рассеивание опасных веществ в атмосфере.
2. Массу загрязняющих веществ, осевших на конкретной территории.

Представлены результаты решения прикладных задач по оценке территориального риска для возможных экстремальных ситуаций на промышленных объектах Днепропетровской области.

1. Беляев Н. Н. Моделирование нестационарных процессов аварийного загрязнения атмосферы : [монография] / Н. Н. Беляев, А. В. Берлов, П. Б. Машихина. – Днепропетровск : «Акцент ПП», 2014. – 127 с.

2. Guidance for Conducting Risk Assessments and Related Risk Activities for the DOE-ORO Environmental Management program / The University of Tennessee. U.S. Department of Energy Office of Environmental Management, April, 1999. – 232 p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ОБЪЕКТАХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Беляев Н.Н. д.т.н., Кириченко П.С. к.т.н., Дорога О.Г., Заика А.А.
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Известно, что функционирование горнопромышленного комплекса Украины сопровождается эмиссией большого количества загрязняющих веществ в атмосферу. Интенсивное загрязнение атмосферы происходит при взрывах в карьерах, при пылении отвалов, при работе различных технических средств в карьерах и т.д. В настоящее время для прогноза влияния выбросов в карьерах, пылении отвалов используются упрощенные инженерные методики, разработанные много лет назад. Эти методики позволяют получить достаточно грубую информацию относительно уровня загрязнения атмосферы, что связано с тем, что многофакторный процесс рассеивания выбросов на объектах горнопромышленного комплекса не может быть описан на основе простых эмпирических зависимостей. С учетом современных требований к уровню экологической и промышленной безопасности, возникла необходимость создания новых, более совершенных и эффективных методов прогноза загрязнения атмосферы на объектах горнопромышленного комплекса.

В работе разработаны методы прогноза уровня загрязнения атмосферы в случае взрывов в карьерах и при пылении отвалов. Основой расчета является численное моделирование на базе уравнения Г.И. Марчука. Данное уравнение учитывает скорость и направление ветра, атмосферную диффузию, вымывание примеси осадками, режим эмиссии загрязняющих веществ. Для численного интегрирования применяется неявная разностная схема расщепления по физическим процессам [1,2]. Разработанная численная модель дополняется подмоделями, позволяющими рассчитывать количество загрязняющего вещества, осевшего на конкретный участок территории, прилегающей к карьеру или отвалу. Также учитывается затекание загрязненного воздуха внутрь зданий, расположенных на промышленной площадке или в селитебной зоне. На основе разработанной численной модели возможно решение таких задач:

1. Оценка динамики загрязнения воздушной среды внутри помещений зданий, которые располагаются в зоне влияния выброса.
2. Оценка динамики формирования зон загрязнения вблизи карьеров и отвалов.

Использование разработанной модели дает возможность получить оценку экологической и промышленной безопасности для районов, прилегающих к карьерам в течении 5-10 сек компьютерного времени. Зоны загрязнения атмосферного воздуха представляются в виде изолиний или матриц распределения концентрации примеси. Представлены результаты оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха вблизи отвалов при смачивании их поверхности шахтными водами. Применение шахтных вод позволяет уменьшить процесс пылевыделения. Расчетным путем выполнена оценка эффективности применения шахтных вод для смачивания поверхности при различных метеорологических условиях, характерных для Криворожского района Днепропетровской области.

1. Беляев Н. Н. Математическое моделирование в задачах экологической безопасности и мониторинга чрезвычайных ситуаций : монография [Текст] / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, П. Б. Машихина. – Д. : Акцент ПП, 2013. – 159 с.
2. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К. : Наук. думка, 1997. – 368 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНКАХ

Беляев Н.Н. д.т.н., Козачина В.А. к.т.н., Лемеш М.В., Стуликов З.Г.
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Аэротенки – один из важнейших элементов в технологической схеме очистки сточных вод [1-4]. В настоящее время в Украине отсутствуют методы комплексной оценки эффективности работы аэротенков, которые широко используются на предприятиях горно-металлургического комплекса. Для оценки эффективности работы аэротенков используются инженерные методики, которые основаны на приминении эмпирических моделей или аналитических моделей. Существует острый дефицит математических моделей, позволяющих рассчитать процесс биологической очистки в аэротенках с учетом их геометрической формы, режимов эксплуатации.

В работе представлены разработанные численные модели, позволяющие оценить динамику процесса биологической очистки сточных вод в аэротенках различного типа. Моделирование осуществляется на базе уравнений потенциального течения и массопереноса. При моделировании процесса массопереноса учитывается рассеивание примеси в аэротенке, активного ила, растворенного кислорода и пузырьков воздуха, которые поступают от специальной системы подачи воздуха в аэротенк. Процесс роста активного ила моделируется на базе модели Монро.

Для решения моделирующих уравнений используются следующие разностные методы:

1. Метод А.А. Самарского.
2. Попеременно-треугольная разностная схема.
3. Метод Либмана.
4. Метод суммарной аппроксимации.

Выполнена программная реализация построенных численных моделей. Для кодирования использовался алгоритмический язык FORTRAN.

Представлены результаты проведенных вычислительных экспериментов по оценке эффективности биологической очистки сточных вод в аэротенках сложной геометрической формы. Исследована динамика очистки при различных режимах эксплуатации аэротенка. При проведении вычислительных экспериментов изучалась гидродинамическая картина в очистных сооружениях и влияние на нее различных дополнительных элементов (пластины, перегородки и т.п.).

1. Беляев, Н. Н. Математическое моделирование массопереноса в горизонтальных отстойниках / Н. Н. Беляев, В. А. Козачина. – Днепропетровск : Акцент ПП, 2015. – 115 с.
2. Беляев, Н. Н. Математическое моделирование массопереноса в отстойниках систем водоотведения / Н. Н. Беляев, Е. К. Нагорная. – Днепропетровск : Нова ідеологія, 2012. – 112 с.
3. Горносталь, С. А. Исследование зависимости концентрации загрязнений в очищенной воде на выходе из аэротенка в процессе биологической очистки / С. А. Горносталь, Ю. В. Уваров // Збірка наук. пр. «Проблеми надзвичайних ситуацій». – 2011. – Вип. 14. – С. 65–69.
4. Hadad, H. Numerical Simulation of the Flow Pattern in the Aeration Tank of Sewage Treatment System by the Activated Sludge Process Using Fluent Program / H. Hadad, J. Ghaderi // Biological Forum. – 2015. – Vol. 7 (1). – P. 382–393.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ВОЗЛЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ В НИГЕРИИ

Беляев Н.Н. д.т.н., Оладипо Мутиу Олатойе, Дацько Е.В.
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Как известно, транспортировка сыпучих грузов в полувагонах приводит к интенсивному загрязнению воздушной среды возле транспортной магистрали [1-4]. В работе представлены 2-D, 3-D численные модели для оценки уровня загрязнения воздушной среды возле железнодорожной магистрали при перевозке сыпучих грузов. Рассматриваются ситуации, связанные с перевозкой угля в полувагонах. Основу разработанных численных моделей составляют уравнения массопереноса и аэродинамики. Процесс моделирования ветрового потока возле полувагона или штабеля с углем основывается на применении уравнения Лапласа, описывающего безвихревой поток идеальной жидкости.

Уравнение массопереноса, которое используется для моделирования процесса рассеивания пыли от поверхности груза в полувагоне, учитывает скорость и направление воздушного потока, состояние атмосферы, атмосферную турбулентную диффузию. Для численного интегрирования моделирующих уравнений используются неявные разностные схемы. Особенностью применяемых разностных схем является то, что по построению – это неявные разностные схемы, но практическая реализация этих схем осуществляется по явной схеме бегущего счета. С помощью маркеров задается, положение железнодорожного вагона, его форма, форма «насыпи» сыпучего груза в полувагоне. Интенсивность выделения пыли от насыпи в полувагоне рассчитывается на базе эмпирических зависимостей. Разработанные модели и созданные на их базе компьютерные программы ориентированы на решение комплекса задач, связанных с анализом загрязнения окружающей среды при уносе угольной пыли. На их основе создана информационная система анализа уноса угольной пыли из вагонов.

В данной работе также приведены результаты сопоставления расчетных данных с результатами лабораторных исследований, которые проведены на кафедре гидравлики и водоснабжения ДНУЖТ. Эксперименты проводились на моделях полувагонов с углем. Изучалась интенсивность загрязнения воздушной среды при установке дополнительных бортов на полувагоне.

1. Беляев Н. Н. Расчет динамики загрязнения примагистральной территории при перевозке угля / Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо // Наука та прогрес транспорту. Екологія на транспорті. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – 2016. – Вип. 6 (66). – С. 17–24.

2. Беляев Н. Н. Исследование интенсивности уноса пыли из вагона при транспортировке угля / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Збірник наукових праць «Науковий вісник будівництва» – Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2016 – №4(86). – С. 292 – 298.

3. Reduction of the environmental impact of coal storage piles: a wind tunnel study./ De Faveri, et al, Atmos. Environ. 1990, 244(11), pp. 2787 – 2793.

4. Review of Dust from Coal Trains in Queensland, report to Senate Standing Committee on Community Affairs Inquiry:"The impact on health of air quality in Australia", Queensland Resources Council, March 2013, Prepared by Katestone Environmental Pty Ltd, Australia 4064. www.katestone.com.au

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Беляева В.В. к.т.н., Якубовская З.Н. к.т.н., Луг Ю.С.
Днепровский национальный университет имени О. Гончара

Известно, что математическое моделирование является эффективным инструментом решения прикладных задач, связанных с охраной подземных вод от загрязнения при воз действии различных техногенных источников [1-3]. В работе представлены результаты исследования процессов загрязнения подземных вод при утечках из хранилищ с жидкими отходами и при аварийных разливах на транспорте. Исследования проведены на базе разработанной численной модели геомиграции. Для расчета поля скорости подземного потока используется плановая модель фильтрации. Численное интегрирование моделирующих уравнений проводится с помощью неявных разностных схем. Для численного интегрирования уравнения геомиграции применяется попеременно-треугольная неявная разностная схема. На основе разработанной численной модели создан специализированный пакет программ. Данный пакет программ может быть использован для решения следующих задач в области охраны подземных вод:

1. Моделирование загрязнения подземных вод при утечках на пунктах заправки (слива) цистерн.
2. Моделирование загрязнения подземных вод при интенсивных аварийных разливах на транспорте.
3. Оценка динами загрязнения подземных вод при длительной утечке поллютанта из хранилищ (хранилище нефтепродуктов, жидких отходов и т.д.).
4. Прогнозирование изменения режима подземных вод и соответствующего изменения динамики их загрязнения при интенсивных осадках или промывке грунтов.

Кроме перечисленных классов задач созданная численная модель и пакет программ позволяют решать дополнительные задачи:

1. Оценка влияния подземных защитных сооружений на локализацию зон загрязнения в подземных водах.
2. Оценка влияния дренирующих скважин на ликвидацию зон загрязнения в водоносных горизонтах.
3. Оценка влияния подачи нейтрализующих растворов на ликвидацию зон загрязнения в подземных водоносных горизонтах.

Представляются результаты комплекса проведенных вычислительных экспериментов на базе реальных исходных данных. Выполнен прогноз загрязнения подземных вод при возможных утечках на промышленных объектах Днепропетровской области. Рассмотрены задачи, связанные с утечкой кислот на железнодорожных станциях.

1. Беляев Н. Н. Компьютерное моделирование динамики движения и загрязнения подземных вод / Беляев Н. Н., Коренюк Е. Д., Хрущ В. К. – Д.: Наука и образование, 2001. – 156 с.
2. Беляев Н. Н. Применение поглощающих скважин для подавления развития зоны загрязнения подземного потока / Н. Н. Беляев, Л. Ф. Долина, И. В. Калашников // Екологія і природокористування. – 2004. – Вип. 7. – С. 181–186.
3. Гольдберг В. М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / Гольдберг В. М., Газда С. – М.: Недра, 1984,–262 с.

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТАХ

*Біляєв М. М. д.т.н., **Русакова Т. І. к.т.н.
*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
**Дніпровський національний університет імені О. Гончара

Металургія – одна з індустрій, яка дозволяє Україні конкурувати на міжнародному ринку та залишатися в десятці світових лідерів з виробництва сталі. Металургія виробляє четверту частину експортованої Україною продукції, на відміну від того, що в Україні внутрішнє споживання сталі зменшується. Металургія – одна з найважливіших галузей економіки, завдяки їй можуть розвиватися інші галузі промисловості. Запорізька та Дніпровська області виступають металургійними осередками України, але відносяться до числа екологічно-небезпечних регіонів, бо залишаються головними джерелами забруднення атмосферного повітря.

Як відомо, розрахунки по дослідженню поширення викидів від великих промислових підприємств в атмосферному повітрі виконуються на основі модифікованих моделей Гауса, Лагранжових моделей. Але більш актуальними є числові моделі, тому розглядається завдання по створенню програмних засобів для проведення оперативних розрахунків по розподілу викидів в атмосфері на основі чисельного моделювання. Такий комплекс програм є необхідним допоміжним інструментом, який може дозволити здійснювати безперервний контроль і управління джерелами організованих промислових викидів, щоб виключити можливості накладення полів забруднення від декількох джерел і, відповідно, перевищення рівнів ГДК забруднювачів. Аналіз полів поширення забруднень дуже важливий для прогнозування і сигналізації про наростання параметрів, що визначають надзвичайні екологічні умови, а також для оцінки і прогнозування ефективності захисних заходів в умовах надзвичайних ситуацій.

В роботі розроблено математичну модель та методику числового розрахунку, яка базується на інтегруванні рівнянь переносу домішок за допомогою неявної різницевої схеми розщеплення відповідно до крайових умов з урахуванням процесу хімічної трансформації домішки в атмосфері [1].

На основі розробленої числової моделі і створеного програмного забезпечення були проведені обчислювальні експерименти по оцінці рівня забруднення атмосферного повітря викидами діоксиду азоту, оксиду сірки, оксиду вуглецю при роботі різних промислових підприємств. Виконано аналіз і оцінку рівня забруднення атмосферного повітря в зоні впливу розглянутих підприємств, як окремих джерел забруднення, так і з урахуванням взаємовпливу декількох джерел забруднення. Оперативність у проведенні даного класу розрахунків (менше 1хв) є важливим практичним інструментом для прогнозування екологічної ситуації при функціонуванні промислових підприємств, що є джерелами надходження в атмосферу шкідливих забруднюючих речовин.

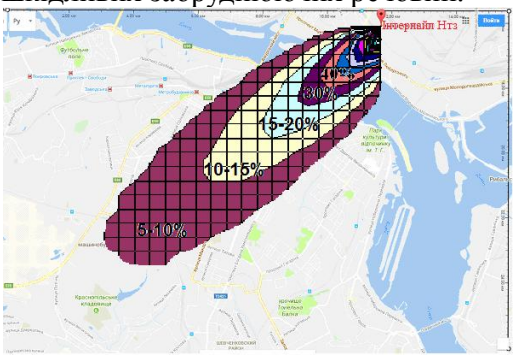


Рис. 1. Зона забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту від «Інтерпайп Нижньодніпровського трубопрокатного заводу», t=30 с

1. Biliaiev M. M. Determination of areas of atmospheric air pollution by sulfur oxide emissions from mining and metallurgical and energy generating enterprises / M. M. Biliaiev, T. I. Rusakova, V. Ye. Kolesnik, A. V. Pavlichenko // Науковий вісник НГУ. – 2017. – № 3. – С. 100–106.

ПРО ГРАФОВІ СХЕМИ МЕТОДУ ПОСЛІДОВНИХ НАБЛИЖЕНЬ

Божуха Л.М. к.ф.-м.н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Диференціальні рівняння на графах привертають увагу багатьох дослідників. При використанні сучасних технологій допускається структурна формалізація у вигляді одновимірних континуум, взаємодіючих через що зв'язують їх вузли. Вивчення ітерацій відображеній $f : R^m \to R^m$, $m > 0$ зводиться до різницевих рівнянь $x_{n+1} = f\left(x_n\right)$, $x_n \in R$, $n \in N$. Різницеві рівняння відображають одне з властивостей навколишнього світу - його дискретність. Різницеві рівняння в більшій частині досліджуються для розуміння нелінійних явищ і процесів, які відбуваються в системах самої різної природи.

В роботі [1] наводиться проста схема побудови прикладів, яка основана на введеному визначенні порядку.

Проблематикою представлених результатів можна вважати узагальненням результатів роботи [1] на бінарні відношення, їх аналіз у матричному та графічному способах.

Формування відношення порядку в термінах дискретної математики є складністю побудови методу представлення даних різницевого рівняння. Графові схеми бінарного відношення для методу послідовних наближень надають можливість аналізу властивостей алгоритму.

Метою даної роботи є представлення ітераційної схеми обчислення розв‘язку диференціального рівняння першого порядку у графічному та матричному способах представлення бінарного відношення порядку.

В залежності від властивостей функції $y = f\left(x\right)$ та обрання початкових умов, ітераційний процес знаходження x_{n+1} $\left(n = 0, 1, 2, \ldots\right)$ можна графічно представити на координатній площині в чотирьох основних схемах. Загальна ідея побудови схеми перетворень представлена у вигляді ланцюга стану відповідної системи. Розташування x_n $\left(n = 0, 1, 2, \ldots\right)$ на прямій описується тільки двома способами.

Результати роботи отримані при введенні бінарного відношення порядку $\Re = \left\{ \left(x_i\ , x_j\ \right) : x_i < x_j\ , i = 0, 1, 2, \ldots, j = 0, 1, 2, \ldots \right\}$ - розташування x_n $\left(n = 0, 1, 2, \ldots\right)$ на прямій.

У роботі представлені найпростіші графові схеми методу послідовних наближень при введенні бінарного відношення порядку. Введене бінарне відношення між елементами привело до двох варіантів схем пошуку розв‘язків трансцендентного рівняння. Питання про існування розв‘язку та збіжності ітераційного процесу не розглядається.

Використання запропонованої модифікації представлення результатів роботи метода послідовних наближень у графічному та матричному способах бінарного відношення може розширити область існування варіантів представлення ітераційної схеми обчислення розв‘язку диференціального рівняння першого порядку.

1. Вокруг теоремы Шарковского [Электронный ресурс]: (Статья). / Старостина В.В., Тепляков В.В. // Arctic Environmental Research. Серия 'Естественные науки'. 2013. – Режим доступа: http://aer.narfu.ru/upload/iblock/9c3/97_104.pdf.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ МОДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОМАССООБМЕНА С ФАЗОВЫМИ ПЕРЕХОДАМИ

Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н., Губин А.И. к.т.н., Евдокимов Д.В., Стояновский М.А.
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

В настоящее время в научных исследованиях, технологических процессах и технических системах все чаще встречаются естественные или искусственные объекты, включающие в себя неотъемлемой составной частью одни и те же вещества, однако в разных агрегатных состояниях. Не в последнюю очередь это связано с широким использованием криогенных жидкостей. В лабораторных условиях криогенные жидкости хранятся в особых емкостях – так называемых сосудах Дьюара, – обеспечивающих высокоэффективную тепловую защиту содержимого. Однако вне лабораторных условий обеспечить надлежащую теплоизоляцию зачастую оказывается затруднительно, а то и просто невозможно, что приводит к кипению и утрате части криогенной жидкости. Наглядным примером такой ситуации являются топливные баки ракет-носителей на криогенном топливе, находящихся на стартовой позиции. Таким образом, на указанном примере явно просматриваются технические, технологические и экономические составляющие рассматриваемой проблематики, что и определяет ее актуальность.

Следует отметить, что процессы тепломассообмена с фазовыми переходами сложны для изучения вообще, а аналогичные процессы с множественными фазовыми переходами, которые имеют место в случае криогенных жидкостей, сложны исключительно. Именно указанные трудности заставляют при изучении рассматриваемых процессов прибегать к более простым модельным задачам, что и было сделано в настоящей работе.

Пусть изначально имеются два полупространства, заполненных жидкими средами (одна из которых соответствует криогенной жидкости, а вторая – влажному воздуху) и разделенные тонкой металлической пластиной. Если температуры жидких сред внутри каждого из полупространств одинаковы, но разнятся между собой, то задача тепломассообмена с фазовыми переходами может рассматриваться как одномерная по пространству. В результате разницы температур между полупространствами через разделяющую их пластину имеет место тепловой поток, а криогенная жидкость в результате нагрева закипает (процесс кипения естественно полагать пленочным). В то же время из влажного воздуха, отдающего тепло второму полупространству, сначала конденсируется, а потом и замерзает влага. Таким образом, в рассматриваемой системе помимо процесса теплопроводности во всех средах и диффузии водяного пара во влажном воздухе протекают еще и три фазовых перехода. При помощи асимптотических методов, учитывая малую толщину образовавшихся новых фаз, не составляет особого труда свести исходные, вообще говоря, нелинейные, задачи теплопроводности во вновь образовавшихся фазах к последовательностям краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Ограничившись в полученной математической модели нулевым приближением, получим аналитические представления для полей температур во вновь образовавшихся фазах и разделяющей пластине. Для поля температур в криогенной жидкости также может быть получено аналитическое решение (решение задачи теплопроводности для луча с граничными условиями первого рода), и только задача диффузии влаги и теплопроводности во влажном воздухе требует численного интегрирования. Процессы фазовых переходов описываются традиционными в таких случаях задачами Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, которые решаются численно при помощи пошагового по времени процесса, в данной работе по схеме Эйлера.

Предложенная модельная задача может быть полезна при изучении закономерностей тепломассообмена между емкостями с криогенными жидкостями и окружающей средой, например, в ракетно-космической технике.

ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В МНОГОФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЯХ ЖИДКОСТИ

Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н., Губин А.И. к.т.н., Евдокимов Д.В., Шульга Р.А.
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

В настоящее время многофазные течения жидкостей являются основой многочисленных производственных технологий, обеспечивая возможности, которых нельзя добиться никакими альтернативными способами. Это обстоятельство стимулировало значительный теоретический и практический интерес к подобного рода системам. Следует сказать, что в ходе весьма обширных и разнообразных по подходам экспериментальных и теоретических исследований многофазных течений и тепломассообмена в многофазных средах были получены многочисленные результаты, к настоящему времени объединенные в весьма обширные и глубокие теории. С другой стороны, нельзя не отметить, что подавляющее большинство моделей многофазных сред предполагают асимптотически малые размеры объектов дисперсной фазы, что, конечно, не всегда соответствует действительности. В реальных течениях и процессах тепломассообмена, с ними связанных, большую роль играет гидродинамическое взаимодействие объектов дисперсной фазы, определяющее возможности слияния пузырей или капель, агрегации твердых частиц. При этом значение процессов гидродинамического взаимодействия и сама его интенсивность очевидным образом возрастают с увеличением размеров объектов дисперсной фазы. К сожалению, на сегодняшний день подобные эффекты изучены явно недостаточно, что и стимулировало появление настоящей работы и, в значительной мере, определило ее актуальность.

Рассмотрим движение ансамбля объектов дисперсной фазы в жидкости, имеющей собственное, в данной задаче предопределенное поле скоростей. В отличие от популярных в настоящее время подходов, например, метода взаимопроникающих континуумов, откажемся от гомогенизации дисперсной фазы, и каждый ее объект будем рассматривать в рамках лагранжевой (объектно-траекторной) модели. То есть, движение каждого из подобных объектов будет описываться задачей Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (уравнений движения материальной точки). Известно, что лагранжевые модели никоим образом не учитывают гидродинамическое взаимодействие, но могут включать в рассмотрение произвольные внешние силы, действующие на частицу, то есть, если сила гидродинамического взаимодействия будет определена в результате некоторого дополнительного анализа, то в рамках лагранжевой модели она будет учтена с высокой точностью. В качестве инструмента такого анализа в настоящей работе использовались метод Блоха-Гиневского и некоторые его обобщения. Следует отметить, что метод Блоха-Гиневского ориентирован на задачи механики идеальной несжимаемой жидкости. Обоснуем его применимость в данном случае. Дело в том, что в лагранжевых представлениях учтены вязкие эффекты обтекания уединенных частиц, которые, как правило, локализованы в непосредственной близости границ частицы или границ раздела с жидкими или газообразными объектами дисперсной фазы. При достаточном удалении объектов их взаимное влияние не связано с вязкими эффектами, а определяется распространением возмущений в несжимаемой жидкости, поэтому рассмотрение гидродинамического взаимодействия в рамках модели идеальной жидкости вполне корректно даже при относительно небольших числах Рейнольдса относительного движения.

Предложенный подход является эффективным средством качественного анализа эволюции движения объектов дисперсной фазы в многофазном течении. Результаты расчетов могут быть применены при исследовании многофазных течений с соответствующими размерами объектов дисперсной фазы, например, процесса барботажа, широко используемого в металлургической и химической промышленности, а также ракетно-космической технике.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ ТА ДИНАМІЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ БАЛАНСИРНОГО ЕЛЕКТРОДОТРИМАЧА ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Власов А.О., Зданевич С.В. к.т.н.
Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя, Україна
Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна

Система електродотримачів трифазних дугових сталеплавильних печей (ДСП) представляє складну просторову коливальну систему, що включає три несучі металоконструкції електродотримачів з електродами, які об'єднані взаємним електродинамічним впливом у струмоведучих контурах від трифазного електричного струму.

Для зменшення амплітуди коливань електродів трифазної ДСП у режимах змушених коливань під дією електродинамічних сил при коротких замиканнях, так і при вільних пружних коливаннях електродотримача після розриву дуги, запропонована шарнірна система кріплення струмоведучого рукава на стійці електродотримача з демпфером сухого тертя [1] або гасителем коливань на основі ортогонального клинового механізму з лінійними пружними елементами та початковим натягом [2].

З умови гранично припустимого відхилення від вихідного положення вузла кріплення електрода в горизонтальній площині при впливі електродинамічних сил на струмоведучий контур системи "рукав електродотримача - електрод" були отримані залежності для вибору місця розташування шарнірної опори і гасителя коливань при заданих геометричних розмірах електродотримача та його стійки, з урахуванням довжини електрода, визначено раціональне значення жорсткості пружного елемента гасителя коливань [3].

На основі конструкції електродотримача ДСП-50Н2 визначені динамічні параметри розрахункової схеми з урахуванням зміни робочої довжини електрода, зазорів в опорній системі стійки електродотримача. На підставі експериментальних даних визначений діапазон значень і частотний спектр електродинамічного впливу, що змушує коливання, на струмоведучі частини електродотримача.

Для дослідження коливань електрода в горизонтальній площині розроблена приведена двохмасова динамічна модель системи балансирного електродотримача на основі подвійного фізичного маятника з пружними зв'язками між ланками та демпферами нелінійного тертя.

Складені диференціальні рівняння руху приведеної коливальної системи, визначені власні частоти і коефіцієнти форм вільних коливань у діапазоні зміни динамічних параметрів, побудована амплітудно-частотна характеристика системи.

Розроблена математична модель і отримані розрахункові залежності параметрів коливальної системи надалі можуть бути використані для аналізу динамічних процесів у системі електродотримачів ДСП з метою оцінки вібраційного навантаження на електрод як при дії нестаціонарного електродинамічного впливу, що змушує коливання, або при вільних коливаннях системи після скидання навантаження.

1. Власов А.А. Пути усовершенствования электрододержателей дуговых сталеплавильных печей /А.А. Власов, А.Я. Жук, Н.В. Коваль, В.Н. Химин // Металургія: Збірник наукових праць ЗДІА. - Запоріжжя: ЗДІА, 2003. – Вип.7. – С. 90-93.

2. Власов А.А. Гашение вибраций систем электрододержателей дуговых сталеплавильных печей / А.А. Власов, Н.В. Коваль // Материалы международной научно-технической конференции «Вибрация машин: измерение, снижение, защита». Донецк: ДонНТУ, 2003. – С.57-61.

3. Власов О.А. Вибір жорсткості пружних елементів гасителя коливань балансирного електродотримача дугової сталеплавильної печі /О.А. Власов, С.В. Зданевич// Теорія і практика металургії, 2017. №1-2, С.77-81.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ І ТРУБОПРОВОДУ

Гімер П.Р. к.т.н.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Одним з чинників підвищення надійності роботи трубопровідних систем з насосною подачею рідини є коректне визначення режиму роботи і розрахунок параметрів регулювання як насосної установки, так і трубопроводу, з метою забезпечення заданого режиму роботи системи. Такі розрахунки можна виконати графоаналітичним методом, використовуючи графічні характеристики трубопроводу і насосу [1].

Для уникнення графічних побудов пропонується використати апроксимацію відповідних кривих поліномами другої степені. Відповідна система рівнянь складається з рівнянь характеристики трубопроводу і характеристики насосу:

$$H = a_{тр} + b_{тр}Q^2, \quad (1)$$

$$H = a_0 + a_1Q + a_2Q^2, \quad (2)$$

де Q — витрата рідини; H — відповідне значення напору для трубопроводу чи насосу; $a_{тр}$, $b_{тр}$, a_0, a_1, a_2 — коефіцієнти поліномів, які визначають на основі експлуатаційних характеристик трубопроводу і насоса.

Сумісний розв'язок рівнянь (1) і (2) дає можливість визначити робочі витрату $Q_р$ і напір $H_р$, з якими буде працювати насос на трубопровід заданої конфігурації:

$$Q_р = \frac{a_1 + \sqrt{a_1^2 - 4\left(a_{тр} - a_0\right)\left(b_{тр} - a_2\right)}}{2\left(b_{тр} - a_2\right)}, \quad (3)$$

$$H_р = a_{тр} + b_{тр}Q_р^2.$$

У випадку дросельного регулювання трубопроводу додаткові втрати напору на засуві $\Delta h_{др}$ розраховуються через задану витрату рідини $Q_з$ за формулою:

$$\Delta h_{др} = a_0 - a_{тр} + a_1Q_з + \left(a_1 - b_{тр}\right)Q_з^2. \quad (4)$$

У випадку регулювання системи перепусканням рідини через байпас, кількість рідини $q_{пер}$, яка перетікає через байпас визначають за формулою:

$$q_{пер} = \frac{-a_1 - \sqrt{a_1^2 - 4a_2\left(a_0 - a_{тр} - bQ_з^2\right)}}{2a_2} - Q_з. \quad (5)$$

Визначені величини $\Delta h_{др}$ и $q_{пер}$ дозволяють розрахувати ступінь закриття засувів, необхідну для здійснення відповідного регулювання системи.

У випадку регулювання системи за рахунок зміни кількості обертів робочого колеса насоса або його обточки, використовуючи рівняння параболи подібних режимів, отримаємо наступні формули для розрахунку нової кількості обертів n_2 чи діаметра робочого колеса D_2:

$$n_2 = n_1\frac{2\left(H_{необ} - a_2Q_з^2\right)}{a_1Q_з + \sqrt{a_1^2Q_з^2 + 4a_0\left(H_{необ} - a_2Q_з^2\right)}}, \quad (6)$$

$$D_2 = D_1\frac{2\left(H_{необ} - a_2Q_з^2\right)}{a_1Q_з + \sqrt{a_1^2Q_з^2 + 4a_0\left(H_{необ} - a_2Q_з^2\right)}}. \quad (7)$$

де n_1, D_1 — кількість обертів і діаметр робочого колеса насоса до регулювання.

Таким чином, даний метод дає можливість легко розраховувати не тільки режим сумісної роботи трубопроводу і насосної установки, але і необхідні параметри роботи для усіх основних методів регулювання насосної установки.

1. Гідравліка : навчальний посібник / Л. В. Возняк, П. Р. Гімер, М. І. Мердух, О. В. Паневник. — Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. — 327 с. : іл. — ISBN 978-966-694-216-9.

АЛГОРИТМ ПРЕДОБРОБКИ РИТМ-СИГНАЛІВ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ІШЕМІЇ

Гнатушенко В. В. д.т.н., доц., Фененко Т.М. ст.викл., Левикін О.С. магістр
Національна металургійна академія України

Розвиток сучасних інформаційних технологій відкриває великі можливості в дослідженні багатьох фізіологічних явищ, що відбуваються в організмі людини. Велика увага приділяється комп'ютерної електрокардіографії, яка дозволяє реєструвати і досліджувати аномалії ритм-сигналів, наявність яких, відповідно до сучасних поглядів кардіологів є одним з основних предикторів раптової смерті [1,2]. Більшість біологічних сигналів проявляють себе як низькоамплітудні сигнали, які підвладні впливу різного походження інших сигналів [3,4]. Будь-який інший сигнал, крім досліджуваного, може бути названий шумом. Джерелами шуму і перешкод можуть виступати як фізіологічні чинники, так і чинники, які викликані пристроями що працюють або ж умовами в яких проходить експеримент. Характерною особливістю вищезазначених перешкод є те, що відсутня можливість зменшити або ж повністю усунути джерело цих шумів, тому найбільш ефективним вирішенням проблеми є фільтрація.

Інструментальним методом дослідження електрофізіологічної діяльності серця є електрокардіографія (ЕКГ), який заснований на реєстрації і графічному виведенні зображення різниці потенціалів, що виникає в процесі скорочення серцевого м'яза з метою діагностики захворювань серця. Найбільш розповсюдженою є ішемічна хвороба серця (ІХС)– захворювання, яке розвивається при недостатньому надходженні кисню (гіпоксії) до серцевого м'яза через коронарні артерії. У роботі вважається, що основною ознакою ішемії є зміщення ST сегмента на ЕКГ в лівих грудних відведеннях. У даній роботі при дослідженні записів ЕКС, приймається припущення, що інструментальних шумів немає, тобто шумів, які пов'язані з особливістю роботи пристрою реєстрації та програмного забезпечення для обробки електрокардіограми.

На підставі аналізу існуючих варіантів форми сегмента ST при виникненні епізоду ішемії можна зробити висновок про можливість опису сигнальної складової j-го ST-сегмента поліномом другого порядку і використання лінійної моделі зміщення сегмента ST при розвитку епізоду ішемії. . В якості досліджуваного сигналу використовувалася послідовність імпульсів, що імітують елевацію ST-сегмента з амплітудою, яка перевищує норму на ЕКГ. Для усунення дрейфу ізоелектричної лінії в дослідженнях запропоновано алгоритм:

– вихідна дискретна ЕКГ (з періодом дискретизації 8 мс) пропускається через фільтр низьких частот;

– навколо кожної точки відфільтрованого сигналу обирається вікно;

– всі значення відфільтрованого сигналу в цьому вікні ранжуються;

– вибираються 50% центральних значень, обчислюється середнє арифметичне та отримується значення ізолінії в заданій точці.

Для вихідного сигналу ізолінія знаходиться за допомогою лінійної інтерполяції розрахованих точок ізолінії сигналу.

1. Рангайян, Р.М.. Анализ биомедицинских сигналов/ Р.М. Рангайян под ред. А.П. Немиренко.– М., ФИЗМАТЛИТ, 2007 г. – 516 с.

2. Хэмптон, Д.Р. Основы ЭКГ / Д.Р. Хэмптон.– М. Мед. лит., 2006 г. – 224 с.

3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов/ А.Б.Сергиенко.– СПб.: Питер, 2006 г. – 750 с.

4. Радиотехнические системы / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов, Ю.А. Коломенский, Ю.Д. Ульяницкий. – М.: М. Академия, 2008 г. – 592с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЛОСКИХ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ЖИДКОСТЬЮ

Гоман О.Г. д.ф.-м.н., Катан В.А. к.ф.-м.н.
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Математическое моделирование многих процессов гидродинамики опирается на постановку и решение краевых задач теории аналитических функций. При этом главной проблемой исследователей является получение конечных решений в аналитическом виде. В дальнейшем именно такие результаты математического моделирования сложных систем сразу находят свое воплощение в инженерной практике: для уточнения постановок задач, а также для корректной постановки и развития вычислительного эксперимента еще на стадии проектирования и расчета рабочих режимов реальных конструктивных элементов.

В качестве моделируемого рабочего элемента гидродинамического аппарата взята плоская пластинка, расположенная под произвольным углом на свободной поверхности жидкости. Проблема рассмотрена в рамках теории гидродинамического удара.

После постановки задачи об ударном взаимодействии несжимаемой жидкости и наклонной пластинки, расположенной на ее свободной поверхности под произвольным углом наклона, показан переход к классической смешанной задаче Келдыша-Седова для характеристической функции течения [1–2]. Определение положения граничных точек зон отрыва течения жидкости от поверхности пластинки состояло в последовательном комплексном подходе. Вначале использование вариационного принципа Огазо привело к некоторому трансцендентному уравнению относительно некоторого числового параметра, характеризующего положение точки отрыва на контуре тела. Далее проблема вычисления сингулярных интегралов в смысле конечной части по Адамару в трансцендентном уравнении решалась с применением формул Адамара-Манглера [3-4].

В качестве тестовых задач решены задача о вертикальном ударе с вращением горизонтальной пластинки в условиях возникновения отрыва и задача о горизонтальном ударе с вращением вертикальной пластинки. В обоих случаях показано удовлетворительное совпадение решения через несобственные интегралы в смысле конечной части по Адамару и решения, выраженного через элементарные функции. После определения положения зоны инерционного отрыва течения получены гидродинамические суммарные характеристики при ударном взаимодействии несжимаемой жидкости и наклонной пластинки, расположенной на ее свободной поверхности под произвольным углом наклона [5-7].

1. Седов, Л. И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики [Текст]/ Л.И. Седов. – М.: Наука,1980. – 448 с.

2. Мусхелишвили, Н.И. Сингулярные интегральные уравнения [Текст]/ Н.И. Мусхелишвили. – М., 1968. – 512 с.

3. Общая теория аэродинамики больших скоростей [Текст] / под ред. У.Р. Сирса. – М.: Воениздат, 1962. – 300 с.

4. Адамар, Ж. Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа [Текст] / Ж. Адамар. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

5. Гоман, О. Г. Ударное взаимодействие несжимаемой жидкости и вертикальной пластины, плавающей на ее поверхности, в условиях образования одной зоны отрыва и наличии вращения [Текст] / О.Г. Гоман, В.А. Катан // Вісн. ДНУ. Сер.:Механіка. – 2013. – № 5(21). – Вип. 17, Т. 1. – С. 191 – 205.

6. Катан, В.А. Об одном способе определения положення зоны отрыва течения приударном взаимодействии твердого тела и жидкости [Текст] / В.А. Катан // Вісн. ДНУ. Сер.: Механіка. – 2014. – № 5(22). – Вип. 18, Т.1. – С. 63 – 71.

7. Гоман, О. Г. Ударное взаимодействие жидкости и наклонной пластинки, находящейся на ее свободной поверхности. Определение распределенных силовых характеристик/ О.Г. Гоман, В.А. Катан // Вісн. ДНУ. Серія: Механіка. – 2017. – №5(25). – Вип.21. – С. 58 – 65.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІРІВ ТРУБОПРОВОДІВ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Горячкін В.М. к.т.н., Жевжик О.В. к.т.н., О.Ю. Степура
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Потреби житлово-комунального сектора та промисловості в тепловій енергії забезпечуються системами теплопостачання від ТЕЦ, районних, групових і місцевих котелень. Економічність, надійність і довговічність цих систем залежить від правильно прийнятих проектних рішень і якості їх технічної експлуатації. Враховуючи стан більшості систем теплопостачання в Україні, їх суттєва модернізації є не тільки економічно доцільною, а, в багатьох випадках, невідкладною через неможливість подальшої нормальної експлуатації, тому будь-які роботи, що направлені на енергозбереження в системах виробництва, транспортування та використання теплової енергії, є актуальними.

В літературі відомі роботи присвячені оптимізації трубопроводів систем теплопостачання. Так, в роботах [1, 2] наводяться рекомендації по пошуку найбільш енергоефективних варіантів прокладки трубопроводів. Разом з тим, останнім часом з'явилися нові технології і матеріали, що використовуються при виготовленні і прокладанні трубопроводів, зросла вартість енергоносіїв. Це вимагає того, щоб при оптимізації розмірів трубопроводів розглядалось також питання скорочення витрат на експлуатацію систем теплопостачання, зокрема на транспортування теплоносія в них, оскільки, як показує практика, вона є суттєвою складовою собівартості теплової енергії, що відпускається споживачам.

Виходячи з цього, в роботі складена і розв'язана задача оптимізації розмірів трубопроводів систем теплопостачання виходячи з мінімуму фінансових видатків на їх спорудження і експлуатацію, включно з втратами теплоти в навколишнє середовище. Мінімуму приведених видатків (S) відповідає умова рівності нулю похідної від капітальних витрат на спорудження (K) та експлуатацію (E) системи по діаметру трубопроводу

$$\frac{dS}{dd} = \frac{dK}{dd} + T\frac{dE}{dd} = 0 .$$

На рис. 1 показаний приклад розрахунку витрат на експлуатацію теплової мережі та оптимального діаметру трубопроводу довжиною l=1000 м при ціні теплової енергії 1,893 грн/(кВт·год), електроенергії на привід насосів – 1,5 грн/(кВт·год).

Застосування запропонованої методики, як очікується, дозволить знизити приведені видатки на спорудження та експлуатацію систем теплопостачання на 5…10 %.

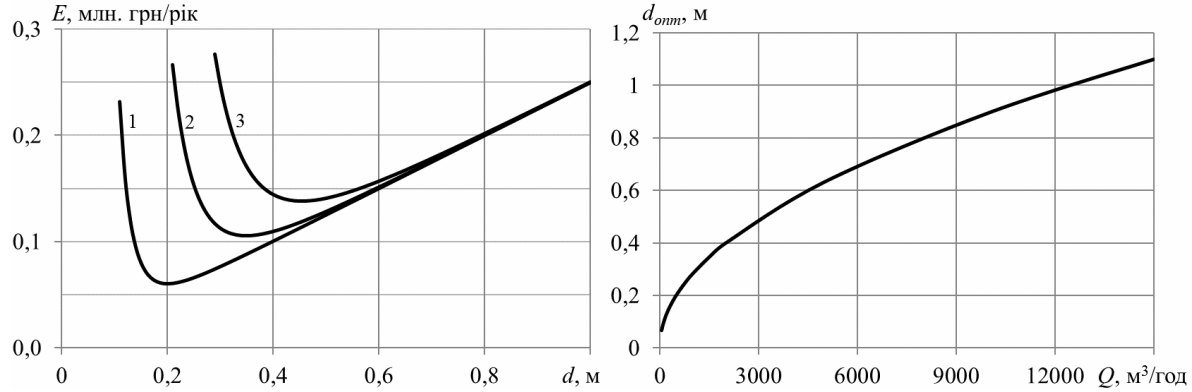


Рисунок 1 – Витрати на експлуатацію теплової мережі і оптимальний діаметр трубопроводу в залежності від витрати теплоносія: 1 – Q=100 м^3/год, 2 – 300 м^3/год, 3 – 500 м^3/год

1. Боом Б. Принципы оптимизации при проектировании разводящих трубопроводов. / Б. Боом, Х. Кристенсен // Энергосбережение – №4. – 2007. – С. 66-71.

2. Дмитриев А.Н. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. / А.Н. Дмитриев, Ю.А. Табунщиков, И.Н. Ковалев, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005, 120 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ НАНЕСЕННІ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО ПОКРИТТЯ НА ВНУТРІШНЮ ПОВЕРХНЮ ТРУБИ

Губін О.І. к.т.н.[1], Коваленко О.А.[2], Щербань В.В.[1]

[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

[2]*Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» імені М.К. Янгеля»*

Серед різних методів нанесення покриттів особливе місце займають вакуумні іонно-плазмові методи, в яких використовується низькотемпературна газорозрядна плазма.

Популярність вакуумних іонно-плазмових методів обумовлена наступними факторами: можливістю досягнення високої чистоти покриттів і однорідності їх товщини; можливістю формування складних покриттів різного стехіометричного складу; можливістю нанесення високоадгезійних покриттів; можливістю проведення процесу нанесення при низькій температурі підкладки; можливістю високошвидкісного нанесення покриттів; можливістю точного регулювання технологічних процесів і їх повної автоматизації.

Процес нанесення іонно-плазмових покриттів у вакуумі полягає в генерації потоку частинок, спрямованого у бік оброблюваної підкладки, і наступному їх осадженні з утворенням шару покриття.

В роботі розглянуто процес нанесення іонно-плазмового покриття на внутрішню поверхню труби. Бомбардування поверхні труби іонами призводить до розігріву виробу. В процесі осадження температура підкладки повинна бути досить високою 200 – 450°С, щоб досягти задовільної міцності зчеплення покриття з матеріалом підкладки. З іншого боку, при температурах осадження покриттів понад 400°С, відбувається зниження міцнісних властивостей матеріалу підкладки. Для забезпечення необхідного теплового режиму виробу в процесі нанесення покриття можна використовувати печі-ванни, які придатні як для нагріву виробів, так і для їх охолодження. При цьому труба розміщується у печі-ванні з розплавом солей, температура якого може змінюватися в діапазоні 230 – 550°С. Всередині труби вакуум, закачаний робочий газ під низьким тиском, пристрій для нанесення іонно-плазмових покриттів розташований співвісно з трубою. Нагрівання відбувається на локальній ділянці внутрішньої поверхні труби, у початковий момент часу пристрій для нанесення іонно-плазмових покриттів зміщений від торця труби на задану відстань, він рухається вздовж труби зі сталою швидкістю. У зоні обробки на внутрішню поверхню діє постійний тепловий потік, а на інших ділянках внутрішньої поверхні тепловий потік дорівнює нулю. Зовнішня поверхня труби конвективно обмінюється теплом з розплавом солей в печі, при цьому відомими є температура розплаву солей і коефіцієнт тепловіддачі, теплообміном на торцях труби можна знехтувати.

Була розроблена нелінійна математична модель процесів теплопровідності в трубі при нанесенні іонно-плазмового покриття на її внутрішню поверхню, що враховує температурну залежність теплофізичних характеристик матеріалу. Для чисельного розв’язання задачі побудована локально-одновимірна квазілінійна різницева схема, на основі якої створені розрахунковий алгоритм та його програмна реалізація на мові Delphi. За допомогою цієї програми були виконані розрахунки температурного поля труби. Здійснений детальний аналіз результатів розрахунків.

У процесі осадження температура підкладки повинна бути досить високою, щоб досягти задовільної міцності зчеплення покриття з матеріалом підкладки. Недогрів може призвести до незадовільної адгезії, а у разі перегріву підкладки знижується комплекс властивостей як підкладки, так і композиції «покриття-підкладка». Температура оброблюваного зразка повинна бути в межах 400 ± 20°С. В результаті серії обчислювальних експериментів вдалося підібрати режимні параметри процесу нанесення покриття, які забезпечують рекомендований тепловий режим труби в процесі.

Результати роботи можуть бути використані для дослідження теплових процесів при нанесенні іонно-плазмового покриття на внутрішню поверхню труби з урахуванням температурної залежності теплофізичних характеристик матеріалу, а також впливу різних параметрів технологічного процесу.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗОСЕРЕДЖЕНИХ ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ МЕТОДОМ ОБЕРНЕНИХ ЗАВДАЧ

Гук Н.А. д.ф.-м.н., Степанова Н.І.
Дніпровський національний університет імени Олеся Гончара

Розглядається задача ідентифікації зовнішніх зосереджених впливів на тонку металеву пластину методом обернених задач. Передбачається, що на поверхні пластини в кінцевому числі точок вимірювань X_p , $p=\overline{1,P}$ є інформація про напружено-деформований стан системи $\sigma(X_p)=\sigma^*$, де σ^* - вектор виміряних значень деформацій.

Зовнішній вплив описується функцією $H(X)=Zu(X_k)$, $k=\overline{1,K}$, де

$$u(X_k)=\begin{cases}\delta(X-X_k), якщо\ \ в\ \ точці\ \mathrm{X_k}\ \ є\ \ силовий\ \ вплив\\ 0,\ \ інакше\end{cases},$$

X_k - точка прикладання сили; Z - амплітуда впливу; $\delta\left(X-X_k\right)$ - функція Дірака.

Розв'язок поставленої задачі визначається з умови мінімуму функціонала потенційної енергії системи, додаткова інформація про систему $\sigma(X_p)=\sigma^*$ приєднується до функціоналу за допомогою множників Лагранжа λ_p. Необхідні умови стаціонарності функціоналу по змінним Z і λ_p призводять до системи алгебричних рівнянь для визначення невідомих функцій задачі.

Даний підхід було реалізовано алгоритмом [1]. Ідентифікація топології і амплітуди зосередженого силового впливу проводилася на підставі моделювання процесу вимірювань при заданих значеннях $H(X)$ і амплітуді зовнішнього впливу Z. За допомогою пакета прикладних програм, що реалізують метод скінченних елементів, обчислювалися значення компонент вектора $\sigma^*=\left\{\varepsilon_{ij}^*(X_p),\chi_{ij}^*(X_p)\right\}$ в фіксованих точках X_p на поверхні пластини, що використовувались як результати спостережень.

Для організації ітераційної процедури було сформовано початкове наближення до розв'язку, задані значення амплітуди Z^0 і вектора $H^0=\{H_k^0(X)\}, k=\overline{1,K}$. Компоненти вектора H^0 задано у вузлах сітки скінчених елементів, вони набувають значення 1 у вузлах, де спостерігалися найбільші відхилення значень виміряних деформацій пластини під дією додаткового навантаження від відповідних значень під дією експлуатаційного навантаження. Надалі значення амплітуди Z та компонент вектора $H(X)$ визначалися в ітераційному процесі відповідно до алгоритму і розглядалися як характеристики місця прикладання сили.

Ідентифікація силового впливу виконувалася як для однієї сили, так і для кількох зосереджених сил однакових і різних амплітуд. За результатами розрахунку можна зробити висновок, що кількість ітерацій, необхідних для досягнення задовільного результату ідентифікації істотно зростає при збільшенні кількості точок прикладання сили.

Було досліджено залежність швидкості збіжності ітераційного процесу ідентифікації від місця розташування точки прикладання сили (в центрі пластини, ближче до краю, біля краю). Встановлено, що для ідентифікації сили, точка прикладання якої розташована на середній лінії пластини, потрібна менша кількість ітерацій. При зміщенні точки прикладання сили від центру пластини до краю кількість ітерацій зростає. Крім цього, зі збільшенням рівня діючого навантаження кількість ітерацій, необхідних для отримання результату ідентифікації, зростає і суттєво залежить від місця розташування точки прикладання навантаження.

1. Гук Н.А. Идентификация точечных силовых воздействий в тонкостенных системах / Н.А. Гук, Н.И. Степанова // Зб. наук. пр. «Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій». – Дн-ськ: Ліра. – 2015. - Вип. 24 - С. 58 - 72.

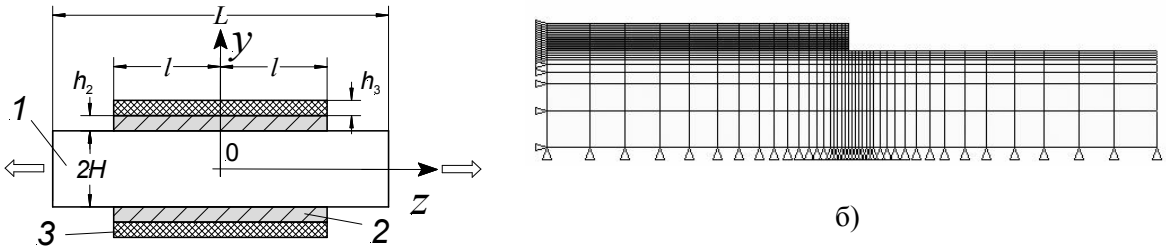
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ ОСНОВА-ПОКРЫТИЕ АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Долгов Н.А. д.т.н.

Институт проблем прочности имени Г.С. Писаренко НАН Украины

Для определения напряжений при испытаниях на растяжение образцов с покрытиями используют различные аналитические модели [1]. Оценка точности аналитических моделей напряженного состояния в образцах является актуальной научно-технической задачей.

Касательные напряжения в двухслойном покрытии определяли аналитическим методом [2] и сравнивали с полями напряжений, полученными при численном моделировании [3]. Исследовали модель образца в виде плоской пластины толщиной $2H$, на верхнюю и нижнюю поверхности которой нанесено двухслойное покрытие длиной $2l$ (рис. 1а). Растягивающие усилия приложены к основе. При численном моделировании вследствие симметрии расчетной схемы можно ограничиться только четвертью сечения образца (рис. 1б).



а)

Рис. 1. Расчетная схема образца с двухслойным покрытием (а) и численная модель образца (б): (1 – основа, 2 – подслой, 3 – внешний слой покрытия)

При расчетах полагали, что модуль упругости основы – 209 ГПа, модули упругости подслоя и внешнего слоя – 70 ГПа, деформация основы – 0,48%, ширина основы и покрытия – 5 мм. Геометрические размеры образца были следующие: $h_2 = h_3 = 0{,}165$ мм, $2l = 8$ мм, $L = 16$ мм, $2H = 2{,}26$ мм. Рассчитанные численным и аналитическим методами касательные напряжения τ в плоскости адгезионного контакта внешнего слоя покрытия и подслоя приведены на рис. 2.

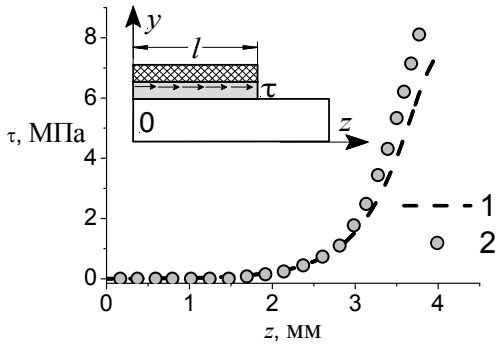


Рис. 2. Распределение касательных напряжений τ: 1 – аналитический расчет в соответствии с моделью [2], 2 – численное моделирование

Сделан вывод, что аналитическая модель [2] позволяет достаточно корректно определять касательные напряжения в образцах с покрытиями.

1. Dolgov N.A. Analytical methods to determine the stress state in the substrate–coating system under mechanical loads // Strength of materials. – 2016. – V. 48, No.5. – P. 658 – 667.

2. Dolgov N.A. Determination of stresses in a two-layer coating // Strength of materials. – 2005. – V. 37, No 4. – P. 422 – 431.

3. Кузовков Е.Г. Применение метода элементарных ячеек для численного решения задач теории упругости. Сообщение 1. Общие положения метода элементарных ячеек // Проблемы прочности. – 1982. – № 12. – С. 104 – 107.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ МЕТАЛЛ-ШЛАК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОМАРГАНЦА

Ду Юньшен аспирант, Величко А.Г. д.т.н., Мяновская Я.В. к.т.н.
Национальна металлургическая академия Украины

Процессы производства качественной стали связаны с условиями их получения в сталеплавильном агрегате определенного типа, а также требованиями увеличения производства более тонких готовых стальных изделий, что диктует необходимость использования сплавов марганца с низким содержанием углерода. Получение в металле определенной концентрации компонентов сплава определяется скоростными возможностями реакций взаимодействия металла и шлака на границе раздела.

Состав шлаков в экспериментальных исследованиях соответствовал составам промышленных шлаков различных схем производства. Ферросиликомарганец использован различного состава, что позволило моделировать влияние изменения содержания кремния в сплаве-восстановителе на восстановление марганца. В шлаках изменяли содержание закиси марганца в прелах: 50% -15% MnO. В экспериментах готовили синтетические шлаки, в которых использовали просушенные химически чистые компоненты. Компоненты тщательно смешивались. Чистый CaO добавлялся к шлакам в количестве 10, 20, 30 и 40% от веса марганецсодержащих шлаков. Эксперименты проводили на термогравиметрической установке, в контролируемой атмосфере в алундовых тиглях. Выбранный сплав ферросиликомарганца помещали сверху расплавленного шлака, создавали поток аргона. По достижении температуры 1250°С и расплавления содержимого тигля, его перемещали в реакционную зону с заданной температурой и выдерживали определенное время. Образцы после чего извлекались и закаливались на воздухе. Окисления содержимого не происходило, поскольку тигель был закрыт огнеупорной крышкой. Содержимое тигля разделялось на металл и шлак. На основе изменения массы полученного сплава определялся перенос кремния и марганца. Как показали результаты исследования, изменение степени восстановления марганца и коэффициента распределения (MnO)/Mn в определенной степени зависят от количества вводимых добавок CaO и SiO_2. Кремнезем является одним из продуктов реакции, что приводит к уменьшению основности и связыванию MnO в силикаты марганца, что резко снижает количество восстановленного из шлака марганца. Увеличение основности приводит к заметному уменьшению коэффициента распределения марганца между шлаком и металлом и увеличению количества восстановленного марганца. Активность MnO в шлаке увеличивается при добавлении оксида кальция, количество которого влияет положительно до 20% по массе, а затем в силу разбавления шлакового расплава и уменьшения в нем концентрации оксида марганца уменьшается восстановление марганца. Степень восстановления марганца значительно зависит от содержания кремния в сплаве-восстановителе. Уменьшение восстановления марганца отмечено при содержании кремния свыше 50%, что возможно связано с изменением поверхностного натяжения между шлаком и металлом. Оптимальное содержание кремния в сплаве для восстановления марганца составляет 20-22.5%, что соответствует товарному силикомарганцу и производство которого не затруднено по сравнению с производством передельного силикомарганца. Снижение активности MnO в шлаке и кремния в металле снижает скорость процесса получения среднеуглеродистого ферромарганца , а следовательно производительность электропечи. Разработан силикотермический способ получения среднеуглеродистого ферромарганца дуплекс-процессом «дуговая электропечь-газокислородный конвертер» [1] с донной подачей энергоносителей для перемешивания конвертерной ванны с целью интенсификации процессов и снижения потерь марганца с отвальным шлаком.

1.Величко А. Г., Ду Юньшен, Лысаков А. В. Силикотермический метод получения среднеуглеродистого ферромарганца в конвертере с донным дутьем // Металлург, и горноруд. пром-сть. - 2015. - № 3. - С. 23-25.

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ СТРУМИННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ПАРАМЕТРІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАТИМУТЬ РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Дубей О.Я. к.т.н.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Струминні апарати у нафтогазовидобувній галузі знайшли широке використання на різних етапах розробки та експлуатації родовищ. Зокрема розроблено ряд конструкцій тандемних установок, до складу яких входить струминний апарат та електровідцентровий або штанговий насос [1]. Відповідно, виникла необхідність у визначенні таких геометричних параметрів струминного апарата, які б не лише задовольняли умовам його робочого середовища, але і забезпечували раціональний режим його роботи.

На рис. 1 зображена схема водоповітряного струминного апарата, для якої буде виконано моделювання. Вода надходить у пристрій через сопло, на виході якого її швидкість значно зростає. Це викликає зменшення тиску в приймальній камері, завдяки чому підсмоктується повітря із патрубка. Далі ці два потоки попадають у камеру змішування, де відбувається їх перемішування, вирівнювання їх швидкостей і підвищення тиску. Подальше зростання тиску наступає у дифузорі. Густина змішаного потоку на виході струминного апарата значно менша, ніж на вході в нього.

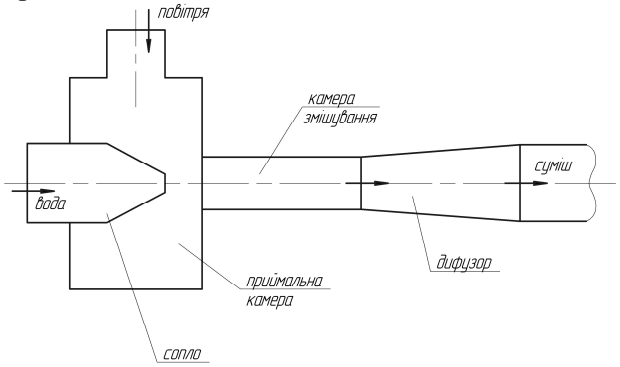


Рисунок 1 – Схема водоповітряного струминного апарата

Моделювання 3D моделі згідно із наведеною схемою було здійснено у середовищі SolidWorks Flow Simulation. Задавши однакові граничні параметри (об'ємні витрати води та повітря, тиски у вхідних та вихідному перерізах, швидкість суміші на виході) досліджувалися моделі, у яких змінювалися такі геометричні розміри: вихідний діаметр сопла (5…7 мм), внутрішній діаметр камери змішування (10…12,5 мм), відстань між зрізом сопла та входом у камеру змішування (10…16 мм), кут розкриття дифузора (6…10°). В результаті такого моделювання було встановлено, що найсуттєвіше тиск на виході з струминного апарата залежатиме від вихідного діаметра сопла – збільшення діаметра сопла призводить до зростання тиску на виході. Водночас, збільшуючи діаметр камери змішування можна досягнути більших коефіцієнтів інжекції, а це означає збільшення витрати інжектованого потоку. Також виявилося, що відстань між зрізом сопла та входом у камеру змішування не має відчутного впливу на режим його роботи. Кут розкриття дифузора дозволяє незначною мірою впливати на вихідний тиск і найбільш раціональним виявилося використовувати дифузори з кутом 7°.

Одержані результати комп'ютерного моделювання перевірялися експериментальним шляхом на лабораторній установці. Експериментальні дані в цілому підтвердили висновки, одержані за допомогою математичного моделювання. На основі цієї геометрії були розроблені креслення зразка струминного апарату для промислових випробувань.

1. Дубей О.Я. Підвищення ефективності установок свердловинних штангових насосів шляхом застосування нафтогазових ежекторів. Спец. 05.05.12 – Машини нафтової та газової промисловості. Дис. на здобуття н. с. к.т.н. – Івано-Франківськ, 2017. – 218 с.

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ФОРМАТОВ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Жульковская И.И. к.т.н., Жульковский О.А. к.т.н.
Днепровский государственный технический университет

Решение современных задач, формализованных в виде математических моделей, требует крайне сложных вычислений над огромными массивами данных, обработка которых содержит значительное число итераций. При этом точность машинных вычислений становится неудовлетворительной, а вычислительная погрешность определяет основную долю ошибки в получаемом решении. Одним из источников вычислительных погрешностей является приближенное представление действительных чисел в ЭВМ, обусловленное конечностью разрядной сетки.

Целью настоящего исследования является повышение достоверности результатов моделирования на основе оценки современных, наиболее часто используемых аппаратных и программных средств на предмет получения наибольшей точности вычислений и снижения погрешностей, обусловленных представлением действительных данных в памяти компьютера.

Стандарт *IEEE* 754 определяет основные параметры форматов представления чисел с плавающей запятой, которые отличаются диапазоном представимых в них значений. Среди представленных в указанном стандарте форматов наибольшую точность дает binary128. Однако поддерживать такую точность способны далеко не все архитектуры и компиляторы. Авторами работы проведено исследование современных аппаратных и программных средств, обеспечивающих реализацию алгоритмов численного экспериментирования, отличающихся повышенной точностью получаемых результатов.

Установлено, что наиболее популярные при математическом моделировании языки программирования C/C++ согласно стандарту предоставляют три типа с плавающей запятой: *float, double и long double.*

Типы *float* и *double* практически всюду соответствуют *binary*32 и *binary*64 стандарта *IEEE* 754. Тип *long double* менее однозначен. Для x86/x86_64 в компиляторах *GCC* и *Clang* он по умолчанию соответствует 80-битному расширенному формату *Intel* x87. Для *Visual Studio* (начиная с 32-битных версий) и *ICC* он физически соответствует тому же типу что и *double*, хотя логически является самостоятельным типом (в *Visual Studio* поддержка 80-битного расширенного типа присутствовала в 16-битных версиях). Для *ICC* под *Windows* можно воспользоваться флагом /Qlong-double, который меняет *long double* на 80-битный x87 (тип занимает 16 байт из соображений выравнивания).

Размер типа *long double* в смысле значения sizeof(long double) для 80-битного типа x87 типично не равен 10 байтам из соображений выравнивания – реальные значения обычно равны 12 или 16 байт. Для *GCC* это значение можно изменить соответствующими опциями компиляции. Неиспользуемые байты при этом имеют произвольные значения.

На некоторых платформах *long double* означает *binary*128 либо использует пару 64-битных действительных чисел для достижения 106-битной точности, но с диапазоном обычного *double*. На многих платформах (в частности x86/x86_64) *GCC* по умолчанию поддерживает (предоставляет в качестве расширения) нестандартный тип __float128 (а также __float80). Реализация этого типа (на архитектурах, не поддерживающих *binary*128) – программная и, соответственно, медленная. В некоторых версиях *ICC* есть поддержка 128-битного типа с плавающей запятой _Quad.

Проведенное исследование показывает возможности современных процессоров общего назначения и компиляторов языков высокого уровня поддерживать форматы повышенной точности и современные технологии потоковой обработки для повышения эффективности математического моделирования в целом.

WEB-GALLERY OF RECURRENCE PLOTS OF NONLINEAR CONTINUOUS AND DISCRETE PROCESSES

Zaytsev V.G. Ph.D., Yas'ko N.N. Ph.D.
Oles Honchar Dnipro National University

The study of time series (TS) for the purpose of reconstructing the corresponding differential equations (systems) is quite an urgent task. First of all, it requires a choice of basis (at least polynomial), calculation of the dimension of the embedding space, evaluation of the delay parameter, other subtleties, as well as the knowledge and experience of the researcher.

In this work recurrence plots (RP) of the listed processes are constructed with the help of software CRPTOOLS developed by prof. N. Marwan [1]. Having an RP for a particular TS (or process), you can visually evaluate their similarity and choose a suitable system of differential equations as the base. After the selection, you can perform parametric identification based on the existing data of the real process.

A gallery of nonlinear continuous systems of Lorentz-Sprott-Chen type as well as quadratic arguments on the right-hand side [2] is presented. Some discrete mappings are considered. For recited systems, their recurrence plots, phase portraits, equations of systems and specific values of calculation parameters are calculated and presented. All results are presented in the form of a database, access to which can be obtained with the help of a browser.

In the future authors hope to increase the number of nonlinear processes and maps presented in this database. The site where this database is located - the gallery of recurrence plots is located on the server of the Department of Applied Mathematics of the Oles Honchar DNU- https://fpm.dnu.dp.ua/naykova-diyalnist/RP.

1. Marwan, N. A Historical Review of Recurrence Plots". European Physical Journal [Текст]/ 2008, V. 164: PP. 3–12.

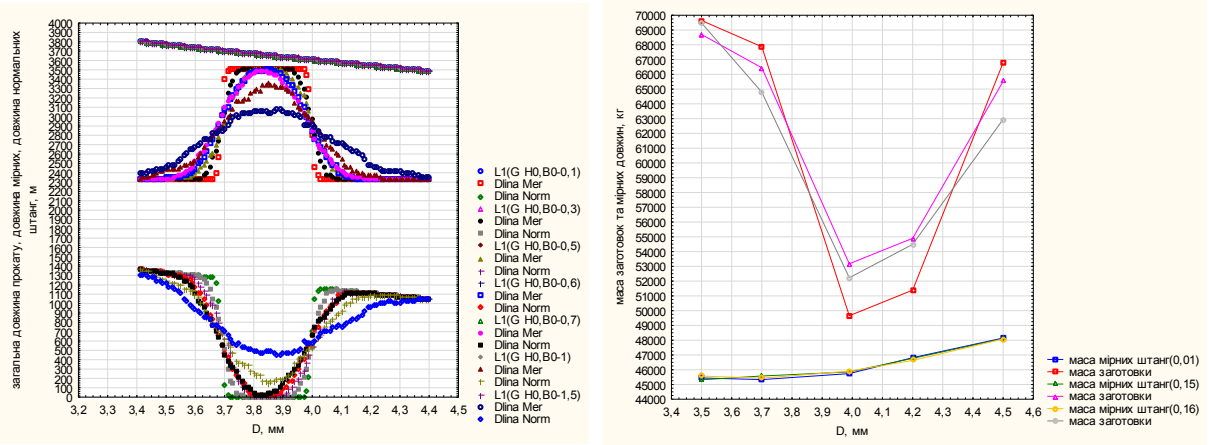
2. Belozyorov V.Ye. Recurrence analysis of time series generated by 3D autonomous quadratic dynamical systems depending on parameters [Текст]/ V.Ye. Belozyorov, V.G. Zaytsev// Visnyk DNU, Series: Modeling: – Dnipropetrovsk. – 2016. - 24(8), – P. 56-70.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ МІРНИХ І НОРМАЛЬНИХ ДОВЖИН В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТОВЩИНИ ПРОКАТУ

Зінченко М.Д. к.т.н., Потап О.Ю. к.т.н., Сєдова А.А.
НМетАУ

Дослідження процесу формування штанг мірної і нормальної довжини в умовах випадкового формування довжини прокату було виконано без зв'язку з коливаннями товщини прокату, котрі також впливають на коливання довжини прокату [1]. Тому було виконано моделювання процесу формування штанг мірної і нормальної довжини в умовах коливань розмірів заготівки та товщини готового прокату. При моделюванні застосовували закон постійності об'єму металу при пластичній деформації. Коливання розмірів заготівки та товщини прокату задавали за нормальним законом. Середні значення розмірів заготівки і товщини прокату змінювали в межах допуску на розміри.

За результатами досліджень показано, що залежно від коливань довжини прокату змінюються залежності довжини штанг мірної і нормальної довжини від середнього значення товщини розкату, визначеного для кожної реалізації. Дані залежності мають екстремуми, але при коливаннях довжини розкату екстремуми згладжуються і зсуваються. При цьому товщина, для якої буде отримана максимальна кількість штанг мірної довжини і відсутні штанги нормальної довжини, змінюється (рис.1а).



а) б)

Рис.1. Залежності довжини мірних та нормальних довжин (а) і маси заготівок та мірних довжин (б) від товщини прокату

Моделювання процесу прокатки також дозволило дослідити витрати потрібного для виконання заказу металу з застосуванням заготівки заданої маси в умовах постачання прокату в мінусовому полі допусків, або фізичною вагою. В разі прокатки «на мінус» збільшення довжини прокату не призводить до збільшення мірних довжин, їх кількість залишається незмінною, але за масою вони будуть легше. Отже для того, щоб виконати заказ, знадобиться додаткова кількість заготівок (рис.1б). В разі прокатки «на плюс» маса погонного метру збільшується, але довжина розкату зменшується і кількість мірних довжин буде меншою, тому що одразу зникає одна мірна довжина і щоб виконати заказ також потрібні додаткові заготівки. Мінімальні витрати заданого металу будуть отримані при прокатці з номінальною товщиною прокату. При цьому довжина прокату буде містити цілу кількість мірних довжин з мінімальним залишком.

1. Зінченко М.Д. Исследование процесса образования мерных и нормальных длин в условиях случайного характера формирования длины раската. //Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2005. - №6 С.38-41.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЛИВКИ ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Иванова Л.Х. д.т.н., Маймур Я.С. аспирант, Белый А.П. ассистент
Национальная металлургическая академия Украины

Особенностью производства прокатных валков является то, что рабочие поверхности их бочек должны обладать высокой твердостью, а сердцевина и шейки, достаточной пластичностью. Это достигается путем использования в качестве материала валков легированного чугуна. С увеличением скорости кристаллизации чугуна в его структуре образуется карбид железа (Fe_3C), который повышает твердость материала. Для обеспечения высокой скорости кристаллизации бочки валка и получения необходимой твердости для её формирования используют чугунный кокиль с тонким слоем противопригарного покрытия толщиной до 0,5 мм. Чугун обладает высокой теплопроводностью 35…45 Вт/м°С, поэтому кокиль обеспечивает интенсивный теплоотвод от жидкого металла. При удалении от поверхности кокиля скорость кристаллизации чугуна снижается, а в его структуре уменьшается количество карбидов, таким образом, повышается пластичность сердцевины валка.

Путем компьютерного моделирования были исследовано изменение температуры залитого металла в зависимости от удаления от рабочей поверхности кокиля. Анализ изменения температур проводили на торцах бочки валка и в его центральной части. Показано, что с удалением от рабочей поверхности кокиля теплоотвод в отливку уменьшается, что свидетельствует о снижении скорости кристаллизации и соответственно изменении свойств материала. Кроме того, изменение температуры на торцах бочки валка одинаково, поэтому в дальнейших расчетах измерения проводили в центральной части бочки и в его верхней торцевой части. Так как структура и свойства чугуна зависят от скорости его кристаллизации для сравнения были построены зависимости скорости кристаллизации чугуна рабочего слоя валка с удалением от рабочей поверхности кокиля. Скорость кристаллизации в центральной части бочки валка отличается от его торцевой части, что объясняется влиянием торцевого эффекта на кристаллизацию металла. Максимальная скорость кристаллизации металла возникает на границе жидкого металла и кокиля и уже на удалении 2 мм от рабочей поверхности кокиля она составляет 106°С/мин (на торце бочки валка) и 74°С/мин (в центральной части бочки валка). На удалении 25 мм от рабочей поверхности кокиля скорость кристаллизации составляет 26°С/мин (на торце бочки валка) и 19°С/мин (в центральной части бочки валка). Вместе с этим структура чугуна также будет отличаться по длине бочки валка и её глубине. Если принять, что структура чугуна напрямую зависит от скорости кристаллизации то, его структура на глубине 10 мм в торцевой части бочки валка будет соответствовать структуре на глубине 5 мм в её центральной части, так как скорости кристаллизации в этих точках будут одинаковы. При этом с удалением от поверхности кокиля структура будет выравниваться по длине бочки валка.

Кривые изменения температуры жидкого металла в сердцевине валка показали, что теплоотвод в жидком металле выравнивается по высоте с удалением от рабочей поверхности кокиля. Таким образом, скорость кристаллизации жидкого чугуна в осевой зоне бочки валка должна быть одинаковой по высоте, при этом скорость кристаллизации в центральной части бочки валка немного выше, чем на торцах. Построенные зависимости свидетельствовали о том, что скорость кристаллизации резко снижается в диапазоне 45…155 мм от поверхности кокиля и составляет 18 и 2,5 °С/мин, соответственно. В центральной части бочки валка скорость кристаллизации минимальна и составляет 1,6°С/мин на торце бочки валка и 1,8 °С/мин в её центральной части. В отличие от скорости кристаллизации скорость продвижения фронта кристаллизации снижается на расстоянии 45…200 мм от поверхности кокиля с 7,8 до 3,2 мм/мин, а затем увеличивается и становится максимальной (28 мм/мин) в осевой части бочки валка, то есть в осевой части валка создаются предпосылки для кристаллизации цементита, поэтому предлагается вводить в полупромывной металл графитизирующие элементы: кремний, медь, титан или гафний, способствующие формированию в структуре чугуна графита, что обеспечивает необходимые свойства сердцевины прокатного валка.

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ І ІНФРАСТРУКТУРИ

Ільєв І.М. магістр, Селівьорстова Т.В. к.т.н., доцент
Національна металургійна академія України

Моделювання є основним методом досліджень у всіх областях знань і э науковообґрунтованим методом оцінок характеристик складних систем, зокрема транспортних. При проектуванні складних транспортних систем і їх підсистем виникають численні задачі, що вимагають оцінки кількісних характеристик і якісних закономірностей процесів функціонування таких систем. Аналіз характеристик процесів функціонування складних систем за допомогою лише аналітичних методів наштовхується на значні труднощі, що призводять до необхідності істотного спрощення моделей і отримання недостовірних результатів. Тому найчастіше для дослідження транспортних систем використовують імітаційні моделі.

В основі даного моделювання транспортних систем, лежить моделювання випадкових явищ. Завдяки можливості здійснювати генерацію транспортної виникає реальна можливість прогнозувати різноманітні події в транспортній системі.

У зв’язку з цим використання системи імітації VISSIM є перспективним і обґрунтованим. Результатом імітації VISSIM є анімація руху транспорту у вигляді графіку в режимі реального часу з наступною видачею транспортно-технічних параметрів, таких як розподіл часу в дорозі і часу очікування, диференційованих за групами користувачів.

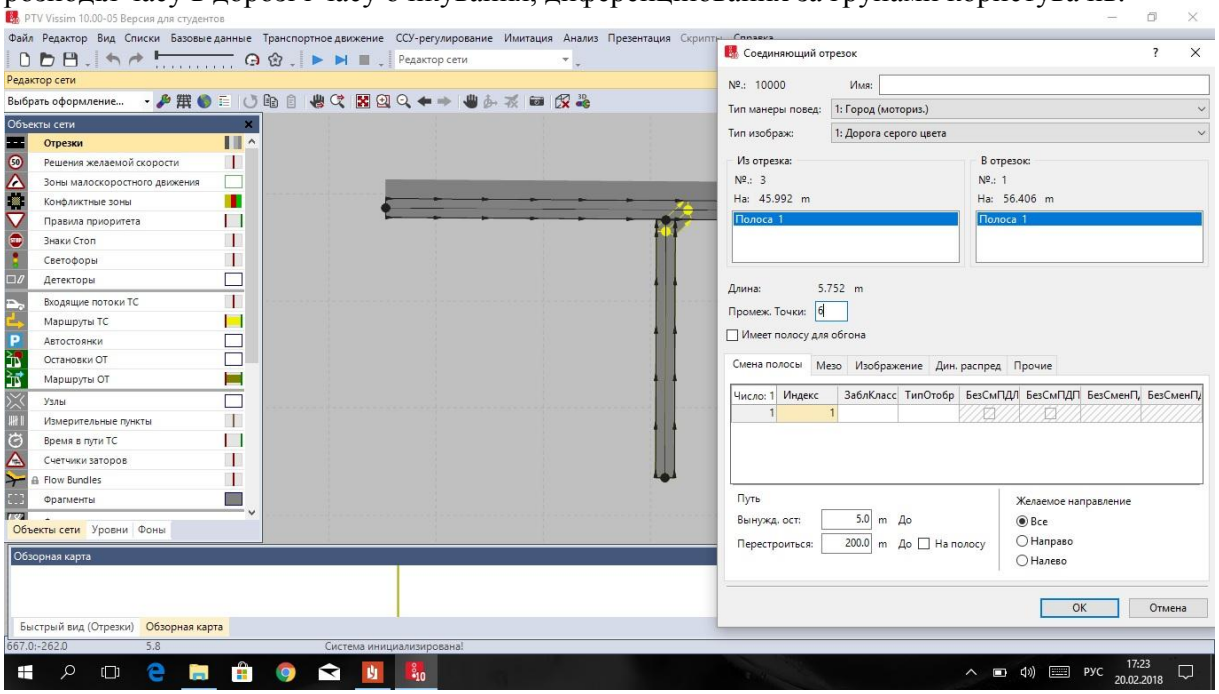


Рисунок – Модель перетину доріг

Імітаційна модель даного класу відносяться до сімейства car-following. Для створення моделі регульованого перехрестя (рисунок) необхідні геометричні параметри перетину доріг, інформація про засоби і способи організації руху транспорту та пішоходів, час циклу для світлосигнальних установок, дані про інтенсивності транспортного потоку за конкретними напрямами, а так само правила пріоритету та конфліктні зони на перетині.

Таким чином, імітаційне моделювання представляється потужним інструментом для оцінки та аналізу руху транспортних і пішохідних потоків. Крім того, програма рівня VISSIM дозволяє в значній мірі спростити роботу проектувальника і створює достовірну платформу для проектування як дорожньо-транспортних, так і будь-яких містобудівних об'єктів.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ДОВГОЇ ХВИЛІ НА ПОВЕРХНІ РІДИНИ

Клим В.Ю. к. т. н., Гарькавський І.В. магістр
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Довгі хвилі на поверхні рідини виникають у випадку значного імпульсного збурення поверхні: у разі скиду води з водосховищ, виходу річок і озер із меж берегів, падіння у воду великого обсягу твердого матеріалу суттєвої маси. Для такого типу хвиль характерні невелика амплітуда але велика руйнівна сила. Розповсюдження довгих хвиль може спричинити серйозні ушкодження береговим будівлям, мостам, гідроспорудам, що знаходяться на шляху хвиль. Важлива інженерна задача складається із запропонування ефективних способів, що перешкоджають появі поодиноких довгих хвиль або знижують їх руйнівну енергію. Тому дослідження руху довгих хвиль на поверхні рідини внаслідок імпульсного скиду безумовно є актуальними і сучасними.

Відомо, що при імпульсному скиданні рідини з резервуара можлива поява локальних процесів, за формою схожих на довгі хвилі малої амплітуди, що поширюються на значні відстані від місця скидання вздовж течії. В ідеальній рідині ці хвилі мають сильно виражену локальну структуру і форму відокремлених хвиль Кортевега – де Фріза [1,2,6].

У роботі викладено наступні етапи моделювання руху довгої хвилі малої амплітуди на поверхні рідини: розглянута фізична постановка задачі і особливості граничних умов, сформульована математична модель руху на основі рівняння Кортевега – де Фріза [2 – 6], проаналізовано отримання окремого випадку розв`язку рівняння Кортевега – де Фріза для поставленої задачі [1,5,6]; надані результати і аналіз моделювання відокремленої хвилі внаслідок скиду великого обсягу рідини, зроблено загальні висновки по роботі.

Таким чином авторами на початковому кроці вирішення складної проблеми математичного моделювання руху довгих хвиль малої амплітуди виконано поставлені завдання:

– проведено дослідження особливостей отримання рівняння Кортевега – де Фріза для відокремленої хвилі;

– досліджено односолітонний, стаціонарний розв`язок рівняння Кортевега – де Фріза;

– проведено розрахунки для окремих розв’язків рівняння Кортевега – де Фріза;

– отримані результати за відомих даних експериментів інших авторів.

В роботі сформульована постановка задачі руху довгих хвиль малої амплітуди в плоскій постановці. Сформульовані умови отримання рівняння Кортевега – де Фріза, що описує рух відокремлених хвиль. Показані основні етапи отримання аналітичного розв’язку рівняння Кортевега – де Фріза. Проаналізовані особливості впливу нелінійних ефектів (дисперсія, дисипація) на вигляд розв’язку. Побудовані графіки для форми вільної поверхні рідини. Проведені розрахунки швидкості відокремленої хвилі.

1. Абловиц, М. Солитоны и метод обратной задачи [Текст] / М. Абловиц, Х. Сигур – М.: Мир, 1987. – 480 с.

2. Баламирзоев, А. Г. Процесс распространения волн на поверхности идеальной жидкости [Текст] / А. Г. Баламирзоев, Р. Э. Баламирзоев, М. М. Ризаев.– Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.

3. Бэтчелор, Дж. Введение в динамику жидкости[Текст] / Дж. Бэтчелор. – М.: Мир, 1973. – 792 с.

4. Ильичев, А. Т. Уединенные волны в моделях гидродинамики[Текст] / А. Т. Ильичев, – М.: Физматлит, 2003. – 256 с.

5. Селезев, И. Т. Трансформация волн в прибрежной зоне шельфа [Текст] / И. Т. Селезев, В. Н. Сидорчук, В. В. Яковлев. – К.:Наук. Думка, 1982 – 208с.

6. Сретенский, Л. Н. Теорияволновых движений жидкости [Текст] / Л. Н. Сретенский. – М.: Наука, 1977. 816 с.

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УПРУГОГО КОЛОСНИКОВО - КАРТОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ПРОСЕИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Кононов Д.А. к.т.н., Пелых И.В. к.т.н., Пинто Ж.Б.
НМетАУ, ЧАО «Евраз –Днепровский металлургический завод»

Просеивающая поверхность вибрационных грохотов, должна обеспечить сложные движения отсеиваемых частиц сыпучего материала.

Для обеспечения необходимых условий работы просеивающих поверхностей, предлагается использовать новую конструкцию упругой динамически активной просеивающей поверхности – сита самоочищающегося колосниково-карточного (ССКК), разработанная на кафедре МАМП Национальной металлургической академии Украины. Общий вид показан на рис. 1, [1].

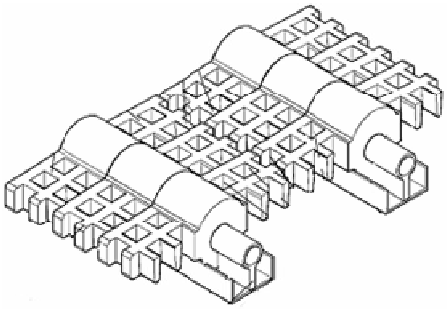


Рис. 1. Общий вид просеивающей поверхности грохота

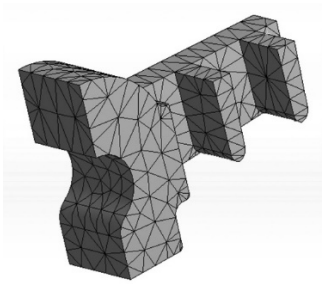


Рис. 2 Конечно-элементная модель колосникового элемета

Консольные горизонтальные полки данных колосниковых карточных элементов под воздействием сил вибрации совершает сложные колебательно-пространственное перемещения.

Цель исследования: предложить методику определения собственных частот и форм колебания упругого (резинового) элемента, формирующего ситовое полотно вибромашины, что позволит достигать наибольших амплитуд колебания при работе вибрационного грохота.

Задача исследования: разработать модель колосниково-карточного элемента сита для гармонического анализа с помощью метода конечных элементов.

Так как колосниково-карточный элемент имеет сложную форму, то предлагается для решения использовать метод конечных элементов. Конечно-элементная модель показана на рис. 2. В качестве материала используется резина 2959 со следующими характеристиками: плотность $\rho = 1200\,кг/м^3$; модули упругости $E = 12\,МПа$, $G = 4{,}1\,МПа$; коэффициент Пуассона $\mu = 0{,}48$. Изменение частоты возмущающей силы 0 … 120 Гц, при рабочей частоте грохота 25 Гц. На рис. 3 представлены амплитудно-частотные характеристики. Как видно из графика имеются две ярко выраженные частоты для горизонтальных колебаний $f_1 = 27{,}2$ Гц; и вертикальных – $f_2 = 57{,}2$ Гц.

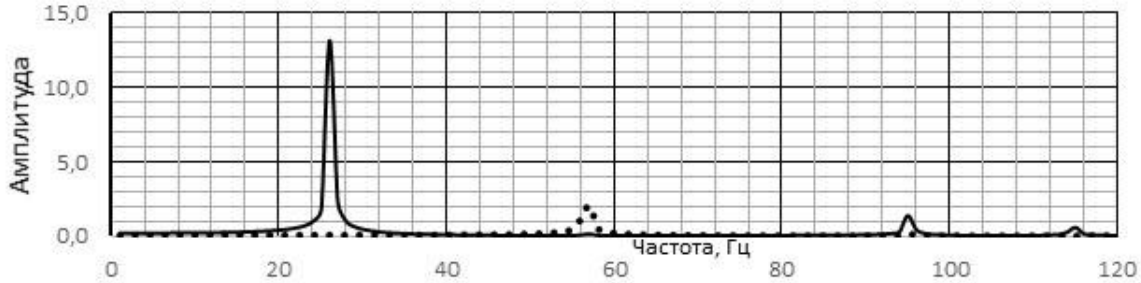


Рис. 3 Амплитудно-частотная характеристика карточного элемента
(«– – –» - горизонтальные колебания, «• • •» -вертикальные колебания)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Короткая Л. И. к.т.н., Таран Р. В.
ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»
Днепровский национальный университет им. О. Гончара

Для повышения качества конструкторских решений, связанных с проектированием элементов оборудования предприятий химического, нефтеперерабатывающей, металлургической, горной промышленности и строительной индустрии необходимо наличие математических моделей объектов. В большинстве случаев эти объекты представляют собой сложные динамические системы, которые функционируют в условиях агрессивной внешней среды. В результате коррозии металла, вызванной воздействием таких сред, происходят изменения геометрических и прочностных характеристик элементов конструкций и, как следствие, преждевременный, а иногда и аварийный выход их из строя.

В работе рассматриваются задачи прогнозирования долговечности элементов химического оборудования, которые работают в агрессивной внешней среде. Постановки задач такого класса достаточно подробно описаны [1-3]. Математическая модель исследуемого объекта может быть определена как отображение существенных сторон реальной системы, выраженной в математической форме: в виде совокупности алгебраических операций, дифференциальных и интегральных функциональных уравнений. Задачи такого класса предполагают решение систем дифференциальных уравнений со специальной правой частью. Проблема выбора шага интегрирования является актуальной и использование элементов вычислительного интеллекта (в том числе нейронных сетей (НС)) для её решения, по мнению авторов, вполне целесообразно. Аспектам обучения и использования НС посвящены работы [1, 2]. Очевидно, что для обучения сети объёмы обучающих выборок (ОВ) могут варьироваться в достаточно больших интервалах от десятков до сотен тысяч. Кроме того, количество переменных, которые включаются в ОВ и их значения тоже могут изменяться в достаточно больших диапазонах. Отметим, что при нарушении условия равномерного распределения образцов ОВ, качество обучения сети будет неудовлетворительным. Очевидным является и тот факт, что каждому набору входных переменных для нейронной сети будет соответствовать определенный набор параметров численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, описывающей процесс накопления геометрических повреждений, то есть одному множеству входных переменных будет соответствовать конкретный интервал, содержащий множество шагов интегрирования. Поэтому авторами предлагается использовать предварительную кластеризацию учебных данных, например, с использованием сети Кохонена [4] и только после этого переходить к обучению нейронной сети известными алгоритмами.

Предлагаемый подход, в свою очередь, позволяет упорядочить учебные образцы и, возможно, несколько ускорить процесс обучения сети и, как следствие, улучшить его качество. В результате предварительные этапы подготовки ОВ [4] для обучения НС полностью осуществлены.

1. Зеленцов Д.Г. Использование нейронных сетей при решении задач долговечности корродирующих конструкций / Д.Г. Зеленцов, Л.И. Короткая // Вісник КНУ ім. М. Остроградського [Науковий журнал]. – Вип. – 3/2011 (68). Ч. 1. – 2011. – С. 24 – 27.

2. Короткая Л.И. Использование нейронных сетей при численном решении некоторых систем дифференциальных уравнений / Л.И. Короткая // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 3/4 (51). – С. 24 – 27.

3. Короткая Л.И. Повышение эффективности вычислительных методов решения систем дифференциальных уравнений / Л.И. Короткая, Д.Г. Зеленцов, Н.Ю. Науменко // Проблемы информационных технологий. – 2013. – №13. – С. 85-89.

4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

MATHEMATICAL MODELING OF ADDITIVE INJECTION INTO MOLTEN STEEL DURING FILLING OF STEEL TEEMING LADLE WITH ARGON STIRRING

Krasnikov K.S. PhD

Department of system software, Dniprovskyi State Technical University of Kamianske

Usually more than a half of all additives are added to the molten steel during ladle filling, because of good mixing in a liquid under influence of a falling stream. To find more efficient technological conditions it needs to do a set of experiments. They are too expensive in industrial conditions, however low-cost mathematical modeling can be used.

Purpose of the present work is to determine rational parameters of widely used metallurgical process during numerical experiments using mathematical modeling, for example, good points on the liquid surface for an additive immersion in the form of a spherical granule as well as trial of some interesting method of wire injection. For the latter case the improvement of wire dynamics is proposed.

Previous model has the lack of a filling process — the ladle has been already filled up with molten steel and waits for an additive injection. Nevertheless previous model is a three-dimensional and has included argon stirring, so it can be used as a base for a new one. Dynamics of the slag is also developed to predict appearance of argon “eyes”.

In [1] authors considered two liquid phases for steel and slag heated by electric arcs and driven by natural convection in electric arc furnace, assuming that free surface is flat. Additionally authors take into account heat radiation from the slag layer as well as heat losses through the ladle wall using Fourier`s law.

Author of the thesis [2] describes important details about secondary steelmaking and methods of CFD to predict mixing time of species, which can be useful for a present study.

The mathematical model of the molten steel motion is based on the following assumptions:

1) The geometry of the steel body is cylindrical.
2) The stream is falling vertically, laminar and has form of cylinder.
3) The steel-slag interface is flat and rising at a constant speed to a certain height.
4) The molten steel is an incompressible viscous homogeneous continuous medium.
5) The influence of the additive field on the melt speed is neglected.
6) The gas moves relatively to the melt with a constant rate of the ascent.

Hydrodynamics uses Navier-Stokes equations, which are numerically solved in the cylindrical coordinates. The mathematical model of the slag is based on the following assumptions:

1) The shape of the slag layer is similar to a cylinder.
2) The molten slag is an incompressible viscous homogeneous continuous medium.
3) The slag viscosity is much bigger than viscosity of the steel.
4) The thickness of the slag layer is much less than the radius of the slag surface.

Slag dynamics uses Saint-Venant equations, which are numerically solved in the cylindrical coordinates taking into account a friction between the slag and the steel as well as an amount of argon that leaves the steel top.

The mathematical model of the granule motion uses the Euler-Lagrange equations with a cylindrical coordinates of the granule mass center, including hydrodynamic resistance and bouncing from the ladle wall and bottom.

The mathematical model of the cored wire motion also uses the Euler-Lagrange equations to predict trajectory of solids system in a three dimensions taking into account hydrodynamic drag, bending stress and bouncing from the ladle wall and bottom.

1. Ramírez-Argáez M., Conejo A., Guzman Y.I.C., Trapaga G. (2010). Influence of the top slag layer on the flow dynamics in AC-electric arc furnaces. Int. J. of Engineering Systems Modelling and Simulation. 2. 217 - 225. 10.1504/IJESMS.2010.038141.

2. Schalk Willem Petrus Cloete. A mathematical modeling study of fluid flow and mixing in gas stirred ladles. Thesis for the degree of Master of Science in engineering. Stellenbosch University, — 2008. 261 pages.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИТІКАННЯ НАФТИ ЧЕРЕЗ ДЕФЕКТНІ ОТВОРИ В ТРУБОПРОВОДІ

Кривенко Г.М. к.т.н., Возняк Л.В. к.т.н.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Магістральні нафтопроводи України експлуатуються не один десяток років. Тому особливу увагу потрібно приділяти стану їх внутрішньої поверхні.

Аналіз статистичних даних з аварійності підтверджує, що основна кількість відмов пов'язана з розвитком дефектів. Однією з причин виникнення аварій є стрибкоподібна зміна тиску, яка проявляється, наприклад, при зміні густини нафти або частоти електричного струму. Цей чинник необхідно враховувати при прогнозуванні можливості виникнення аварійної ситуації, що призводить до витікань продукту.

Основною формою впливу магістрального нафтопроводу на навколишнє середовище, а саме: на ґрунти, водяне середовище та атмосферу, є їх забруднення при витіканні нафти з дефектних отворів. Прогнозування ймовірної кількості нафти, що може витекти з дефектного отвору у випадку виникнення аварійної ситуації, дозволить наперед проводити заходи щодо запобігання забруднення довкілля.

Для моделювання процесу витікання робочого середовища з трубопроводу через дефектний отвір використаємо систему рівнянь неусталеної течії рідини [1].

Приймаємо наступні краєві умови: робота насоса на початку трубопроводу описується $p(0,t) = (H_o - bQ^2)\rho g$. Тут H_0 і b – коефіцієнти математичної моделі насоса; Q - подача насоса; ρ - густина нафти; g – прискорення вільного падіння.

У кінці трубопроводу довжиною L нафта поступає в резервуари $p(L,t) = 0$.

Розподіл тиску по довжині трубопроводу з урахуванням втрат напору на тертя:

$$p(x,0) = (H_o - bQ^2 - \lambda \frac{\Delta X \upsilon^2}{d2g})\rho g ,$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного опору, який залежить від режиму течії; υ - середня швидкість течії нафти.

У випадку виникнення аварійної ситуації , коли спрацьовують засуви, то краєві умови відповідатимуть умовам «жорсткої стінки», тобто швидкості на границях дорівнюють нулю і похідні по тиску теж дорівнюють нулю.

Кількість нафти, що може витекти з дефектного отвору

$$M = \mu \cdot S_j \cdot \rho \cdot \sqrt{\frac{2p}{\rho}},$$

де - μ – коефіцієнт витрати, для визначення якого при витіканні через отвір неправильної форми використовується залежність, що запропонована авторами [2]; S_j – площа отвору розгерметизації; p - тиск у центрі отвору.

Математичне моделювання здійснювалося в MS Excel.

За результатами моделювання побудовані графіки залежності аварійних втрат нафти від часу витікання. Результати розрахунків свідчать, що кількість аварійних втрат залежить від еквівалентної площі отвору, режиму роботи нафтопроводу, перепаду тиску у трубопроводі.

1. Лурье М. В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа / М. В. Лурье. – М.: ИЦ РГУ нефти и газа им. И. М .Губкина. 2012 – 456 с.

2. Возняк М. П. Прогнозування об'ємних втрат у випадку виникнення аварійної ситуації / М.П. Возняк, Г. М. Кривенко, Л. В. Возняк. Прикарпатський вісник НТШ, Число. № 1 (13). Івано-Франківськ. 2011 – С. 264 -272.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ СТРУМИННОГО НАСОСА

Крижанівський Є.І. д.т.н., Паневник Д.О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Перевагою використання свердловинних струминних насосів є можливість збереження проникності продуктивного горизонту під час його первинного розкриття [1], зростання терміну експлуатації старіючих нафтових родовищ [2], здатність здійснювати утилізацію спалюваного в факельних системах низьконапірного нафтового газу [3] та видобування важкої нафти [4].

Незважаючи на просту конструкцію ежекційної системи її робочий процес заснований на реалізації складного механізму взаємодії турбулентних потоків, який визначається особливостями розподілу швидкостей [5] в камері змішування струминного насоса. Традиційна модель змішування потоків не враховує існування двох потенціальних областей робочої та ежектованої течій на вхідній ділянці камери змішування струминного насоса. Суттєва похибка визначення коефіцієнта нерівномірності розподілу швидкостей знижує точність аналітичного визначення напірної характеристики струминного насоса та зменшує ефективність моделювання його робочого процесу.

При моделюванні робочого процесу ежекційної системи прийнята двошарова структура потоку в камері змішування струминного насоса у вигляді центральної потенціальної течії з рівномірним профілем швидкості та зовнішньої зсувної течії (примежового шару рідини) з профілем швидкостей, визначеним за допомогою елементарних функцій. Товщина прийнятої зовнішньої течії зменшується в напрямку вихідного перерізу камери змішування і характеризується подібністю профілів швидкостей упродовж всієї ділянки вирівнювання гідродинамічних параметрів змішуваних потоків. Інтегрування прийнятих профілів швидкостей дозволило визначити коефіцієнт нерівномірності розподілу кінематичних параметрів в проточній частині струминного насоса. Розроблена математична модель взаємодії робочого та ежектованого потоків на відміну від існуючих методик враховує відстань між робочою насадкою та камерою змішування струминного насоса. Прийнята при моделюванні двошарова структура потоку при зменшенні відстані між робочою насадкою і камерою змішування трансформується у тришарову модель з потенціальними внутрішньою та зовнішньою областями і розміщеною між ними зсувною течією.

Запропонована двошарова модель змішування коаксіальних потоків дозволила розробити метод оцінки нерівномірності розподілу профілів швидкостей в проточній частині струминного насоса та підвищити ефективність проектування та прогнозування режиму роботи свердловинних ежекційних систем.

1.Yong H. Drill bit secondary injector device based on injector coefficient / H. Yong, Z. Lihong, Z. Deyong, L. Hualin, W. Jinying, Y. Jinshen, Z. Yugang, W. Zhibin // Proceeding IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference, Singapore, august 22-24, 2016.- no180539-MS.-9 p.

2.Liknes F. Jet pump / F. Liknes. – Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, 2013.-109 p.

3.Leagas T. Ejector Technology for efficient and cost effective flare gas recovery/ T. Leagas, G. Seefeldt, D. Hoon // Proceeding GPA-GCC 24th Annual Technical Conference, Kuwait City, may 10-11, 2016.-10 p.

4.Mohammed S. K. The experience of using jet pumps with hydraulic pumping bottom-hole assemblies to reactivate Idle Wells in a heavy oil reservoir in the East Soldado field / S. K. Mohammed // Proceeding SPE Trinidad and Tobago Section Energy Resources Conference, Port of Spain, june 13-15, 2016.- no180799-MS.-8 p.

5. Hesham A.M. Jet pump performance with secondary fluids differ in density and viscosity / A. M. Hesham, S. Mikhail, M. Abou-Effail// Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, UAE, 2006.-14 p.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАГРУЗКИ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СЕТИ С ФУНКЦИЯМИ ПЕРЕДАЧИ, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Лабуткина Т.В. к.т.н.

Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Актуально использование сетей с функциями передачи, хранения и обработки данных. Для начальных этапов проектирования такой сети предложена имитационная модель, которая позволяет без существенных затрат времени анализировать показатели ее функционирования в различных режимах. Режим определяется: 1) потоками нагрузки, поступающей в сеть для передачи; 2) потоками нагрузки, обусловленной обменом пользователей информацией с узлами сети, в которых хранится база данных (распределенная по нескольким узлам или повторенная в ряде узлов); 3) поступлением потока задач обработки информации в узлах, выполняющих функции решения. В общем случае моделируемая сеть – динамическая (во-первых, все узлы сети или некоторое множество ее узлов совершают прогнозируемое движение, во-вторых, в дискретные моменты времени топология сети меняется вследствие переключения связей между узлами). Управление топологией сети – программное. Множество узлов сети по комплексу признаков разбивается на группы (сегменты сети). Связь – на основе техники коммутации пакетов. Каждый узел поддерживает линии связи с некоторыми узлами своего и других сегментов и решает задачу маршрутизации. У сети несколько видов пользователей (стационарных или подвижных), отличающихся требованиями к качеству обслуживания или способом взаимодействия с сетью. Вследствие движения узлов сети и ее пользователей состав узлов, доступных пользователю, меняется. Для передачи данных любого вида пользователей может быть использован любой узел. Однако для некоторых видов пользователей взаимодействие их с сетью (вход и выход) может осуществляться только через определенный сегмент сети. Сегмент сети может быть адаптированы к передаче данных определенного вида пользователей (тогда в алгоритмы маршрутизации предусматривают регулировку доли присутствия этих абонентов сегменте). Маршрутизация данных осуществляется на основе выбора путей наименьшей стоимости с учетом топологии сети, нагрузки в узлах сети, и вида нагрузки, передаваемой в сеть. Возможно разделение пользовательской нагрузки по классам приоритетности. Предполагается две составляющие в стоимости линии связи: одна – учитывает общие сетевые показатели, а другая, – показатели, важные для конкретного вида пользователей. В состав сети входят сегменты, узлы которых включены в сеть на основе принятого подхода к передаче данных, однако главная их функция – решение задач обработки информации (при этом одна задача решается в одном узле). Распределение задач для обработки в узлах осуществляется с учетом загруженности узлов задачами, а также с учетом расположения узлов относительно поставщика задачи и получателя ее решения, которые в общем случае не совпадают. В сети есть сегменты, в которых основная функция узлов – хранение базы данных (в ней можно выделить постоянную и динамическую части). Алгоритмы маршрутизации могут различаться для различных видов пользовательской нагрузки в целом по сети или в отдельных сегментах. Моделирование основано на введении состояния загруженности узла. Объем накопителя узла разбит на уровни заполнения. Состояние узла соответствует числу заполненных уровней. Различают число уровней, заполненных транспортируемыми данными, задачами обработки информации, ожидающими решения, и хранимой информацией. Накопитель узла может рассматриваться как сумма накопителей, каждый из которых заполнен нагрузкой одного типа. Изменение состояний загруженности накопителей моделируется как процесс размножения и гибели с учетом взаимозависимости параметров перехода состояния загруженности накопителей в большую или в меньшую сторону. При моделировании для учета динамики состава узлов, доступных пользователю, введены абстрактные суммарные накопителей для групп пользователей, объединенных их компактным расположением. Через абстрактный накопитель нагрузка от группы пользователей входит в сеть и выходит из нее.

ПОБУДОВА БАЗИ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ ІМПЛІКАЦІЙ ПРИ МОНІТОРИНГУ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Ланська С.С.

Національна металургійна академія України

В умовах реформування системи вищої освіти одним з найважливіших питань є забезпечення високої якості підготовки фахівців.

Якість освіти характеризує не тільки результат освітньої діяльності — властивості фахівця-випускника навчального закладу, а й фактори формування цього результату, що залежить від мети освіти, змісту та методології, організації та технології. Усе це характеристики, на формування яких, необхідно свідомо впливати, а отже, якими необхідно керувати. Освіта має потребу в системі управління якістю, що повинен мати кожний навчальний заклад. Така система неможлива без сучасної, комплексної системи оцінки як якості освіти в цілому, так і всіх її складових окремо [1].

Використання сучасних комп'ютерних технологій дозволяє створювати інтелектуальні системи контролю якості знань з урахуванням ступеня навченості кожного індивідуума або їх групи. Для побудови системи моніторингу освітнього процесу ефективно використовувати нечіткі бази знань, що позволить формалізувати і перетворювати кількісно якісні поняття. Спочатку необхідно сформулювати цілі навчання, тобто визначити перелік знань, умінь і навичок студентів з кожної дисципліни.

Розглянемо *основні рівні*, що характеризують освітній процес:

– перший рівень — **інформаційний** — формує знання;

– другий рівень — **репродуктивний** - формує найпростіші вміння;

– третій — **творчий** — формує складні вміння і навички.

Звідси випливає і логіка навчання, і логіка оцінювання ступеня сформованості знань, умінь і навичок студентів. Дослідження з приводу цього проведемо відповідно до методики В. П. Симонова за такою схемою:

– якщо викладач визначає високий рівень навчальних досягнень студентів за виконання ними переважно завдань I рівня, то він працює на низькому рівні вимог;

– якщо викладач визначає високий рівень навчальних досягнень студентів за виконання ними завдань II рівня, то він працює на середньому рівні вимог;

– якщо викладач для отримання вищого рівня досягнень вимагає від учня виконання завдань III рівня — то він працює на високому (першому) рівні вимог;

На думку Симонова В.П. [2] оцінка ступеня навченості студентів залежить від п’яти послідовних показників: розрізнення (*P1*), запам'ятовування (*P2*), розуміння (*P3*), елементарні вміння і навички (*P4*), перенесення (*P5*).

У зв’язку з вищезазначеним частково опишемо нечітку базу знань, яка описує залежність рівня навчальних досягнень (навченість) студентів рівню вимог викладача:

ЯКЩО P1= «3» И P2=«3» И P3= «4» И P4=«5» И P5= «5» ТО y = «низький рівень»;

ЯКЩО P1= «2» И P2=«3» И P3= «4» И P4=«5» И P5= «5» ТО y = «середній рівень»;

ЯКЩО P1= «2» И P2=«2» И P3= «3» И P4=«4» И P5= «5» ТО y = «вищий рівень».

Визначивши рівень вимог викладача можна визначити рівень навченості студентів, яким він викладає, за формулою:

$$PHC = ((AO_5 + \mathrm{BO}_4 + \mathrm{CO}_3)/(\mathrm{NP})), \qquad (1)$$

де P – кількість дисциплін, які викладає викладач; N — кількість студентів; A, B, C – коефіцієнти, які визначаються за рівнем викладача: «низький рівень» – $A = 0,04$; $B = 0,16$; $C = 0,36$; «середній рівень» – $A = 0,16; B = 0,36; C = 0,64$; «високий рівень» – $A = 1$; $B = 0,64$; $C = 0,36$; $O_5, \mathrm{O}_4, \mathrm{O}_3$ – кількість оцінок «відмінно», «добре» та «задовільно» відповідно.

За такою ж методикою можна визначити якість навчання студентів ЗВО.

Побудова бази знань на основі композиції нечітких імплікацій дозволяє зберігати і обробляти як чітку, так і нечітку інформацію моніторингу навчального процесу. Використання такої системи дозволяє оцінити рівень вимог кожного викладача і визначити в подальшому заходи його поступового переходу на більш високий рівень вимог.

1. Лаптев В.В. Научный подход к построению программ исследования качества образования // Модернизация общего образования на рубеже веков (сборник научных трудов). – СПб.: Изд-во РГПУ им. Герцена, 2001. – С. 3–10.

2. Симонов В.П. Оценка эффективности и качества обучения. //Педагогическая диагностика в образовательных системах. М., 2010, с.103-138.

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПЛИВАННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ У СТАЛЕРОЗЛИВНИХ КОВШАХ МАЛОЇ ЄМНОСТІ

Лантух О.С, Молчанов Л.С. к.т.н., Синегін Є.В. к.т.н.
Національна металургійна академія України

Сучасний рівень розвитку сталеплавильного виробництва характеризується підвищенням вимог до якості і споживчих властивостей металопродукції в умовах розвитку ринкової конкуренції. При цьому високі вимоги до якості виробів зазвичай розглядаються в тісному взаємозв'язку з його собівартістю, що зумовлює актуальність проблеми зниження матеріало- і енергоємності продукції на всіх стадіях виробництва. На сьогоднішньому етапі розвитку сталеплавильного виробництва невід’ємною його частиною стає позапічна обробка сталі. Проте окрема категорія так званих міні-заводів й досі позбавлена потужностей для позапічного рафінування сталі, зокрема й від неметалевих включень (НВ). Для цих та деяких інших категорій підприємств одним з можливих варіантів видалення НВ є оптимальна тривалість відстоювання ковша зі сталлю впродовж розливання.

Метою досліджень є визначення тривалості спливання НВ за умов порушення закону Стокса. При проведенні моделювання враховано вплив на часточки НВ сили Архімеда та в’язкого тертя, а також конвекційних потоків, утворених в об’ємі розплаву при випуску сталі з печі в ківш. Впливом природньої конвекції було вирішено знехтувати для спрощення експерименту.

За результатами експерименту підтверджено автомодельність лінійного симплексу, що доводить можливість адекватного фізичного моделювання процесу спливання НВ. Автомодельність лінійного симплексу в області $D<0,01$ дозволяє довільно обирати відносний розмір часток порошку при моделюванні за умови, що він не перевищуватиме 0,01 від висоти ковша. Отримані результати дозволять спростити підготовку й проведення фізичного моделювання процесів видалення НВ зі сталі методами інтенсифікації циркуляції потоків (продувка, механічне та електромагнітне перемішування тощо). За результатами статистичної обробки експериментальних даних запропоновано математичну модель, яка дозволяє з достатньою для практичних розрахунків точністю визначати тривалість витримки сталі у ковші, необхідну для видалення НВ певного розміру.

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОТОЙ ПОЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНЫХ ПРИВОДОВ НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ

Лапханов Э.А. аспирант

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

Предложен способ управления орбитальным движением космического аппарата (КА) с магнитным приводом на постоянных магнитах (МППМ). В данном способе реализован комплексный подход, позволяющий решать задачи управления высотой полета КА и увода с орбиты по окончанию термина активной эксплуатации.

Принцип действия способа базируется на генерации силы торможения, которая возникает благодаря взаимодействию в системе «ионосферная плазма – источник магнитного поля», и уменьшает орбитальную скорость движения КА, тем самым переводя его на более низкие орбиты. В качестве источника магнитного поля предложено использовать постоянный магнит (ПМ), помещенный в специальный экранированный контейнер МППМ со створками, которые открываются по определенному алгоритму, в зависимости от задач управления.

Согласно полученным результатам, из расчета движения КА на низких околоземных орбитах, наиболее оптимальным является использование МППМ на высотах от 500 – 1000 км, где наибольшая концентрация заряженных частиц ионосферной плазмы. Так, сила торможения КА на высоте 500 км составила около 7 мН, а на высоте 1000 км сила уменьшается до 1-2 мН. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что время перевода КА на более низкую орбиту будет гораздо меньшим на более низких орбитах, где сила торможения достигает своих максимальных значений. Так как МППМ не нуждается в мощном источнике энергии, по сравнению с электромагнитными системами, то преимуществом использования данного способа управление высотой полета КА, является минимальный расход бортовой энергии на осуществление перевода КА на более низкие орбиты.

Не менее важным является вопрос утилизации объектов космического мусора (ОКС), которыми являются КА по окончании термина активной эксплуатации. Для решения задач по борьбе з засорением околоземного пространства используют различного рода активные и пассивные системы очистки космического пространства от ОКС, на что требуются дополнительные затраты материальных и финансовых средств. В связи с этим данный способ можно использовать и как пассивную систему увода КА с орбиты по окончании термина активной эксплуатации, путем полного открытия экранированного контейнера, генерации постоянной силы торможения и перевода КА на низкие орбиты с дальнейшим сжиганием в плотных слоях атмосферы. Основным преимуществом использования МППМ, как системы увода с орбиты КА, является то что она не требует затрат топлива и бортовой энергии, так как ПМ по своей природе является постоянным, довольно длительным, источником магнитного поля. Так, срок службы неодимовых постоянных магнитов, серии NdFeB серии №40 составляет около 20 лет, что является достаточным для использования в космической отрасли. Исходя из анализа физических и магнитных свойств, наиболее подходящим для использования в слоях ионосферы на высотах 600 – 1000 км являются магниты типа AlNiCo (Альнико), так как имеют наиболее большой диапазон рабочих температур, достаточно высокую остаточную магнитную индукцию и намагниченность.

Таким образом, при использовании предложенного способа управления высотой полета КА с использованием МППМ значительно уменьшаются затраты бортовой энергии, так как ПМ не требуют дополнительных источников энергии для генерирования собственного МП, в отличии от систем-аналогов, таких как ионные лучи, электромагнитные системы и электрореактивные двигатели. После окончания термина активной эксплуатации КА, МППМ можно использовать как пассивную систему увода КА с орбиты без затрат топлива и бортовой энергии, что позволит значительно снизить стоимость решения задачи утилизации ОКС в будущем.

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО УДАРУ В ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Мартинов Д.С. магістр, Книш Л.І. д.т.н., професор
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Гідроудар – це велика небезпека для трубопровідної системи, що може привести до її повного руйнування. Близько 60% аварій в промислових трубопроводах відбуваються через гідроудар, тому його запобігання є важливою інженерною задачею, яку необхідно розв'язувати під час проектних робіт. Вибір адекватного методу компенсації неможливо здійснити без детального дослідження особливостей функціонування трубопровідної системи та розрахунку її основних параметрів. Такі розрахунки можна здійснити на основі спеціальних додатків до стандартних комерційних CFD-пакетів типа ANSYS, COMSOL Multiphysics®, FlowVision та ін. Але ціна таких розрахунків часто є невиправданою. Крім того, в таких додатках існує обмеження на довжину трубопроводу, тому для розрахунку довгих промислових трубопровідних магістралей такі пакети не використовуються.

Для запобігання гідроудару та вибору пристрою для його компенсації пропонується програмний продукт, що базується на математичному моделюванні нестаціонарних гідродинамічних та теплообмінних процесах в довгих промислових трубопроводах.

Таке моделювання здійснювалось на основі попередніх інженерних гідравлічних розрахунків модельного трубопроводу, який є елементом промислової системи теплопостачання. Гідравлічні характеристики трубопроводу знаходились на основі рівняння Бернуллі, в якому втрати напору на тертя визначались за формулою Дарсі-Вейсбаха, а втрати напору на місцевих опорах знаходились за довідниками. Такі дослідження дозволили визначити характеристики насосу та знайти його робочу точку, яка відповідає максимальному значенню ефективності. Окремо вибраний насос було перевірено за критерієм відсутності кавітації.

Попередній гідравлічний аналіз дозволив визначити граничні умови для системи рівнянь гідроудару, що складається з квазілінійних гіперболічних рівнянь в часткових похідних. Перехід таких рівнянь до характеристичного вигляду проводився за допомогою метода Лістера. Система характеристичних рівнянь розв'язувалась методом скінчених різниць. При складанні алгоритму розрахунку припускалось, що абсолютний тиск рідини в початковий момент часу уздовж труби був заданий.

Розрахункова область будувалась за принципом, що відповідає класичному графічному методу розрахунку гідроудару. При такій побудові виникали питання визначення граничних умов, пов'язані з нерегулярністю сітки. Ці питання розв'язувались спеціальними розрахунковими методами. Величина кроку сітки відповідала критерію стійкості Куранта- Леві.

В результаті проведеного комп'ютерного моделювання процесу гідроудару було визначено розподіл тиску та швидкості за часом в різних точках трубопроводу при різних початкових умовах. Аналіз отриманих даних дає змогу визначити тип та місце установки компенсаційних пристроїв, а також можливі проектні показники технологічних опор та іншого будівельного обладнання трубопроводу. Оскільки в трубопровідних магістралей значної довжини в якості компенсаційного пристрою часто використовується гідроакумулятор, то паралельно були проведені розрахунки по визначенню його типу та об'єму.

Слід зазначити, що створений програмний модуль має обмеження при використанні. В разі, коли швидкість ударної хвилі близька до швидкості течії рідини або рідина є неоднорідною, використання нерегулярної сітки може привести до помилкових результатів. Для таких випадків необхідно будувати прямолінійну сітку та проводити додаткову інтерполяцію. Особливі методи слід використовувати і для випадку течії рідини зі специфічними реологічними властивостями, або в разі наявності в її складі бульбашок газу.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВИБОРУ СУСІДСТВА ДЛЯ НЕОРІЄНТОВАНОГО ГИЛЬОТИННОГО РОЗКРОЮ

Мирошниченко А.С. магістр, Т.В. Селівьорстова к.т.н., доцент
Національна металургійна академія України

Завдання розкрою-упаковки належить до класу NP-важких задач, причому точний розв'язок зводяться до повного перебору варіантів розкрою-упаковки. Недоцільність використання точних алгоритмів обумовлюється великими витратами обчислювального часу для реалізації повного перебору. У зв'язку з цим, одним з перспективних напрямків є розробка та дослідження метаеврістіческіх алгоритмів, для більшості яких доведена їхня асимптотична збіжність.

Для offline задачі двовимірної упаковки у напівобмежену полосу 2DSP розмір всіх прямокутників, що упаковуються, відразу відомий, тому їх можна відсортувати, вибрати за певним критерієм, групувати. Гільйотинний розкрій забезпечується рівневими алгоритмами. Данні алгоритми розділяють смугу на рівні, висота яких відповідає одному з вибраних прямокутників, далі у рівні поміщають всі інші прямокутники у відповідності до запропонованого критерію.

Метою даної роботи є дослідження алгоритмів вибору сусідства Next Fit Decreasing High та First Fit Decreasing Hig для неорієнтованого гильотинного розкрою з метою визначення їхньої ефективності по критерію мінімізації відходів.

Як відомо, алгоритм Next Fit Decreasing High регламентує наступну стратегію вибору сусідства. Прямокутники упорядковано по зростанню висоти, найвищий розташовується в лівому нижньому кутку смуги, тим самим ініціалізувавши перший рівень, по висоті рівний йому. Решта прямокутників розташовуються зліва направо, поки є місце на поточному рівні. Прямокутник, який не помістився на рівні, поміщається зверху, утворюючи наступний рівень, і так далі (рисунок 1). Стратегія алгоритму First Fit Decreasing High, схожа на попередній алгоритм, з тією різницею, що для кожного наступного прямокутника шукається місце не тільки на останньому рівні, а починаючи з самого нижнього (рисунок 2). Ще одна значна відмінність – в продуктивності, так як в гіршому випадку доведеться розглядати на кожному кроці всі рівні знизу вгору.

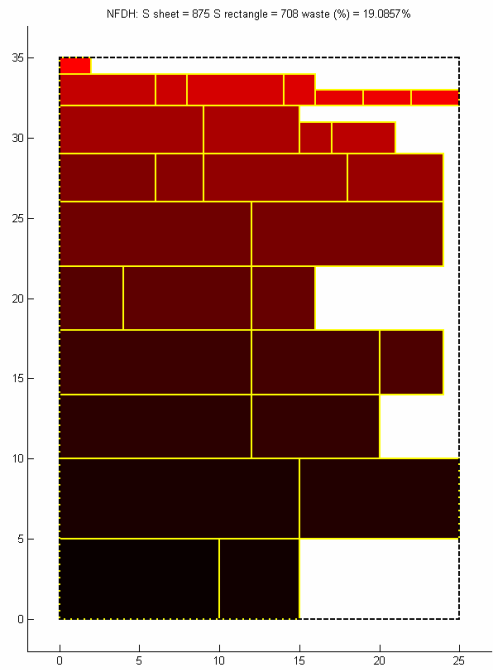


Рисунок 1 – Nextt Fit Decreasing High (NFDH)

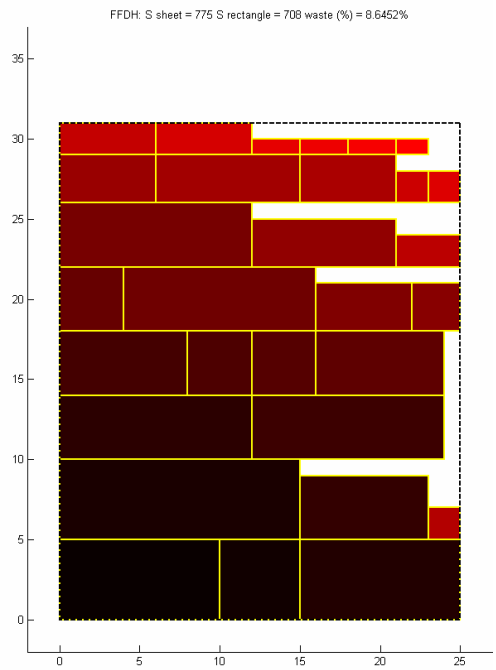


Рисунок 2 – First Fit Decreasing High (FFDH)

Для дослідження відмінності роботи алгоритмів було проведено серію обчислювальних експериментів, які підтвердили інтуїтивні очікування переваги алгоритму FFDH у порівнянні з NFDH, проте якість упаковки-розкрою значно залежить від набору вхідних даних.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМАХ, ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ФОСФОРИТОВЫМ РУДАМ

Надточий А.А. к.т.н., Великонская Н.М. ст. преп., Карягин Е.Д. студент
Национальна металлургическая академия Украины

Фосфоритовая руда характеризуется широкой областью применений, важнейшими среди которых являются: производство желтого фосфора электроплавкой руды с возгонкой элементного фосфора, получение фосфорной кислоты, фосфоросодержащих соединений для химической промышленности, производство фосфорных удобрений, а также для выплавки в дуговых электропечах фосфористых ферросплавов. Несмотря на наличие в Украине месторождений фосфоритовой руды, феррофосфор не производится. Вместе с тем, разрабатываемые и разведанные украинские месторождения фосфоритов могут рассматриваться как базовое фосфорсодержащее сырье. В связи с потребностью украинских предприятий в феррофосфоре, проведение термодинамического моделирования получения феррофосфора из местных фосфоритов является актуальной задачей.

В системе Ca-O-P при высоких температурах могут теоретически находиться 4 конденсированные фазы, содержащие фосфор Ca_3P_2, $Ca(PO_3)_2$, $Ca_2P_2O_7$, $Ca_3(PO_4)_2$. Термодинамический анализ реакций образования фосфатов кальция показал, что принципиально возможно образование всех приведенных фосфатов, однако трикальцийфосфат $Ca_3(PO_4)$ является наиболее прочным соединением. Трикальцийфосфат начинает восстанавливаться твердым углеродом при 1300˚С с образованием CO и P_2 в газовой фазе и при температуре 1500˚С восстановление заканчивается полностью. Расчет показал, что помимо P_2 в газовой фазе возможно образование таких соединений как P_4, P и PO. Для восстановления трикальцийфосфата в системе необходимо наличие железа для связывания восстановленного фосфора в фосфиды, а так же кислого оксида SiO_2 для образования силикатов кальция.

Для расчета активностей компонентов шлака сложных оксидных систем использовали уравнения модели регулярного ионного раствора шлаков В.А. Кожеурова. Кремний в оксидных системах при высоких концентрациях (более 20%) способен к полимеризации в растворе, что сказываться на суммарной энергии системы и на характере взаимодействия его компонентов, поэтому в выражения для определения активности компонентов кислого шлака В.А. Кожеуров ввел поправку, которая обусловлена полимеризацией

$$a_{SiO_2} = x_1 \exp\left\{\frac{1}{RT}\left(\sum_{i=l+1}^{k} x_i Q_{li} - \sum_{i=1}^{k-1}\sum_{j=i+1}^{k} x_i x_j Q_{ij} + 6(1-x_1)\cdot(3x_1-1)\cdot\sum_{i=1}^{k-1} x_i q_i\right)\right\}, (1)$$

$$a_l = x_1 \exp\left\{\frac{1}{RT}\left(\begin{array}{l}\sum_{i=1}^{l-1} x_i Q_{il} + \sum_{i=l+1}^{k} x_i Q_{li} - \sum_{i-1}^{k-1}\sum_{j=i+1}^{k} x_i x_j Q_{ij} + +(3x_1-1)^2\cdot q_l - \\ -6x_1(3x_1-1)\sum_{i=1}^{k-1} x_i q_i\end{array}\right)\right\}, (2)$$

где l – порядковый номер компонента, $к$ – количество компонентов в системе, x – мольная доля оксида, Q_{ij} – энергия смешения компонентов, Дж/моль, q – энергетические параметры полимеризации, Дж/моль. Порядковый номер 1 соответствует оксиду кремния SiO_2.

Проведен расчет активностей для сложных оксидных систем с учетом полимеризации при различных основностях. При основности ≈ 0,7 активности CaO и P_2O_5 становятся равными. С дальнейшим повышением основности активность оксида кальция становится больше активности оксида фосфора. Для восстановления фосфора из системы необходимо поддерживать основность не выше 0,7. Добавка Al_2O_3 в систему выше 4% приводит к тому, что активность P_2O_5 становится больше активности CaO, однако при Al_2O_3 выше 16% активность SiO_2 снижается ниже активности Al_2O_3. Содержание Al_2O_3 должно находиться в пределах от 4 до 16%. Добавка в систему P_2O_5-SiO_2-CaO-Al_2O_3 пятого компонента MgO приводит к тому, что активности CaO и P_2O_5 повышаются. Активности SiO_2 и Al_2O_3 снижают свои значения, причем при содержании MgO выше 15% активность SiO_2 становится ниже активности MgO, а при содержании MgO в системе более 6% активность Al_2O_3 становится выше активности SiO_2.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ НАДДОЛОТНОГО ГІДРОЕЛЕВАТОРА

Паневник Д.О., Концур І.Ф.к.т.н., Михайлюк В.В. к.т.н., Дейнега Р.О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Найбільш повно переваги ежекційних технологій реалізуються при розробці нафтогазових родовищ у віддалених важкодоступних районах [1], а також при необхідності подовжити термін експлуатації старіючих свердловин [2], продукція яких містить значний обсяг розчиненого нафтового газу та твердих включень. Сучасні математичні моделі робочого процесу струминного насоса засновані на дослідженні гідравлічних зв'язків між елементами ежекційної системи та визначають їх геометричні розміри, взаємну орієнтацію [3] і характер включення [4] в привибійний контур циркуляції свердловини. Поширеність та широка географія застосування ежекційних технологій свідчить про їх світове значення. Зростання обсягів використання вибійних струминних насосів вимагає подальшого розвитку теоретичних питань, спрямованих на моделювання умов експлуатації ежекційних систем в свердловині. Удосконалення математичних моделей робочого процесу свердловинного струминного насоса дозволяє підвищити ефективність розробки нафтогазових родовищ і є актуальною задачею.

Однією з найбільш поширених сьогодні є математична модель наддолотного гідроелеватора,що передбачає розрахунок відносних гідравлічних втрат в робочому потоці [5],[6], величина яких, зазвичай, визначається графічним методом. Наближений характер визначення відносних гідравлічних втрат зумовлює існування значної похибки побудови напірної характеристики наддолотного гідроелеватора ,внаслідок чого зменшується ефективність прогнозування режиму його роботи. З метою підвищення точності прогнозування режимних параметрів свердловинної ежекційної системи авторами дослідження розроблена математична модель наддолотного гідроелеватора на основі програмування розрахункових алгоритмів із застосуванням середовища Delphi.

В процесі реалізації розробленої моделі використано метод ітерації, відповідно до якого здійснюється поетапний порівняльний аналіз наближених та уточнених значень відносних гідравлічних втрат. Шляхом підбору заданого значення визначаємо таку величину відносних гідравлічних втрат, яка забезпечувала б задовільну з точки зору досягнення необхідної точності різницю порівнюваних параметрів. Розрахунок відносних гідравлічних втрат здійснювався також з використання програмного продукту PTC Mathcad з наступним порівняльним аналізом з даними, отриманими за розрахунковим алгоритмом , створеним на базі середовища Delphi. Використовуючи результати проведених розрахунків визначена напірна та енергетична характеристики наддолотного гідроелеватора.

Використання результатів проведених досліджень дозволить підвищити ефективність моделювання режиму роботи наддолотного гідроелеватора та покращити техніко-економічні показники буріння нафтових і газових свердловин.

1. Anderson I. Petroleum Technology Digest: Hydraulic jet pumps prove well suited for remote Canadian field / I. Anderson, R. Freeman, T. Pough // World Oil.-2006.- № 8.- P. 43-48.

2. Alemi M. A prediction to the best artificial lift method selection on the basis of Topsis model / M. Alemi, H. Jalalifar, G. Kamali, M. Kalbasi // Journal of Petroleum and Gas Engineering.-2010.- Vol. 1(1).- № 3.- P. 009-015.

3. Пахлян И.А. Основы проектирования струйных аппаратов для нефтяной и газовой промышленности / И.А. Пахлян // Нефтепромысловое дело.- 2012.- №12.- С. 15-17.

4. Мельников А.П. Повышение эффективности использования струйных насосов в бурении / А.П. Мельников, А.В. Паневник. // Нефтяное хозяйство.- 2012.- №6.- С. 41-43.

5. Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер . - М.: Энергоатомиздат, 1989.-352 с.

6. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б.Ф. Лямаев.- Л.: Машиностроение, 1989.-256 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ЕЛЕМЕНТІВ СВЕРДЛОВИННОЇ ЕЖЕКЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Паневник О.В. д.т.н., Паневник Д.О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Зниження запасів вуглеводнів зумовлює необхідність удосконалення технологій розробки нафтогазових родовищ. Одним з методів підвищення ефективності нафтогазовидобутку є використання свердловинних струминних насосів [1], [2]. Переважна більшість ежекційних технологій передбачає розміщення струминного насоса безпосередньо на вибої свердловини або на значній глибині.Значна відстань між оператором та струминними насосами ускладнює діагностування їх роботи з наступним регулюванням режимних параметрів для встановлення їх оптимального значення. Розробка методів неперервного контролю характеристик свердловинного струминного насоса, таким чином, дозволяє підвищити ефективність його використання і є актуальним завданням досліджень.

Традиційні методи контролю роботи свердловинної ежекційної системи можуть здійснюватись з використанням тензометричних датчиків [3] та вибійних випромінювачів [4]. Дистанційний зв'язок з вибійними приладами передбачає використання електричного кабелю, внаслідок чого ускладнюється процес експлуатації та ремонту свердловини. Відомий також непрямий метод контролю параметрів ежекційної системи, який передбачає визначення тиску потоку на вході в свердловину [5]. Метою данних досліджень є обґрунтування методу контролю параметрів роботи ежекційної системи з лінійним гідравлічним опором, призначеної для експлуатації нафтогазовидобувних свердловин.

Моделювання гідравлічних зв'язків елементів ежекційної системи передбачає встановлення залежностей між гідродинамічними параметрами робочого потоку на вході в свердловину та режимними параметрами розміщеного на вибої струминного насоса. Запропонована математична модель грунтується на комплексному використанні закону збереження кількості руху рідини, збереження енергії (представленого рівнянням Бернуллі) та закону суцільності (неперервності) потоку.

В процесі реалізації запропонованої моделі встановлена наступна послідовність проведення розрахункових операцій:

- визначення тисків в характерних перерізах гідравлічної системи та виведення рівняння її характеристики;
- пошук режимної робочої точки ежекційної системи на основі спільного розв'язку рівнянь характеристик насоса та його гідравлічної системи;
- встановлення величин витрат та гідравлічного опору в окремих елементах ежекційної системи.

Для можливості практичного застосування отримані рівняння було приведено до номографованого вигляду.

1. Chen X. A Method for optimizing jet-mill-bit hydraulics in horizontal drilling / X. Chen, D. Gao, B. Guo // SPE Journal. - 2016. - N 4. - P. 416 - 422.

2. Nunez O. A. Gas lift-jet pump hybrid completion reduces nonproductive time during unconventional well production / O. A. Nunez, T. S. Pugh, J. Hubbard // SPE Argentina Exploration and Production of Unconventional Resources Symposium, Buenos Aires, Argentina 1 — 3 june, 2016. - SPE 180958 - MS. - 9 p.

3. Khelifa B. Subsea hydraulic jet pump optimizes well development offshore Tunisia / B. Khelifa, K. Fraser, T. Pugh // World Oil. - 2015. - N 11. - P. 71 - 76.

4. Бочаров Г. В. Интерпретация переходных процессов при освоении скважин эжекторными установками для оценки параметров системы пласт-скважина / Г. В. Бочаров, В. Ю. Бахищев, Л. Г. Кульпин, Я. В. Шановский // Нефтепромысловое дело. - 2002. - N 8. - С. 14 - 17.

5. Паневник О. В. Контроль та регулювання режиму роботи свердловинних струминних насосів. - Івано-Франківськ: Нова Зоря. - 2007. - 140 с.

ЭФФЕКТ МАГНУСА В ДИНАМИКЕ КОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Первий Б.А. аспирант

Институт технической механики НАН Украины

Техногенное засорение околоземного космического пространства является актуальной проблемой современной космонавтики. Одним из способов борьбы с крупными фрагментами космического мусора является бесконтактное (без механического захвата) воздействие с целью их увода на более низкие орбиты для дальнейшего снижения за счёт аэродинамического торможения.

Стоит отметить, что практически все существующие методы увода [1] не используют или не учитывают собственное вращательное движение элементов космического мусора. Кроме непосредственно влияния, направленного противоположно вектору скорости спутника, набегающий атмосферный поток может создавать дополнительную возмущающую силу (сила Магнуса), действующую в плоскости перпендикулярной набегающему потоку [2], [3]. Сила Магнуса является функцией от формы, скорости вращения объекта, плотности, скорости свободного потока и может иметь существенное влияние на движение космических аппаратов в области низких околоземных орбит.

Цель данного исследования – оценить степень влияния эффекта Магнуса на движение космических объектов и установить возможность его использования для увода объектов космического мусора за счет собственного вращения при различных характеристиках объекта и режимах орбит.

Модель динамики вращающейся сферы реализована с применением пакета AGI STK. При построении модели вращающегося объекта сила Магнуса программно реализована в виде сверхэффективного двигателя с импульсом $2 \cdot 10^{12}$ с и массой 5 кг, при этом количество потребляемого топлива не влияло на итоговый результат вычислений. Численное интегрирование уравнения движения спутника с использованием эффекта Магнуса представлено методом Рунге-Кутты-Фельберга 4-го порядка с контролем точности 5-го порядка [4], коэффициент сопротивления, плотность атмосферы вычисляется на основе модели атмосферы NRLMSISE-00 [5] с использованием гравитационной модели Земли JGM3 [6].

Разработана и исследована математическая модель динамики большого фрагмента космического мусора в форме шара с учётом его движения относительно центра масс. Исследованы зависимости величины силы Магнуса от различных параметров – режима орбиты, угловой скорости вращения объекта, массы и радиуса сферы.

1. K. Wormnes ESA technologies for space debris remediation [Електронний ресурс] Режим доступу http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/MAD/pub/ACT-RPR-MAD-2013-04-KW-CleanSpace-ADR.pdf

2. Pulido C. L. Aerodynamic Lift and Drag Effects on the Orbital Lifetime Low Earth Orbit (LEO) Satellites / C. L. Pulido. – University of Colorado Boulder, 2007.

3. Cook G. E. The Effect of Aerodynamic Lift on Satellite Orbit / G. E. Cook // Plant. Space Science. – 1964. – Vol. 12. – P. 11.

4. Hall T. S. Orbit maneuver for responsive coverage using electric propulsion / T. S Hall // Air Force Institute of Technology, 2010.

5. Picone J. M. NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues / J. M. Picone, A. E. Hedin, D. P. Drob, A. C. Aikin // Journal of geophysical research. – 2002. – Vol. 107, № A12. – P. 1468.

6. McCarthy D. D. IERS Conventions (IERS Technical Note; 21) / Dennis D. McCarthy // Central Bureau of IERS : Paris. – 1996. – Режим доступу до ресурсу https://www.iers.org/SharedDocs/Publikationen/EN/ IERS /Publications /tn/ TechnNote21/tn21_40.pdf?__blob=publicationFile&v=1

A NON-LINEAR SYSTEM USING A NON-SMOOTH TEMPORAL TRANSFORMATION

Pilipchuk V., Volkova S.

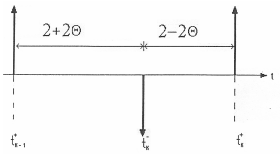
Solutions of differential equations of motion for mechanical systems with periodic impulsive excitation are represented in a special form which contains a standard pair of non-smooth periodic functions and possesses the structure of an algebra without division. This form is also suitable in the case of excitation with a periodic series of discontinuities of the first kind. All transformations are illustrated on the oscillator under a parametric non-equidistant pulsed forcing with a dipole-like shift of the impulses, although the technique can be applied to more general case.

The representation is based on a proposition that an arbitrary periodic function *x(t)* (the period of which is normalized to four) can be expressed as

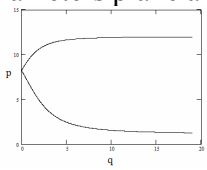
$$x = X(\tau) + Y(\tau)\, e,$$

$$\tau = \tau(t;\Theta), \quad e = e(t;\Theta) = \partial\tau(t;\Theta)/\partial t$$

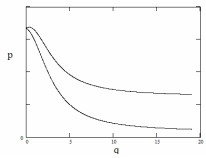
wheret is the saw-tooth piecewise-linear function of argument *t* and period equal to four; Θ (-1< Θ <1) is a parameter characterizing the slope of the "saw":



Received a branching of curves p=p(q)on a plane of the system parameters, pq, when a non-zerothslope ($\theta \neq 0$) of the saw-tooth function appears. The branching generate instability regions on the parameters plane and strongly affects on the system dynamics:



$\theta = 0.5,\ \lambda = \pi,\ \varepsilon = 0.5,\ A = 1$



$\theta = 0.5,\ \lambda = \pi,\ \varepsilon = 0.5,\ A = 4$

An explicit form of analytical solutions has been obtained for periodic regimes. These solutions and numerical simulations indicate a principal role of the impulses' shift. Namely, the system performs periodic, multiperiodic and stochastic-like dynamical regimes if varying a parameter of the shift.

1. V.Pilipchuk Temporal transrmations and visualization diagrams for non smooth periodic motions //International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2015. -307-327.

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Пиптюк В.П., Греков С.В., Андриевский Г.А., Снигура И.Р
Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины

Цель исследований - проверка эффективности использования кусковых Mn-содержащих ферросплавов (марки ФМн78 и СМн17) на УКП при вводе в ковш ёмкостью 60т в условиях сталеплавильного цеха ПрАО «Днепроспецсталь» при производстве качественной стали текущего марочного сортамента. С этой целью на УКП после ввода соответствующих ферросплавов через каждые 40-60с производили дополнительный отбор 6-8 проб с фиксацией времени от начала ввода добавки. Химический анализ проб металла осуществляли рентгеноструктурным методом в экспресс - лаборатории цеха. Под эффективностью использования ферросплавов стандартных марок с определённым комплексом технологических свойств понимают создание условий для более быстрого их расплавления (растворения) в исследуемом процессе, повышения усвоения ведущего элемента и минимизации энергетических затрат по сравнению с имеющимся уровнем технологии.

Наряду с промышленным экспериментом с помощью специально разработанной компьютерной программы «Kinematic», позволяющей изучать кинетику плавления добавок и гомогенизацию металлического расплава, выполнили численные исследования, результаты которых сопоставляли с экспериментальными данными. В численных исследованиях учитывали фактические (по каждой анализируемой плавке) параметры обработки расплава на УКП: режимы продувки ванны ковша аргоном (120-250л/мин), температуру металла (1585-1651°С), расход ферросплава на ковш (30-280кг ФМн78 и 50-300кг СМн17) и другие. В расчётах фракцию кусков ферросплавов принимали максимально используемой и равной 100мм (в поперечнике). Численным методом определяли концентрацию Mn в ячейке расчётной области ванны ковша, соответствующей месту и времени отбора каждой дополнительной пробы в промышлненных экспериментах.

Высокая согласованность расчётных и экспериментальных данных по содержанию Mn (от 0,245% до 1,527%) в пробах металла ($R^2 = 0,95$) свидетельствует о достаточной для инженерных и научных расчётов сходимости и адекватности полученных результатов с помощью программного обеспечения моделируемого процесса последней версии. Программный продукт может быть использован для прогнозных оценок кинетики плавления разных ферросплавов и в создании комплекса АСУТП внепечной обработки стали.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ГИБРИДНЫХ АВТОМАТОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Поляков М.А., к.т.н., Андриас И.А., к.т.н.
Запорожский национальный технический университет

В основе формальных описаний динамических систем лежат дифференциальные уравнения и конечные автоматы. В первом случае описывается непрерывное, а во втором – дискретное поведение системы.

Существует также обширный класс динамических систем, в которых дискретное и непрерывное поведение присутствуют одновременно. Такие системы формализуют гибридными автоматами [1,2]. Так одна из популярных интерпретаций гибридного автомата *H* [3] описывается кортежем:

$$H = (W, X, M, F, T), \quad (1)$$

где W = {u, y} – множество входных (u) и выходных (y) внешних переменных; X определяет непрерывное пространство, для которого непрерывные переменные состояния x могут принимать свои значения; M – множество режимов непрерывного поведения из которых только один режим активен в данный момент времени; F - дискретное множество дифференциально-алгебраических уравнений (DAE) первого порядка; *T* - множество переходов от одного режима к другому. Каждое DAE уравнение определяет взаимосвязь между переменными состояния (x), их производными по времени первого порядка ($\dot{x}$) и входами (w):

$$fm\,(x, \dot{x}, w) = 0,\ m \in M.$$

При проектировании гибридных автоматов возникает ряд вопросов, которые недостаточно освещены в известной автору литературе: из каких блоков должен состоять гибридный автомат; как эти блоки взаимодействуют между собой, то есть какова функциональная структура гибридного автомата; как такие автоматы работают в иерархических структурах управления? Отсутствие таких моделей усложняет проектирование систем управления на основе использования гибридных автоматов и является нерешенной научно-технической задачей.

Целью настоящей работы является упрощение процесса проектирования систем гибридного управления на основе выделения и описания на теоретико-множественном уровне типовых элементов и структур.

Предложены модели функциональных структур гибридных автоматов систем управления в виде иерархической структуры контуров дискретного и непрерывного управления. Описаны типовые элементы этих функциональных структур – конечные автоматы, входные и выходные операционные автоматы, которые функционируют в иерархии структур управления. Входы и выходы этих элементов предложено разделить на две группы – информационные и управляющие. Приведен пример реализации гибридных автоматов с помощью предложенных моделей.

Показано, что блоки гибридных автоматов образуют двухуровневые структуры, в которых управляющую роль могут играть как управляющие автоматы контуров дискретного управления, так и операционные автоматы контуров непрерывного управления.

Предложенные структурные схемы позволяют моделировать гибридное поведение в системе управления на теоретико-множественном уровне, что упрощает процесс проектирования.

1. Branicky M. S.. Handbook of Networked and Embedded Control Systems, chapter “Introduction to hybrid systems”, pages 91–116. Birkhauser, 2005.

2. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сенченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем.- СПб.: БХВ-Петербург, 2002, 464 с.: ил.

3. Ly D. L., Lipson H. Learning Symbolic Representations of Hybrid Dynamical Systems. // Journal of Machine Learning Research 13 (2012) 3585-3618

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ

Потап О.Ю. к.т.н., Зінченко М.Д. к.т.н., Рибальченко М.О. к.т.н., Потап М.О.
Національна металургійна академія України

Найбільш перспективним напрямком вирішення проблеми автоматичного усунення впливу ексцентриситету прокатних валків на товщину смуги є підхід, що передбачає виділення спричинених ексцентриситетом змінних складових з сигналів зусилля прокатки та товщини смуги [1]. Нове технічне рішення [2] дозволяє, базуючись на інформації про амплітуду зазначених змінних складових точно визначити фактичну амплітуду змінення міжвалкового зазору через ексцентриситет прокатних валків. Запропонована автоматизована система (АС), в якій запроваджено активний пошуковий метод уведення «пробних» примусових коливань міжвалкового зазору із визначеною амплітудою та довільною фазою, що забезпечує подальше точне настроювання примусових коливань зазору у протифазу до неконтрольованих коливань зазору через ексцентриситет валків.

Для доведення практичної можливості запропонованої АС бути реалізованою та її спроможності одночасно компенсувати ексцентриситет опорних та робочих валків створена комп'ютерна модель, яка дозволяє здійснювати адекватне імітаційне моделювання процесу з точністю, що є достатньою для висновків щодо ефективності роботи системи. Модель (див. рис.) можна розглядати як сукупність пов'язаних функціонально завершених блоків, які імітують власне ексцентриситет, процес прокатки у чотиривалковій кліті, вузькосмугові фільтри, що виділяють змінні складові технологічних параметрів, та окремі функціональні вузли АС.

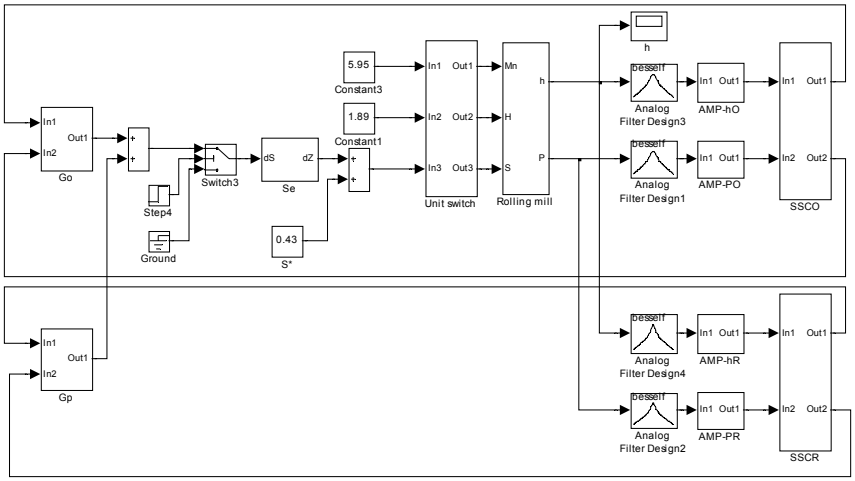


Рис. Функціональна схема моделі

Результати дослідження АС шляхом комп'ютерного моделювання підтвердили ефективність нового технічного рішення. Зменшення різнотовщинності смуги, що спричинена ексцентриситетом опорних і робочих валків, майже у 20 разів дозволяє стверджувати про повну компенсацію системою впливу ексцентриситету. Доведена доцільність використання для виділення змінних складових з сигналів зусилля прокатки та товщини прокату вузькосмугових фільтрів Бесселя третього порядку.

1. Потап О.Е., Егоров А.П., Кисляков В.Г. Компенсация эксцентриситета валков при холодной прокатке листа // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Т.5. Пластична деформація металів. Дніпропетровськ: "Системні технології". – 2002. – С. 269 – 272.

2. Заявка на патент України. Спосіб компенсації впливу ексцентриситету прокатних валків на товщину смуги / О.Ю. Потап, С.В. Бейцун, М.Д. Зінченко та ін., МПК B21B 37/66. Заявка № a201703611 від 13.04.2017.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ЛИТОЇ ЗАГОТОВКИ ДОЛОТА ТИПУ PDC

Пригоровська Т.О.,Роп'як Л.Я. к.т.н.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Показники відпрацювань бурових доліт, в першу чергу, залежать від якості бурового інструменту та його технічних характеристик, довговічність і надійність доліт, в основному, залежить від технологічного забезпечення їх виготовлення ще на стадії отримання заготовки, саме тому роботи, присвячені проблемам підвищення довговічності бурового інструменту, є актуальними, мають наукове і практичне значення.

Метою дослідження є дослідження процесу кристалізації литих заготовок лопатевих доліт і визначення рівня внутрішніх залишкових напружень та характеру розподілу цих напружень у тілі заготовки засобами комп'ютерного моделювання (ProCast). Першим кроком є створення твердотільної моделі та генерація скінчено-елементної сітки. Твердотільна модель отримання ливарної форми показано на рисунку 1. Ливарну форму в SolidWorks будували за допомогою інструментів, спеціально призначених для побудови цих форм, які забезпечують гарантовану відсутність інтерференції підчас складання збірки, що є дуже важливим при проведенні досліджень для складних за формою заготовок. У результаті всіх побудов отримали 3D-модель виливка і форми, які експортувалися в програму ProCast.

Після генерації кінцево-елементної сітки в програмі (рисунок 2) починається підготовка до розрахунку.

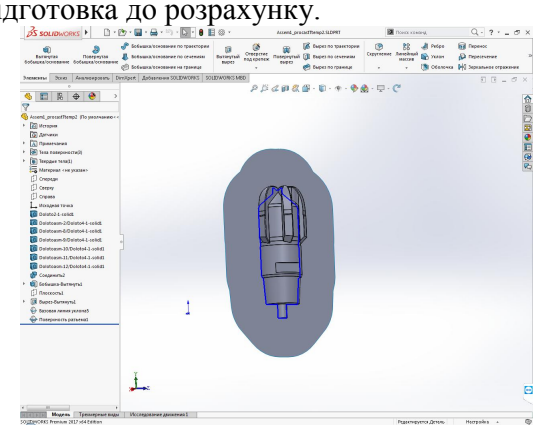


Рисунок 1 – Твердотільна модель отримання ливарної форми по моделі долота

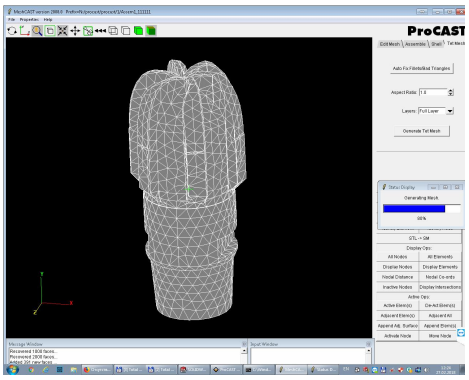


Рисунок 2 – Генерація кінцево-елементної сітки

Наступними кроками моделювання були: вибір матеріалів, створення контактних поверхонь між компонентами і призначення їхніх типів, вибір значення коефіцієнта тепловіддачі для кожної контактної поверхні, визначення граничних умов (тиск, швидкість, температура, вага).

Для заливання розтопленої сталі у форму використали модуль програми Fluids Module. За колірною шкалою в градусах Цельсія (°C). Модуль розрахунку залишкових напружень дозволяє обчислювати як термічні напруження, так і напруження, що виникають при взаємодії виливка з формою та іншою технологічною оснасткою. Залишкові напруження розраховуються у виливку за пружно-в'язкопластичною моделлю, а ливарну форму (кокіль) для спрощення досліджень задавали як абсолютно жорстке тіло. Програма також має спеціальний алгоритм для визначення контактної взаємодії між виливком і формою. Модуль розрахунку напружень дозволив розраховувати залишкові напруження, пластичні деформації, "термічні" тріщини і отримувати кінцеву форму виливка з урахуванням деформацій та діючих залишкових напружень. Встановлегл, щл кристалізація виливка відбувається нерівномірно: спочатку кристалізуються ті ділянки, що мають найменшу товщину: криволінійні поверхні лопатей; серцевина виливка кристалізується найпізніше.

Комп'ютерне моделювання процесу отримання литої заготовки лопатевого долота дозволило досить детально проаналізувати процес заповнення форми рідкою сталлю та оцінити рівень внутрішніх залишкових напружень у будь-якій точці тіла заготовки.

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ В ВИДЕ СИСТЕМ АВТОРЕГРЕССИОННЫХ УРАВНЕНИЙ

Сарычев А.П. д.т.н.

Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины

Цель работы – показать возможность применения моделей функционирования технических объектов в виде систем авторегрессионных уравнений для описания состояний объектов и обнаружения факта изменения их свойств. Задача обнаружения изменения свойств динамических систем часто возникает в таких областях как техническая и медицинская диагностика, контроль технологических процессов, мониторинг, обработка сигналов. Распространённым классом моделей, описывающих функционирование стохастических динамических систем, является класс авторегрессионных моделей.

Пример успешного решения задачи обнаружения на основе регрессионных уравнений содержится в работе [1], где предложен и обоснован поход к построению математических моделей контроля технического состояния силовых и энергетических установок в длительной эксплуатации, предусматривающий последовательные этапы формирования полиномиальных регрессионных моделей статики (установившихся режимов) и многомерных трендовых моделей эксплуатационной динамики для оценки изменений отклонений параметров объектов от установленных регрессионных, что позволяет выявить изменения технического состояния в жизненном цикле.

Основная задача данной работы – обнаружение изменения свойств динамической системы, которая может находиться в двух классах состояний, в каждом из которых её поведение описывается своей системой авторегрессионных уравнений (векторной авторегрессией) с априорно неизвестными параметрами. В [6] рассмотрена задача оценивания коэффициентов в системе авторегрессионных моделей в предположении, что ошибки наблюдения выходных переменных моделируемого объекта статистически зависимы, выходные переменные могут определяться, вообще говоря, разными множествами регрессоров, а ковариационная матрица ошибок наблюдений выходных переменных неизвестна. В этих условиях для определения коэффициентов построена итерационная схема оценивания, эффективность которой подтверждена методом статистических испытаний.

Опираясь на эти результаты, можно сформулировать следующую задачу статистической классификации (распознавания): на основе обучающих выборок наблюдений двух классов состояний, каждый из которых характеризуется своей системой авторегрессионных моделей, требуется построить решающее правило, которое позволяет устанавливать принадлежность анализируемого наблюдения к одному из двух классов состояний объекта.

1. Миргород В. Ф. Математические модели процессов управляемого изменения состояния силовых и энергетических установок : дисс. … д-ра техн. наук / Миргород Владимир Фёдорович. – Днепропетровск, 2012. – 344 с.

2. Сарычев А. П. Моделирование в классе систем авторегрессионных уравнений в условиях структурной неопределенности / А. П. Сарычев // Международный научно-технический журнал “Проблемы управления и информатики”. – 2015. – № 4. – С. 79–103.

3. Системный анализ и управление сложными системами в условиях неопределенности / А. П. Алпатов, В. Т. Марченко, Ю. А. Прокопчук, А. П. Сарычев, С. В. Хорошилов; под. ред. А. П. Алпатова. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ и ГКАУ, 2015. – 196 с.

4. Александр Сарычев. Моделирование сложных систем в условиях структурной неопределённости: регрессионные и авторегрессионные модели / А. П. Сарычев. – LAP LAMBERT Academic Publishing RU, Saarbrücken, Deutschland. – 2016. – 274 с.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ «КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ-МУСОРОСБОРЩИК С АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ КОМПЕНСАТОРОМ – ОБЪЕКТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА»

Своробин Д.С. аспирант

Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины

По данным NASA на январь 2018 года на околоземных орбитах находилось около 18800 объектов космического мусора (ОКМ). С каждым годом количество космического мусора возрастает, в связи с этим проблема использования космического пространства становится все более актуальной. Для стабилизации ситуации рабочей группой Межагентского комитета по космическому мусору предложено ежегодно удалять с околоземных орбит не менее пяти ОКМ, в частности с помощью космических аппаратов-мусоросборщиков (КАМ). Предлагается система бесконтактного удаления космического мусора с низких околоземных орбит с использованием аэродинамического компенсатора [1]. Основной принцип действия разрабатываемой системы предполагает смещение ОКМ с орбиты за счет воздействия на него ионного потока, который создается электрореактивным двигателем (ЭРД), установленным на борту КАМ, который находится в непосредственной близости от ОКМ. Наиболее близким по технической сущности к предлагаемой системе является концепция «космический пастух» с ионным лучом – Ion Beam Shepherd [2], в соответствии с которой на КАМ предусмотрено наличие двух ЭРД, один из которых предназначен для передачи силового импульса на ОКМ, а второй – для компенсации воздействия первого двигателя на движение КАМ и поддержания взаимного положения КАМ и ОКМ. Рассматриваемая докладчиком система бесконтактного удаления космического мусора с низких околоземных орбит предусматривает использование аэродинамического компенсатора вместо второго ЭРД. Применение такой системы позволит обеспечить нейтрализацию влияния силы тяги двигателя - источника ионного потока на КАМ и даст возможность совершать управление параметрами относительного движения КАМ и ОКМ с помощью аэродинамического компенсатора. Проведенный анализ целесообразности использования предлагаемой системы позволяет сделать предварительный вывод об уменьшении массы КАМ и затрат бортовой энергии на удаление ОКМ с околоземных орбит, а также снижении себестоимости системы. Более детальное обоснование эффективности предложенной системы предусматривает моделирование ее функционирования с учетом орбитального и относительного движения элементов системы, состоящей из КАМ и ОКМ. В докладе рассматриваются математические модели динамики, перспективные для описания и исследования движения КАМ и ОКМ. Проанализированы различные формы линейного описания движения КАМ относительно ОКМ. Для случая произвольного эксцентриситета орбиты КАМ, малого расстояния между КАМ и ОКМ, их Кеплерового движения относительная динамика может быть описана с помощью системы линейных уравнений, коэффициенты которой зависят от времени. В случае квазикруговых орбит относительное движение целесообразно описывать с помощью системы линейных уравнений с постоянными коэффициентами в форме Хила-Клохесси-Вилшера, которые удобны для синтеза законов управления.

1. Алпатов А.П., Своробін Д.С., Скорик О.Д. Система безконтактного видалення об’єктів космічного сміття з навколоземних орбіт з аеродинамічним компенсатором. Техническая механика, 2016. № 3. С. 51 – 56.

2. Bombardelli C. Pelaez J. Ion beam shepherd for contactless space debris removal. Journal of guidance, control and dynamics, 2011. Vol. 34, № 3. P. 916 – 920.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕННЯ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЇ З ПАРАМЕТРАМИ МІЖАТОМНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Снігура І.Р. аспірант, Тогобицька Д.М. д.т.н., проф.
Інститут чорної металургії НАН України ім. З.І. Некрасова, Дніпро

Підвищення масштабів світового споживання металопродукції свідчить про безперервний розвиток транспортної промисловості, машинобудування, електротехніки та гірничо-металургійного комплексу загалом, тим самим, створюючи для вчених-металургів підґрунтя для розробки наукових досліджень націлених на модернізацію існуючих і освоєння нових видів високоякісних та конкурентоспроможних спеціальних сталей та сплавів. Вагоме значення в підвищенні якості сталей і сплавів, а також спрямованого формування необхідних властивостей і структури розплаву займає врахування комплексу їх фізико-хімічних властивостей (температура плавлення і кристалізації, щільність, в'язкість, поверхневий натяг і ін.). Як показує досвід прогнозування фізико-хімічних властивостей металевих і шлакових розплавів в ІЧМ НАНУ, задача може бути вирішена шляхом математичного моделювання нерозривного ланцюга «склад-структура-властивості» з урахуванням параметрів міжатомної взаємодії [1].

У даній роботі з використанням оригінальної концепції спрямованого хімічного зв'язку, яка розглядає розплав як хімічно єдину систему та відображає інформацію структурного та фізико-хімічного потенціалу системи у закодованому вигляді – параметрах міжатомної взаємодії розроблені моделі для визначення температур плавлення та кристалізації з урахуванням мікронеоднорідності та індивідуальних особливостей хромонікелевих та залізовуглецевих сталей, жароміцних нікелевих сплавів, алюмінієвих та магнієвих сплавів:

Розплав	Модель	Точність
Хромонікелеві сталі	$T_L, T_S = f(Z^y, d, , tg\alpha)$	$R^2 \geq 0.93$
Залізовуглецеві сталі	$T_L, T_S = f(Z^y, \rho l_{общ})$	$R^2 \geq 0.95$
ЖНС	$T_L, T_S = f(\rho l_{общ}, tg\alpha_\gamma)$	$R^2 \geq 0.88$
Алюмінієві сплави	$T_L = f(\rho l_{общ})$	$R^2 \geq 0.92$
Магнієві сплави	$T_L = f(\rho l_{общ})$	$R^2 \geq 0.97$

Тут: Z^y - параметр зарядового стану системи, е; d - середньостатистична між'ядерна відстань, 10^{-1}нм; tgα - константа для кожного елемента, що характеризує зміну радіуса іона при зміні його заряду; ρl - спрямована зарядова щільність, е / нм; tgαγ - середньозважений параметр констант мікролегуючої підсистеми γ-зміцнювачів твердого розчину (Mo, W, Re, Ta) для жароміцних нікелевих сплавів.

Представлені моделі були також додатково проекзаменовані на даних, які не входили в початкові вибірки, що дозволяє вважати, що запропоновані фізико-хімічні критерії є досить інформативними для прогнозування температур плавлення та кристалізації металевих розплавів. Використання інтегральних параметрів міжатомної взаємодії дозволило знизити параметричність моделей за допомогою «згортки» даних про хімічний склад, підвищити точність прогнозу і рекомендувати їх для використання в системах АСНІ і АСУТП сталеплавильного виробництва.

1. Приходько Э.В. Эффективность комплексного легирования сталей и сплавов. – К.: Наукова думка, 1995. – 292с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПРОФИЛЕЙ СИММЕТРИЧНОЙ И НЕСИММЕТРИЧНОЙ ФОРМЫ

Тарасов С.В. к.т.н.[1], Редчиц Д.А. к.ф.-м.н.[1], Моисеенко С.В. к.т.н.[2], Тарасов А.С. [1]
[1]*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины*
[2]*Херсонский национальный технический университет*

На сегодняшний день в качестве профиля лопасти ротора Дарье вертикально-осевой (ВО) ветроэнергетической установки (ВЭУ) применяют симметричные профили замкнутого контура. Это обусловлено известными аэродинамическими характеристиками по данным профилям и хорошим пониманием физики обтекания. Для увеличения коэффициента использования энергии ветра ВО ВЭУ с Н-ротором Дарье целесообразно использовать профили лопастей с улучшенными аэродинамическими свойствами. К таким можно отнести профили несимметричной формы замкнутого и разомкнутого контура.

Основной целью данных исследований было определение влияния степени замкнутости несимметричного J-профиля на его аэродинамические характеристики и сравнение их со значениями для симметричных профилей, а также с экспериментальными данными.

Математическое моделирование аэродинамики лопастей ротора Дарье замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы проведено с использованием нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS), замкнутых дифференциальной однопараметрической моделью турбулентности (SALSA).

На основе компьютерного моделирования получена картина течения и установлены особенности турбулентного обтекания лопастей ротора Дарье различной формы. Проведено детальное сравнение полей течения при обтекании профилей замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы. Выделены стационарные и нестационарные режимы обтекания профилей. Установлено влияние степени замкнутости J-профиля на коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы, а также на структуру обтекания в целом.

Турбулентное обтекание профилей замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы в зависимости от угла атаки носит как стационарный, так и нестационарный отрывной характер. Во внутренней полости разомкнутых профилей формируется отрывная зона с одним либо двумя макровихрями. Интенсивность этих вихрей уменьшается с увеличением степени закрытости J-профиля.

Установлены зависимости коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы от угла атаки. Увеличение угла атаки приводит к резкому возрастанию коэффициента лобового сопротивления у несимметричных профилей. Это связано с наличием больших вихревых структур в подветренной зоне профилей, которые приводят к резкому падению давления в донной области. Как следствие большой перепад давления между наветренной и подветренной сторонами профиля приводит к высоким значениям коэффициента лобового сопротивления. Причем чем меньше степень закрытости J-профиля, тем выше эти значения. Такая же картина наблюдается и по значениям коэффициента подъемной силы.

Проведено сравнение полученных результатов численных расчетов с имеющимися экспериментальными данными. Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Выработаны рекомендации по применению данных профилей к лопастям вертикально-осевой ВЭУ с Н-ротором Дарье. Использование в качестве лопасти ротора Дарье профиля с относительно большой толщиной может привести к снижению эффективности работы вертикально-осевой ВЭУ из-за большого лобового сопротивления. В тоже время несимметричные профили с разомкнутым контуром обладают гораздо бо́льшими значениями коэффициентами подъемной силы. Поэтому направлением дальнейших исследований может быть оптимизация формы J-профиля с целью снижения коэффициента лобового сопротивления и увеличения коэффициента подъемной силы.

РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ МЕЖАТОМНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Тогобицкая Д.Н., Кукса О.В., Головко Л.А., Ходотова Н.Е.

Институт черной металлургии НАН Украины им. З.И. Некрасова, г. Днепр

В настоящей работе проведен сравнительный анализ моделей, разработанных по методике ИЧМ, на основе параметров межатомного взаимодействия, с наиболее известными моделями расчета Ac_1 и Ac_3. Исследование проводилось на данных низкоуглеродистых конструкционных низко- и сложнолегированных сталей, для представительной выборки которых выполнен анализ влияния химического состава на исследуемые величины путем его «свертки» на основе параметров межатомного взаимодействия. В частности: среднее межъядерное расстояние – d; градиент изменения радиуса иона при изменении его заряда – tgα; физико-химический эквивалент зарядового состояния – ZY и его микронеоднородности – ΔZY, а также параметр направленной зарядовой плотности – ρl.

Использование данных параметров в качестве модельных при прогнозировании свойств снижает параметричность моделей и обеспечивает их физичность.

После сопоставительного анализа данных были получены обобщающие модели класса Ac_1, $Ac_3 = f\,(d, tg\alpha, Z^Y, \Delta Z^Y, Rol)$;

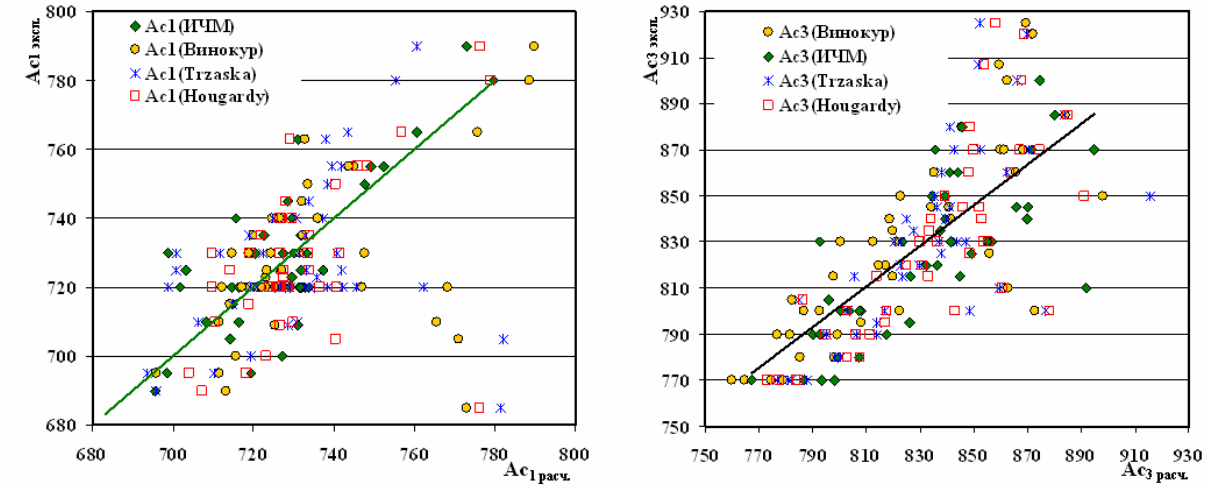


Рисунок 1 – Соотношение экспериментальных и расчетных значений Ac1 и Ac3 по моделям ИЧМ, Винокура, Trzaska, Hougardy для малоуглеродистых конструкционных сталей

Абстрагированность моделей от конкретного химического состава и бóльшая точность по сравнению с аналогами открывает возможность оценки влияния различных легирующих и микролегирующих добавок на величину Ac_1 и Ac_3 при модификации сталей, а также при их оперативной оценке в системах АСУ ТП.

1. Винокур Б.В. Структура конструкционной легированной стали. / Б.В. Винокур, В.Л. Пилюшенко, О.Г. Касаткин // -М.: Металлургия. -1973. -215 с.

2. Попов А.А. Изотермические и термомеханические диаграммы распада переохлажденного аустенита /А.А. Попов, Л.Е. Попова// Справочник термиста. –М.: Металлургия. -1965. -496 с.

3. J. Trzaska Calculation of critical temperatures by empirical formulae / Arch. Metall. Mater., Vol.61(2016), №2B, p. 981–986

4. Приходько Э. В. Эффективность комплексного легирования стали и сплавов / Э. В. Приходько. Киев: Наукова думка.-1995.-292 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ РЕСУРС РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Тогобицкая Д.Н. д.т.н., проф., Петров А.Ф., Лихачев Ю.М., Снигура И.Р.
Институт черной металлургии НАН Украины им. З.И. Некрасова, Днепр

В последнее время в литературе все больше обсуждаются возможности, и целесообразность замены стали другими конструктивными материалами – алюминий, сплавы, керамика, пластмассы, различные композиты и др. В то же время экономически оправданной заменой обычной стали является только один материал – сталь более высокого качества. Определение оптимального химического состава и запрограммированных в нем потенциальных возможностей сталей и сплавов, как конструкционных материалов, было и остается актуальной задачей. Фундаментальная и прикладная наука о металлургических расплавах накопила огромное количество экспериментальных данных, которые характеризуют физико-химические свойства расплавов, а также их поведение в различных металлургических процессах. На сегодняшний день вычислительная техника предоставляет Пользователю широкий сервис, позволяющий не только рационально хранить такие данные, но и удобно оперировать ими – это базы данных (БД). В настоящее время в ИЧМ активно поддерживаются и пополняются созданные в рамках отраслевого банка данных «Металлургия» информационный ресурс - базы «Шихта», «Шлак», «Сталь».

В текущем году создана база данных «Ферросплавы», включающая информацию о производстве, химическом составе и требованиях, предъявляемым к ферросплавам различных групп. На данном этапе систематизированы данные о 256 составах ферросплавов. В базу включены сведения о комплексе физико-химических, физических и теплофизических свойств ферросплавов широкого сортамента (феррохрома, ферросилиция, ферромарганца, феррованадия, ферротитана, ферониобия, ферроникеля, ферроциркония, ферромолибдена, силикокальция, силикомарганца, ферросиликоциркония и ряда других). Химический состав, физико-химические свойства металлических расплавов и механические свойства готовой металлопродукции обычно имеют широкую колеблемость, зашумленность и зачастую неполноту данных. В связи с этим принята концепция оценки достоверности данных путем поэтапного анализа исходной информации на основе внутренней согласованности данных.

Интеллектуальный ресурс для решения задач прогнозирования физико-химических и теплофизических свойств сталей и сплавов составляет разработанная в ИЧМ модель металлического расплава, которая базируется на концепции направленной химической связи Приходько Э.В. [1]. На основе интегральных параметров межатомного взаимодействия (параметр зарядового состояния системы – Z^Y; структурный – d; параметр микронеоднородности – Δd; зарядовой плотности – ρl) осуществляется «свертка» химического состава исследуемого расплава. Таким образом, прогнозная модель имеет вид: «Свойство» = f (Z^Y, d, Δd, ρl). Использование этих параметров в качестве модельных при прогнозировании свойств снижает параметричность моделей и обеспечивает их физичность, что повышает их информационную мощность и обеспечивает высокую точность $R^2 \geq 0.9$. На основе указанной методики в последнее время выполнен прогноз свойств стандартных и комплексных ферросплавов [2], хромоникелевых и железоуглеродистых сталей, жаропрочных никелевых, алюминиевых и магниевых сплавов [3].

1. Приходько Э.В., Тогобицкая Д.Н., Головко Л.А. Концептуальные основы прикладной теории комплексного легирования //Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.13. - 2006. –С.162-165. 2. Приходько Э.В., Петров А.Ф., Ворона Е.Н. Моделирование физико-химических свойств ферросплавов. //Сб. трудов международной научно-технической конференции металлургии России на рубеже XXI века. - Новокузнецк. -2005. – т.2. -С.41-48. 3. И.Р. Снигура, Д.Н. Тогобицкая. Особенности прогнозирования температур ликвидус и солидус железоуглеродистых сплавов на основе концепции направленной химической связи – Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии, сборник научных трудов, Вып. № 31, 2017 год, С. 243 – 252.

КОНСТРУКТИВНО-ПРОДУКЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛОВ

Шинкаренко В.И. д.т.н.
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Фрактальные модели применяются в материаловедении, математике, информационных системах и многих других сферах научных интересов человека. Рассмотрим конструктивно-продукционные модели.

Назовем конструктором тройку:

$$C = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle,$$

где M – неоднородный пополняемый носитель структуры, Σ – сигнатура операций (и соответствующих отношений) связывания, подстановки и вывода, операций над атрибутами, Λ – множество утверждений информационного обеспечения конструирования, включая: онтологию, цель, правила, ограничения, начальные условия и условия завершения конструирования.

Выполним конкретизацию конструктора C_{SERP}, предназначенную для формирования классического фрактала – треугольника (салфетка) Серпинского.

$$C_{GI} = \langle M_{GI}, \Sigma_{GI}, \Lambda_{GI} \rangle_K \mapsto C_{SERP} = \langle M_{GI}, \Sigma_{GI}, \Lambda_{SERP} \rangle,$$

где $\Lambda_{SERP} = \Lambda_{GI} \bigcup \Lambda_4$, часть ИОК Λ_4 определяет:

– начальные условия – начальная фигура (терминал) – ▲, с атрибутами размеров $h = \sqrt{3}/2$, $l = 1$ и положением центра $x_ц = 0, \quad y_ц = 0$

– правило подстановки $\psi =< s, g >$, в котором s состоит из единственного отношения подстановки, представленного на рис. 1 и операций над атрибутами $g =< {}_{\tau_2}/(h,2), \quad {}_{\tau_2}/(l,2) >$,

– размер фигуры в правой части отношения s такой же, как и в левой;

– условие завершения $N = \infty$.

Рис. 1. Отношение подстановки конструктора C_{SERP}

Реализацию представим в виде последовательности сентенциальных форм $f_1, f_2, f_3, f_4 \ldots$.

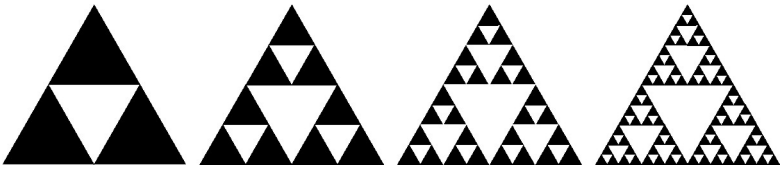


Рис. 2. Последовательность конструирования треугольника Серпинского

В докладе рассматривается более десяти конструкторов геометрических фракталов. Показаны возможности применения: большой вариативности атрибутики цвета; неоднородных исходных элементов формирования фракталов; комбинирования различных, в том числе классических, фракталов в мультифракталах.

Кроме того, возможности формирования фракталов расширены путем устранения, необходимых при других подходах, ограничений: исходные элементы формирования фракталов могут быть представлены пересекающимися множествами; применяются не только сжимающие отображения.

Предложенный подход позволил установить несколько неизвестных ранее свойств дробной размерности, заключающихся в возможности: её изменения в процессе порождения фрактала и сходимости, в частности, к единице; несовпадения дробных размерностей предела форм в процессе порождения и предельного фрактала $\lim\limits_{N\to\infty}(d(f_N)) \neq d(\lim\limits_{N\to\infty}(f_N))$.

Дано простое определение детерминированного геометрического фрактала, учитывающего все характеризующие его свойства.

THE SOLUTION OF THE PROBLEM ABOUT THE DEFORMATION OF A CIRCULAR CYLINDER WITH THE USE OF THE BESSEL'S FUNCTIONS ZERO AND FIRST ORDER

Shtefan T.A., Zasovenko A.V. Ph.D.
Zaporizhzhya National Technical University

When calculating technical problems often arise in which we have to deal with the bodies of revolution. In such cases usually considered somewhat simplified theory of elasticity, taking into account the symmetry of the said body [1].

The investigation is carried out in the direction of finding the critical regions of a deformable circular cylinder, which is under conditions of axial deformation under the action of a compressive load on one of the bases. The boundary conditions in the described case have the form:

$$w(r,l)=f(r),\ \tau_{rz}(r,0)=0,\ \sigma_z(r,0)=0,\ w(R,z)=0,$$

where $y=f(r)$ - the equation of the line, which the stamp describes in the final position.

The Erie's function is presented in a trigonometric form using the Bessel's functions of zero and first orders, which makes it possible to satisfy the conditions on the lateral surface of the cylinder [2]. Erie's Function $\phi(r,z)$ will be biharmonic, if

$$\phi(r,z)=\cos(kz)\left[b_k I_0(kr)+c_k kr I_1(kr)\right],$$

where $I_0(kr), I_1(kr)$ - generalized Bessel's functions of zero and first orders, respectively, b_k, c_k - arbitrary constants. We use boundary conditions, we find a function $f(r)$:

$$f(r)=\frac{c_1}{2\mu}\cos l\cdot\left[rI_1(r)-R\frac{I_1(R)}{I_0(R)}I_0(r)\right].$$

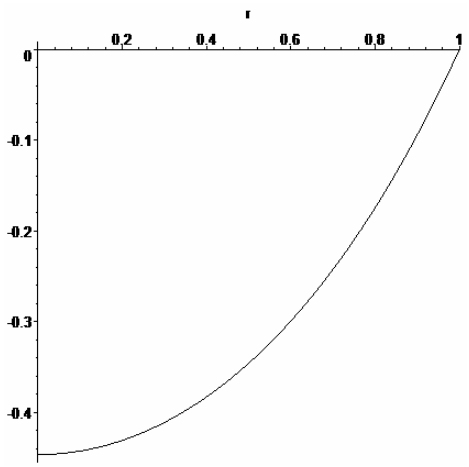


Figure 1. $f(r)$

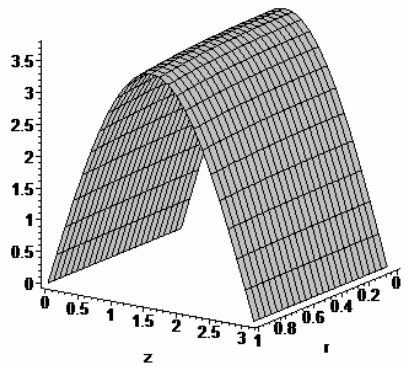


Figure 2. $F(x,y,z)$ if $R=1,\ \mu=0.5,\ c_1=1.$

The condition of strength can be represented in terms of the stress tensor components in a cylindrical coordinate system according to the energy hypothesis [3]:

$$F(x,y,z)=\sqrt{(\sigma_r+\sigma_\theta+\sigma_z)^2-3\left(\sigma_r\sigma_\theta+\sigma_r\sigma_z+\sigma_\theta\sigma_z-\tau_{rz}^2\right)}.$$

Analytical formulas are obtained for the rotating body in the case $k=1$. The function graph $F(x,y,z)$ is shown in Figure 2.

1. Тимошенко С.П. Курс теории упругости/С.П. Тимошенко. – Киев: Наукова думка, 1972.-508 с.
2. Ляв А. Математическая теория упругости/А. Ляв. – Москва: ОНТИ НКТП СССР, 1935. -675 с.
3. Штефан Т.А., Величко Е.В. Энергия формоизменения в коротком цилиндре при аксиальной симметрической деформации // Деформация и разрушение материалов. 2014. № 6. С. 12-18.

OPTIMIZATION PARAMETERS OF MECHANICAL DESTRUCTION NONMETALLIC COVERINGS OF ELECTRIC OCCASIONS

Yasev A.G.
National metallurgical academy of Ukraine

Use of system of mathematical modeling (which includes mathematical modeling, development of is constructive-technological offers, optimization of parameters) during the research of mechanical destruction of nonmetallic coverings of electric occasions is described in article [1].

As example there was formulated and solved task of optimization parameters of mechanical destruction of nonmetallic coverings of electric occasions. In this case as criteria of optimization was used quantity of energy W for realization of process. Other exit variations (effort of clamp of rollers F, productivity of process V, value of deformation Δ) were border numbers. Parameters of mechanical destruction of nonmetallic coverings of electric occasions which are obtained after optimization considered minimum of quantity of energy for realization of process.

$$W \Rightarrow \min$$
$$F \geq P$$
$$V \geq [V]$$
$$\Delta \leq [\Delta]$$

But there may be formulated other tasks of optimization parameters of mechanical destruction of nonmetallic coverings of electric occasions, which are important for practice too. These tasks were based on the same mathematical model, but as criteria of optimization (and border numbers) were used other exit variations.

For example if as criteria it is taken productivity V of process so under the optimal values of parameters the productivity of process will be maximum and all border numbers will be true.

$$V \Rightarrow \max$$
$$F \geq P$$
$$W \leq [W]$$
$$\Delta \leq [\Delta]$$

More seldom is variant of task optimization when as criteria is taken value of deformation Δ.

$$\Delta \Rightarrow \min$$
$$F \geq P$$
$$V \geq [V]$$
$$W \leq [W]$$

So mathematical model, which is obtained in [1], may be used for solving different kind of tasks optimization of parameters of mechanical destruction of nonmetallic coverings of electric occasions, which are important for practice.

In all cases may be used the same method of optimization [1, 2].

1. Ясев А.Г Система математического моделирования механического разрушения неметаллических покрытий электрических проводов // Системные технологии. – 2013. - №1 . - С. 72-78.

2. Ясев А.Г. Применение методов оптимизации технологических процессов. С. 163-217 // Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. - Т. 8: «Оптимизация технологических процессов в машиностроении» - Одесса: ОНПУ, 2004. - 509 с.

СЕКЦІЯ 4

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ

МЕТОДЫ СОЦИАЛЬНОГО ВЫБОРА В ЗАДАЧАХ АГРЕГИРОВАНИЯ ОЦЕНОК В РАНГОВЫХ ШКАЛАХ

Болтенков В.А. к.т.н., Куваева В.И., Червоненко П.П. к.т.н.
Одесский национальный политехнический университет

Вычислительный социальный выбор (англ. COMputer SOcial Choise – COMSOC) является молодой междисциплинарной областью знаний. Одним из его направлений является применением методов социального выбора – в частности, методов голосования в современных системах принятия решений, например, при формировании коллективных оценок, выраженных в ранговых шкалах [1].

Цели исследования – анализ протоколов голосования как методов социального выбора и применимости их в задаче консенсусного агрегирования ранговых предпочтений, в частности, в задачах коллективного экспертного оценивания, однако их рассмотрение и классификация недостаточно формализованы. Пусть имеется множество из m альтернатив $\{A_1, ..., A_m\}$, которые предъявляются t агентам, которые в теории социального выбора называются участниками голосования. Участники голосования должны сформировать профиль индивидуальных предпочтений, располагая альтернативы по степени предпочтения. При этом каждая альтернатива получает ранговую оценку $r_i, i = 1,...,m$. В результате применения одного из протоколов голосования необходимо построить агрегированное консенсусное ранжирование альтернатив, т.е. такое ранжирование, которое наилучшим образом отражает индивидуальные предпочтения всех участников голосования. Агрегированное консенсусное ранжирование должно выявить наилучшую альтернативу A^* и упорядочить остальные альтернативы по степени их коллективной предпочтительности. Анализ протоколов голосования позволил установить, что все они могут быть разделены на три класса: протоколы, основанные на подсчете баллов, протоколы, основанные на парных сравнениях альтернатив, рекуррентные протоколы или протоколы с последовательным удалением альтернатив. Всего рассмотрено 12 протоколов голосования [2,3]: протоколы Борда, Кондорсе, Симпсона, Доджсона, Коупленда, Фишберна, Блэка, Шульце, Нансона, Кумбса, Болдуина, Хэара. Все указанные протоколы голосования применены в коллективной экспертизе перед закупкой партии программируемых логических контроллеров (ПЛК) для промышленной автоматизации серии воздухоразделительных установок. Были выбраны пять альтернативных вариантов ПЛК, подлежащих коллективной экспертной оценке. Для коллективной оценки лучшего варианта ПЛК была сформирована группа из девяти экспертов – ведущих специалистов предприятия «Криопром» (г. Одесса) и ведущих преподавателей Института компьютерных систем Одесского национального политехнического университета. Индивидуальные профили предпочтений, сформулированные экспертами, обрабатывались перечисленными методами голосования. Для обработки результатов экспертизы применялся как on-line калькулятор, так и программы, составленные в системе компьютерной алгебры Scilab. В результате установлено, что практически все методы голосования дают одинаковое итоговое консенсусное ранжирование, в частности, наилучшей альтернативой является ПЛК ICPDAS XPAC-8000/ LinPAC-8000/ WinPAC-8000.

Выводы. Исследование показало, что применение методов голосования для формирования коллективной экспертной оценки в ранговых шкалах является весьма перспективным, поскольку методы голосования достаточно просты в алгоритмическом плане, легко реализуются в реальном времени и гарантируют получение точных результатов.

1. Endriss U. Trends in Computational Social Choice / U. Endriss (ed.). – ILLC, University of Amsterdam, 2017. – 402 p.

2. Петровский А. Б. Теория принятия решений. / А. Б. Петровский. – М.: Академия, 2009. – 400 с.

СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ПО ВИТКАХ РІЗЬБОВОГО З'ЄДНАННЯ НАСОСНИХ ШТАНГ

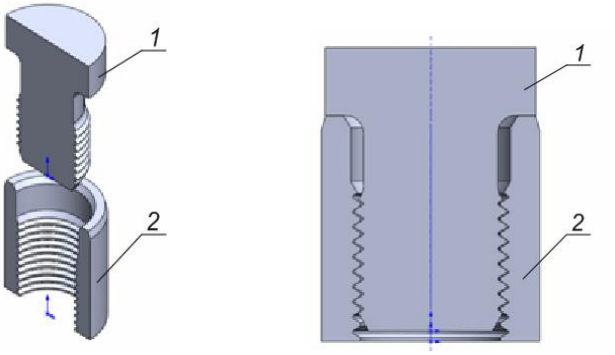
Дейнега Р.О. асистент, Пінчак Р.А. студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Різьбові з'єднання широко застосовуються не тільки у загальному машинобудуванні, але і нафтогазовій галузі. Вони є відповідальними елементами конструкцій. Наприклад, для видобування нафти використовують штангову свердловинну установку (ШСНУ), у якій штанги, що передають зворотно-поступальний рух від верстата-гойдалки до свердловинного насоса, з'єднуються між собою за допомогою різьб [1].

Проте у процесі експлуатації ШСНУ досить часто спостерігаються відмови свердловинного обладнання, особливо різьбових з'єднань колон насосних штанг [2,3].

Напружено-деформований стан різьбового з'єднання насосних штанг визначається характером розподілу навантажень по витках різьби, який є нерівномірним і залежить від багатьох чинників. Зважаючи на це, дослідження, вдосконалення існуючих та розроблення нових конструкцій різьбових з'єднань та заходів для підвищення їх експлуатаційних характеристик є актуальним завданням, що потребує вирішення.

Дослідження напруженого стану конструкції різьбового з'єднання насосних штанг. З метою визначення розподілу напружень, що виникають у конструкції різьбового з'єднання насосних штанг (19 мм) проведено імітаційне моделювання. Для цього у програмному середовищі SolidWorks здійснено побудову тримірної моделі конструкції різьбового з'єднання насосних штанг, яка зображена на рис. 1.



а) б)

1 – ніпель; 2 – муфта;
а) – у розібраному виді; б) – у зібраному виді
Рисунок 1 – Тримірна модель ніпеля та муфти

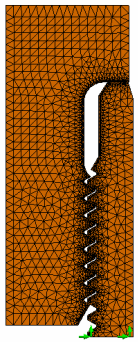


Рисунок 2 – Осесиметрична модель конструкції з'єднання з сіткою кінцевих елементів

Зважаючи на те, що при проведенні імітаційного моделювання конструкція різьбового з'єднання навантажуватиметься тільки моментом згвинчування, тримірну модель спрощено до осесиметричної (рис. 2).

Матеріалами для ніпеля та муфти прийнято сталь з наступними фізичними властивостями: $E=2{,}1\cdot10^{11}$ Па; $\mu=0{,}28$; $\sigma_т=620$ МПа.

Граничними умовами для з'єднання прийнято фіксацію моделі по торцю муфти та момент згвинчування. Імітація моменту згвинчування проводилась шляхом перекриття торців ніпеля та муфти з застосуванням меню програми «гарячая посадка».

Коефіцієнт тертя між усіма контактуючими поверхнями (витками різьби та упорними торцями ніпеля і муфти) прийнятий рівним 0,15. Під час розбиття моделі з'єднання на сітку кінцевих елементів (рис. 2), використано «елемент управления сеткой», що дало змогу збільшити кількість елементів сітки у зонах контакту витків різьби ніпеля та муфти та їх торців і отримати більшу точність результатів.

У результаті імітаційного моделювання встановлено величини еквівалентних напружень у впадинах витків різьби ніпеля (рис. 3) та побудовано графічну залежність їх розподілу (рис. 4).

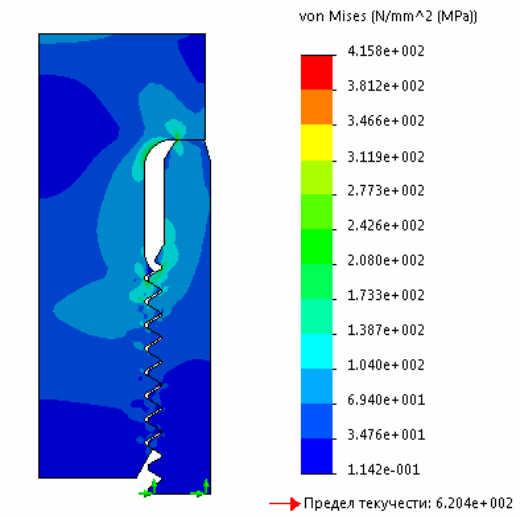


Рисунок 3 – Розподіл еквівалентних напружень у конструкції з'єднання

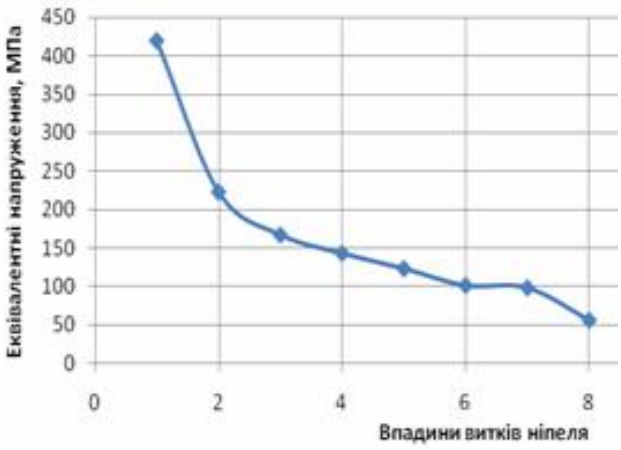


Рисунок 4 – Залежність розподілу еквівалентних напружень по впадинах витків ніпеля.

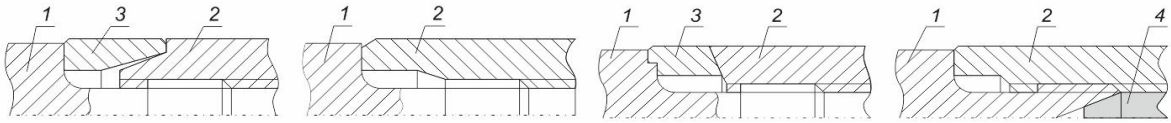
Як бачимо розподіл еквівалентних напружень по впадинах різьби ніпеля у стандартній конструкції з'єднання відбувається нерівномірно і основне навантаження несуть три перші витки від упорного торця ніпеля (рис.4). Отримані результати імітаційного моделювання корелюються з теорією А. І. Біргера [4], що підтверджує правильність побудови кінцево-елементної моделі конструкції різьбового з'єднання насосних штанг.

Огляд способів зменшення нерівномірності навантаження по витках різьби з'єднання насосних штанг

Руйнування різьбових з'єднань, особливо за знакозмінних навантажень, часто пов'язані із значною концентрацією напружень у впадинах різьби та в місцях переходу від головки ніпеля до стрижня [3].

Для підвищення рівномірності розподілу навантажень по витках різьби з'єднання насосних штанг без зміни параметрів профілю різьби використовують наступні техніко-технологічні способи:

1) Застосування муфти розтягу-стиску із змінним перерізом розтягнутої частини [4] (рис. 5, а).



а) б) в) г)

1 – штанга; 2 – муфта; 3 – протекторна вставка; 4 – конусна вставка;
а – з'єднання з застосуванням муфти стиску-розтягу;б – з'єднання, зі зрізаними першими витками різьби муфти;в – з'єднання з розтисканням перших витків муфти у радіальному напрямку; г – з'єднання з розтисканням останніх витків різьби ніпеля

Рисунок 5 – Способи підвищення рівномірності розподілу навантаження між витками різьби муфтового з'єднання насосних штанг

2) Застосування муфти виготовленої з матеріалу, модуль пружності якого відрізняється від модуля пружності матеріалу насосної штанги [7].

3) Покриття різьби муфти пластичним матеріалом [8].

4) Зміна модуля пружності матеріалу ніпеля [4].

5) Вибір оптимальної довжини згвинчування [4].

6) Застосування різьби ніпеля, утопленої в різьбі муфти [4,5].

7) Використання зрізу перших витків різьби муфти (рис. 1, б) [4].

8) Розтискання перших витків різьби муфти у радіальному напрямку [4,5,8], яка дозволяє збільшити податливість перших витків і забезпечити обтискання останніх (рис. 1, в).

9) Обтискання останніх витків різьби муфти [8].

10) Розтискання останніх витків різьби ніпеля (рис. 1, г).

11) Попереднє пластичне деформування перших витків ніпеля або муфти.

Можливе також одночасне поєднання кількох способів вирівнювання розподілу навантажень по витках різьби.

Отже, незважаючи на різноманіття наведених способів зменшення нерівномірності розподілу навантажень по витках різьби у з'єднанні насосних штанг слід їх дослідити за допомогою імітаційного моделювання з урахуванням всіх навантажень, що діють під час роботи у свердловині.

1 Штанги насосные и муфты штанговые. Технические условия. Sucker rods and sucker rod couplings. Specifications: ГОСТ 13877-96 – [Взамен ГОСТ 13877-80; Введ. 01.01.2001]. – М.: Изд-востандартов, 2001., – 33 с.: ил.

2 Копей В. Аналіз відмов колон насосних штанг в НГВУ "Долинанафтогаз" / Володимир Копей, Іван Стеліга // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2002. – № 4(5). – С. 78-80.

3 Тараевский С. Анализ поломок глубиннонасосных штанг в НГДУ "Долинанефтегаз" / С. И. Тараевский, Б.В. Копей // Разведка и разработка нефтяных и газових месторождений. Респ. межвед.научн.-техн. сборник. Вып.19. –Львов.: Вища школа, 1982, – С.104-107.

4 Биргер И.А. Резьбовые и фланцеве соединения. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б.– М.: Машиностроение, 1990. - 368 с.

5 Фаерман И. Л. Штанги для глубинных насосов / И.Л. Фаерман. – Баку: Азнефтеиздат, 1955. – 323 с.

6 Круман Б.Б. Глубинно-насосные штанги / Б.Б. Круман. – М.: Недра, 1977. – 181с.

7 Якушев А.И. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений / А.И. Якушев, Р.Х. Мустаев, Р.Р. Мавлютов //– М.: Машиностроение, 1979. – 215 с., ил.

8 Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 2. Изд. 2-е, перераб. и доп. / П.И. Орлов-М.: Машиностроение, 1977. – 574 с. с ил.

PROCESSORS SELECTION PROBLEM IN THE MODULE COMPUTING SYSTEM WHEN MAKING NEW TECHNOLOGICAL PROCESSES

Ivaschenko V.P. Doctor of Technical Sciences, Shvachych G.G. Doctor of Technical Sciences, Ivaschenko O.V., Busygin V.V.
National Metallurgical Academy of Ukraine

Making and improvement of new technological processes associated with thermal treatment of metal, require considerable expenses for a large number of field experiments on laboratory, experimental and industrial equipment, and in industrial conditions as well. The reduction of experimental studies and the time to conduct them with obtaining of necessary information for making and implementation of technological developments can be achieved through the application of multiprocessor computing systems. The multiprocessor computing system is mounted in the form of a separate module and allows on the basis of the mathematical model of the sample heating process in production conditions to control the heating of the wire before the transition to the austenite field to the phase recrystallization temperature on the entire area of the long steel product's cross section, followed by solution of the heat conductivity inverse problem, to control the required mode of isothermal exposure in the range of annealing temperatures on the entire area of the sample's cross-section. In this case, the technological process of steel thermal treatment should acquire such advantages as high performance, reduced power consumption, performance characteristics improvement.

Consequently, the problems class, considered in this paper, is solved by means of a multiprocessor computing system. Due to the stated above, there is a problem of matching the capabilities of the processors and the cluster system network interface. In this paper, the solution to this problem is illustrated by two processors application of the *Intel Pentium* 4 3 *GHz* and *Intel E8400* 3 *GHz* in a multiprocessor cluster system. As a solution example of the metal product thermal processing problem, analytical relations are derived for determining the optimal number of nodes in the cluster system in accordance with the selected processors. The coefficient value of the selected processors capabilities coherence, the network interface and the computing area value are deriviated. Such a coefficient analysis is carried out. Thus, it is shown that the optimal blades number of a cluster system, which yields its highest speed, decreases with increasing computing power of processors from which the cluster system is composed. Since, the less time is spent directly on the associated problem calculation, the more noticeable is the computation process overall deceleration of the network data exchange between cluster system nodes. The cluster system efficiency estimations when solving problem of metal thermal processing for different class of processors are determined.

The researches show that in first case (by using *Intel Pentium* 4 3 *GHz* processor), the optimal nodes number in a cluster system, when maximum parallelization efficiency is achieved, is $N = 8$. Such a cluster size provides 4.28 times faster problem solution, than with single computer computation. According to the calculated data, the proposed cluster mode allowed not only to improve system efficiency, but also significantly reduce computing time, from 83.11 to 19.52 seconds. At the same time, it should be stated out that such a calculations acceleration value is unable to provide the control of temperature fields during the thermal processing of metal products throughout all its cycles. In this problem framework, for the *Intel E8400* 3 *GHz* processor, the optimal nodes number in a cluster system, which achieves maximum parallelism efficiency, corresponds to $N = 4$. For a given cluster size, the task will be 2.13 times faster than with a single computer computation. According to the calculation data, such a cluster mode allowed to reduce computing time significantly. For instance, the computing time has been decreased from 17.75 seconds to 8.33 seconds. Should be noted that this acceleration calculations value is able to allow to control the temperature fields during the metal products thermal processing throughout all its cycles.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КРІПЛЕННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ОМАГНІЧУВАННЯМ ТАМПОНАЖНОГО РОЗЧИНУ

Концур І.Ф. к.т.н., Лях М.М. к.т.н., Михайлюк В.В. к.т.н., Дейнега Р.О. асистент,
Паневник Д. О. асистент, Гонтар В.А. студент-магістр
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Від якості кріплення залежить надійність розмежування пластів і довговічність експлуатації свердловин. Важливість цементувальних робіт обґрунтовується тим, що вони є кінцевими, а невдачі при їх виконанні можуть звести до мінімуму успіх попередніх етапів будівництва нафтових і газових свердловин.

До основних факторів, які підвищують якість тампонажних робіт відносяться ті, які забезпечують високу міцність і адгезію цементного каменю з обсадною колоною і стовбуром свердловини при найповнішому видаленню бурового розчину та найменших витратах ресурсів і часу.

Метод магнітної обробки тампонажного розчину полягає в тому, що тимчасово на нього діють магнітним полем. За рахунок цього відбувається зміна його властивостей.

Перші дослідження пов'язані із застосуванням омагніченої води для замішування цементного тіста проводилися багато років тому. При цьому спостерігалось підвищення міцності цементних зразків на 10%. Встановлено, що приріст міцності залежить від мінералогічного складку цементу, напруженості магнітного поля і швидкості руху води в омагнічуючому пристрої.

Величина напруженості магнітного поля може змінюватися в межах $10^2 \ldots 10^6$ А/м. Верхня границя величини напруженості магнітного поля обумовлена межею її отримання в робочих зазорах апаратів, які складаються з постійних магнітів. Нижню межу напруженості магнітного поля можна ще зменшити. Важче змінювати конфігурацію магнітного поля. Найчастіше її зміна приводить до зменшення напруження чи до збільшення часу оброблення середовища. Створення високих полів електромагнітами є неприйнятним з погляду зростання енерговитрат.

Оптимальна швидкість руху потоку омагнічуваного середовища складає 1…5 м/с. Цей параметр належить до стабільних. Час магнітної обробки взаємопов'язаний із швидкістю і його зміна в магнітному пристрої без зміни швидкості неможлива.

Під дією магнітного поля проходить деформація водневих зв'язків у структурі води, в результаті чого появляються вільні молекули води і іони. Оскільки іони мають значно менші розміри, то вони легше проникають в решітку твердого тіла, викликаючи при цьому його гідратацію. Крім того, під дією магнітного поля відбувається зміна фізико-хімічних властивостей водяної системи, а це прямо стосується кристалізації.

На ефективність магнітної обробки впливає:

1) напруженість магнітного поля в пристрої;
2) кількість реверсів (число пар полюсів);
3) довжина чи час дії магнітного поля;
4) швидкість руху середовища в робочому каналі пристрою;
5) величина масштабу дрібних турбулентних пульсацій;
6) число Рейнольдса для потоку;
7) градієнт поля напруженості;
8) якість оброблюваного середовища (кількість домішок заліза, соляний склад, жорсткість води);
9) сезонний фактор.

Розроблено омагнічуючий пристрій, який відрізняється від аналогів конструкцією магнітної системи. У ній використані постійні феритобарієві магніти, в яких характеристики є незмінними протягом значного періоду часу (після 10 років експлуатації напруженість магнітного поля знизилась тільки на 5%). Для збільшення напруженості магнітного поля в робочих зазорах пристрою магнітна система виконана у вигляді набору магнітних і полюсних кільцевих елементів. Розміщення магнітних елементів в системі однойменними полюсами один до одного забезпечує об'ємну обробку тампонажного розчину змінним магнітним полем.

При промислових дослідженнях омагнічування тампонажного розчину у процесі кріплення нафтових і газових свердловин отримано підвищення границі міцності цементного каменю на згин близько 44-46%, на стиск – 60-100%, на зчеплення із металом – 16%.

Крім цього, магнітна обробка тампонажного розчину підвищує його плинність, збільшує корозостійкість та знижує пористість і водопоглинання цементного каменю.

1. Лівак І.Д., Концур І.Ф., Шостаківськкій І.І. Основи нафтогазової справи. Навчальний посібник.- Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014-432с.
2. Классен В.И. Омагничивание водных систем.-М.: Химия, 1982.

КОМПЛЕКС НЕИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ, РЕАЛИЗУЕМЫХ МНОЖЕСТВОМ ДИНАМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА МНОЖЕСТВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Лабуткина Т.В. к.т.н., Хлопонина А.В., Лукьяненко И.Г., Мартынов В.В.
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Все более актуальны задачи использования множества N_m средств, каждое из которых предназначено для выполнения однотипных операций постоянной длительности с любым из объектов множества N_O. Пусть такой операцией будет сеанс взаимодействия средства n с объектом j, проводимый с целью обновления о нем информации. Для каждой пары «средство и объект наблюдения» определяют ряд динамический показателей, характеризующих условия благоприятности проведения наблюдения, а также условия доступности объекта для наблюдения этим средством в конкретный момент времени. Для средства наблюдения n могут быть определены отрезки времени, в течение которых объект j доступен для наблюдения. В частном случае динамика средств и объектов наблюдения может быть обусловлена их движением, приводящем к изменению их положения друг относительно друга, а также относительно среды проведения наблюдений. В постоянную длительность сеанса наблюдения включено максимальное время переведения устройства наблюдения с одного объекта на другой. Интервал времени, для которого составляется план, превышает длительность сеанса наблюдения, по меньшей мере, на порядок. Число объектов наблюдаемого множества N_O существенно превышает число N_m средств наблюдения (величина превышения от одного порядка до десятка порядков). Наблюдаемое множество объектов включает в себя от нескольких сотен до тысяч единиц. Полагается, сто каждое устройство постоянно занято наблюдением, мгновенно переориентируясь с одного объекта на другой. Необходимо составить комплексный (согласованный) план использования всех устройств наблюдения для заданного множества объектов наблюдения. При планировании стремятся удовлетворить два основных требования: 1) для каждого объекта желательно обеспечить как можно большее число его наблюдений, 2) предпочтительно равное число наблюдений для каждого объекта. Кроме того, для поддержания актуальной информации об объекте, которая с течением времени медленно меняется, предпочтительно относительно равномерно разнести сеансы его наблюдения по интервалу времени планирования. Дополнительно к поставленным требованиям может быть учтено стремление обеспечить более высокие показатели «качества» условий проведения наблюдений. Время, отведенное для составления плана, существенно ограничено. «Быстрое» планирование необходимо, например, при частых перепланировках вследствие нереализованных наблюдений или изменения множества средств наблюдения или множества объектов наблюдения. Применение итерационных методов, позволяющих в ходе многих итераций разработать квазиоптимальный план, в данном случае затруднительно, – вследствие многочисленности наблюдаемого множества это потребует существенных затрат времени. Разработан комплекс неитерационных методов планирования. Они базируются на разбиении интервала времени, для которого составляется план, с шагом, равным длительности сеанса наблюдения. Каждый из предлагаемых методов включает несколько этапов (от 1 до 7) последовательного рассмотрения интервалов разбиения (интервалов планирования). На каждом k-ом шаге разбиения для каждого n-го средства наблюдения рассматривается множество m_{kn} доступных ему объектов. На первых этапах рассчитываются показатели условий проведения наблюдений для каждого объекта и объекты множеств m_{kn} ранжируются по этим признакам. На следующих этапах определяются показатели, позволяющие сравнивать положения объектов в списках ранжирования на различных интервалах наблюдений, и реализуется ранжирование по этим показателям. Последний этап – составление плана. На k-ом шаге для каждого устройства определяется наблюдаемый объект с учетом результатов планирования, полученных на предыдущих шагах, и результатов предыдущих этапов. Последний этап планирования или текущая коррекция плана могут осуществляться в ходе наблюдения.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ НАСОСНИХ ШТАНГ

Михайлюк В.В. доцент, Юрич А.Р. доцент, Харламов Б.В., студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

На даному етапі розвитку нафтогазової промисловості існує декілька способів видобування нафти, але виходячи з можливостей їх реалізації і застосування найбільш поширеним на родовищах України є глибинно-насосний із використанням різного виду насосів. Більшість нафтових свердловин експлуатуються штанговими свердловинними насосними установками (ШСНУ), за допомогою яких видобувається близько 50 % всієї нафти. Це пояснюється відносною простотою конструкції ШСНУ та зручністю в експлуатації.

Разом з тим, як показують промислові дані по експлуатації ШСНУ, мають місце численні відмови їх свердловинного обладнання, в тому числі і різьбових з'єднань колон насосних штанг (КНШ). Напружено-деформований стан різьбового з'єднання КНШ визначається характером розподілу навантажень по витках різьби, який є нерівномірним і залежить від багатьох чинників. Зважаючи на це, дослідження, вдосконалення існуючих та розроблення нових конструкцій різьбових з'єднань та заходів для підвищення їх експлуатаційних характеристик є актуальним завданням, що потребує вирішення.

Відмови різьбових з'єднань [1, 2] НШ найбільш розповсюджені і складають більше 30 % (не враховуючи відгвинчування з'єднання і обриви тіла муфт) від загальної кількості відмов штангової колони. Це пов'язано з тим, що в різьбовому з'єднанні [3] насосних штанг навантаження по витках різьби розподіляється нерівномірно. Відомо, що у з'єднаннях такого типу навантаження зростає від останніх до перших витків за законом гіперболічного косинуса, при чому на перші два витки припадає від 38 до 47 % загального навантаження [3].

З'єднання НШ [4] мають конструктивні елементи (розвантажувальну канавку, зрізи перших витків тощо), які призначені для зменшення навантаження на перші витки. Разом з тим дослідження [1, 2, 4, 5, 6] підтверджують, що більшість втомних поломок різьбових з'єднань НШ таки відбуваються по перших впадинах витків різьби ніпеля.

Вдосконалення існуючої конструкції різьбового з'єднання насосних штанг

Характер розподілу навантаження між витками різьби є однією з оцінок досконалості динамічно навантажених різьбових з'єднань [3].

На розподіл зусиль між витками різьби, перш за все впливають конструктивні параметри самого з'єднання (рис. 1, а), а саме: висота контактуючої різьбової частини; товщина стінки муфти; крок різьби; профіль різьби; матеріал, з якого виготовлені ніпель та муфта; точність виготовлення різьби [3].

Для зміни розподілу навантажень по витках різьби використовують також змінний середній діаметр різьби муфти [3, 7]. Застосувати змінний середній діаметр різьби можна і на ніпелі НШ. Для цього пропонується у тілі ніпеля виконувати отвір на глибину 20 мм та діаметром 16 мм. (рис. 1, б). Всередину отвору за допомогою посадки з натягом встановити елемент, профіль якого відмінний від циліндричного та буде визначено за допомогою імітаційного моделювання.

З метою визначення розподілу напружень, що виникають у конструкції як стандартного [4] так і вдосконаленого різьбового з'єднання насосних штанг (19 мм) проведено імітаційне моделювання. Для цього у програмному середовищі SolidWorks здійснено побудову тримірних моделей конструкцій різьбових з'єднань насосних штанг, які зображені на рис. 1.

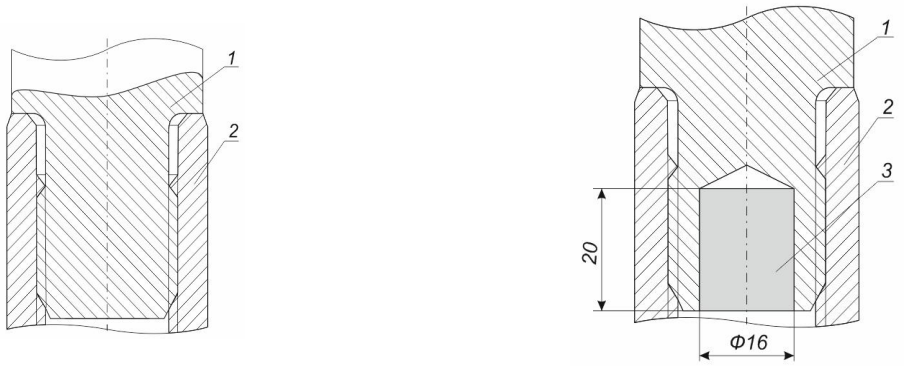
Зважаючи на те, що при проведенні імітаційного моделювання конструкції різьбових з'єднань навантажуватимуться тільки моментом згвинчування, тримірні моделі спрощено до осесиметричних.

Матеріалами для ніпеля, муфти та вставного елементу прийнято сталь з наступними фізичними властивостями: $E=2{,}1\cdot10^{11}$Па; $\mu=0{,}28$; $\sigma_т=620$ МПа.

Граничними умовами для з'єднання прийнято фіксацію моделі по торці муфти та момент згвинчування. Імітація моменту згвинчування проводилась шляхом перекриття торців ніпеля та муфти з застосуванням меню програми «гарячая посадка».

Коефіцієнт тертя між всіма контактуючими поверхнями (витками різьби; упорними торцями ніпеля і муфти; вставним елементом та ніпелем) прийнятий рівним 0,15.

У результаті дослідження отримані графічні залежності розподілу напружень по впадинах витків ніпеля (рис. 2).



а) б)

а) – стандартна конструкція; б) – запропонована конструкція;
1 – ніпель; 2 – муфта; 3 – вставний елемент

Рисунок 1 – Конструкції різьбових з'єднань насосних штанг (діаметром 19 мм)

1 – стандартне з'єднання; 2 – запропоноване з'єднання

Рисунок 2 – Розподіл напружень по впадинах витків ніпеля

Як бачимо розподіл еквівалентних напружень по впадинах різьби ніпеля у стандартній конструкції з'єднання відбувається нерівномірно і основне навантаження несуть три перші від упорного торця ніпеля витки (рис. 2). Отримані результати імітаційного моделювання корелюються з теорією А. І. Біргера [3], що підтверджує правильність побудови кінцево-елементної моделі конструкції різьбового з'єднання НШ.

В удосконаленій конструкції з'єднання НШ (рис. 2) порівняно із стандартною спостерігається більш рівномірний розподіл напружень по впадинах витків різьби ніпеля та зниження величин напружень у першому витку в межах 60 МПа. В третьому та наступних витках ніпеля напруження зростають та вирівнюються по величині. Вирівнювання напружень по впадинах витків позитивно впливатиме на роботу з'єднання насосних штанг при дії циклічного навантаження.

Однак, одним із визначальних факторів працездатності запропонованої конструкції різьбового з'єднання є спосіб посадки додаткового елементу у отвір, що виконаний у ніпелі. Тому пропонується встановлювати додатковий елемент тільки з його охолодженням або нагріванням ніпеля. Виконання посадки додаткового елементу з натягом за допомогою пресу категорично забороняється.

1. Копей В. Аналіз відмов колон насосних штанг в НГВУ "Долинанафтогаз" / Володимир Копей, Іван Стеліга // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2002. – № 4(5). – С. 78-80.

2. Тараевский С. Анализ поломок глубиннонасосных штанг в НГДУ "Долинанефтегаз" / С.И. Тараевский, Б.В. Копей // Разведка и разработканефтяных и газовыхместорождений. Респ. межвед.научн.-техн. сборник. Вып.19. –Львов.: Вища школа, 1982, – С.104-107.

3. Биргер И.А. Резьбовые и фланцевыесоединения.Биргер И.А.,Иосилевич Г.Б.– М.: Машиностроение, 1990. - 368 с.

4. Штанги насосные и муфтыштанговые. Техническиеусловия. Suckerrodsandsuckerrodcouplings. Specifications: ГОСТ 13877-96 – [Взамен ГОСТ 13877-80; Введ. 01.01.2001]. – М.: Изд-востандартов, 2001., – 33 с.: ил.

5. Фаерман И. Л. Штанги для глубинныхнасосов / И.Л. Фаерман. – Баку: Азнефтеиздат, 1955. – 323 с.

6. Круман Б.Б. Глубинно-насосные штанги / Б.Б. Круман. – М.: Недра, 1977. – 181с.

7. Михайлюк В.В. Розроблення різьбового з'єднання насосних штанг з рівномірним розподілом зусиль між витками різьби / Михайлюк В.В.//Науковий вісник ІФНТУНГ. – Івано-Франківськ: – 2010. – №4(26). – С. 61-65.

МОДАЛЬНАЯ РОБАСТНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ В ПАРАМЕТРАХ

Михалев А.И. д.т.н., Стенин А.А. д.т.н., Солдатова М.А., Стенин А.С.
Национальная металлургическая академия Украины,
НТУУ «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского

В настоящее время большой интерес вызывают задачи оптимальной стабилизации заданных режимов работы различных объектов управления с параметрической неопределенностью. Особенно остро эта задача касается технологических процессов в различных отраслях производства, в частности, в машиностроении.

В большинстве случаев это связано, в первую очередь, с невозможностью точно определить параметры технологических процессов, упрощением описания математической модели, снижением степени сложности, пренебрежением существующих нелинейностей. Кроме того, параметры могут изменяться под действием внешних неконтролируемых возмущений и т.д. В этих случаях для обеспечения выполнения заданных режимов работы технологических процессов, а, следовательно, и обеспечения качества выпускаемой продукции, требуется постоянная коррекция параметров управляющего устройства, что не всегда удобно с практической точки зрения. Именно поэтому возникает необходимость создания робастных систем управления, которые обеспечивали бы требуемое качество функционирования в этих условиях. Созданию робастных систем управления посвящен целый ряд работ. В большинстве работа синтез робастного регулятора рассматривается как задача выбора среди множества стабилизирующих регуляторов такого, который оптимизирует некоторый критерий, характеризующий качество управления. Наиболее распространенным ее решением является метод H_∞-оптимизации, который заключается в построении стабилизирующего регулятора для систем с возмущениями. Регуляторы, синтезированные с использованием этого критерия оптимальности, обеспечивают устойчивость замкнутой системы и минимальную чувствительность к возмущениям, однако не обеспечивают заданное качество переходных процессов.

Основная идея предложенной в докладе модальной робастной стабилизации технологических процессов с параметрической неопределенностью состоит в том, что при возможных допустимых вариациях параметров технологического процесса, переходные процессы в системе робастной стабилизации должны оставаться в пределах заданных допустимых областей (множеств) гарантированным образом [1]. Границы этих множеств задаются соответствующим расположением корней проектируемой системы, обеспечивающих заданное качество переходных процессов[2].

1. Оморов Т.Т. Принцип гарантированной динамики в теории систем управления. Кн.1.Бишкек.-Илим.2001.-150с.

2. Михалев А.И., Солдатова М.А., Стенин А.С. Модальный синтез оптимальных законов стабилизации объектов управления с транспортным запаздыванием // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 4 (111). - Дніпро, 2017. - С.30 - 38.

МОДЕЛЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВІБРОЧАСТОТНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВІБРАЦІЙ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Олійник О.Ю. к.т.н.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Сьогодні все більш широке поширення на підприємствах металургійного комплексу находять системи моніторингу та діагностування стану обладнання. Альтернативою таким системам є проведення діагностування стану обладнання з використанням органолептичних методів, які не можна охарактеризувати як високонадійні та точні. Одним з важливіших параметрів, що підлягають контролю є вібрація. Вібрацію не можливо оцінити органолептично з високою вірогідністю. Тому реалізація автоматичного контролю вібрацій у складних умовах металургійних виробництв це актуальною науковою задачею.

Дуже часто у системах моніторингу та діагностування стану обладнання використовуються віброчастотні датчики з механічними резонаторами, серед яких найпоширенішими є струнні перетворювачі вібрацій. Парк струнних вібрачастотних датчиків сьогодні динамічно розвивається за рахунок використання нових форм, матеріалів для виготовлення резонаторів − чутливих елементів. Проте основною складністю є не вимірювання вібрації, а настройка, калібровка датчика та інтерпретація результатів вимірювання.

Особливою складністю є візуалізація згинальної лінії струни резонатору, так як початкова форма коливань струни залежить від системи збудження струн. У роботі була розроблена модель візуалізації струни, яка дозволяє побачити, як резонує датчик при вимірюванні сигналу. Також модель передбачує візуалізацію форм коливань резонатору для початкових умов «удар», «щипок» і т.д. (рис.1).

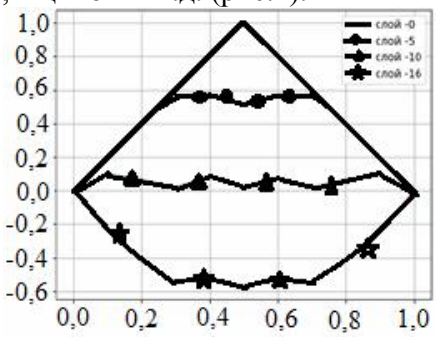


Рисунок 1 – Приклад візуалізації форм коливань струнного резонатору для початкових умов «удар»

Використання моделі візуалізації вирішує задачу вибору оптимальних конструктивних характеристик сенсора для кожного конкретного випадку експлуатації металургійного обладнання.

1. Рахманов С. Р., Тополов В. Л. Экспериментальное исследование виброактивности станов винтовой прокатки труб трубопрокатного агрегата ТПА 140 //Вібрації в техніці та технологіях. – 2011. – №. 2. – С. 91-96.

2. Oliynyk, O. Development of auto-oscillating system of vibration frequency sensors with mechanical resonator [Text] / O. Oliynyk, Yu. Taranenko, A. Shvachka, O. Chorna // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2017. – Vol.85. – P. 56-60.

3. Олейник О.Ю. Чисельне рішення вільних коливань струни з урахуванням початкової форми згинальної лінії струни [Текст] / О.Ю. Олейник, Тараненко Ю.К. //Методи та прилади контролю якості.− 2017. –Т.№39.− С97−102

ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ У SOLIDWORKS SIMULATION

Рудик О.Ю. к.т.н., Ружицький А.В. студент
Хмельницький національний університет

Розглядали фізичні процеси, які характеризують напружено-деформований стан хрестовини карданної передачі автомобіля МАЗ-5336. Переважаючими видами відмов цього вузла в експлуатації є руйнування поверхонь шипів хрестовини (знос її торців і поломка), задирки та заїдання компенсатора лінійних переміщень карданної передачі, а також порушення збалансованості вала, що призводить до вібрацій з наступним руйнуванням підшипників коробки передач, мостів і проміжних опор.

Щоб теоретично підтвердити висновки експлуатаційних випробувань використали додаток SolidWorks Simulation 3D системи твердотільного параметричного моделювання SolidWorks: за допомогою системи лінійних алгебраїчних рівнянь проводили розрахунки значень пружних напружень і деформацій у кожному вузлі сітки скінченних елементів. Значення даних характеристик у будь-якій точці обраної області будували методом апроксимації.

З бібліотеки SolidWorks вибрано матеріал хрестовини – сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-71. Розрахунковий крутний момент на хрестовині визначили на нижчій передачі коробки передач і роздавальної коробки (3314,88 Нм). Параметри сітки: розмір елементу 12,009 мм, допуск 0,600451 мм, всього вузлів 8980, всього елементів 5584. Результати розрахунків: при шкалі деформації 185,076 максимальні вузлові напруження von Mises виникають у вузлі № 7431 і складають 260,48 МПа (рис. 1), тобто не перевищують допустимих значень (мінімальний коефіцієнт запасу міцності k = 2,0731 – вузол № 7431).

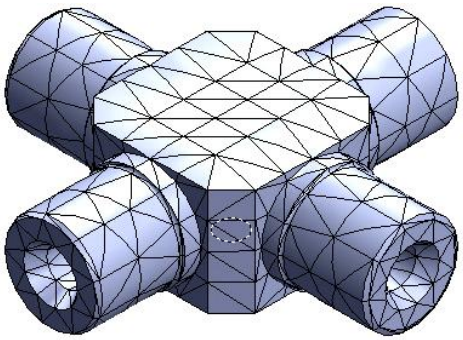


Рисунок 1 – Скінченно-елементна сітка хрестовини типу „на твердому тілі”

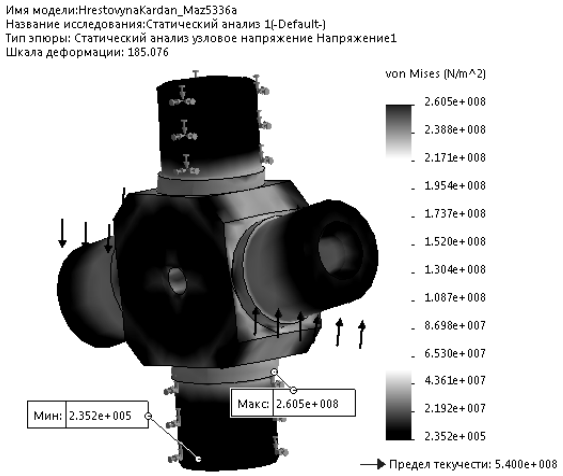


Рисунок 2 – Контурний графік сумарних напружень von Mises

Також встановлено, що максимальна деформація хрестовини складає 0,00094 %., тобто вона не може бути причиною погіршення працездатності карданної передачі. Очевидно, саме знос шипів є причиною її втрати, так як хрестовина кардана в зборі з підшипником працює в умовах зворотно-обертальних рухів при коченні з проковзуванням при наявності великих циклічних контактних напружень і в умовах граничного змащування за наявності в контакті абразивних часток. В результаті вона піддається втомному, окислювальному, абразивному зношуванню і викришуванню.

Таким чином, отримані результати свідчать, що за даного рівня навантажень хрестовина, не дивлячись на наявність місцевих зон пластичності, зберегла несучу здатність з точки зору статичної міцності. Але дія циклічних навантажень може привести до руйнування при досить невеликому числі циклів. Тому подальші дослідження з використанням додатків SolidWorks Floxpress і SolidWorks Motion, дозволять застосувати дію температур на різні ділянки та оцінити ефект циклічних (з постійною та змінною амплітудою) втомних навантажень у моделі.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКІВ У SOLIDWORKS SIMULATION

Рудик О.Ю. к.т.н., Рябець М.С. студент
Хмельницький національний університет

Однією з найбільш складних у виготовленні й ремонті деталей автомобілів є колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння, основний дефект якого – зношування корінних і шатунних шийок. Колінчасті вали мають порівняно невелику жорсткість і легко деформуються під впливом радіальних та осьових навантажень. Тому при обробці, особливо чистовій, потрібно вживати заходів запобігання деформаціям. Для шліфування шатунних шийок колінчастий вал на верстаті встановлюється в центрозміщувачах, які забезпечують зміщення осі вала на величину радіуса кривошипа й суміщення осі шатунних шийок з віссю шпинделя верстата. Найбільш навантажена деталь центрозміщувача (рис.1) – вал, статичний аналіз якого проведено за допомогою SolidWorks Simulation (рис. 2).

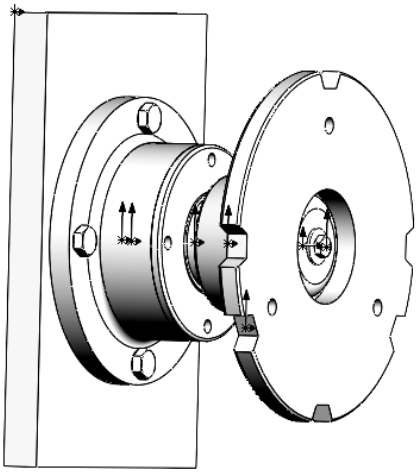


Рисунок 1 – Центрозміщувач колінчастого вала

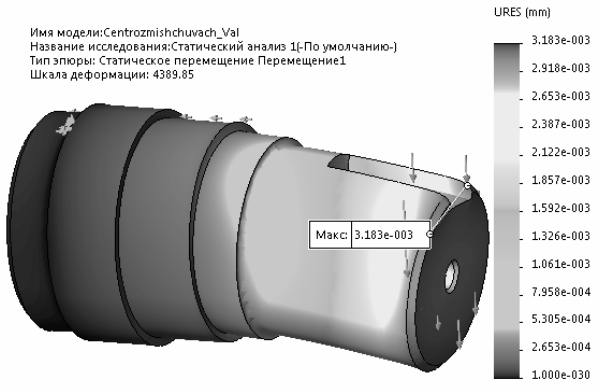


Рисунок 2 – Епюра розподілу переміщень вала центрозміщувача URES

Процедуру моделювання вала здійснювали шляхом задання:

– моделі властивостей матеріалу, з якого вона виготовлена (сталь AISI 1010 – аналог сталі 10, з якої виготовлений вал центрозміщувача);

– закріплення та діючих сил, які прикладаються до її елементів (діюча на вал центрозміщувача сила – це сумарна вага оброблюваної деталі, тобто колінчастого вала, патрона з ділителем, власної ваги вала та центробіжної сили – 1392 Н).

Після побудови сітки скінчених елементів (29 точок Якобіана) запустили розрахунок (будується матриця жорсткості; проводиться синтез скінченно-елементної моделі з окремих елементів з урахуванням умов закріплення деталі у вузлових точках; розв’язується одержана система алгебраїчних рівнянь і визначаються компоненти напружено-деформованого стану):

– максимальні вузлові напруження Von Mises, результуюче переміщення URES та еквівалентна деформація ESTRN для вала складають σ = 18,7533 МПа (вузол № 199), h = 0,003183 мм (рис. 2) і δ = 0,0000337 мм (елемент № 6368) відповідно. При цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності знаходиться у вузлі № 199 і становить k = 9,598, що більше допустимого ($[k]$ = 1,5).

Таким чином, міцність вала центрозміщувача гарантована. Але, так як допуск на шліфування шийки колінчастого вала дорівнює Δ = 0,0022 мм, а результуюче переміщення h = 0,003183 мм, то необхідно змінити:

– або розміри вала центрозміщувача (у сторону їх збільшення), що призведе до зміни розмірів інших деталей центрозміщувача;

– або матеріал вала центрозміщувача (у сторону збільшення його міцнісних характеристик).

ЗАСТОСУВАННЯ SOLIDWORKS SIMULATION ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗНІМАЧА ШКІВА ГЕНЕРАТОРА

Рудик О.Ю. к.т.н., Старий А.Л. студент
Хмельницький національний університет

Одна з умов високоякісного та швидкого розбирання машин — забезпеченість робочих місць правильно вибраним, необхідним для цієї мети інструментом і пристосуваннями (знімачами). За конструкцією знімачі дуже різноманітні, оскільки роз'єднувані з їх допомогою деталі мають різні форми та розміри. Однак, не дивлячись на велику різноманітність конструкцій, у всіх знімачів є вузли і деталі, загальні за призначенням, а часто і формою. Одна з таких деталей – траверса, яка працює на згинання. Тому задачею дослідження ставилось визначення у SolidWorks Simulation максимального зусилля, яке можна прикласти до траверси спроектованого знімача шківа генератора (рис. 1; іноді зняти зіпсований або ушкоджений шків не так просто, так як він окислюється й міцно прилипає до генератора). При цьому відштовхувались від коефіцієнту запасу міцності $k = 3$.

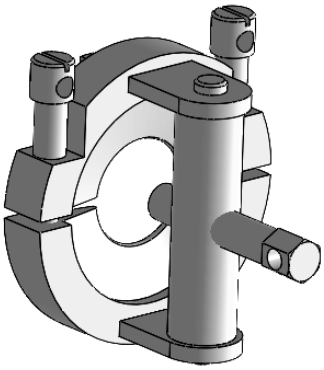


Рисунок 1 – Твердотільна модель знімача шківа генератора

Встановлено, що для сталі 40Х ГОСТ 4543-71, з якої виготовлюють траверсу, при заданому коефіцієнті запасу міцності $k = 3$ максимальне зусилля складає 6200 Н. При цьому максимальне напруження $\sigma = 260{,}04$ МПа виникає у вузлі 54 (рис. 2).

Ім‘я	Тип	Мінімум	Максимум
Напруження	VON: Напруження Von Mises	642777 N/m^2 Вузол: 9763	2.6004e+008 N/m^2 Вузол: 54
Запас міцності	Авто	2.99953 Вузол: 54	1213.49 Вузол: 9763

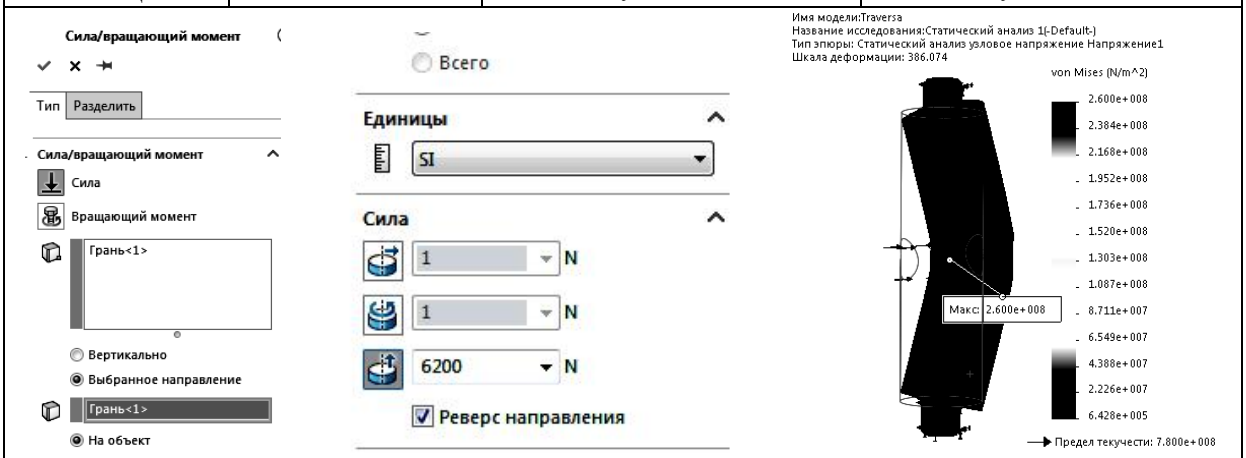


Рисунок 2 – Розподіл у траверсі еквівалентних сумарних напружень von Mises

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЯЕМОГО ОБЪЕКТА

Сенькин В. С. к. т. н., Сюткина-Доронина С. В.
Институт технической механики Национальной академии наук и Государственного космического агентства Украины

Сформулирована комплексная задача совместной оптимизации программ управления и проектных параметров управляемого объекта (УО) как задача теории оптимального управления с ограничениями в виде равенств и дифференциальных связей. В состав оптимизируемых параметров включены основные проектные параметры УО и параметры траектории, определяющие программы управления движением УО на различных участках траектории.

Для оптимизации параметров и программ управления УО предложен модифицированный авторами градиентный метод покоординатного спуска (поочередного изменения параметров), целесообразность применения которого продиктована, с одной стороны, простотой реализации, а с другой стороны – возможностью осуществлять оптимизацию параметров и программ управления в интерактивном (диалоговом) режиме. При выборе оптимизируемых параметров и программ управления диалоговый режим удобен, поскольку в этом случае может быть осуществлена оперативная корректировка оптимизируемых параметров, исходных данных, и продолжен расчет без потери результатов предыдущего этапа оптимизации.

Обобщенный алгоритм решения комплексной задачи реализован следующим образом.

1. Формируются исходные данные для расчета основных характеристик УО (стартовая масса, условия старта, ограничения на траекторию движения УО и т.п.).

2. Задаются начальные значения и диапазоны изменений вектора оптимизируемых параметров $\overline{p}_{нач}$.

3. Фиксируются начальные значения вектора оптимизируемых параметров $p_i, i = \overline{2,n}$.

4. Для сформированных исходных данных и заданных начальных значений оптимизируемых параметров с использованием алгоритма расчета основных характеристик УО осуществляется подготовка данных для расчета траектории полёта УО.

5. Производится расчет параметров движения УО, в результате которого определяются программы управления УО и значение целевого функционала L – дальности полета УО.

6. Производится целенаправленное изменение первого оптимизируемого параметра p_1 при фиксированных значениях параметров $p_i, i = \overline{2,n}$, и осуществляются расчеты в соответствии с п.п. 4 – 5.

7. Если в рассматриваемой области значений оптимизируемого параметра находится локальный экстремум (в нашем случае максимум), осуществляется аппроксимация сечения функциональной поверхности в направлении изменения параметра и определяется его оптимальное (для данного этапа оптимизации) значение из условия максимума аппроксимирующей функции.

8. Вычисления, аналогичные проведенным в п.п. 4 – 7, повторяются для всех оптимизируемых параметров $\overline{p} = (p_i), i = \overline{1,n}$.

9. После определения оптимальных значений всех оптимизируемых параметров (первый этап оптимизации) вычисления при необходимости могут быть продолжены, начиная с первого оптимизируемого параметра (второй и последующие этапы оптимизации).

10. Окончание вычислений производится в том случае, когда результаты оптимизации целевого функционала дальности полета L, полученные на предыдущем этапе, с точностью до ε, где ε – изначально заданное значение, совпадут с результатами последнего этапа оптимизации.

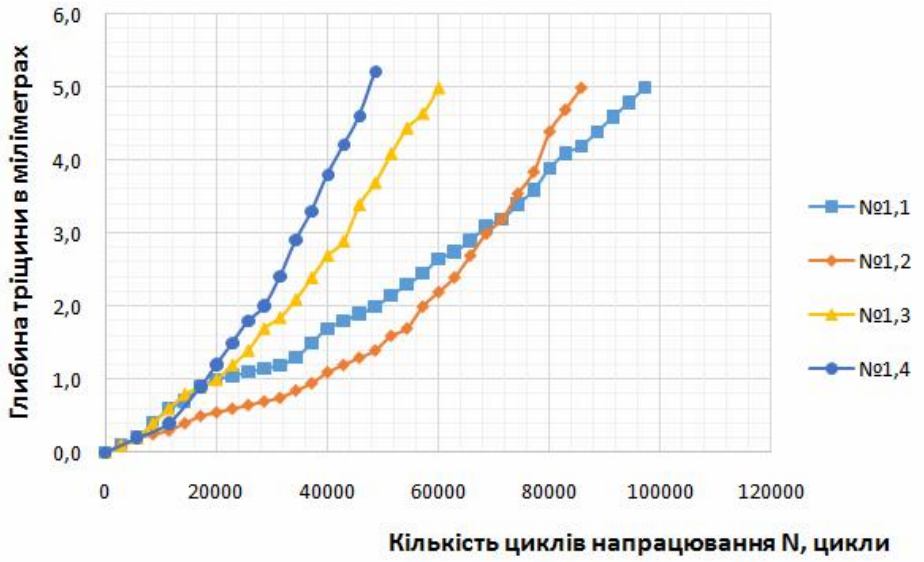
Как показали предварительные расчеты, предложенный метод оптимизации (градиентный метод покоординатного спуска) показал хорошую сходимость при определении оптимального значения вектора $\overline{p}_{opt}$. Практически для определения оптимальных значений проектных параметров достаточно пяти – шести итерационных этапов оптимизации.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗТЯГУЮЧОГО АСИМЕТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ШВИДКІСТЬ ПОШИРЕННЯ ВТОМНИХ ТРІЩИН

Фафлей О.Я. асистент, Фафлей І.Я. студент, Харламов Б.В. студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Під час експлуатації на бурильні труби діють різноманітні навантаження [1-3]. Особливо небезпечними є навантаження з різним ступенем асиметрії. Визначення втомної міцності бурильної колони при нестаціонарному режимі навантажування є однією з головних умов забезпечення її надійності. У зв'язку з цим необхідно відзначити важливість вдосконалення експериментальних методів дослідження, що дасть змогу точніше вивчати втомні пошкодження в елементах бурильних труб.

За допомогою установки УДПТ-1 проведено експериментальні дослідження впливу розтягуючої асиметрії навантаження на кінетику поширення втомних тріщин. Зразки для дослідження виготовлені з бурильних труб, матеріалом яких є сталі G105 та 40ХН. За результатами досліджень виявлено, що при регулярному навантаженні (за однакової амплітуди a) спостерігається вплив розтягуючої асиметрії R на швидкість поширення втомної тріщини (рис 1, 2).

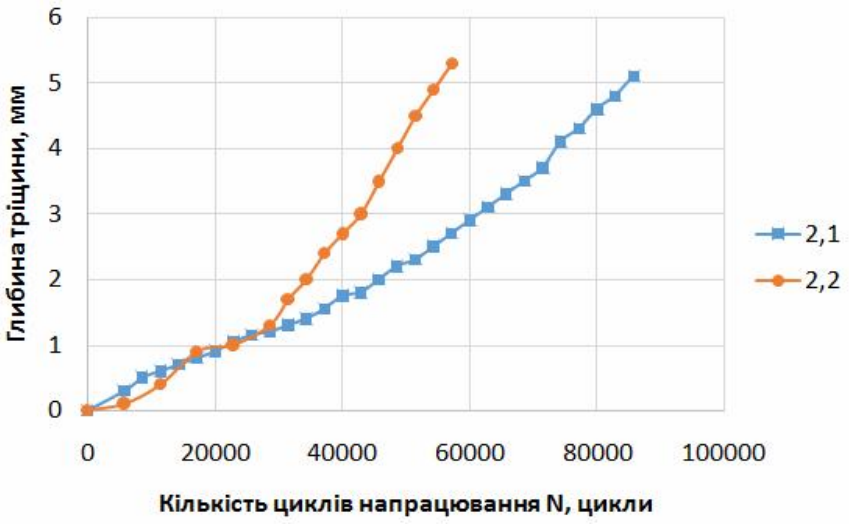


1.1 – a=0,9 мм, R=0;
1.2 - a=0,9 мм, R=0,2;
1.3 - a=0,9 мм, R=0,3;
1.4 - a=0,9 мм, R=0,4

Рисунок 1 - Залежність глибини втомної тріщини від кількості циклів напрацювання для сталі G105

Проведено оцінку впливу різних програм навантажування на зміну швидкості росту втомних тріщин у досліджуваних зразках. Досліджено закономірності росту втомної тріщини при блоковому навантажуванні для сталей G105 та 40ХН (рис. 3).

Встановлено, що для досліджуваних зразків у випадку двоступеневого навантажування із однаковою амплітудою та змінною розтягуючою асиметрією. При переході з низького до високого рівня навантажування тріщина розвивається зі збільшеною швидкістю порівняно із регулярним навантаженням, а при переході від високого рівня до низького відбувається затримка росту тріщини.



2.1 – a=0,9 мм, R=0;
2.2 - a=0,9 мм, R=0,4
Рисунок 2 - Залежність глибини втомної тріщини від кількості циклів напрацювання для сталі 40ХН

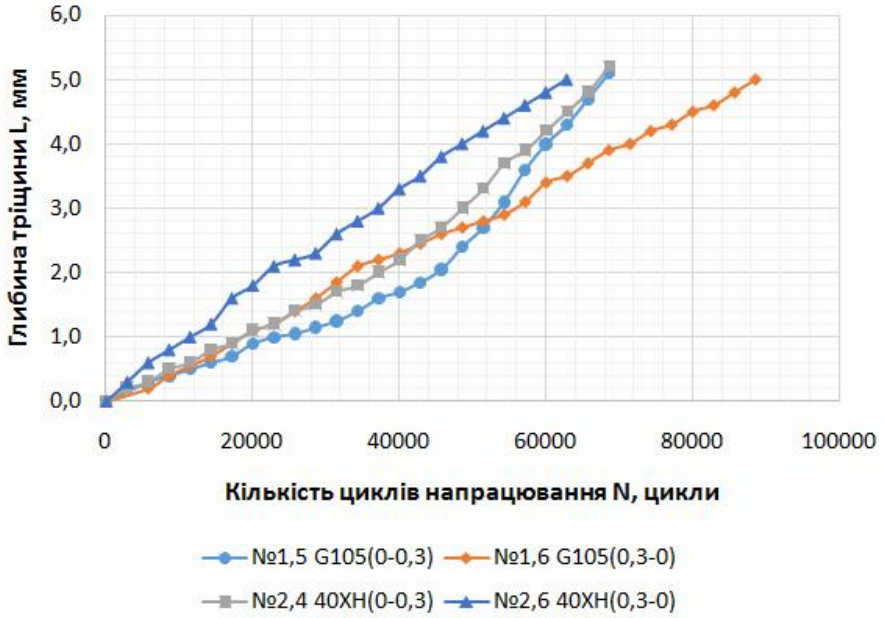


Рисунок 3 - Залежність глибини втомної тріщини від кількості циклів напрацювання для сталі 40ХН та G105 із різною програмою блокового навантаження

1.Ясній П. В. Оцінка мінімальної швидкості росту втомної тріщини після комбінованих перевантажень розтягом-стиском в алюмінієвому сплаві Д16Т / П. В. Ясній, Ю. І. Пиндус, В. Фостик // Вісник ДТУ. – 2009. – Том 14. – № 2. – С. 7-13. – механіка та матеріалознавство.

2.Артим В. І. Підвищення експлуатаційної надійності трубних і штангових колон для буріння та видобування нафти і газу: дис. докт. техн. наук: 05.05.12 / Артим Володимир Іванович. – Івано-Франківськ, 2010. – 281 с.

3.Івасів В. М. Дослідження кінетики втомного пошкодження матеріалу бурильних труб в умовах блокового навантажування / В. М. Івасів, Я. Т. Федорович, В. І. Артим, В. В.Гладун, П. В. Пушкар // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2003. – № 1. – С. 39-43.

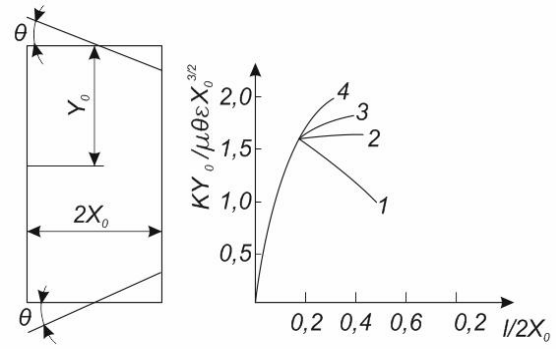
ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ НАСОСНИХ ШТАНГ НА КОРОЗІЙНУ ЦИКЛІЧНУ ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ

Федорович Я.Т. доцент, Михайлюк В.В. доцент, Коваль Б.І., студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Для видобування нафти застосовують різноманітні способи та обладнання. Одним із найпоширеніших способів є глибинонасосний із використанням установки штангових свердловинних насосів [1]. Основним наземним обладнанням такої установки є привод та устьова арматура, свердловинним – насосно-компресорні труби, насосні штанги, свердловинний насос та інш. Проте, як для цього так і для інших способів видобування нафти досить часто спостерігаються відмови свердловинного обладнання, оскільки воно зазнає дії різноманітних навантажень та працює у корозійно-активному середовищі. Згідно [2] корозійно-активне середовищене не тільки призводить до втрати матеріалу обладнання, а пришвидшує його руйнування при дії навантаження.

Завдяки успішному розвитку наукового напряму – механіки руйнування, яка враховує особливості фізики і механіки процесів деформації і руйнування твердих тіл, проблема оцінки працездатності елементів конструкцій, що мають тріщини в не контактуючих і контактуючих з металом середовищах успішно вирішується. Це стало можливим завдяки розробленню принципово нової методології оцінки напружено-деформованого стану тіла з тріщиною за допомогою коефіцієнтів інтенсивності напружень та введення нової характеристики матеріалу – опору розповсюдження у ньому тріщини або його тріщиностійкості.

Методика випробувань на циклічну тріщиностійкість забезпечує отримання даних про опір матеріалу розвитку втомної тріщини в достатньо широкому діапазоні зміни циклічного навантаження. У основу методики покладено рішення задачі [3] для пластини з бічною тріщиною при повороті її кінців на деякий кут θ рис.1, а.



а) б)

1-4 – відношення Y_0 / X_0 рівне 0,92; 1,6;2-3 – 2,6; 3,25 відповідно

Рисунок 1 – Схема деформування пластини (а) і залежність коефіцієнта інтенсивності напружень від довжини тріщини (б)

З чисельного рішення цієї задачі випливає залежність коефіцієнта інтенсивності напружень K від відношення довжини пластини до її ширини і довжини тріщини до ширини пластини (рис.1, б). Залежно від відношення Y_0 / X_0 значення K із ростом тріщини може збільшуватися, зменшуватися або залишатися постійним на деякій ділянці довжини тріщини. Як видно (рис. 1, б), при відношенні довжини робочої частини пластини до її ширини ($2Y_0$) рівним 1,6, значення коефіцієнта інтенсивності напруження K від довжини тріщини в межах 0,2<1<5 ширини пластини залишається практично постійним і виражається, залежно від кута повороту її кінців, формулою:

$$K = \frac{1{,}3 \cdot \mu \cdot \theta \cdot X_0^{3/2}}{Y_0}, \qquad (1)$$

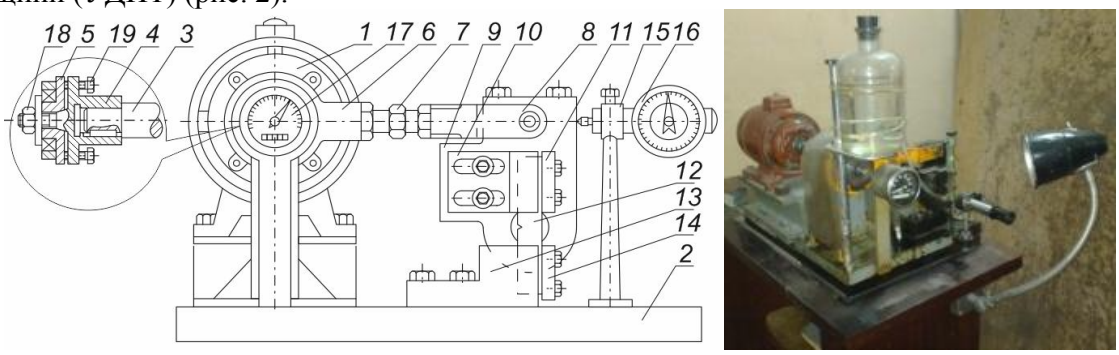
де μ – модуль зсуву.

Зміст методики полягає у вимірюванні при заданих параметрах циклічного вантаження, приросту тріщини Δl залежно від приросту числа циклів вантаження ΔN.

Після цього визначають швидкість росту втомної тріщини $V = \Delta l / \Delta N$, і визначають відповідне їй значення коефіцієнта інтенсивності напружень за формулою (1) для конкретної геометрії зразка.

За отриманими результатами будують діаграми циклічної корозійної тріщиностійкості матеріалу,які в подальшому дають змогу оцінити вплив середовища і навантаження для прогнозування ресурсу роботи насосних штанг та інших деталей, які працюють в аналогічних умовах.

Для дослідження зразків використовується установка дослідження поширення тріщини (УДПТ) (рис. 2).



а) б)

а) – схема установки; б) – загальний вигляд
1– електродвигун; 2 – плита; 3 – вал; 4 – кривошип; 5 – ексцентрикова втулка;
6 – шатун; 7 – тяга; 8 – вилка; 9 – планшайба; 10 – рухомий затискач;
11 – планка; 12 – зразок для дослідження; 13 – нерухомий затискач; 14 – гайка;
15 – стійка; 16 – індикатор; 17 – лічильник; 18 – гайка; 19 – болти
Рисунок 2 – Установка для дослідження поширення тріщин

Привід установки здійснюється від електродвигуна 1, на валу якоговстановлено кривошип4 із ексцентриковою втулкою 5, повертанням якої відносно ексцентрика можна регулювати величину ексцентриситету (амплітуду деформації) від 0 до 4 мм. Гайка 18 та болт 19 призначені для фіксації і пресування втулки під час регулювання ексцентриситету. Вказівник амплітуди деформації розміщений на ободі втулки і ексцентрика. Рух кривошипа за рахунок шатуна 6 передається на планшайбу 9. Нерухомий затискач 10 зразка для дослідження12 кріпиться до масивної плити 2.

Спостереження за процесом росту тріщини відбувається за допомогою мікроскопа М12 (на рис. 2 не показаний).Точність вимірювання довжини тріщини складає 0,01мм.

Всі експериментальні дослідження на циклічну корозійні тріщиностійкість проводяться на прямокутних зразках з бічною тріщиною у вигляді V-подібного концентратора напружень. Зразки виготовляють з насосних штанг. Для цього спочатку від їх галтелей вирізають заготовки, які механічно обробляють і шліфують до розмірів 4×10×100 мм. Потім алмазним кругом наносять V-подібний концентратор напружень глибиною 1 мм і радіусом закруглення у вершині не більше 0,1 мм. Бічні поверхні зразків на ділянці майбутньої площини розповсюдження тріщини полірують і покривають лаком.

Конструкція зразка для випробувань на тріщиностійкість зображена на рис.3.

Всі зразки перед випробуванням слід промити в бензині, знежирити ацетоном та покрити лаком.

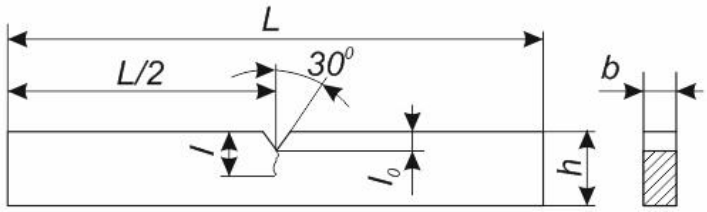


Рисунок3– Зразок для випробовування

З метою наближення умов проведення лабораторних досліджень зразків насосних штанг на установці до реальних умов експлуатації колони насосних штанг у свердловині слід застосувати корозійне середовище.

Найбільш ефективним лабораторним середовищем є 3-х відсотковий водний розчин хлористого натрію, оскільки володіє найбільшою корозійною агресивністю порівняно з природними (реальними) корозійними середовищами. Внаслідок цього час проведення експерименту зменшується. Також 3-х відсотковий водний розчин хлористого натрію можна наситити вуглекислим газом CO_2, H_2S [4].

Висновки:

1. Запропоновано установку та методику, що дозволяють дослідити зразки насосних штанг з врахуванням корозійно-активного середовища та побудувати діаграми циклічної корозійної тріщиностійкості матеріалу.
2. За отриманими діаграмами циклічної тріщиностійкості матеріалу можна прогнозувати ресурсу роботи насосних штанг для реальних умов їх експлуатації. Такий підхід можна застосовувати для прогнозування ресурсу і інших деталей, які працюють в аналогічних умовах.

1. Федорович Я.Т. Машини та обладнання для видобутку нафти і газу. Навчальний посібник – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 297 с.

2. Похмурский В. И. Коррозионнаяу сталость металлов. - М.: Металлургия, 1985.–205 с.

3. Методы и средства оценки трещиностойкости конструкционных материалов. Сборник научных трудов. – Киев: Наукова думка, 1981. – 312с.

4. А. С. 1295303 СССР, МКИ в 01 N 17/00. Раствор для испытаний материалов на коррозионное растрескивание/ А. П. Лубенский, 3. П. Семиколенова, Т. С. Долотова, В. Д. Малеванский, В. В. Грачев. – Опубл. 07.03.87. Бюл. №9.

АПРОКСИМАЦІЯ ТАБЛИЧНИХ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ

Ясько М. М. доцент, к.ф.-м.н., Жушман В.В. студент
Дніпровський національний університет імені О. Гончара

В результаті чисельних обчислень або експериментальних вимірювань найчастіше отримується велика кількість дискретних даних. Як правило вони представляються в вигляді таблиць. Для подальшого їх аналізу часто потрібно перейти до даних неперервних, тобто апроксимувати їх тим чи іншим чином. Існує багато програм, які дозволяють вирішити такі задачі. У більшості випадків вони являються додатками, які вимагають інсталяції часто залежать від використаної платформи і не є безкоштовними. В даній роботі розроблено програмне забезпечення, яке виконується в браузері, дозволяє імпортувати табличні дані задані в різних форматах, використати різні види апроксимації та переглянути результати в графічному вигляді і зберегти їх.

Математична задача полягає в тому що маючи функцію задану в табличному вигляді отримати її аналітичну функцію однієї чи двох змінних, яка найкращим чином буде апроксимувати відповідні дані.

Наближення функції $f(x)$ більш простою функцією $\varphi(x)$, називається апроксимацією (від латинського apprоximo - наближаюся). Апроксимуючу функцію $\varphi(x)$, будують таким чином, щоб відхилення (в деякому сенсі) $\varphi(x)$, від $f(x)$ в заданій області було найменшим. У цьому випадку говорять, що функція $\varphi(x)$ рівномірно наближає функцію $f(x)$ з точністю ε на інтервалі $[a, b]$. Практичне отримання рівномірного наближення представляє великі труднощі, і тому цей спосіб застосовується головним чином в теоретичних дослідженнях. Апроксимація, при якій наближення будується на заданій дискретній множині точок $\{x_i\}$, називається точковою.

Для апроксимації були використані такі методи: поліномами, метод найменших квадратів, сплайн апроксимація [1]. Для автоматизації процесу апроксимації даних поданих у табличному виді використовують сучасні технології: HTML, JavaScript, CSS, тощо. В такому разі використання товстого клієнту забезпечить розширену функціональність незалежно від центрального сервера, але й це не все, головними перевагами даної архітектури є можливість працювати навіть при втраті зв'язку з сервером, та висока швидкодія. Остання напряму залежить від апаратних засобів клієнта.

Ввід даних в веб-застосунку можна здійснювати різними способами. Можна вводити дані як в відповідне поле для вводу так і завантажувати файл з відповідними вхідними даними. Таким файлом може бути наприклад XLS файл. Обробка даних в форматі XLS в веб-застосунок, який працює на боці клієнта, реалізується за рахунок різних JSL. Одна з таких бібліотек SheetJS. Вона дозволяє читати, редагувати та експортувати електронні таблиці. Вирішальним фактором в виборі даної бібліотеки став той факт, що вона дозволяє працювати з усіма основними форматами файлів, які використовуються в сучасних таблицях. Ключовим фактором в виборі бібліотеки React для розробки додатку стала швидкість роботи, яка завдяки сучасним рушіям JavaScript значно перевищує наявні аналоги.

Отримані результати можна переглянути в графічному вигляді і зберегти в різних форматах. Окрім цього, розроблений застосунок також дозволяє обчислювати наближене значення похідних.

1. Кириллова С.Ю. Вычислительная математика/Кириллова С.Ю. Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. -102с.

2. Тюканов, А.С. Основы численных методов: учеб. пособие для студентов. Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2007. -226с.

СЕКЦІЯ 5

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНСТРУКЦИЙ

Волковский О.С. к.т.н., Ковылин Е.Р. аспирант
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Процесс составления промышленных инструкций сегодня является довольно актуальной проблемой по нескольким причинам. Во-первых, несмотря на обширное количество ГОСТов и правил, зачастую игнорируется семантическая ценность и четкость составляемых текстов. В случае инструкций по технике безопасности или инструкций касающихся обращения с опасным тяжелым промышленным оборудованием этот фактор может привести к трагичным последствиям. Во-вторых, составление и последующая проверка инструкций производится людьми, из-за чего существует вероятность возникновения ошибок вследствие человеческого фактора. Наконец, текущие стандарты составления инструкций описывают далеко не все аспекты промышленной деятельности и эксплуатации производственного оборудования. Учитывая тенденцию к компьютеризации практически всех направлений человеческой деятельности, автоматизация процесса составления производственных инструкций является наиболее оптимальным решением описанных проблем. С этой целью была разработана программная пользовательская система, снабженная интеллектуальным компонентом автоматической обработки текстов, речь о которой и пойдет в этой статье.

Разработка прикладных программных систем подразумевает выбор того или иного механизма описания и реализации модели данных, доступной для обработки ЭВМ. Рассмотрев основные подходы к прикладной реализации АОТ, становится возможным осуществить выбор модели языка, позволяющей описать промышленную инструкцию в доступной для алгоритмического представления форме. В нашем случае, наиболее важной характеристикой текста промышленной инструкции является именно смысловые связи между ее элементами, поэтому семантические сети это наиболее подходящий выбор для описания модели ЕЯ, на основе которой и производится оценка и семантический разбор текста промышленной инструкции. Это в свою очередь поднимает вопрос построения обходных путей необходимости составления эталонной базы знаний, на основе которой будет происходить формирование семантической сети

В ходе работы была сформулирована и реализована модель построения семантической сети текстовой промышленной инструкции, не требующая предварительного заполнения эталонной базы знаний и независимая от отрасли своего применения. На основе данных, полученных из семантической сети, разработан подход к определению слабых смысловых элементов и семантических ошибок в тексте инструкции. Реализована прикладная программная система на языке Java, тестирование которой демонстрирует возможность ее практического применения на предприятиях с целью анализа составленных инструкций и автоматизации процесса нахождения в них ошибок. Полученные в процессе тестирования результаты показывают, что система не только вернула искомое предложение, но и не добавила в результирующий набор лишних элементов – помимо тестового текста, в наборе содержаться заголовки инструкции, не связанные с конкретными предложениями, а так же предложение, требующее определенного уточнения. Помимо этого, на основе частотных портретов инструкции и семантических сетей, полученных в процессе тестирования, было установлено, что система чувствительна именно к семантическим изменениям, тогда как частотные данные практически не изменяются.

1. Волковский О.С., Ковылин Е.Р. Анализ современных подходов к задаче автоматической генерации текстов на естественном языке // Системные технологии. Региональный сборник межвузовских научных трудов. - 2016. №5(106) . -С. 3-12.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПОСТАЧАННЯ

Андрейченко А.В. магістр, Селівьорстова Т.В. к.т.н., доцент
Національна металургійна академія України

Розрахунок найбільш економічного розміру замовлення здійснюється в рамках системи управління запасами з фіксованим розміром замовлення, яке повинно дорівнювати найбільш економічному розміру замовлення. У цій системі розмір замовлення є постійною величиною і формується при зменшенні розміру запасу до певного критичного рівня. Система заснована на виборі такого розміру партії, яка мінімізує загальні витрати управління запасами, які в свою чергу, діляться на витрати виконання замовлення і витрати зберігання запасів.

Програмна реалізація логістичних моделей постачання передбачає виконання наступного розрахункового алгоритму:

1. річні витрати на зберігання одиниці продукції;
2. оптимальний розміру замовлення EOQ;
3. оптимальний розміру замовлення EOQ при власному виробництві;
4. оптимальний розміру замовлення EOQ в умовах дефіциту.

Для розрахунку найбільш економічного розміру замовлення EOQ використовується формула Уїлсона, за допомогою якої виконується розрахунок оптимального розміру замовлення відповідно до конкретних умов діяльності підприємства:

- запаси поповнюються не миттєво, а протягом певного періоду часу (наприклад, при поповненні запасів за рахунок власного виробництва);
- в умовах дефіциту.

Розрахунок оптимального розміру замовлення дозволяє мінімізувати витрати зберігання, підтримуючи при цьому заданий рівень попиту.

Програмна реалізація логістичних моделей постачання виконана з використанням C++ Builder. Вихідними даними для проведення розрахунку є наступні:

- витрати на виконання замовлення;
- річне споживання;
- ціна одиниці продукції;
- витрати на утримання запасів (% від одиниці продукції);
- річне виробництво;
- витрати, зумовлені дефіцитом.

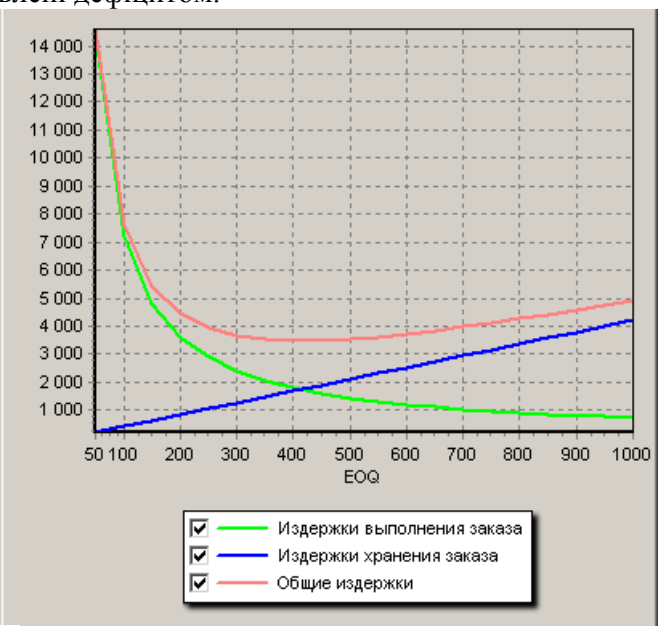


Рисунок – Залежність загальних річних витрат від розміру замовлення

Графічно залежність загальних річних витрат від розміру замовлення представлена на діаграмі. Дослідження логістичних моделей дозволяє визначити оптимальний розмір замовлення, при якому досягають мінімуму загальні річні витрати.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Булах В.А аспирант, Кириченко Л.О. д.т.н., Радивилова Т.А. к.т.н.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Многие сложные системы обладают фрактальной структурой, их динамика представлена временными рядами, обладающими фрактальными свойствами. Во многих задачах возникают необходимость распознавания и классификации фрактальных рядов. Чаще всего это происходит путем оценивания и анализа фрактальных характеристик, однако в последние годы для анализа и классификации фрактальных рядов используются методы машинного обучения. Целью представленной работы является сравнительный анализ классификации мультифрактальных стохастических временных рядов, выполняемых методами, основанными на деревьях решений.

Метод деревьев решений используется в задачах классификации, возникающих в самых разных областях, и считается одним из самых эффективных. Он состоит в том, чтобы осуществлять процесс разбиения исходных данных, пока не будут получены однородные их подмножества. Совокупность правил, которые дают такое разбиение, позволяет затем делать классификацию для новых данных.

Модели деревьев решений, неустойчивы: даже небольшое изменение в обучающем множестве может привезти к существенным изменениям в структуре дерева. В этом случае целесообразно использовать ансамбли моделей. Одним из первых и самых известных видов ансамблей является метод Bagging [1], где все элементарные классификаторы обучаются и работают независимо друг от друга. Классификаторы не исправляют ошибки друг друга, а компенсируют их при голосовании. Метод Random Forest [2] также является методом Bagging, но в отличие от его основной версии имеет несколько особенностей, в частности, использует внутри себя ансамбль только регрессионных или классифицирующих деревьев решений и помимо случайного выбора объектов, также производится случайным выбор признаков.

Простыми моделями мультифрактального процесса с заданными свойствами являются биномиальные мультипликативные каскады [3]. Классификация проводилась для временных рядов с различными мультифрактальными свойствами, полученных моделированием стохастических каскадов. Каждый класс представлял собой набор сгенерированных временных рядов с одинаковым показателем Херста $0.5 < H < 1$. Значения показателя Херста изменялись шагом 0.05, т.е. обучение моделей производилось на 11 классах.

В работе для определения принадлежности временного ряда к одному из классов были использованы методы Bagging и Random Forest. В каждом методе были задействованы ансамбли деревьев решений как классификации, так и регрессии. При использовании регрессионных деревьев решений результатом работы модели является вероятность соответствия мультифрактального каскада заданному классу. В зависимости от длины временного ряда и выбранного метода средняя вероятность предсказания класса изменяется в пределах (0.65, 0.93). Результаты показали, что использование регрессионных деревьев дает существенно большую точность по сравнению с деревьями классификации.

1. Breiman L. Bagging predictors. Machine Learning. (1996), 24 (2), P.123–140.
2. Breiman L. Random Forests. Machine Learning. (2001), 45 (1), P.5–32.
3. R.H.Riedi. Multifractal processes, in Doukhan P., Oppenheim G., Taqqu M.S. (Eds.), Long Range Dependence: Theory and Applications: Birkhuser. -2002. -P. 625–715.

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ПОТОКОВОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Гнатушенко В.В. д.т.н., Васильєв В.В., Обиденний Є.О., Хімель В.С.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Апаратура, розташована на супутниках дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) передає велику кількість різнорідних даних, а аерофотозйомка, в тому числі із застосуванням безпілотних літальних апаратів, дозволяє оперативно отримувати знімки поверхні Землі у високому просторовому розрізненні. Космічні зображення мають деякі переваги. По-перше, вони мають велике охоплення території і часту повторюваність; по-друге, є можливість оперативного отримання даних, в тому числі для важкодоступних і віддалених територій. Висока інформативність даних дистанційного зондування забезпечується можливістю реєстрації в різних спектральних діапазонах, а також отриманням зображень однієї ділянки різною апаратурою.

Обсяг одержуваної і доступної широкому колу споживачів аерокосмічної інформації останніми роками стрімко збільшується. Для забезпечення ефективного використання наявних супутникових даних потрібна розробка нових підходів і методів роботи з ними. Такі підходи повинні забезпечити не тільки пошук і отримання інформації, а й організацію її аналізу з використанням розподілених обчислювальних ресурсів. Організація багатоетапної розподіленої обробки потенційно нескінченного потоку даних великого обсягу, що надходять, наприклад, із супутників, — дуже складне завдання, особливо якщо потрібно забезпечити відмовостійкість і гарантовану обробку всіх вхідних даних [1, 2].

Інформаційні продукти, створені на основі супутникових даних, в тому чи іншому вигляді представляють географічно прив'язану інформацію, що зберігається в різноманітних системах, що здійснюють зберігання даних як в файлах різних форматів і типів, так і в різнорідних БД. Оскільки супутникові дані та різні види інформаційних продуктів, отриманих на їх основі, мають досить великий обсяг, то системи зберігання подібної інформації часто мають розподілену структуру, орієнтовану на забезпечення досить швидкої реакції інтерфейсів, що забезпечують до них доступ користувачів. Таким чином, одними з основних типів інтерфейсів роботи з такою інформацією є WEB ГІС інтерфейси.

З урахуванням проведеного аналізу і використання підходів організації роботи з геопросторовою інформацією розроблена модель даних для побудови ефективних динамічних інтерфейсів, необхідних для контролю та управління розподілених систем автоматизованої обробки супутникової інформації. На основі розробленої моделі даних створена програмна інфраструктура управління системами потокової обробки даних в сучасних системах дистанційного моніторингу. Для вирішення завдання обробки даних ДЗЗ запропонована паралельно-конвеєрна система в хмарі, що включає черги завдань, віртуальні обчислювальні вузли і кластерну файлову систему. В системі є засоби динамічної адаптації до навантажень і оптимізації шляхом запуску або зупинки віртуальних машин, що дозволяє обробляти дані в хмарній інфраструктурі.

1. Кашницкий А.В. Методы, модели и программные инфраструктуры глобально распределенной обработки архивных данных дистанционного зондирования Земли: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11. - ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», 2018.

2. Кобец Д.А. Организация автоматизированной многопотоковой обработки спутниковой информации в системах дистанционного мониторинга / Д.А. Кобец, А.М. Матвеев, А.А. Мазуров, А.А. Прошин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. - № 1. – С.145-155.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ЗА WEB-ТЕХНОЛОГІЄЮ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Дорош Н.Л. к.т.н., доц., Галіузова А.М.
Національна металургійна академія України

В інформаційному просторі існує величезна кількість інструментів для досліджень часових рядів. Це і електронні таблиці (MS Excel), і спеціальні пакети (наприклад, ITSM 2000) та ін. В наступний час стає популярним створення програмних продуктів з використанням відкритого коду. Дана робота присвячена розробці Веб-додатку для аналізу часових рядів з використанням JavaScript [1] та бібліотеки JSXGraph [2].

Розповсюдженість та зручність Веб-сторінок давно зробили їх одним з найпопулярніших документів HTML / XHTML, доступних в інтернеті через протоколи HTTP / HTTPS. Мова HTML / XHTML дозволяє форматувати текст, розрізняти в ньому функціональні елементи, створювати гіпертекстові посилання і вставляти різні зовнішні об'єкти в сторінку: зображення, звукозаписи і інші мультимедійні елементи. Також відображення сторінки можна змінити, додаючи в неї таблиці стилів на мові CSS 3 або сценарії на мові JavaScript [1]. Веб-сторінки, завантажені за запитом клієнта на його комп'ютер, обробляються браузером, і виводяться на екран монітора.

Таким чином, метою даної роботи було створення Веб-додатку для дослідження часових рядів з використанням вільного програмного забезпечення.

Об'єктом дослідження є часові ряди, які обробляються у написаній на JavaScript бібліотеці для наочного відображення у графічному вигляді в веб-браузері – JSXGraph.

Предметом дослідження виступають методи дослідження даних, які використані у вільно-розповсюдженій бібліотеці JSXGraph.

Розроблений програмний засіб забезпечує додаткові функціональні можливості обробки часових рядів у бібліотеці JSXGraph і використовує її функції. Бібліотека JSXGraph надає API, який використовується в скриптах, що імпортують файли з візуалізацією результатів на веб-сторінку.

Той же самий API було використано для побудови графічного представлення результатів, тобто для створення он лайн інтерактивного геометричного середовища.

У веб-додатку реалізовані такі можливості: перегляд даних часового ряду; експоненціальне згладжування часового ряду; нелінійне перетворення Бокса-Кокса (Box-Cox Transformation); згладжування цифровим фільтром з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ) [3] та ін.

Продемонстровано роботу функцій бібліотеки JSXGraph стосовно до тестових часових рядів. Проведено дослідження часового ряду, що характеризує потік пасажирів, які використовували повітряний транспорт із січня 1949 року по грудень 1961 року (за 12 років щомісячно) у США, та часового ряду сонячних плям.

1. Дронов В.А. HTML 5, CSS 3 и Web 2.0. Разработка современных Web-сайтов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2011. – 414с.

2. http://jsxgraph.uni-bayreuth.de/wiki/index.php/Category:Examples

3. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы. Пер. с англ. /Под ред. В. И. Хохлова. – М. – Мир, 1982. – 428с.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СТРИЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Дорош Н.Л. к.т.н., доц., Зімін О.О.
Національна металургійна академія України

Існують різні методики та підходи до визначення міцності конструкцій. Використовуючи ці методики можна провести чисельний аналіз напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій. Зараз, під час інтенсивного розвитку інформаційних технологій, є можливість проводити такі розрахунки з використанням систем автоматизованого проектування, за допомогою яких можна не лише отримати чисельний результат, але і швидко і зручно накреслити досліджувану конструкцію. Лише змінюючи необхідні параметри, при розробці і дослідженні конструкції, можливо із декількох варіантів вибрати найоптимальніший і при цьому витратити мінімум часу.

Найбільш відомими сучасними системами для задач міцності враховуються такі, як Nastran (компанії MSC.Software) та ANSYS (фірми Ansys).

В роботі представлені результати розробки програмного засобу для вирішення задачі напружено-деформованого стану стрижневих конструкцій. Під стрижневою системою в широкому сенсі мається на увазі будь-яка конструкція, яка складається з елементів, які мають форму стрижня.

Запропоновано алгоритм, який складається з наступних дій: визначення параметрів стрижневої конструкції, проведення розрахунків напружень та переміщень.

Таким чином, на першому етапі у вікні графічного редактору послідовно визначаються вузли, довжина та площа поперечного перерізу стрижнів, навантаження і закріплення у вузлах конструкції. На другому етапі визначаються фізичні властивості матеріалу та проводиться розрахунок напружень та переміщень методом кінцевих елементів [1].

Основним в методі кінцевих елементів є формування матриці жорсткості елементу, яка встановлює зв'язок між вузловими силами елементу і переміщеннями його вузлів. Стрижні конструкції згідно з визначенню працюють на розтягування або стиснення. У зв'язку з цим, як кінцевий елемент для моделювання конструкції може бути використаний стрижень із однією мірою свободи у вузлі, яка направлена уздовж його осі.

Для отримання матриці жорсткості кінцевого елементу необхідне задатися направленнями його можливих вузлових переміщень. При цьому враховується, щоб вибрані направлення можливих вузлових переміщень в початку і в кінці стрижня збігалися. Далі необхідно побудувати епюри внутрішніх силових чинників від послідовних одиничних переміщень вузлів по вибраних направленнях і визначити реакції у вузлах кінцевого елемента.

Результати розрахунку напружень та переміщень представлені у вигляді таблиць.

Схема конструкції, вихідні дані та результати розрахунку НДС зберігаються в файлах формату xml.

1. Галлагер Р., Метод конечных элементов. Основы: Пер.с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.: ил.

2. Дорош Н. Л., Храпач Ю.А., Зеленцов Д.Г. Использование системы AUTOCAD применительно к расчету параметров надежности конструкций// Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2006. - №2(12).- С.174-176.

САМОДІАГНОСТИКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИПРОБУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛОВОЗА З ВИКОРИСТАННЯМ ANFIS-КОНТРОЛЕРІВ

Жуковицький І.В. д.т.н., Клюшник І.А. асистент
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

В Україні сьогодні для виконання заводських випробувань гідравлічних передач тепловозів використовуються типові стенди, які не в повній мірі відповідають сучасним вимогам до випробувань.

Удосконалення випробувального стенду виконувалось на базі Дніпровського заводу по ремонту тепловозів «Промтепловоз»». Для існуючого стенду була спроектована та впроваджена інформаційно-вимірювальна система.

В процесі дослідної експлуатації системи постало цілий ряд запитань щодо визначення статусу привальної та адекватної роботи системи, тобто організації задачі самодіагностики. Звичайно можливо обмежитися створенням імітатора на базі промислового комп'ютера (наприклад, фірм Advantech, Siemens, Segnetics, Mitsubishi, ОВЕН та іншими). Такий імітатор просто б виконував імітацію роботи датчиків на основі раніше записаних показань приладів системи. Але такий метод має суттєвий недолік – не дозволяє перевірити справність самих датчиків встановлених на випробувальному стенді.

Для забезпечення перевірки технічного стану датчиків та ліній зв'язку з ними звичайно можливо послідовно брати декілька вибірок отриманих даних при проведенні спеціальних тестових випробувань системи та за допомогою розрахунків впевнюватись, що інші параметри отримані від інших датчиків істинні.

Оскільки гідравлічна передача є досить технічно складним приладом, то вирішення такої задачі потребує розв'язку досить об'ємної системи диференційних рівнянь.

Як показують дослідження по даній темі, що тільки вирішення системи диференційних рівнянь, тільки для перевірки параметрів отриманих від одного гідротрансформатора потребує значних як обчислювальних ресурсів так і великої кількості вихідних даних гідротрансформатора. На практиці в умовах заводу отримання таких даних досить утруднене. Також в гідропередачах для яких розроблена система присутній ще один гідротрансформатор, гідромуфта, система змащення, коло циркуляції робочої рідини тощо. Всі ці компоненти також містять необхідні для перевірки датчики і тому ці компоненти необхідно розглядати як окремі підсистеми, розв'язок яких потребує складання не менш громіздких систем диференційних рівнянь.

Постановка задачі таким чином не є доцільною. Також при отриманні розрахованих даних їх необхідно якимось чином порівняти з реальними даним і встановити достовірність роботи системи. Оскільки в даному випадку неможливо чітко сказати про правильність чи хибність отриманих результатів, то необхідно вводити елементи нечіткої логіки .

Було спроектовано гібридну систему самодіагностики, яка дозволяє оцінити вірність роботи датчиків інформаційно-вимірювальної системи випробувань гідравлічних передач тепловозів типу УГП 750. Система включає можливість перевірки певних чотирьох параметрів в усталеному режимі за допомогою відомих математичних залежностей. Для інших 14 параметрів (для яких математичні залежності не досліджені і мають високу складність розрахунків) спроектовано 14 нейро-нечіткіх мереж ANFIS. Розроблено алгоритми самодіагностики з використанням ANFIS-контролерів. Алгоритм передбачає прогнозування окремих параметрів системи за допомогою ANFIS-конролерів та подальше порівняння прогнозованих параметрів з тих, що виміряні. Побудована структура ANFIS-контролера із запропонованим набором правил Сугено та показана його працездатність.

Навчання мереж та тестування підсистеми діагностики було виконано з використанням серій даних, які були отримані при проведенні ряду випробувань гідравлічних передач на тепловозоремонтному заводі «Промтепловоз». Результати тестування показали, що використання запропонованої методики дозволяє отримати правильний результат роботи підсистеми самодіагностики.

DECELERATION PROBLEM RESEARCH IN MULTIPROCESSIONAL COMPUTING SYSTEMS

Ivaschenko V.P. Doctor of Technical Sciences, Shvachych G.G. Doctor of Technical Sciences, Ivaschenko O.V., Busygin V.V.
National Metallurgical Academy of Ukraine

The research is aimed at determining the deceleration factor associated with the increase in computing of a multiprocessor system compared with the computer version with an unlimited computing area. It should be noted that the research of these problems is important and relevant. This is due not only to fundamental limitation of maximum possible performance of ordinary serial computers, but also to the almost constant existence of computational problems that can not be solved with insufficient capabilities of existing computer facilities.

Current analyzing methods of the multiprocessor systems effectiveness do not allow determining the optimal number of its nodes for solving a certain class of problems, taking into account the deceleration of the computations. At the same time, to solve such problems, there was no proper research development of network interface impact analysis on the modular multiprocessor computing systems efficiency. In addition, for computing multiprocessor system efficiency estimation, the basic analytical relationships are usually not provided through parameters of the researched system.

The aim of the research is the further approach development associated with methodology definition for evaluation of the multiprocessor modular computing system effectiveness and this value impact of the computational deceleration. At the same time, the main attention is focused on the impact peculiarities on this value of the multiprocessor system network interface.

At the same time there were solved the following problems:

1. The research was made to determine the deceleration factor associated with the increase of multiprocessor systems computing area, distributed over its nodes compared to a computer with an unlimited computing area. The analytical relations relations for the deceleration factor are derived.

2. The simulation stage of the calculations deceleration factor is performed and the regularities of its change are determined, depending on the applied computing platforms.

3. The determination problem of the optimal nodes number in a multiprocessor system was solved, where the system slowdown would be minimal.

The deceleration factor (*K*) value is given by the following relation:

$$\mathrm{K} = \frac{1}{\mathrm{N}}\left(1 + \frac{T_{ex}}{T_c^N}\right). \qquad (1)$$

In the relation (1) *N* is the nodes number of the multiprocessor system, T_{ex} is the time boundary data interchange between the nodes cluster, seconds; T_c^N is the computation time of one iteration when using *N* computing nodes.

Based on the relation (1) the simulation stage of the calculations deceleration rate was performed and the regularities of its change were determined, depending on application of various computing platforms. The revealed tendencies of such a change point to the necessary reconciliation of the network interface components and computing capabilities of the selected computing platform.

Against the background of the derived dependencies, it can be noted the significant effect of the time boundary data interchange on the deceleration rate value. This circumstance emphasizes the need to implement the reconciliation procedure for network interface and computing capabilities of the selected computer platform.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ АНТРОПОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЗЙОМКИ

Кавац О.О. к.т.н., Кавац Ю.В.
Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Великою перевагою супутникової зйомки високого просторового розрізнення у тепловому діапазоні (TIRS - Thermal Infrared Sensor) є можливість виявлення об'єктів за рахунок відмінностей їх випромінювальної здатності, при умові відсутності природного освітлення. Ця властивість дозволяє спостерігати за об'єктами в повній темряві. Однак слід зазначити, що в нічний час природні і антропогенні об'єкти мають інші співвідношення інтенсивності теплового випромінювання, ніж в денний. Звідси можна визначити наступну перевагу зйомки в тепловому діапазоні - широкі можливості реєстрації динамічних теплових процесів, які відбуваються протягом доби. Вочевидь, що можна спостерігати також і інші види динаміки інтенсивності теплового випромінювання: сезонність та багаторічність. Теплове випромінювання, інтенсивність якого залежить від температури, може бути виявлено приймачами теплового випромінювання і перетворено в видиме зображення. Теплова зйомка може здійснюватися як в денний, так і в нічний час. До TIRS - діапазону відносять діапазон електромагнітного спектра з довжинами хвиль 8 - 15 мкм. Відомо, що теплове випромінювання Землі і нижніх шарів атмосфери залежить від температури і випромінювальної здатності поверхні, температури навколишнього повітря, стану хмарності. Для усереднення температури по поверхні Землі (~ 290 К) максимальне випромінювання Землі лежить в області довжин хвиль 10 - 12 мкм. Власне теплове випромінювання Землі перевищує випромінювання всіх інших джерел, починаючи з λ= 3-4 мкм і більше. В останні десятиліття з'явилася апаратура для багатозональної і гіперспектральної зйомок, що охоплює також і тепловий діапазон (ASTER, MODIS), встановлена на супутниках Terra і Aqua. Просторова роздільна здатність теплових знімків підвищилася до 1 км у метеорологічних систем (MODIS), до 60-90 м у ресурсних (Landsat ETM +, ASTER). Значення яскравості, які приймають пікселі, є похідною від значення інтенсивності теплового випромінювання. При цьому об'єкти земної поверхні можуть мати однакову температуру, але випромінювати з різною інтенсивністю [1]. Випромінювальна здатність залежить від фізичних властивостей об'єктів, їй складно виміряти. Яскравість, що реєструється при тепловій зйомці, пропорційна інтенсивності теплового випромінювання і випромінючій здатності. Крім того, в реєструючому сигналі є компоненти, що приймають різні значення залежно від довжини хвилі реєструючого сигналу. Наявність цієї компоненти пов'язано з розсіюванням у атмосфері та її власним тепловим випромінюванням. При розрахунку теплового випромінювання слід враховувати випромінюючу здатність об'єктів земної поверхні та параметри атмосфери, що знаходиться між об'єктом земної поверхні і апаратурою, яка реєструє його випромінювання [1]. Інтенсивність теплового випромінювання об'єкту може бути визначена через температуру, але треба розділити вклад у яскравісну температуру, пов'язану з температурою об'єкту і випромінювальною здатністю. Для визначення значення температури із теплових інфрачервоних знімків необхідно знати параметри стану атмосфери території, що реєструється, мати дані про інтенсивність теплового випромінювання, зареєстрованого більш ніж в одному діапазоні. Авторами розроблена інформаційна технологія визначення температурних показників Земної поверхні по супутниковим данним у тепловому діапазоні, застосування якої дозволяє вирішити задачу моніторингу випромінювання великих промислових підприємств та їх вплив на інфраструктуру мегаполісів із визначенням меж температурних перепадів. Для програмної реалізації запропонованої інформаційної технології було прийнято рішення про використання мови C++ з бібліотекою OpenCV версії 3.1.0. Тестування алгоритму проводилося на багатоканальному супутниковому зображенні Landsat -8. Підтверджено ефективність запропонованного підходу.

1. Schowengerdt R. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. New York: Academic Press; 2007, p. 558.

ПРО ОДИН МЕТОД ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ МЕХАНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Ларіонов Г.І. д.т.н.
ІГТМ НАН України

Сучасний підхід до керування процесами у механічних системах в тій чи інший спосіб потребує автоматизації процесів, і тим самим забезпечує підвищення якості продукції. Використання контролерів для цих цілей є найбільш поширеним засобом в сучасних методах автоматизації.

Незважаючи на серйозні успіхи в технології виготовлення різних типів контролерів кількість параметрів керування є важливим фактором. В решті решт кожний параметр керування потребує окремих каналів для здійснення процесів керування, і вихідними ланками є механічні пристрої. Надійність останніх є визначальною при визначенні надійності системи керування в цілому.

Як правило, кількість параметрів керування визначається за кількістю параметрів, що входять до крайової задачі, яка описує процес функціонування механічної системи. Проте кількість параметрів може бути значною, зважаючи на високий рівень обчислювальної техніки та розроблених програмних засобів для їх розв'язання.

В роботі пропонується метод оцінки важливості врахування того чи іншого параметру в алгоритмі керування та вибору найбільш значущих.

Нехай розв'язок крайової задачі представлено у вигляді функції $F(X)=F(x_1,x_2...x_n)$, яка є визначеною і неперервною у замкнутій області $\overline{D}$. Тоді у околі точки $X_0=(x_1^0,x_2^0,..x_n^0)\in\overline{D}$ функція $F(X)$ може бути представлена у вигляді:

$$F(X)\approx\phi(x_1,...,x_n)=\alpha\prod_{i=1}^{n}g_i(x_i),$$

де $g_i(x_i)$ – функції апроксимації для $f_1,f_2,...,f_n$ заданих у табличній формі. Зазначені функції будуються наступним чином, $f_1(x_1)=F(x_1,x_1^0,...x_n^0)$, $f_2(x_2)=F(x_1^0,x_2,...x_n^0)$, $f_n(x_n)=F(x_1^0,x_2^0,...x_n)$. Як показує практичний досвід, представлення функції $F(X)=F(x_1,x_2...x_n)$ у околі точки $X_0=(x_1^0,x_2^0,..x_n^0)\in\overline{D}$ має достатню для інженерних розрахунків точність на всій області визначення *D*. Оскільки у методі послідовної апроксимації [1] відсутні обмеження на вибір класу функцій добутку,то пропонується застосувати клас степеневих функцій. Тоді користуючись процедурою порівнянням показників степенів функцій добутку можна визначити не тільки ступінь впливу того чи іншого параметра на функцію, але й користуючись кількісними значеннями показників степенів свідомо обирати параметри керування. Так якщо показник степені наближається до нуля, то такий параметр можна обґрунтовано виключити з множини параметрів керування, і тим самим підвищити надійність процесу керування механічною системою.

1. Ларіонов Г.І. Оцінювання конструктивних параметрів анкерного кріплення. Дніпропетровськ :Національна металургійна академія України,2011.–286с.

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ

Мазурок Т.Л., д.т.н.
ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет ім. К.Д. Ушинського»

Інформатизація суспільства разом з поглибленням глобалізації, зростанням конкуренції на ринку праці, оновленням затребуваних компетенцій фахівців, зростанням обсягів та темпів оновлення професійних знань обумовлюють необхідність створення умов для реформування освіти. Вказані проблеми знаходять своє вирішення в створенні умов для академічної мобільності, впровадженні новітніх організаційних форм та методів навчання, підвищенні адаптивних властивостей електронних засобів підтримки навчання.

Втім, основні переваги впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес, різних форм електронного навчання можуть привести до створення власне адаптивних систем управління навчанням, що дозволять повною мірою індивідуалізувати процес навчання, тільки за умов автоматизації саме системи управління освітнім процесом, що має бути системо-утворюючим елементом наскрізної освітньої системи. Саме, автоматизація функцій управління освітнім процесом, є визначальним джерелом підвищення ефективності навчання та надання йому адаптивних властивостей.

Необхідною складовою системи управління складним об’єктом є інформація, що характеризує об’єкт управління. Тому ефективність функціонування автоматизованої системи управління освітнім процесом (АСУ-ОП) значною мірою визначається наявністю адекватного інформаційного забезпечення (ІЗ). Реалізація структурно-функціональної схеми АСУ-ОП на інформаційному рівні пов’язана зі забезпеченням перетворень, більшість з яких є інтелектуальними. Це обумовлює протиріччя між потребою у спеціалізованій інформаційній підтримці процесу АСУ-ОП, що спрямована на підготовку, використання, передачу різнорідних даних і знань щодо управління навчанням, та відсутністю методології створення таких компонент.

Метою створення інформаційної моделі АСУ-ОП є визначення основних інформаційних об’єктів та інформаційних процесів, що забезпечують вказану систему управління необхідною інформацією, їх структури, взаємозв’язків. Основними складовими елементами інформаційної моделі (ІМ) АСУ-ОП є наступні: ІМ системи компетенцій; ІМ навчальної дисципліни; ІМ навчального елемента; ІМ міжпредметних зв’язків; ІМ особи, що навчається; ІМ стратегії навчання. Крім елементів, що утворюють відповідні інформаційні моделі на основі регламентуючих нормативних документів, особливої уваги заслуговує також послідовність вивчення навчальних дисциплін, які визначаються за певною спеціальністю. Для визначення таких послідовностей запропоновано використання структурно-логічної схеми формування системи компетенцій у вигляді нечіткого орієнтованого графу, вершини якого відповідають назвам дисциплін, а дуги – нечітким відношенням передування та подібності.

Для використання структурно-логічної схеми підготовки фахівця в якості основи для формування траєкторій навчання враховано інформацію щодо міжпредметних зв’язків між дисциплінами, які є відображенням інтеграційних процесів в сучасній науці та практиці, та їх впливів на формування компетенцій. Визначальним критерієм ступеня взаємозв’язку та одним з важливих параметрів адаптивного управління навчанням розглянуто коефіцієнт інтеграції, для визначення якого запропоновано дві схеми в залежності від особливостей процесу планування навчання – висхідна та спадна.

Отримана інформаційна модель дозволяє управляти процесом індивідуалізації навчання на основі інтеграційних характеристик. Інформаційна модель, що отримана, становить основу розробки цілісного інформаційного забезпечення, що є невід’ємною складовою автоматизованої системи управління системою адаптивного навчання, що є реалізацією структурно-функціональної схеми синергетичної моделі управління навчанням.

МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ

Михалев А.И. д.т.н., Стенин А.А. д.т.н., Шитикова И.Г. к.т.н., В.А.Лемешко
Национальная металлургическая академия Украины,
НТУУ «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского,
институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины

В настоящее время, в смысле автоматизации информационного поиска и извлечения специализированных данных, активно ведётся работа по разработке алгоритмов, которые автоматически генерируют программы-посредники. Задача извлечения является сложной, поскольку требуется извлечь не только вид схемы данных, но также и связанную с ним семантическую информацию[1]. Достижение полной автоматизации в этом вопросе маловероятно, и речь лишь может идти о создании автоматизированных методов и систем извлечения информации из Интернет. Актуальное исследование в области работы со слабо структурированной информацией на основе интеллектуальных агентов привели к появлению большого количества альтернативных инструментов их создания.

Предлагаемая в данном докладе интеллектуальная мультиагентная система (ИМС) связана с решением задачи сокращения затрат времени на поиск необходимых данных и улучшения их смыслового качества.

Для этого разработана модель ИМС формирования эволюционной модели знаний предметной области с алгоритмом принятия решений, основанным на генетическом подходе и мультиагентном методе синтеза деревьев решений и нейронной сети, использующей индекс специфики принятия решений[2]. Снижение времени поиска в ИМС обусловлено алгоритмом отбора управляющих решений, использующим оценки множеств видов ситуаций и специфик логик, а не сами множества.

Повышение качества информации достигается на каждой итерации отбором поведений с высокой частотой использований и отсеканием области суперпозиционных оценок индексом специфики логики и индексом ситуации, что повышает уровень онтологического представления информации[3].

1. Найханова Л.В., Евдокимова И.С. Методы и алгоритмы трансляции естественно-языковых запросов к базе данных в sql-запросы.- Улан-Удэ: ВСГТУ, 2004.-148 с.

2. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронный сети. – М.: Физматлит, 2001. -221 с.

3. С.А. Субботин, Ан..А. Олейник, Е.А. Гофман, С.А. Зайцев, Ал.А. Олейник . Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов. Харьков – 2012. Компания Смит. – 318 с..

МАТЕМАТИЧНЕ І ПРОГРАМНО-АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПЛАТФОРМИ З ПРОСТОРОВИМИ ПРИВОДАМИ РУХУ

Омельчук А.А., к.т.н., Сафьяник О.О., Березкін І.С., Павлов П.М.
Херсонський національний технічний університет

Симулятори руху транспортними засобами використовуються у багатьох галузях людської діяльності: від підготовки спеціалістів до індустрії розваг. На сьогодні можна виділити три різні типи транспортних тренажерів: мототренажери, автотренажери, автобусні симулятори, трекові симулятори і т.д., кожен з яких призначений для підготовки водіїв відповідної галузі. У транспортних тренажерах відносні переміщення кабіни транспортного засобу і дорожнього полотна разом з навколишнім середовищем досягаються шляхом застосування різних багаторухливих просторових механічних систем, в основі яких лежать робототехнічні комплекси. У зв'язку з потребою навчання та перевірки навичок осіб, які задіяні у керуванні транспортними засобами, необхідно забезпечити відтворення реальних умов і навантажень.

Метою дослідження є визначення процедур проектування і засобів забезпечення працездатності та керування мехатронними системами відтворення складних рухів для тренажерної техніки з приводами просторової конструкції.

Дослідження базується на методах побудови планів основних кінематичних параметрів та надає можливість визначати потрібні конструктивні і швидкісні параметри приводів на стадії проектування в ракурсі рішення прямої задачі кінематики. В якості бази для крісла-тренажера прийнято пірамідальну каркасну установку з МПС [1]. Для комп'ютерного розв'язку задач кінематики та моделювання роботи просторових симуляторів руху пропонується створення ієрархічно зв'язаної моделі в середовищі 3ds Max з використанням математичного зв'язку усіх ланок і їх складових, який програмується на мові MaxScript.

Створено повнорозмірну геометричну модель механічної складової приводів просторового компонування тренажерної платформи для симуляції руху екіпажів мобільних машин. В результаті моделювання, а саме переміщення та обертання крісла (рухомої платформи) в інтерактивному режимі розраховуються значення *l*-координат та присвоюються відповідним змінним, які можуть бути подані на драйвери крокових двигунів мехатронної системи для відпрацювання. Таким чином, забезпечується необхідне віртуальне пересування і орієнтація оператора. Для подання сигналів з зовнішнього пристрою керування рухомою платформою з кріслом оператора можна запропонувати стандартний програмний контролер Motion Capture середовища 3D Studio max від Autodesk. Використовуючи контролер Motion Capture (захоплення руху), можливо керувати трансформацією об'єкта за допомогою зовнішнього приладу, наприклад миші або джойстику. Система керування, з апаратної точки зору, складається з розподільчої плати, яка розподіляє керуючі сигнали від програмного середовища Mach3 на драйвери крокових двигунів [2].

Висновки. Розглянуто і удосконалено математичне ядро для зв'язку зворотної і прямої задач кінематики та управління складним рухом мобільних платформ. Створено ієрархічну 3D – модель тренажерної системи у середовищі 3dStudioMax, що програмно керована кодом MaxScript з можливістю інтерактивного керування контроллером Motion Capture від зовнішніх пристроїв.

1. Дмитрієв Д.О. Розробка технічних засобів проектування технологічного і верстатного обладнання каркасних просторових компоновок / Д.О. Дмитрієв, С.А. Русанов, А.А. Омельчук, Д.Д. Федорчук //Mechanics and Advanced Technologies Вісник НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Серія машинобудування. Вип.3 (81). – К: НТУУ «КПІ», 2017. – С. 54-62.

2. Кеба П.В. Програмно-апаратне забезпечення і моделювання обробки на верстатах з механізмами паралельної структури / П.В. Кеба, С.М. Півень // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія:Технічні науки – 2016. – № 3 (78). – С. 12-19.

РАСЧЕТ НАСТРОЕК ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Подгородецкий А.В. ст., Швачка А.И. к.т.н.

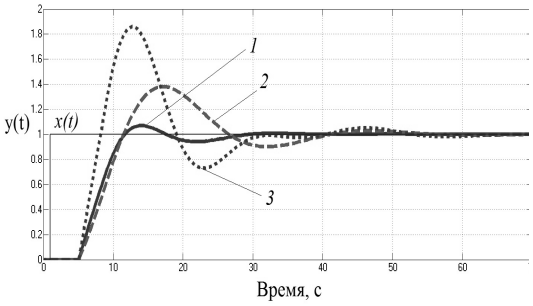
ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»

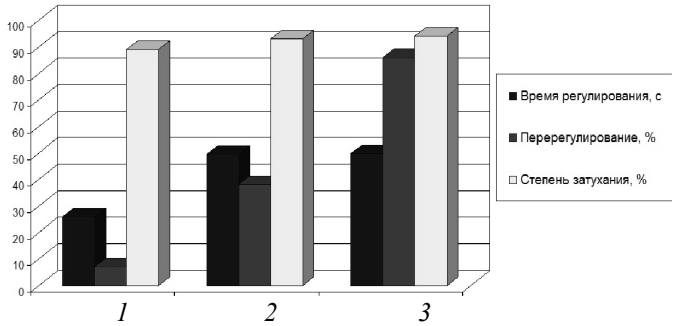
Интерес к системам управления с запаздыванием всегда был и остаётся на достаточно высоком уровне. Этот факт объясняется рядом причин. Большинство производственных процессов обладают запаздыванием, влияние которого сказывается как на устойчивости системы управления, так и на ее качестве работы.

ПИД - регуляторы имеют более широкие вариации для настройки систем с запаздыванием. Вместе с тем, методологические основы структурного и параметрического синтеза таких регуляторов недостаточно разработаны. Поэтому создание методов моделирования и алгоритмов структурного и параметрического синтеза регуляторов актуален.

Вопросы повышения качества автоматического регулирования всегда важны и решаются они разными методами. Одной из важных задач является разработка методик инженерных расчетов оптимальных параметров настроек стандартных регуляторов, ведь самый совершенный регулятор не может дать качественного регулирования без установки на нем оптимальных значений параметров настроек.

Для расчета настроек регулятора с ПИД – законом при управлении объектом с запаздыванием применен критерий минимума интегрального квадратичного показателя качества переходного процесса с использованием безпоискового метода (БМ), т.е. с однократным расчетом. Сущность метода заключается в приближении комплексной частотной характеристики (КЧХ) линейного регулятора методом наименьших квадратов к комплексной частотной характеристики оптимального регулятора. Наличие разрывов на КЧХ оптимального регулятора может привести к плохой обусловленности расчетов. Поэтому вместо оптимального регулятора в качестве ориентира при выборе настройки рассматривается субоптимальный регулятор. Алгоритм субоптимального регулятора зависит от точки приложения входного возмущения и рассмотрен относительно внутреннего возмущения и задания (рис. 1).





1- БМ относительно задания, *2*- БМ относительно внутреннего возмущения, *3*- метод Ротача В.Я. (отработка возмущения по заданию)

Рис. 1. Кривая процесса регулирования Рис. 2. Показатели качества регулирования

К числу настроечных параметров модели расчета настроек следует отнести постоянную времени сглаживания, диапазон частот приближения, а также корректирующий коэффициент. Основанием для выбора указанных показателей является снижение показателя колебательности переходного процесса, а также времени регулирования.

Выполнен анализ полученных настроек регулятора по БМ и по методу Ротача В.Я. (при ограничении на частотный показатель колебательности) по показателям качества работы автоматической системы для объекта с запаздыванием (рис. 2). Отмечено снижение показателей, в том числе, времени регулирования, и значительное - перерегулирования. Установлено, что расчет настроек БМ относительно задания обеспечивает удовлетворительную компенсацию всех видов возмущений для объекта с запаздыванием.

МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Постоленко С. В., Гук Н.А., д.ф.-м. н.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Зараз активно розвивається моделювання «адаптивної поведінки», пов'язаної з вивченням фундаментальних принципів пристосування організмів до змінного зовнішнього середовища. Одним з основних підходів цього направлення є створення та дослідження агентів (комп'ютерних програм чи роботів), поведінка яких заснована на принципах поведінки живих організмів. Подібні агенти були названі «аніматами».

Метою даної роботи є моделювання «анімата», поведінка якого керується нейронною мережею. Навколишнє середовище анімата являє замкнуту область, яка покривається регулярною сіткою. Розмір елемента сітки визначається діапазоном допустимих змін координат об'єкту. Елементами навколишнього середовища можуть бути перешкоди, які анімат повинен долати, а також «їжа», до якої анімат повинен прагнути. В якості цільової функції використовується кількість поглинаємої їжі, значення цільової функції максимізується.

Анімат описується з використанням структур, які характеризують його знаходження у просторі, а також стан його сенсорів. Знаходження анімата у просторі, а також стан середовища описується матрицями з бінарними значеннями. За допомогою сенсорів визначається місцеположення анімата у середовищі, здатність пересуватися та долати перешкоди. Для переміщення у просторі та функціонування анімата формується матриця керувань, яка здійснює вибір конкретної дії відповідно до заданої мети у існуючому стані середовища. У якості видів керувань використовується «крок вправо», «вліво», «вперед», «з'їсти їжу».

Вибір конкретної дії із можливої множини здійснюється на основі прогнозу результатів дій з цієї множини. Прогноз результату дії A_i здійснює і-та нейрона мережа із сукупності прогнозуючих нейронних мереж.

На вхід нейронної мережі поступає сигнал, що характеризує знаходження анімата та стан зовнішнього середовища, на виході визначається прогноз можливої дії. Далі отримані прогнози по кожній можливій дії обробляються блоком прийняття рішень, у якому результати прогнозу порівнюються з метою з використанням введеної метрики. Обирається умова мінімуму відстані від поточного місцеположення анімата до цільової позиції, яку буде пройдено при русі прямо без перешкод. У результаті обирається та дія, яка задовольняє поточній меті керування.

Недоліком сформульованої моделі є те, що для прийняття рішення у кожній конкретній ситуації необхідно отримувати прогнози для усіх дій, що призведе до обчислювальних витрат при розширенні набору дій. Тому у процесі розв'язання задачі пропонується створювати бібліотеку успішних траєкторій, тобто ланцюжків виду «ситуація – дія», які серед можливих були відібрані як ті, що задовольняють поточну мету з меншими витратами. Тоді при виникненні поточної ситуації, яка по своїм характеристикам збігається з вже розв'язаною задачею керування, не буде виникати необхідність повторного її розв'язання.

1. Редько В. Г. Моделі адаптивної поведінки — біологічно інспірований підхід до штучного інтелекту // Штучний інтелект і прийняття рішень. —2008. — Т. 2.

СИСТЕМА ВІДЕОКОНТРОЛЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Руденко М. О, Сніжко Є.М. к.т.н., Тихомиров О.Є.
Дніпропетровський Національний університет ім. О.Гончара

В Україні проводиться комплекс заходів, спрямований на перехід до ситуаційного регулювання дорожнього руху, які працюють на системах, що існують, та дозволяють віддалено впливати на транспортний потік шляхом зміни циклу роботи світлофорних об'єктів та змінювати інформацію про розраховану оптимальну швидкість руху на спеціальних табло. Ця система має недоліки; головний з яких полягає у відсутності зворотний зв'язку. Для цього в системі потрібен блок, який збирав би дані про актуальне завантаження доріг у режимі online та оперативно передавати їх для розрахунків поправок, які необхідно внести в систему управління дорожнім рухом (СУДР). Поширені зараз статистичні-стратегічні способи управління цілком спираються на календарні розклади, що розраховані за допомогою попереднього статистичного аналізу.

Була поставлена задача впровадити адаптивно-координований та адаптивно-заторовий спосіб, який спирається на активному аналізі оперативної інформації на дорогах у режимі реального часу.

Як вказано в роботах [1,2], впровадження системи може скоротити час в дорозі на 15%, час перебування в заторах на 50%, зменшити кількість шкідливих викидів і витрати палива в межах міста на 10%, але вартість системи доволі висока.

Таке регулювання є складнішим, оскільки вимагає додаткового обладнання, програмного забезпечення та постійного обслуговуваня, але і є більш ефективним за інші, особливо на відрізках з максимальною завантаженістю.

Із двох схем реалізації визначення інтенсивності транспортного потоку, тобто розрахунку за допомогою спеціальних детекторів різних типів (мікрохвильового, ультразвукового та інфрачервоного), та за допомогою відеокамер та програмних модулів, що аналізують відеоряд, було обрано другий спосіб через його перевагу в умовах обмежених ресурсів.

Розроблені елементи системи на базі біблиотеки із відкритим кодом OpenCV. Спочатку для підрахунку характеристик потоку використано метод каскадів Хаара, Аналіз 550 зразків показав, що метод має 43% помилку і тому було розроблено власний алгоритм підрахунку машин.

Розроблений алгоритм дає 98% точність, якщо відстань між машинами в потоці перевищує 5 метрів, але погіршується при збільшенні інтенсивності. Падіння до 75% відбувається також, якщо в потоці постійно чередуються машини різної довжини.

1. Norbert Buch, Sergio A. Velastin, and James Orwell. A Review of Computer Vision Techniques for the Analysis of Urban Traffic, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 12, No. 3, Sept.* 2011.

2. Bhushan Nemade, Automatic Traffic Surveillance Using Video Tracking. Procedia Computer Science,Volume 79,2016,pp 402-409.

НЕЙРОМЕРЕЖА ІЗ ЗУСТРІЧНИМ РОЗПІЗНАВАННЯМ ДЛЯ ЗВОРОТНЬОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ

Сенько А.О. асистент, Купін А.І. доктор технічних наук
Криворізький національний університет

Для дослідження процесів збагачення мінеральної сировини широко застосовуються математичні моделі, що описують фізичні процеси і явища, котрі призводять до поділу мінеральних компонентів в апаратах для розділу [1]. Ці моделі представляють собою складні диференціальні рівняння в часткових похідних з граничними умовами. Для таких рівнянь у більшості випадків невідомі ні теореми про існування та єдиність розв'язання, ні характер залежності рішення від параметрів та граничних умов. Програмні пакети, орієнтовані на побудову та аналіз таких моделей [2], реалізують різні числові методи вирішення відповідних рівнянь (наприклад Computational Fluid Dynamics, CFD)[3].

Оскільки кульові млини – найбільш енергоємні агрегати, оптимізація режиму їх роботи є важливим засобом економії і підвищення ефективності використання електроенергії. Тому актуальним є вирішення задачі вибору раціонального режиму роботи кульових млинів, тобто встановлення, за яких умов кульові млини працюють з максимальною продуктивністю.

В рамках дослідження найбільшу перспективу мають нейромережі зустрічного розповсюдження. Мережі цього типу мають меньший час навчання ніж мережі зворотнього розповсюдження. Тому така мережа оперативно відреагує на зміну умов процесу збагачення, пов'язану із флуктаціями характеристик вхідної сировини. У нейромережі зустрічного розповсюдження об'єднані такі алгоритми: самоорганізуюча карта Кохонена та зірка Гроссберга.

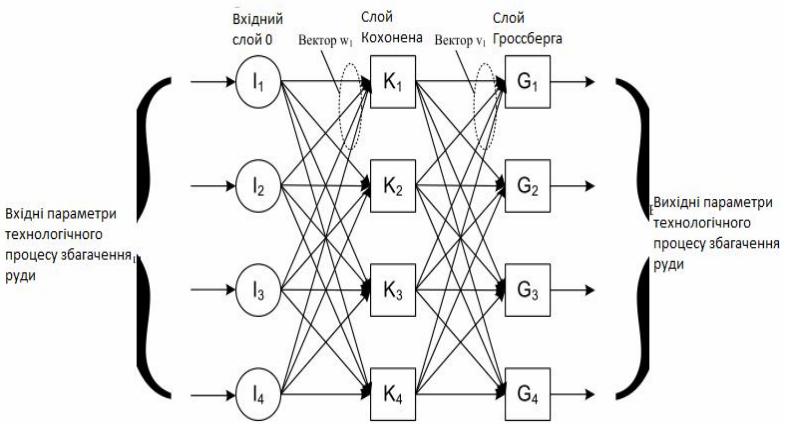


Рисунок 1 – Мережа із зустрічним розпізнаванням без зворотніх зв'язків

У якості параметра для непрямого визначення міцності пропонується використати показники навантаження обладнання для подрібнення.

Було протестовано 1374 моделі прогнозування. Найліпший результат, виявлений в ході експерименту має коефіцієнт кореляції 0.601.

Отримана модель реалізує ймовірнісну нейронну мережу. Критерій середньої абсолютної похибки (MAE) становить 0,086. Час навчання становить 2с. Середньоквадратичне відхилення становить 11,306.

1. Купін А. І. Структура прототипу та обґрунтування впровадження інтелектуальної системи керування процесом збагачення залізної руди / А. І. Купін // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2010 – С. 116 – 120.

2. Неведров А.С. Об инструментальных средствах определения эффективных режимов обогащения минеральных руд / А.С. Неведров, А.Г. Олейник // Информационные ресурсы Росии. – 2011. - №5(123). – С.35-38.

3. Скороходов В.Ф. Создание эффективных технологий и техники обогащения минерального сырья с применением методов вычислительной гидродинамики / В.Ф. Скороходов, М.С. Хохуля, В.В.Бирюков // Горный журнал. – 2010. - № 12. – С.79-84.

О ПРОЦЕДУРНОЙ ГЕНЕРАЦИИ УРОВНЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ

Хребет М.А. студент, Кодола Г.Н. преподаватель
Украинский Государственный Химико-Технологический Университет

Процедурная генерация это широко распространенный термин в разработке игр. Многие разработчики в попытках разнообразить и увеличить наполнение своих игр прибегают к процедурной генерации определенных ее частей. Процедурная генерация – это программное обеспечение, которое позволяет автоматически создавать игровой контент определенного вида с помощью алгоритмов, а не прописывать его вручную.

Одной из главных причин использования разработчиками в своих играх процедурной генерации становится увеличение игровых пространств. Современные игры обладают настолько большими мирами, что даже поистине большая команда разработчиков не способна ее заполнить в необходимые сроки. В качестве хорошего примера внедрения процедурной генерации уровней в игру можно привести такие игры, как: Diablo, Spore, Rogue, Enter the Gungeon, Astroneer и другие.

Существует множество разнообразных алгоритмов процедурной генерации уровней [1,2], которые нашли себе применение в разных жанрах игр. Ниже приведен алгоритм для процедурной генерации игровых уровней, по структуре схожих с деревом:

1. В качестве начала уровня и стартовой позиции игрока используется заранее созданная статичная клетка лагеря.

2. У каждой клетки имеется несколько прописанных возможных проходов (минимум 2, максимум 4) среди которых путем генерации случайного числа выбираются несколько (минимум 1, максимум 4), для создания дальнейшего прохода. Клетка выбирается из набора заранее созданных, а затем присоединяется к предыдущей в месте выбранного прохода.

3. Второй шаг повторяется до тех пор, пока это позволяет установленный заранее размер игрового уровня. Последней клеткой всегда устанавливается финальная клетка выхода с уровня, а все разветвления, начатые ранее, закрываются, путем удаления возможных проходов.

Пример, наглядно показывающий процесс выбора одной клетки уровня с несколькими проходами показан на рисунке 1.

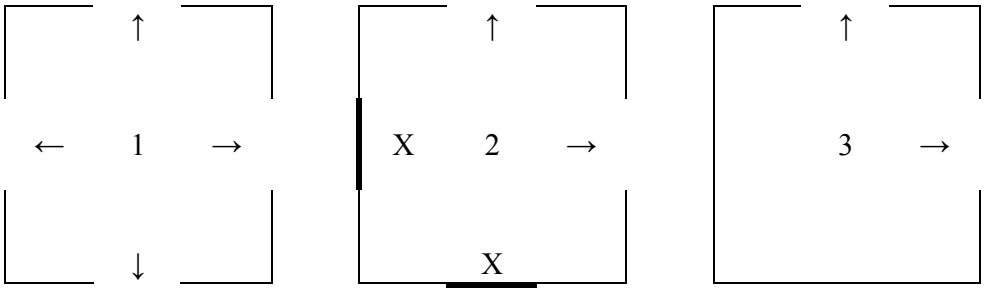


Рисунок 1 – Выбор клетки уровня

На рисунке: 1 – первоначальная клетка со всеми возможными проходами; 2 – случайным образом выбрано два прохода, а остальные два (выделенные проходы с пометкой X) считаются закрытыми; 3 – итоговая клетка, которая будет использоваться для генерации уровня.

Таким образом, процедурно-генерируемый контент при правильной реализации позволяет многократно разнообразить игровую среду и ее наполнение, именно поэтому в последнее время процедурная генерация появляется во все большем количестве игр.

1. Shaker, Noor and Togelius, Julian and Nelson, Mark J. Procedural Content Generation in Games. – Springer, 2016. – 218 с.

2. Ebert, David S.; Musgrave, F. Kenton; Peachey, Darwyn; Perlin, Ken; Worley, Steve (2002). Texturing and Modeling: A Procedural Approach (3rd ed.).

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ФИНАНСОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

Царенко Д. Ю. студент, Денисюк О. Р. к.т.н.
Украинский государственный химико-технологический университет

Рассматривается задача оптимизации процесса создания налоговых деклараций как для физических, так и для юридических лиц. Эта задача актуальна тем, что процесс создания налоговых деклараций занимает немало времени – нужно получить данные о доходах большого числа налогоплательщиков и определить сумму налога, которую они должны заплатить государству. Для ускорения и оптимизации данного процесса используется программное обеспечение, позволяющее получить данные от многих пользователей и автоматически определить сумму налога.

Для ведения учета пользователей и их денежного оборота создана база данных с помощью системы управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server. Диаграмма базы данных представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Диаграмма базы данных

В рассматриваемой базе данных созданы таблицы с информацией об физических и юридических лицах – налогоплательщиках. Обе таблицы содержат такую информацию о налогоплательщиках, как идентификационный номер, ФИО, город, индекс, индивидуальный налоговый номер и номер паспорта. В таблице с информацией о юридических лицах также указаны наименования предприятий, принадлежащих определенным юридическим лицам, и номера документов, подтверждающих принадлежность. Обе таблицы связаны с определенными таблицами, содержащими информацию о налогах, которые должны быть выплачены налогоплательщиками, по идентификационному номеру налогоплательщика. Для физических лиц – это налог на землю, подоходный налог и налог на добавленную стоимость (НДС). Для юридических лиц – также налог на землю, налог на добавленную стоимость (с большим количеством операций, которые облагаются налогом) и дополнение 5 к налогу на добавленную стоимость. Для работы с таблицами (выборка из таблиц, добавление новой информации, удаление и обновление существующей информации) используются хранимые процедуры.

Для упрощения передачи информации от пользователей разработано программное обеспечение с помощью языка C++. Данное программное обеспечение позволяет пользователям регистрироваться в базе данных, просматривать информацию о своих предыдущих налоговых декларациях, а также вносить информацию о своем финансовом обороте, просматривать внесенную информацию и узнать сумму налога, которую они должны выплатить. Также описана работа данного программного обеспечения на примере нового пользователя.

В ходе разработки задача создать информационную подсистему обработки финансовых документов была достигнута

ВИКОРИСТАННЯ УЗАГАЛЬНЮЮЧОГО КРИТЕРІЮ В ЗАДАЧІ СТРУКТУРНО-СИНЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ

Царик В.Ю., Михальов О.І. д.т.н.
Національна металургійна академія України

При використанні методів синергетичної теорії інформації для структурного аналізу дискретних систем оцінку хаотичності та впорядкованості елементів системи проводять за допомогою функцій відображення (*R*-функція) та розвитку (*D*-функція) [1]. Однак для подальшої обробки результатів аналізу бажано мати значення одного критерію, який об'єднує в собі значення вище описаних вище функцій *R* і *D*. Враховуючи те, що значення *R*-функції наближається до 1, а *D*-функції прагне до максимуму, та враховуючи умову нерозривності функції-критерію, пропонується використовувати критерій *K* для оцінки результатів структурно-синергетичного аналізу дискретних систем:

$$K = \frac{D}{1 + \exp(|1 - R|)}. \qquad (1)$$

За даним критерієм була проведена оцінка ряду музичних творів. При ранжуванні отриманих результатів за спаданням значення критерію *K*, перші позиції зайняли всесвітньо відомі твори класичної та джазової музики, в той час як твори - представники популярної та рок-музики зайняли останні позиції. Результати аналізу наведені в таблиці 1, де *M* – кількість елементів системи, тобто нот в музичному творі, *R*, *D* – значення функцій відображення та розвитку відповідно, *K* – значення запропонованого критерію.

Таблиця 1 – Аналіз музичних творів з використанням критерію *K*

№ з.п.	Назва твору	Стиль музики	*M*	*R*	*D*	*K*
1	И.С. Бах - Токата і фуга ре мінор	Класика	4604	1.010	28.594	14.224
2	G. Mancini - Moon River	Джаз	3361	1.100	28.498	13.535
3	Л.В. Бетховен - Місячна соната	Класика	8597	1.114	28.512	13.441
4	G. Miller - Moonlight Serenade	Джаз	917	1.166	28.453	13.050
5	B. Strayhorn -Take Me A Train	Джаз	2929	1.215	28.350	12.660
6	И.С. Бах - Жарт	Класика	411	1.272	28.211	12.202
7	Ф. Мендельсон - Весільний марш	Класика	3039	1.304	28.092	11.931
8	Л.В. Бетховен - До Елізи	Класика	2102	1.339	28.018	11.658
9	B. Howard - Fly Me to the Moon	Джаз	2228	1.368	27.930	11.427
10	Boney M - Sunny	Поп	5143	1.371	27.900	11.392
11	Земфира - Ромашки	Рок	5530	1.390	27.843	11.240
12	H. Hancock - Chameleon	Джаз	15435	1.414	27.744	11.041
13	Bananarama - Venus	Поп	8895	1.451	27.648	10.757
14	Maroon 5 - This love	Рок	7145	1.620	27.007	9.445
15	Moloko - Sing it Back	Поп	6863	1.674	26.792	9.043

Отримані результати показують можливість використання даного підходу для аналізу музичних творів. У подальшому запропонований критерій планується використовувати в процесі комп'ютерного синтезу музики.

1. Царик В.Ю., Михалёв А.И. Структурный анализ музыкальных произведений с использованием методов синергетической теории информации // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем: Тези доповідей XV Міжнародної науково-практичної конференції MPZIS-2017, Дніпро, 22-24 листопада 2017 р. / Під загальною редакцією О.М. Кісельової – Д.: ДНУ, 2017 – С. 214-215.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫМИ СТАТИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВИЖНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Шейкус А.Р., Тришкин В.Я. к.т.н.

Украинский государственный химико-технологический университет

Характерными особенностями такого технологического объекта как ректификационная колонна является многомерность, взаимосвязь между параметрами, их распределённость в пространстве аппарата и во времени, наличие значительного числа возмущений. Управление таким объектом необходимо осуществлять с учетом названных особенностей способом, который предусматривает распределенность и подвижность управляющих воздействий [1].

В работах, направленных на решение проблемы подвижного управления процессом ректификации, приведена математическая модель [2], позволяющая рассчитывать оптимальные статические режимы процесса ректификации и подвижные управляющие воздействия, которые их обеспечивают, а также разработан способ автоматического управления статическими режимами процесса с использованием подвижных управляющих воздействий [3]. Представленные результаты доказывают, что появление новой степени свободы – возможности выбора закона движения материального или энергетического источника – позволяет осуществлять перевод распределенного объекта в состояния, недостижимые в классе неподвижных управляющих воздействий.

Однако при этом рассматривались лишь установившиеся режимы процесса и целью работы является исследование изменений состояния ректификационного аппарата во времени при нанесении подвижных управляющих воздействий и переходе к оптимальному статическому режиму.

Для достижения цели разработана динамическая модель процесса ректификации, позволяющая учитывать подвижные управляющие воздействия. Последние заключаются в изменениях точки ввода сырья и изменениях соотношения расходов сырья или флегмы при их двухпоточном вводе в колонну. Модель позволяет рассчитывать переходные режимы колонн независимо от количества компонентов в разделяемой смеси, а значения показателей процесса в начальный момент времени определяются с использованием модели статики.

Расчет всей ректификационной установки в отдельный моделируемый момент времени состоит из последовательных расчетов испарителя куба, контактных устройств, конденсатора верха колонны и сборника флегмы. Каждое элементарное звено описывается системой дифференциальных уравнений материального и энергетического балансов, моделями фазового равновесия, кинетики массопередачи. Предусмотрены настроечные параметры – уровни жидкостной фаз в кубе, на контактных устройствах, в сборнике флегмы.

С использованием разработанной модели исследованы переходные режимы работы колонны для разделения смеси метанол-вода при реализации разработанного способа автоматического управления оптимальными статическими режимами с использованием подвижных управляющих воздействий. Отмечены допустимые величины показателей качества – времени регулирования, динамических ошибок, показателя колебательности.

1. Рапопорт Э. Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами / Э. Я. Рапопорт. – М.: Высш. шк., 2005. – 292 с.

2. Белоброва Е. В. Автоматическое управление тепломассообменными процессами с подвижными распределенными регулирующими воздействиями / Е. В. Белоброва, А. Р. Шейкус, В. И. Корсун // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/2 (71). – С. 51-55.

3. Спосіб керування процесом ректифікації: пат. 93961 Україна: МПК B01D 3/42 / Шейкус А. Р., Левчук І. Л., Тришкін В. Я.: заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – № u 2014 04446; заявл. 25.04.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. №20. – 3 с.

СЕКЦІЯ 6

ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ПОЛОМОК ЕЛЕМЕНТІВ ПРОКАТНОГО СТАНУ З МЕТОЮ ЇХ ЗАПОБІГАННЯ

Гречаний О.М., Шевченко І.А., Кобрін Ю.Г.,
Національна металургійна академія України

Вступ. Практика експлуатації універсальних шпінделів в приводах прокатних станів свідчить про недовговічність вкладишів шарнірів ковзання. Основною причиною частих періодичних поломок (або аварійних відмов) шпіндельних з'єднань є підвищений зазор у шарнірі через зношування бронзових вкладишів [1].

Актуальність досліджень. Характер і швидкість зміни технічного стану обумовлені постійним впливом технологічних навантажень і зміною внутрішніх властивостей елементів устаткування, які носять випадковий (стохастичний) характер. Вплив перерахованих вище факторів безпосередньо впливає на зношування, фізичне старіння й міцність елементів устаткування, що приводить до порушення його працездатного стану, і як наслідок, до його відмови, а отже і до зупинки всього процесу виробництва, погіршуючи його технологічні й техніко-економічні показники. У зв'язку із цим, для підтримки устаткування в стані, відповідному до вимог нормативно-технічної й конструкторської документації, в умовах дії руйнуючих факторів, а також виключення й попередження його аварійних зупинок на металургійних підприємствах, крім домінуючої функції виробництва, здійснюється спеціальна функція забезпечення працездатності, що включає в себе всі профілактичні й ремонтно-відбудовчі операції. Реалізація цієї функції здійснюється спеціальною системою, названою ремонтною службою підприємства [2].

Постановка задачі. До основних завдань, розв'язуваних ремонтною службою, відносяться:

– планування;
– підготовка;
– проведення ремонтних впливів.

Характер і швидкість зміни технічного стану обумовлені постійним впливом технологічних навантажень і зміною внутрішніх властивостей елементів устаткування, які носять випадковий (стохастичний) характер.

Серед перерахованих завдань найбільш складним, внаслідок невизначеності, і відповідальним, з погляду впливу на ефективність виробництва, є завдання планування виконання завчасних ремонтних робіт [2].

Результати досліджень. Варіантом рішення проблеми планування виконання своєчасних ремонтних робіт – є встановлення закону розподілу випадкових величин, для поломок обладнання, за допомогою якого можливо було б розрахувати час початку своєчасних ремонтних дій по заміні вкладишів прокатного стану. Розглянуто фактори впливу бронзових вкладишів на надійність роботи й довговічність шпіндельних пристроїв. На підставі статистичних даних отриманий закон розподілу наробітку до відмови. Дані рекомендації із встановлення інтервалу початку ремонтних робіт.

Висновки. Перспективою подальших досліджень проблеми планування виконання своєчасних ремонтних робіт – є встановлення закону розподілу випадкових величин для поломки вкладишів шпіндельних пристроїв який дозволяє прогнозувати початок виконання ремонтних робіт.

1. Руденко В.И., Ошовская Е.В., Нижник Н.В. Обоснование рационального выбора конструкции шпиндельного соединения // Металлургические процессы и оборудование. - 2006. - № 1. - С. 28-32.;

2. Ручко В.Н. Проблемы планирования ремонтов механического оборудования металлургических заводов // Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет». - Наукові праці. - «Металургія». - 2008. - Випуск10(141), с. 299-309.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСАХ ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОМІЦНОЇ СТАЛІ

Камкін В.Ю. аспірант, Куцова В.З. д.т.н.
Національна металургійна академія України

Удосконалення технологій виробництва та застосування інновацій відіграли вирішальну роль у металургії, сприяли підвищенню продуктивності та впровадженню продукції вищої якості. Нові технології лиття, більш просунута прокатка сталі, а також кращі системи моніторингу та контролю, допомогли галузі зменшити кількість дискретних кроків у виробничому процесі. Новинками продукції стали продукти зі сталі, яка мала кращу корозійну стійкість, вищу міцність і меншу масу, а також більшу термостійкість.

Сучасне машинобудування, що є серцевиною індустрії, характеризується безперервним зростанням енергонапруженості, екстремальними параметрами (високими механічними навантаженнями, високими і низькими температурами, агресивними середовищами і т.інш.). Тому в багатьох випадках тільки наданням спеціальних властивостей застосовуваних матеріалів можна забезпечити надійність і довговічність машин. Перш ніж зробити якісь дії, необхідно провести роботу зі збору та переробки інформації, її осмислення та аналізу. Відшукання раціональних рішень в будь-якій сфері вимагає обробки великих обсягів інформації. На будь-якому металургійному підприємстві крім енергії і сировини використовується також інформація - життєво важливий продукт, необхідний для того, щоб бути в курсі всієї діяльності підприємства і керувати нею, забезпечувати нормальне функціонування підприємства.

В даний час нові інформаційні технології дозволяють збирати і використовувати дані про виробничі процеси навіть у складних умовах роботи в режимі реального часу. Наступний аналіз та оцінка даних вимірювань, безпосередньо на місці або в лабораторії може принести нові знання про ці явища.

Технологія виплавки низьковуглецевої сталі розроблена на основі термодинамічних даних зневуглецювання та результатів промислових експериментів, проведених на комплексі агрегатів (EAF-VD-LF), досліджень якості металу (механічні властивості, кількість та морфологія неметалевих включень). Основним технологічним ускладненням такого металу є отримання низького (менше 0,03%) вмісту вуглецю на виході з дугової печі та в умовах ковшової обробки. Друга проблема є забезпечення щільної структури металу з низьким вмістом кремнію та марганцю (менше ніж 0,02% і 0,12%, відповідно) і сильно обмежені витрати алюмінію. Використання EAF супроводжується інтенсифікацією процесів плавки шляхом продування киснем, коксом та природним газом через декілька видів пальників та фурм [1]. Кисень, що продувається в дуговій печі використовується для контрольованої декарбонізації; спалювання CO в робочому просторі ДПС; нагрівання та усереднення металу; спінювання шлаку через бульбашки CO [2]. Після розплавлення шихти практично весь кисень йде на декарбонізацію ванни, але на останніх стадіях окислення (<0,1% Ń) відбувається первинне окислення заліза. При концентраціях вуглецю (0,02-0,03%) в розплаві до 90% кількості кисню буде витрачено на формування FeO в шлаку. Визначений оптимальний діапазон активності кисню в металі на виході з дугової печі забезпечує цільовий вміст вуглецю, який у готовому металі становить 0,01%, що при низькому вмісті марганцю (до 0,12%) і кремнію (до 0,02%) забезпечує сприятливу мікроструктуру і високі пластичні властивості металу.

1. A.N. Saviuk, I.V.Derevyanchenko, O.L.Kucherenko, Yu.S.Projdak, A.P.Stovpchenko, L.V.Kamkina, Yu.N.Grishchenko. Peculiarities of producing intermediate product for manufacturing especially low-carbon steel in electric arc furnace//Advances in Electrometallurgy.№3,p. 45-49 (2006).

2. G.A.Lopuhov. Use of oxygen in electric arc furnaces// Electrometallurgy,№3, p. 2-26 (Moskow) 2005.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РУДОПОДГОТОВКИ

Купин А.И., д.т.н., проф., Сенько А.А.,
(ГВУЗ «Криворожский национальній университет»),
Коваленко К.А., Мисько Б.С.,
(ОАО «Южный горно-обогатительный комбинат»),
(ГП «Криворожский институт автоматики»)

В условиях рыночной конкуренции повышение конкурентоспособности отечественного горно-металлургического комплекса можно достичь за счет стабилизации качества выпускаемой продукции. Как составную часть процесса улучшения качества можно рассматривать процесс стабилизации качественных показателей рудного сырья на горнодобывающих предприятиях в процессе рудоподготовки. [1-2]

Невозможность прямого оперативного контроля физико-химических показателей сырья при первичной подготовке руды для обогащения, а также высокая вероятность резких амплитудных колебаний качественных характеристик руды при шихтовании приводит к поиску косвенных решений. На данный момент развитие современных ИТ позволяет это решать на качественно новом уровне. [3-4]

Автоматизированная система прогнозирования (АСП) состава рудного сырья призвана обеспечить достоверный прогноз свойств руды загружаемой в мельницы первой стадии измельчения после процесса рудоподготовки (см. рис.1).

Рисунок 1. Общая структурная схема АСП

Выводы. Предложенная система позволит решить задачу прогнозирования текущих показателей сырья, стабилизировать качество выпускаемой продукции и повысить эффективность производства. Система требует комплексного подхода автоматизации всех этапов рудоподготовки (в т.ч. первичного ввода и хранения информации, работы/простоя отдельных узлов оборудования и т.д.). Более детальная разработка АСУ с учетом специфики сырьевой базы и технологии является целью дальнейших исследований авторов.

1. Азарян А.А. Динамика качества и объемов добычи железорудного сырья в Украине 2003-2013гг. / А.А.Азарян, Ю.Г.Вилкул, В.А.Колосов, Ф.И.Караманиц // Качество минерального сырья / Сборник научных трудов.- Кривой Рог, 2014.- с.8-19.

2. Бызов В.Ф. Усреднительные системы на горно-обогатительных предприятиях /В.Ф.Бызов. – М.: Недра, 1988. – 213 с.

3 Купін А. І. Комп’ютерна підтримка прийняття рішень для автоматизованого керування буровибуховими роботами з мінімізацією енерговитрат / А.І.Купін, І.О.Музика: [Монографія]. – Кривий Ріг: Вид-во ФОП Чернявський Д.О., 2013. - 200с.

4 Купін А.І. Ідентифікація та автоматизоване керування в умовах процесів збагачувальної технології на основі методів обчислювального інтелекту / А.І.Купін, А.О.Сенько, Б.С.Мисько.- Кривий Ріг: Видавництво КНУ, 2018. – 298 с.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ GPS НАВІГАЦІЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ

Лущенко О.О. магістр, Селівьорстова Т.В. к.т.н., доцент
Національна металургійна академія України

В останні роки значного поширення набули технології прецизійного землеробства, сутність яких полягає підвищенні точності роботи сільськогосподарських агрегатів та формуванні об'єктивної оцінки проведення робіт. В результаті чого підвищується врожайність, поліпшується якість продукції і раціонально використовуються інвестиції сільськогосподарського виробництва. Організація прецизійного землеробства проводиться шляхом встановлення GPS обладнання на сільськогосподарські агрегати, що дозволяє: спостерігати за місцезнаходженням автопарку на мапі місцевості; проглядати повну історію переміщень по будь-якому агрегату; отримувати звіти технічного стану, ефективності роботи агрегату.

На разі ринок пропонує низку готових проектних та інженерних рішень у цій галузі, проте, питання вдосконалення інформаційних технологій, розробки унікальних обчислювальних алгоритмів та програмного забезпечення актуальні і перспективні.

Інтерфейс інформаційної системи GPS-моніторингу рухомих об’єктів складається з програмної та апаратної частин. GPS-трекер «BITREK» забезпечує апаратний інтерфейс WEB-додатку, який фіксує місце знаходження агрегату, напругу в електричній мережі транспортного засобу, температуру двигуна, кількість обертів двигуна та інше. Устаткування (GPS-трекер) відправляє дані в форматі HEX на сервер по протоколу Телтоніка. На сервері отримані дані перетворюються і заносяться в базу даних.

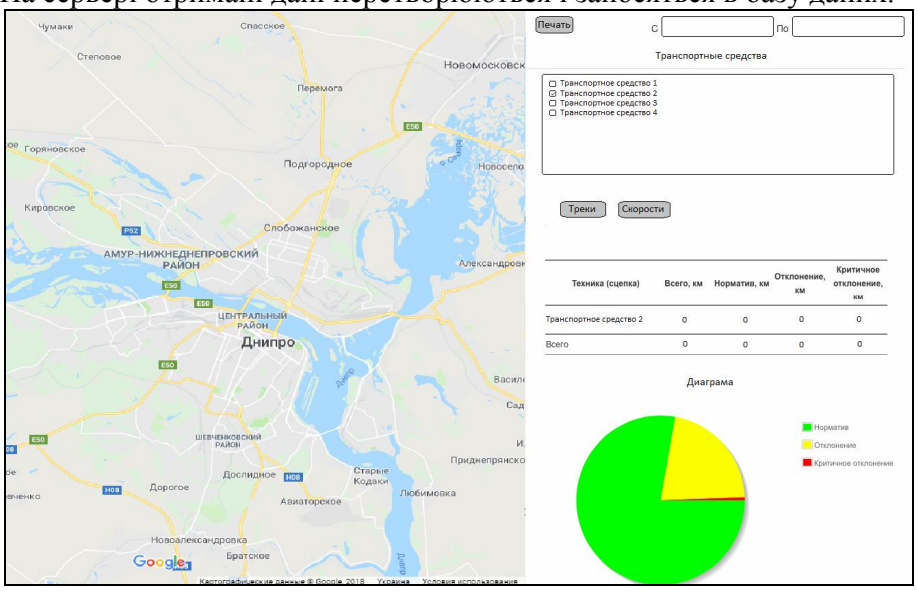


Рисунок – WEB-інтерфейс

WEB-інтерфейс інформаційної системи GPS-моніторингу рухомих об’єктів (рисунок) розділений на дві логічні області. В першій – відображається мапа місцевості з відображенням треків агрегатів. Друга містить список агрегатів, статистику поїздок, графіки та інше. Реалізована можливість вибору інтервалу для відображення та аналізу даних від агрегатів. Також, дана система дозволяє отримувати on-line інформацію про перебування транспортного засобу в разі його неправомірного використання або викрадення. Додаткові датчики дають змогу вчасно виявляти несправності в роботі агрегатів та вчасно планувати ремонтні роботи.

Таким чином, дані про місцезнаходження агрегату передаються на сервер, з якого користувач в будь-який момент часу зможе спостерігати шлях та технічні особливості роботи агрегату. Що дозволяє організувати ефективний контроль часу і якості роботи сільськогосподарських агрегатів.

МОДУЛЬ РОЗШИРЕННЯ КЕРУВАННЯ МАКРОСАМИ ДЛЯ MICROSOFT EXCEL

Островська К.Ю. к.т.н., доцент, Ніколаєнко О.С. магістр
Національна металургійна академія України

Microsoft Excel - це набагато більше, ніж просто електронна таблиця. З моменту впровадження в Excel 97 редактора Visual Basic і підвищення стабільності його роботи в Excel 2000. Ця програма стала надійною системою розробки додатків електронних таблиць. Програми, написані з використанням Excel, поряд з додатками Visual Basic, C ++, Java, .NET і т.д., включаються в базовий набір засобів, що застосовуються для поліпшення функціональних можливостей основних програмних продуктів [1].

Excel-DNA - це незалежний проект для інтеграції .NET рішень в MS Excel [1,2].

Клас MacroViewUtil - це основний клас - точка входу в надбудову. В ньому реалізовані запуск плагіна, також кнопки для виклику нашого плагіна. Оскільки клас MacroViewUtil реалізує інтерфейс IExcelAddIn, ми в ньому повинні реалізувати методи AutoOpen() викликається при старті плагіна і AutoClose() викликається при видаленні плагіна.

Клас MacroViewForm - це клас вікна, який буде відображати список макросів, які містяться в поточній робочій книзі Excel.

MacroParamForm - це клас вікна, який буде відображати список параметрів для макросу з можливістю задати значення для обраного параметра.

Клас Macro - власне сутність, яка представляє макрос.

Param - це клас, який описує параметр для макросу.

Коли все готово, нам необхідно створити файл CurrencyRate.dna. Це файл в xml форматі, де ми вказуємо, яку саме зовнішню бібліотеку необхідно завантажити.

Також потрібно додати файл *.xll, який поставляється разом з бібліотекою ExcelDNA.Integration.dll. В результаті ми можемо запустити наш проект на налагодження і перевірити роботу розширення для Excel.

VBA вважається стандартною мовою написання сценаріїв для додатків Microsoft, і в даний час він входить до складу всіх додатків Office і навіть додатків інших компаній. Отже, оволодівши VBA для Excel, ви зможете відразу перейти до створення макросів для інших програмних продуктів Microsoft. Більш того, ви зможете створювати повноцінний програмний продукт, одночасно використовують функції самих різних додатків.

Наділ необхідно включити та написати макроси в Excel та редагувати. Необхідно перевірити, який код згенерував нам Excel. Згенерований код написаний на мові VBA (Visual Basic for Applications).

Нижче представлені два макроси:

- макрос SayHello - який не приймає параметрів і видає вікно повідомлення з привітанням;
- макрос SayBy4 - який приймає, як параметр строкову змінну і також виводить вікно повідомлення з текстом прощання в якому буде виведено ім'я, яке ми вкажемо в параметрі [3].

В результаті розроблено модуль розширення керування макросами для Microsoft Excel засобами C#, який дозволяє запускати макроси з використанням вхідних параметрів та керувати переліком макросів які знаходяться в документі.

1. Джон Уокенбах Excel 2013: Профессиональное программирование на VBA. - М.: «Диалектика», 2014. — 960 с.
2. Посилання в мережі Інтернет: http://json.org/json-ru.html
3. Стивен Буллен, Роб Боуви, Джон Грин Excel и VBA: Профессиональная разработка приложений. – Вильям, 2007.- 736 с.

ДО ПИТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ КОМПЕТЕНЦІЯМИ

Петренко В.О. д.т.н., Фонарьова Т.А. ст. викл.
Національна металургійна академія України

Згідно з еволюційно-синергетичною парадигмою управління проектами, особливістю проектного управління є управління швидкоплинними процесами. Тимчасовим дискретом системи управління проектом, за який необхідно провести аналіз і сформувати рішення, може бути один робочий день. [1]. Тобто, п**ри незмінності матеріальних складових рівень компетенцій відіграють ключову роль у прийнятті проектних рішень.** У процесах формування компетентності високої якості поряд с такими принципами, як, виявлення процесів формування компетентності й залучення до них процесу навчання; забезпечення високої ймовірності отримання компетентності шляхом створення сприятливих умов для здійснення постійного дієвого контролю; забезпечення високого рівня професіоналізму осіб, які беруть участь у процесі формування компетентності, важливим принципом є інформаційне забезпечення цього процесу.

Автори досліджували проблему інформаційного забезпечення управління компетенціями на прикладі управління якістю формування компетентності ПАТ «Євраз – ДМЗ ім. Петровського». В ході дослідження було встановлено, що вдосконалення структури розвитку компетенції інженерно-технічної експертизи спрямовано на збереження і використання унікальних інженерно-технічних знань, підготовку наступників. Основні цілі цих заходів: забезпечення функціонування процесу збереження унікальних інженерно-технічних знань, підготовки наступників, а також обізнаності і залученості керівників в цей процес; розвиток інженерно-технічних експертів і їх наступників для вирішення інженерних завдань, поставлених бізнесом; мотивація персоналу за допомогою включення до складу інженерно-технічних експертів. Але, разом з тим, на підприємстві існує ряд проблем пов’язаних зі зниженням оновлення інтелектуального капітала підприємства. Отже, проведене дослідження показало, що інтелектуальний потенціал досліджуваного підприємства, на погляд авторів, недооцінений. Динаміка патентної активності, при врахуванні факторів, які впливають на рівень та якість компетенцій на промисловому підприємстві, може значно зростати.[2] Тобто, для обліку, аналізу, постійного моніторингу та дослідження стану компетенцій як на підприємстві, так й в будь-який системі управління необхідний новий підхід до інформаційного забезпечення цих процесів, постала необхідність створення системи креативної інформації задля задоволення потреб в інформації, яка б дозволяла всебічно побачити та вивчити стан, в якому опинилася система, та на цій основі прийняти ефективні управлінські рішення, а це, в свою чергу, являється найголовнішими вимогами сучасності. Створення системи креативної інформації позбавить вже існуючи інформаційні системи таких негативних рис, як: відсутність комплексності та повноти, фрагментарність, обмеженість в відображенні послідовно виконуваних процесів. Такий новітній підхід дасть змогу сформувати систему креативної інформації, яка спроможна забезпечити правильне відношення до питань управління компетенціями, злагоджену роботу на усіх рівнях виробничого процесу, стала б базою для цілої серії безперервних оновлень з урахуванням нових досягнень, як в металургії так і в суміжних галузях.

1. Тесленко П.А. Эволюционно-синергетическая парадигма управления проектами [Текст]: н.т.журнал./П.А.Тесленко// Технологический аудит и резервы производства - № 4/2(6), 2012. – С. 9-10.

2. Петренко В.О. Концептуально- синергетичні аспекти проектного управління компетентністю на промисловому підприємстві [Текст]: /В.О. Петренко, Т.А. Фонарьова // Управління проектами: інновації, нелінійність, синергетика: Матеріали V міжнар. наук.-практич. конф. магістрантів, аспірантів та науковців.:[у 2т.].// Том 2. – Одеса: ОДАБА,2014.–220с. С. 152-155.

КОНЦЕПЦІЯ МУЛЬТИАГЕНТНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ РУД

Савицький О.І. к.т.н., Тимошенко М.А. аспірант
Криворізький національний університет

Збагачувальний комплекс містить у собі різні технологічні механізми, що здійснюють різні операції, і тому вимагають застосування різних підходів при побудові систем керування. Крім того, вони перебувають у взаємозв'язку, вимагають застосування багатьох вимірювальних приладів, що фіксують величини різної фізичної природи. Це призводить до збільшення необхідних розрахункових потужностей [1, 2].

При розробці автоматизованої системи керування ділянкою збагачувальної фабрики доцільно застосовувати мультиагентне керування (для автономізації керування окремими стадіями збагачення), засоби штучного інтелекту та нечіткої логіки (для можливості керування за відсутності точної інформації про процеси та їх великої інерційності) та засоби кластеризації (для підлаштування системи керування під визначений різновид оброблюваної руди). Запропонована система керування трьохстадійним збагаченням залізної руди зображена на рисунку 1.

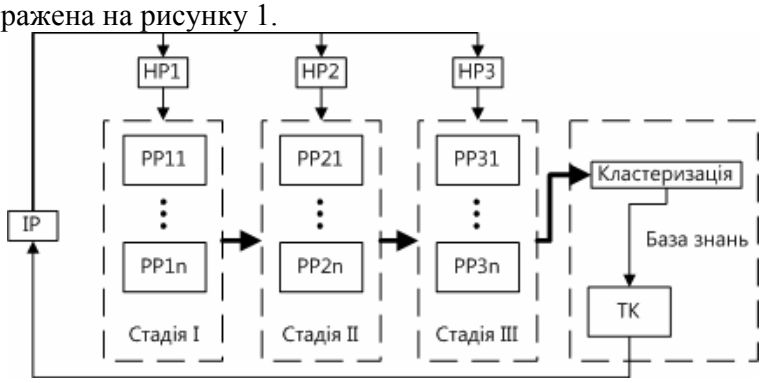


Рисунок 1. Загальний вигляд системи керування

На рисунку 1 прийнято наступні умовні позначення: IP - інтелектуальний регулятор, HP – нечіткий регулятор, PP – регресійне рівняння, n – кількість вихідних параметрів роботи механізму, ТК – технологічна карта.

Стадіям збагачувального процесу назначаються окремі агенти керування. Залежно від природи механізмів та вимірюваних характеристик продуктів агенти мають різну кількість регресійних рівнянь та керуючих впливів. Характеристики кінцевого продукту секції (концентрату) підлягають кластеризації для визначення різновиду оброблюваної руди. Після звірення результату кластеризації з технологічною картою на основі оброблюваного різновиду руди та бажаних характеристик кінцевого продукту приймається рішення щодо керування технологічними процесами у секції. Згідно отриманої інформації інтелектуальний регулятор на основі бази правил впливає на нечіткі регулятори. Нечіткі регулятори впливають на керуючі впливи агентів, керуючи процесами подрібнення, розділення та безпосередньо збагачення. До керуючих впливів у даному випадку відносяться сигнали завдання (кількість вхідної руди в секцію, початкові налаштування роботи) та безпосередньо регульовані величини (кількість технологічної води, керування двигунами насосів). Для оптимізації процесу збагачення можна кластерізацію проводити в кожному агенті, за наявності відповідного обладнання та їх можливостей по швидкодії, ресурсів пам'яті. Це дасть можливість швидше налаштувати параметри процесів як наступних агентів так і того , після якого здійснювалися процеси кластерізації та порівняння з технологічною картою для бажаного результату.

1. Morkun V. Optimization of the second and third stages of grinding based on fuzzy control algorithms / V. Morkun, O. Savytskyi, M. Tymoshenko // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – №8. – P. 22–25.

2. Sbarbaro D. Advanced control and supervision of mineral processing plants / D. Sbarbaro, R. del Villar., 2010. – 311 p.

РОЗРОБКА СЕМАНТИЧНОГО ФІЛЬТРУ НА ОСНОВІ ПЕРСОНАЛЬНИХ ВПОДОБАНЬ КОРИСТУВАЧА

Тітов К.Ю. аспірант

У даній роботі ми аналізуємо різні алгоритми формування рекомендацій, а також методи отримання інформації з цих систем. Сьогодні існує декілька варіантів вирішення питання надання рекомендацій користувачу, наприклад колоборативна або контентна фільтрація. Але колоборативна та контентна фільтраціі, поодинці, мають низку недоліків, тому у великих компаніях створюють гібридні моделі, які поєднують в собі декілька класичних рекомендаційних методів методів. Саме тому було вирішено розробити свій персональний фільтр який би міг не тільки фільтрувати контент відповідно вподобанням користувача, а ще й аналізувати і робити висновок стосовно інформації та її авторів, що надходить.

За для аналізу інформації, що надходить ми вирішили використовувати інтелектуальний сервіс від IBM Watson – Personality Insights. Сервіс Personality Insights використовує лінгвістичну аналітику, тобто аналізує публікації авторів, щоб визначити характеристики особистості, внутрішні потреби та цінності людей[1].

Другою складовою нашого методу, є модернізації веб-системи, яка здатна накопичувати новинний контент та його мета-опис. Такою веб-системою є онтологічний портал оцінки якості вищої освіти в Україні – портал, який був розроблений в міжнародному проекті Tempus «Національна система забезпечення якості і взаємної довіри в системі вищої освіти (TRUST)» як технічний засіб підтримки і гармонізації процесів з оцінки і забезпечення якості вищої освіти[2]. Гнучкість порталу забезпечується за рахунок розподілу його архітектури та функціоналу на дві онтології – доменну та сервісну. Доменна онтологія відповідає за поняття і властивості, які використовуються для опису предметної галузі. Таким чином, модифікуючи доменну онтологію, ми можемо повністю змінити предметну галузь порталу. Сервісна онтологія використовується в якості незалежної допоміжної структури та для гнучкої взаємодії з доменною онтологією. Вносити будь які зміни до сервісної онтології не потрібно.

За для використання порталу у предметній області «новини» ми переробили домену онтологію відповідно до нових вимог. Кореневим класом створеної онтології є «стаття», який має низку властивостей, які є основними логічними розділами сервісу Personality Insights та використовуються для опису індивідуальності автора статті. Таким чином, спираючись на властивості сервісу Personality Insights користувач, знаходячись в своєму особистому просторі, може створювати свої системи цінностей, встановлюючи вагові коефіцієнти відповідно до своїх вподобань. За для подальшої фільтрації публікацій ЗМІ кожній статті рейтинг надається за допомогою зовнішнього експерта – сервісу Personality Insights. Сервіс аналізує та надає вагові коефіцієнти характеристикам статті. Далі користувач отримує відфільтрований, згідно, попередньо створеної системи цінностей, контент. Розробивши декілька таких систем цінностей користувач зможе отримувати контент який відповідає тільки його вподобанням або переконанням. Наприклад, з ранку користувачу потрібні новини практичність яких не була б нижчою за 90%, а ввечері він хоче отримувати емоційні новини але тільки приємні, в яких процент позитиву не менш ніж 85%. Завдяки цьому утворюються додаткові умови для проходження статей крізь фільтри користувачів, це повинно стимулювати авторів за для поліпшення якості написання новинного контенту. Таким чином, комбінуючи інструменти порталу та інтелектуального сервісу Personality Insights, ми можемо аналізувати і згодом фільтрувати новинний контент за нашими вподобаннями.

[1] Personality Insights, documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://console.bluemix.net/docs/services/personality-insights/getting-started.html#getting-started-tutorial

[2] Terziyan V., Golovianko M., Shevchenko O., Semantic Portal as a Tool for Structural Reform of the Ukrainian Educational System, In: Information Technology for Development, Vol. 21, No. 3, 2015, Taylor & Francis, pp. 381-402.

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗГОРАЕМОСТИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

Чоботько И.И. асп., Тынына С.В. к.т.н., ст.н.сотрудник
ГВУЗ «Национальный горный университет», ИГТМ НАН Украины

В Украине насчитывается 1500 породных отвалов, их занимаемая площадь около 165 тыс. га (4% территории Украины).

Основными требованиями, предъявляемыми к отвалам, являются: достаточная вместимость при незначительных размерах занимаемых земельных площадей, минимальное расстояние от мест погрузки породы (вскрышных забоев), расположение на безрудных (безугольных) площадях для постоянных отвалов, отсутствие помех развитию горных работ при обязательном обеспечении производственной и экологической безопасности[4].

Управление устойчивостью отвала обеспечивается за счет подбора соответствующей горной массы и способа ее складирования или за счет изменения направления отсыпки. Это стало возможным за счет обобщения результатов многолетних исследований сегрегации горной массы и ее механических характеристик при отсыпке отвалов на склоны в условиях Донбасса и Кривбасса[4].

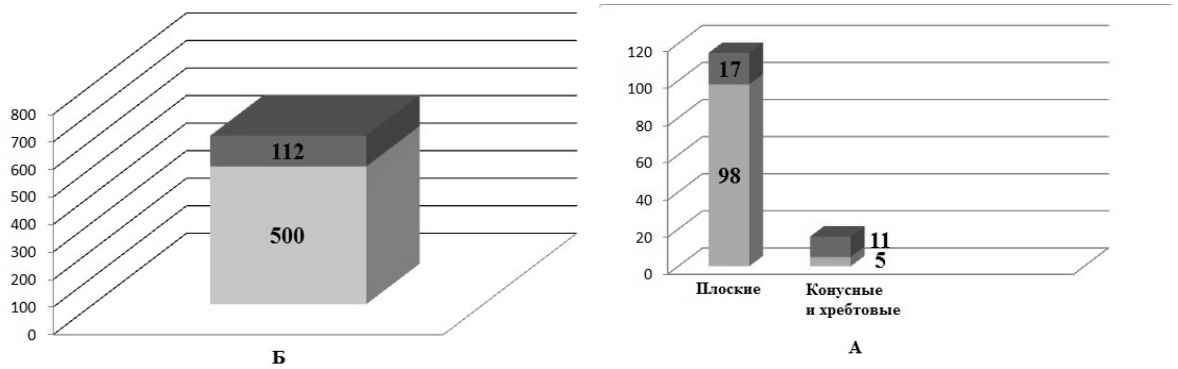
Профилактика самовозгорания формируемых отвалов достигается соблюдением при складировании пожаробезопасных параметров определяемых для каждого конкретного отвала по данным химической активности и кажущей энергии активации отсыпаемых пород. Нормами технологического проектирования поверхности угольных и сланцевых шахт высота отвалов предусматривается в пределах 40...50 м. При создании отвала насыпаются пожаробезопасные слои. Они представляют собой усечённые пирамиды в нижнем и верхнем основании которых находятся правильные прямоугольники.

До недавнего времени вопросам теории и практики отвалообразования не уделялось должного внимания, хотя отвальные работы составляют значительную часть всего комплекса горных работ.

Породные отвалы содержат значительное количество полезного ископаемого, в составе которого содержится пирит и сернистый ангидрит.

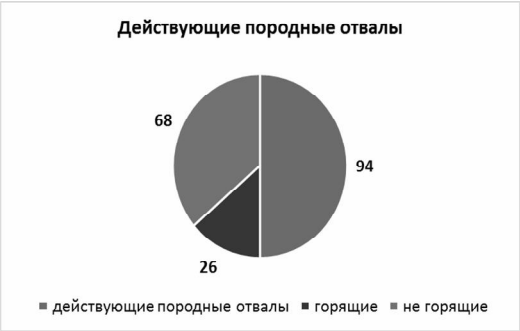
Вместе эти два компонента вызывают серьезные проблемы в виде возникновения очагов горения при проникновении влаги и повышенной температуры окружающей среды. Поэтому столь важен контроль нормализации температурного состояния отвалов для борьбы с горением и безопасности эксплуатационных работ.

На диаграмме изображено количество горящих и не горящих и выведенных из эксплуатации породных отвалов на Донецкой и Луганской областях по типам за 2013 г.[1].



Состояние породных отвалов: А- действующих; Б- выведеных из эксплуатации;
- не горят; - горят

По данным на 01.01.2014 г. на внебалансовых счетах предприятий, которые принадлежат к Минэнергоуглю Украины находится 365 породных отвала из которых[2]:



Горящие отвалы представляют большую опасность для обслуживающих их рабочих и добычного оборудования, т. к. на поверхности отвала воронки не всегда имеют открытый выход, он может перекрываться тонким слоем спекшихся пород, которые легко обрушаются при движении по ним человека. Особенно часто такие воронки встречаются на контакте с рыхлыми частями ствола, которые приурочены к выгоревшим, но не уплотнившимся участкам, у трещин разлома и оседания, где есть свободный доступ атмосферного воздуха к очагам горения газов, выходящих из глубины отвала, и выход продуктов сгорания [8]

На таких отвалах могут происходить случаи взрыва и гибели людей вследствие отравления и попадания их в очаги горения, температура в которых достигает 800- 900С^0.

В результате анализа статистики состояния породных отвалов за 2013,2014,2015 года, определены основные факторы, влияющие на внешние и внутренние процессы, которые протекают в отвалах. Установлены категории экологической опасности на окружающую среду. Рассмотрены меры борьбы с этими явлениями в виде рекультивации земель, защиты склонов отвалов от вымывания, созданием закладочных массивов.

Таким образом мы можем повысить безопасность работ на отвалах и снизить риск возникновения пожаров и экологической опасности.

1. Радченко В.В., Кулиш В.А., Чепига Е.В., Сторожчук В.С. Уголь Украины, 2013 год. Охрана окружающей среды. «Стан породних відвалів вітчизняних вугільних шахт»

2. Плахотній С.А., Павличенко А.В. Шляхи зменшення негативного впливу породних відвалів ліквідованих шахт на екологічний стан вугледобувних регіонів. — Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Форум гірників — 2016».Вип.№ 2 — с.229-233.

3. Воробьев Е.А., Сокирка С. А., Сухарь Е. А. ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка, 2010 г.-стр. 1-5. Влияние породных отвалов на окружающую среду.

4. Источник: http://www.findpatent.ru/patent/206/2063511.html

СЕКЦІЯ 7

ІНФОРМАЦІЙНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ НА ЗАСАДАХ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ ЯК ЕЛЕМЕНТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Грицук Ю.В. к.т.н.

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Краматорськ

Сучасні технології якісної підготовки фахівців у закладах вищої освіти (ЗВО) ґрунтуються на інтенсивному використанні інформаційних технологій. Таке використання дозволяє представляти увесь комплекс ресурсів як інформаційну систему, притаманну для кожного навчального закладу.

Згідно ДСТУ 2392-94 [1]: інформаційна система – комунікаційна система, що забезпечує збирання, пошук, оброблення та пересилання інформації. Згідно [2] для визнання об'єкту системою необхідна наявність чотирьох властивостей: цілісність і можливість розкладатися на складові, зв'язки, організація, інтегративні якості [3].

Проектування інформаційної системи ЗВО має забезпечувати обмін інформацією на трьох ключових рівнях [4]: адміністративно-господарському, науковому та навчальному. При цьому кожен зі вказаних рівнів може використовувати власні інформаційні ресурси, які в кінцевому рахунку формують інформаційні ресурси навчального закладу, а в подальшому і саму інформаційну систему (ІС ЗВО). Крім того, проектування такої системи повинно передбачати вирішення наступних завдань:

– аналіз вимог до якості освітніх послуг, що містяться в державних освітніх стандартах і процедурах атестації, акредитації і ліцензування;

– аналіз стандартів ISO 9000 та застосування їх до сфері вищої освіти;

– обґрунтування необхідності створення інформаційної системи управління і забезпечення якості освіти;

– формування принципів побудови інформаційно-керуючої системи;

– розробка інженерної методики створення модулів інформаційно керуючої системи;

– пошук та впровадження існуючих комплексів, що забезпечать реалізацію задачі.

Окремим інструментом, що може забезпечити підготовку здобувачів може виступати система дистанційної освіти. Найчастіше [4] вона ґрунтується на використанні системи управління освітою Moodle, яка є однією з розповсюджених систем управління освітою в світі. Moodle — це безкоштовна, відкрита (Open Source) система управління навчанням. Вона реалізує філософію «педагогіки соціального конструктивізму» і орієнтована на організацію взаємодії між викладачем та студентами, хоча підходить і для організації традиційних дистанційних курсів, а також підтримки очного навчання.

Впровадження та розвиток системи дистанційної освіти на кожній ступені навчання дозволить підвищити якість підготовки здобувачів вищої освіти, можливість дистанційної роботи з територіально віддаленими здобувачами та, в подальшому, в більш широкому колі запровадити змішане навчання, яке є одним з трендів сучасної освіти.

1. Інформація та документація. Базові поняття. Терміни та визначення: ДСТУ 2392-94. – [Чинний від 1995–01–01]. – Київ: Держстандарт України, 1994. – 26 с. – (Національний стандарт України)

2. Ручкин В. Н. Учебный контент информационной системы ВУЗа как система / В. Н. Ручкин, В. А. Фулин // Информатика и прикладная математика: межвузовский сборник научных трудов. – Рязань, РГУ: 2013. – №19. – С. 61–63.

3. Грицук В.Ю. Проектування інформаційної системи ВНЗ / В.Ю. Грицук, Ю.В. Грицук // Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Матеріали X Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених (22-24 березня 2017 р.). – Кривий Ріг: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2017. – С. 55-57.

4. Чекурін В. Ф. Модель інформаційної системи ВНЗ та підхід до оцінювання її ризиків [Електронний ресурс] / В.Ф. Чекурін, О.О. Будік. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/natural/Vnulp/Avtomatyka/2010_665/13.pdf

ПРОБЛЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ НА ОСНОВІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ

Колосов[1] І.В., Рудакова[2] Г.В. д.т.н.
[1]*Херсонська державна морська академія,*
[2]*Херсонський національний технічний університет*

Аварійність на суднах тісно пов'язана з людським фактором. У багатьох випадках (за статистикою приблизно 80%) причиною аварійних ситуацій та нещасних подій на флоті називають помилкові дії персоналу [1]. Зниження впливу «людського фактору» на рівень аварійності на морському транспорті є досить складним завданням. Основною метою функціонування кожного працівника морського та річного транспорту є зведення до мінімуму ризиків, прагнення прорахування усіх можливих варіантів розвитку подій.

Однією з найбільш типових причин помилкових дій, що призводять до порушення нормального ходу трудової діяльності і неможливості отримання очікуваного результату або досягнення поставленої мети, є недостатня професійна підготовка членів екіпажу та відсутність достатньо сформованих трудових навичок. Для подальшого запобігання помилкових дій, яки обумовлені неправильною суб'єктивною переробкою інформації, необхідно застосовувати міри, що спрямовані на підвищення кваліфікації та на більш досконалу форму подання інформації.

Ґрунтовна освіта дозволяє легше та швидше орієнтуватися в різних ситуаціях та своєчасно приймати виважені рішення, тому отримання глибоких професійних і загальнонаукових знань та постійне професійне самовдосконалення є першочерговим завданням працівників при роботі на флоті. Суднові фахівці здобувають освіту у вищих навчальних закладах та при проходженні спеціалізованих комплексів освітніх програм підвищення кваліфікації для оновлення теоретичних та практичних знань. Втім особливості праці на морі зумовлюють доцільність застосування систем дистанційної освіти для підвищення рівня кваліфікації і необхідністю засвоєння сучасних методів вирішення професійних завдань. Сучасний курсант повинен наполегливо здобувати професійні знання, уміння та навички під час теоретичної та практичної підготовки. Але завдяки наявності індивідуальних особливостей будь-якої людини процес навчання може плинути по-різному. Тому актуальним завданням є оптимізація керування процесом підготовки морських фахівців як в межах навчання у вищому навчальному закладі, так й при проходженні курсів з підвищення кваліфікації з метою прискорення набуття певних професійних компетенцій: як універсальних (соціально-особистісних і загальнокультурних, загальнонаукових, інструментальними), так й професійних (експлуатаційно-технологічними і сервісними, організаційно-управлінських, виробничо-технологічних, науково-дослідних, науково-педагогічних) [2].

Для ефективного керування процесом підготовки морських фахівців необхідне створення моделі процесу навчання на основі компетентнісного підходу, моделі людини, що навчається, з урахуванням суб'єктивних та зовнішніх факторів [3], розробка методів і засобів ідентифікації особистого стану людини [4] та проектування складових автоматизованої системи керування процесом професійного навчання.

1. Менеджмент морських ресурсів: навчальний посібник / О.П. Безлуцька, А.П. Бень, М.О. Колегаєв та ін. – Херсон: ХДМА, 2011. – 100 с.

2. Данченко С.А. Профессиографирование морских профессий (на примере судового электромеханика) / С.А. Данченко, О.А. Власенко. – Владивосток: МГУ, 2012. – 121 с.

3. Гамаш Д.Л. Людський фактор та ергономіка / Д.Л. Гамаш, П.І. Бідюк. – Київ: «Корнійчук», 2001. – 280 с.

4. Кузнєцов М.А. Застосування методів нечіткої логіки для ідентифікації особистого стану людини-оператора / М.А. Кузнєцов, Г.В. Рудакова, І.В. Колосов // Комп'ютерно-інтегровані технології у сьогоденні: збірка наукових праць молодих вчених (студентів, магістрів і аспірантів). – Херсон: Вид-во ПП Вишемирський В.С., 2016. – С.15-19.

СЕКЦІЯ 8

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА ПИТАННЯ АНТИПЛАГІАТУ

ИННОВАЦИОННЫЙ ВЗГЛЯД НА ИНЖЕНЕРИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, КАК УЧЕБНУЮ ДИСЦИПЛИНУ

Вдовиченко И.Н. к.т.н.
Криворожский национальный университет

Инженерия программного обеспечения предполагает знание унифицированного языка моделирования UML.

Для освоения умений и навыков проектирования и разработки ИС работа построена следующим образом: каждому студенту выдается тема (предметная область), для которой он будет проектировать и разрабатывать информационную систему. За период обучения студент моделирует 10 диаграмм UML, но не оторванных по смыслу друг от друга, а являющихся единым целым описанием информатизации конкретного предприятия, фирмы, сети объектов, учреждений и т.п.

Таким образом, у каждого студента одна сквозная задача на весь семестр, решая которую, он получает навыки разработки ИС на всех этапах жизненного цикла информационной системы. Считаем, что такой подход обеспечивает:

1. развитие творческого мышления;
2. заинтересованность в изучении конкретной предметной области;
3. возможность освоения процесса проектирования ИС от начала и до конца;
4. самостоятельность выполнения лабораторных работ;
5. в лабораторных работах нет шаблона, это обязывает студента мыслить;
6. взаимосвязь работ, что заставляет и обучает студента планировать свои действия;
7. использовать на практике все этапы лекционного материала и многое другое.

К концу выполнения всех лабораторных работ у студентов получается серьезный целостный проект, не уступающий курсовой работе.

Такой подход обеспечивает максимальный результат обучения по данной дисциплине. Студент получает практические навыки, проявляет свои индивидуальные способности.

Для кого, чтоб полноценно выполнили работу студенты с разным уровнем подготовки и разными способностями, им предлагается самостоятельно оценить свои возможности и выбрать количество веток направлений автоматизации, которые они будут разрабатывать. Соответственно от этого будет зависеть их оценка. Этот метод с успехом используем на протяжении нескольких лет. Как показывает анализ его применения - он результативен. Слабый студент, видя сложное задание, пасует перед ним, и оно остается не выполненным. Сильный студент, видя легкое задание – теряет к нему интерес, выполняет без энтузиазма. А при дифференцированном подходе, основанном на самооценке, слабые студенты выполняют посильную работу, получая навыки, а у сильных студентов есть возможность раскрыться в полной мере.

Предусмотрено 35 вариантов. Темы сформулированы следующим образом: «Разработка проекта программного комплекса для автоматизации работы железнодорожного вокзала» и т.п.

Лабораторные работы направлены на формирование следующих умений: выделить главное в кратком описании, суметь определить функции ИС, наметить необходимое для разработки ПО, обосновать необходимость (если она есть) использования существующего прикладного ПО, предложить необходимое оборудование для разработки ИС и ее эксплуатации, указать сетевые, аппаратные и программные технологии, которые будут использоваться, сформировать график работ, рассчитать необходимое количество работников и финансирование проекта.

При изложении дисциплины используем CASE-средства. Главным направлением на наш взгляд, является развитие творческого мышления, умения выделить главное, умения

самостоятельно принимать решения, умения представить задачу (проблему, систему) в виде логически связанных компонентов и применить к ним полученные знания, обучить использовать для разработки ИС прогрессивное ПО и CASE – инструментарий.

АНАЛІЗ ЯКОСТІ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Іскандарова-Мала А.О.
Дніпровський державний технічний університет

Класичною моделлю для профілів запитань (ймовірність респондента з рівнем знань θ_i правильної відповіді на запитання зі складністю не вище за β_j) вважають двопараметричну модель Бірнбаума. Для оцінки рівня знань респондентів і складності завдань, потрібні кількість завдань та кількість респондентів.

Респондент з більш високим рівнем знань відповідає вірно на завдання з ймовірністю не менше ніж респондент з нижчим рівнем знань. Отже, маємо неспадаючий характер для фіксованого рівня складності запитання. Тобто, є характеристичний профіль завдання.

Дані зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО).

Для аналізу було взято результати основної сесії ЗНО 2017 року з урахуванням різних показників. База містить деперсоніфіковані дані всіх учасників тестування.

Висновок на основі вірогідності.

Нехай існує вектор з елементами, що відповідають рівню знань всіх без виключення респондентів. За принципом IRT 2PL, кількість класів прийнято вважати рівним 3, тобто класи з низьким, середнім та високим рівнями здатностей.

Також задаємо вектор з елементами, що відповідають рівню знань згрупованих учнів (наприклад, в нашому випадку, за регіонами, або, як варіант, за статтю, за типом навчального закладу тощо). Кількість типів груп обираємо використовуючи Байєсівський інформаційний критерій (BIC), а заданих кількостях класів та груп параметри можуть бути оцінені шляхом максимізації log-правдоподібності.

Для вибору кількості типів груп ми складаємо модель з коваріатами (тип території і географічна область) в п'ятивимірній версії (предмети: V1 - Українська мова та література, V2 - Історія України, V3 - Математика, V4 - Фізика, V5 - Англійська мова). Нехай кількість груп приймемо за 6. Результат підгонки дає результат 5, так як відповідно до цієї кількісті типів спостерігається найменше значення BIC .

Щоб максимізувати log-правдоподібність, ми використовуємо алгоритм максимізації очікування (EM).

Застосування.

На рівні груп (міські та сільські школи за областями) розподіл оціночних середніх здібностей для п'яти обраних типів дозволяє нам класифікувати школи від найгірших (тип 1) до кращих (тип 5) шкіл. Ми бачимо, що 18,2% шкіл належать до кращих типів (тип 4 і 5), тоді як 31,1% ставляться до найгірших; інші 50,6% є проміжними, тобто середніми.

На рівні груп чітко видно, що найгірший рівень підготовки учнів мають школи Західної частини країни (частка таких шкіл становить більше 60%).

Висновки.

В цілому, представлене розширення моделі IRT дозволяє робити різноманітні «зрізи» для аналізу результатів і надання подальших висновків та рекомендацій. Ґрунтуючись на цій моделі, ми з'ясовуємо наявність прихованих класів випробовуваних, які демонструють послідовні рівні здатності по залученим вимірам (предметам ЗНО), а також кілька типів шкіл - від найменш підготовлених шкіл до найвищих досягнень. Потім вивчаємо взаємозв'язок, що спостерігається між змінними клас та тип.

У представленому прикладі, було з’ясовано, які райони України мають проблеми з рівнем якості середньої освіти та визначені ці причини.

1. Челышкова М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов.-М.:Логос, 2002.– 432 с.

2. Алгина Дж. Введение в классическую и современную теорию тестов: учебник / Дж. Алгина, Л. Крокер .– М.: Логос, 2010 .– 668 с.

3. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов/Ю.М.Нейман, В.А.Хлебников.– М.:Прометей, 2000.– 168 с.

4. Шумейко А.А., Сотник С.Л. Интелектуальный анализ данных. Введение в Data Mining, 2014. – 223 с.

5. Abrahamowicz M., Multicategorical spline model for item response theory / M. Abrahamowicz, J. O. Ramsay // Psychometrika .– 1992 .– vol. 57, no. 1.– P. 5-27.

6. Winsberg S. Fitting item characteristic curves with spline functions / S. Winsberg, D. Thissen, H. Wainer // Educational Testing Service. Technical Report .– Princeton: NJ, 1984 .– P. 84-52.

7. Шумейко О.О., Кнуренко В.М. Побудова профілів IRT за допомогою сплайнів, які зберігають середнє значення/Математичне моделювання, №1 (32), 2015, с.28-32.

8. Reckase, M. D. (2009). Multidimensional Item Response Theory. Springer, New York.

9. Bartolucci, F. (2007). A class of multidimensional IRT models for testing unidimensionality and clustering items. Psychometrika, 72:141.

10. Bartolucci, F., Bacci, S., and Gnaldi, M. (2014). MultiLCIRT: An R package for multidimensional latent class item response models. Computational Statistics and Data Analysis,71:971.

11. Шумейко О.О., Іскандарова-Мала А.О. Побудова профілів IRT за допомогою кусково-лінійної регресії з вільними вузлами / А.О.Іскандарова-Мала, О.О.Шумейко // збірник КНУ .— 2016 .

12. Шумейко О.О., Іскандарова-Мала А.О. Вплив адаптивного тестування на профілі IRT / А.О.Іскандарова-Мала, О.О.Шумейко // збірник КНУ .— 2017 .

13. Іскандарова-Мала А.О. Про вибір параметрів ЕМ-алгоритму для поділу суміші розподілів / А.О.Іскандарова-Мала, О.О.Шумейко // Математичне моделювання .— 2018 .

14. Іскандарова-Мала А.О. Адаптивне тестування на основі профілів IRT / А.О.Іскандарова-Мала // Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: Тези XI Міжнародної науково-практичної конференції.— 2017 .— №11 .— С.178.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ОПЕРАТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Косолапов А.А. д.т.н., Павленко И.А., Фролов Н.И.
Днепровский национальный университет
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Эффективность внедрение систем дистанционного обучения в университетах Украины вызывает много сомнений у опытных преподавателей, за плечами которых десятки лет преподавания научно-технических дисциплин и тысячи выпускников, высококвалифицированных специалистов, которые успешно работают на современных предприятиях, в научно-исследовательских институтах, в лабораториях и университетах по всему миру. Действительно, сейчас в ИНТЕРНЕТ есть учебно-методические материалы практически по всем отраслям знаний и дисциплинам и, кажется, находи, бери и учись виртуально, а университеты не нужны. Скоро выпускникам школ знания по определённой профессии будут считываться и записываться в их память с заранее сформированных специалистами «лент» (см. повесть А. Азимова «Профессия», 1957 г.). Но почему тогда необходимо учиться 4,5 года, когда в сети всё есть? Почему в лесных дебрях Амазонки и «гималаях» образовательных ресурсов необходим проводник к конечной цели «путешествия»? Потому что основная задача высшего образования – **научить учиться**, в интерактивном общении с преподавателем и в социуме группы обучаемых, научить мыслить креативно, а не компилировать известные решения, важно научить видеть синергетику знаний. Не отрицая преимуществ использования новых информационных технологий в учебном процессе, мы приступили к разработке мобильной интеллектуальной интерактивной системы для обучения студентов с оперативным тестированием знаний.

Техническая структура системы включает компьютер преподавателя (ноутбук, далее НБ) на ОС Windows и личные смартфоны обучаемых под управлением ОС Android. Система организована на клиент-серверной архитектуре с облачным хранилищем данных на основе мощного сервиса Firebase. Это сервис, предоставляющий API для хранения и синхронизации данных. База данных позволяет работать с данными, которые хранятся как JSON, и синхронизируются в реальном времени. JSON (англ. JavaScript Object Notationsən) - текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript. Взаимодействие с сервисом построено на основе архитектурного стиля REST (от англ. Representational State Transfer — «передача состояния представления») — архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределённого приложения в сети. REST представляет собой согласованный набор ограничений, учитываемых при проектировании **распределённой гипермедиа-системы.** В определённых случаях в системах, основанных на данных, это приводит к повышению производительности и упрощению архитектуры. В широком смысле компоненты в REST взаимодействуют наподобие взаимодействия клиентов и серверов в WWW.

Основные функции системы: 1 - подготовка преподавателем структурированного лекционного курса, состоящего из смарт-блоков (текстовых, графических, видео блоков). Все смарт-блоки (СБ) сопровождаются пятью тестовыми заданиями. Курс лекций варьируется в зависимости от условий обучения; 2 – регистрация студентов перед обучением и формирование групп с уникальными идентификаторами студентов UID; 3- во время проведения занятия преподаватель передаёт на смартфоны тестовые задания, которые должны быть решены за ограниченное время; 4 – результаты тестирования обрабатываются на НБ и формируется интегральная оценка понимания материала, по которой система выдаёт на смартфон неусвоенный СБ; 5 – после каждого занятия система генерирует персональную оценку результатов тестирования, интегральные оценки формируются на каждый вид контроля, на зачёт или на экзамен. 6 – все результаты тестирования с ответами студентов хранятся в БД в течение учебного года и могут использоваться преподавателем для корректировки плана занятий.

Для приложений в системе разработан UX- UI дизайн.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕКСТОВИХ МОДИФІКАЦІЙ В ЗАДАЧАХ ВИЯВЛЕННЯ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Куроп'ятник О. С.
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, Дніпро, Україна

Задачі порівняння тексту, виявлення повторів та плагіату можуть бути узагальнені до задачі виявлення запозичень, розв'язання якої є процесом трудомістким, що зумовлено великими об'ємами даних з перманентним ростом і розрізненістю інформації та формою її представлення (текстовий, табличний, зображення, математичні викладки тощо). З цього можна зробити висновок щодо доцільності розробки відповідного програмного забезпечення (ПЗ).

Для розробки такого ПЗ пропонується реалізація конструктивно-продукційних моделей: графового представлення текстів [1] та конструктору сценаріїв їх модифікацій. Перша модель дозволяє прискорити обробку інформації. Вона дозволяє виявляти однакові фрагменти в документах зі зміною порядку слідування речень та інших частин. Метою другої є моделювання змін у текстах, які направлені на приховування запозичень.

Сценарії модифікації – послідовності операцій над текстом. Під операціями будемо розуміти дії, направлені на обробку тексту, яка передбачає пошук елементів та аналіз структури тексту, синтаксичні зміни без урахування семантичної складової. Сценарії можна поділити на ті, що виконують структурні перетворення тексту (додавання, видалення, переміщення елементів) та ті, що направлені на зміну його елементів (орфографічні, окремі пунктуаційні зміни, перекодування тощо).

Моделлю сценарію є спеціалізований конструктор, що включає носій (термінальний алфавіт – тексти, їх елементи та інші мовні конструкції); сигнатуру, яка включає операції для обробки текстів; та множину тверджень інформаційного забезпечення конструювання (ІЗК, конструктивну аксіоматику): онтологію, мету, правила, обмеження, початкові умови та умови завершення конструювання.

Конкретизація конструктору визначає правила побудови сценаріїв, у яких беруть участь основні термінальні та нетермінальні елементи: групи операцій, такі як видалення параграфів, зміна розкладки тощо, які «розкриваються» як послідовність операцій. Інтерпретація структури дозволяє визначити алгоритм застосування отриманої послідовності і його виконавця та отримати конструктивну систему сценаріїв.

Реалізацією такого конструктору є множина текстів із синтаксичними та структурними змінами, що утворені за допомогою сконструйованих сценаріїв, які поєднують операції обробки текстів з визначеними параметрами. Елементи послідовності операцій можуть бути різними, ідентичними або бути сценаріями з різними параметрами виконання.

Програмна реалізації даної моделі передбачає набір методів, які працюють з об'єктом Word.Document, що підтримує формати doc, docx, rtf, txt, та інтерфейс користувача, через який можливо задати параметри процесу конструювання сценаріїв: значення параметрів, порядок застосування, можливість повторного виконання. До таких сценаріїв належать подвоєння пробілів, додавання та перестановка абзаців, зміна регістру тощо, а також їх комбінації.

Використання вказаної множини сценаріїв та послідовностей її елементів дозволяє отримати для кожного тексту множину його модифікованих копій для бази системи виявлення запозичень. Використання такої бази дозволить визначити оцінку функціональної ефективності модулів попередньої обробки та безпосереднього порівняння текстів. Вибір таких сценаріїв для моделювання та реалізації базується на припущені про можливі навмисні зміни, які може виконати псевдоавтор з метою приховання запозичень (плагіату), не володіючи предметною областю (тематикою) тексту.

1. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционная модель графового представления текста / В. И. Шинкаренко, Е. С. Куропятник – Проблемы программирования // науч. журнал. – № 2 – 3. – 2015. – с. 63 – 72

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 16К20 НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Самокиш Д.Н. к.т.н., Карабут В.Н.

Национальная металлургическая академия Украины

В процессе обработки заготовок на токарном станке 16К20 силы резания изменяются и вызывают упругие деформации элементов технологической системы. Величина упругих деформаций зависит как от сил резания, так и от жесткости элементов технологической системы [1].

Нестабильность сил резания и жесткости элементов технологической системы в различных сечениях заготовки вызывает неравномерность упругих деформаций элементов системы, в результате чего появляются погрешности формы обработанной поверхности и изменение размеров заготовок [2].

Для исследования жесткости технологической системы используется производственный метод, основанный на принципе обработки жестких заготовок с неравномерным припуском [2].

Все это связано с математическими расчетами определенной точности и построением графиков, что в свою очередь увеличивает затраты времени в учебном процессе.

Цель работы: разработать программу на языке Object Pascal в среде разработки Delphi позволяющую автоматизировать процессы расчетов и построения графиков, повысить точность расчетов, а также поднять уровень и качество учебного процесса.

В ознакомительной версии среды разработки Delphi [3] на языке Object Pascal разработана программа, которая позволяет: рассчитать силу резания и жесткость технологической системы для трех сечений заготовки; рассчитать силу резания и жесткость для девяти угловых положений среднего сечения заготовки; рассчитать среднюю жесткость в цикле нагружения среднего сечения заготовки; построить диаграмму «Нагрузка-перемещение».

Выводы: применение программы, разработанной в среде разработки Delphi, позволит автоматизировать и оптимизировать процессы расчетов и построения графиков, и как следствие - уменьшаться затраты времени и увеличится точность расчетов. Применение рассмотренных информационных технологий в учебном процессе обеспечивает специалисту машиностроительного профиля возможность быстрой и эффективной работы.

1. Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Технология машиностроения», раздел «Теоретические основы технологии машиностроения» /Сост. И.С. Цехмистро, И.В. Добров.– Днепропетровск: ДМетИ, 1987.-52с.

2. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, 1985. – 496с.

3. Delphi - Embarcadero Website [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https:// www.embarcadero.com

Зміст

Секція 1
Системний аналіз і синтез процесів у металургії та машинобудуванні

Абрамов С.А., Гришин В.С., Морозенко Е.П.
Синтез технологий обеспечивающих долговечность коллекторного узла 4

Баглай А.В., Веренев В.В.
Сравнительный диагностический анализ вибропереходных процессов в смежных прокатных клетях 5

Быткин С.В., Критская Т.В.
Моделирование s-образного процесса накопления А- и Е-центров в изовалентно легированном германием кремнии в среде Statistica и mathcad..... 6

Гичёв Ю.А. Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Системный анализ процесса сушки сталеразливочных ковшей при пульсационно-резонансном сжигании топлива 7

Гичёв Ю.А., Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Системный анализ процесса разогрева сталеразливочных ковшей при пульсационно-резонансном сжигании топлива 8

Гичёв Ю.А., Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Экспериментальная установка для системного исследования пульсирующего газового потока 9

Гичёв Ю.А., Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Системный анализ результатов эксперимента по диссипации пульсирующего газового потока 10

Гичёв Ю.А., Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Системное обобщение результатов эксперимента по диссипации пульсирующего газового потока 11

Гичёв Ю.А., Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Системный анализ работы парового котла при пульсационно-акустическом сжигании топлива..... 12

Гичёв Ю.А., Ступак М.Ю., Мацукевич М.Ю.
Системный анализ процесса восстановления железорудного сырья отходящим газом сталеплавильных конвертеров..... 13

Гурський В. М., Кузьо І.
Системний аналіз і синтез резонансних вібраційних систем 14

Жиленко Т.І., Гапонова О.П.
Кінетичний аналіз поверхонь, отриманих методом електроіскрового легування.. 15

Капітонов О.Г.
Комп'ютерна модель масопереносу в гальванічних процесах 16

Кобрін Ю.Г., Шевченко І.А., Кононов Д.О., Васильченко Т.О., Гречаний О.М.
Визначення швидкості шару матеріалу в молотковій дробарці 17

Малайчук В.П., Федорович А.И.
Исследование эффективности критериев непараметрической
статистики в задачах сравнения экспериментальных выборок измерений 18

Марченко В.Т., Хорольский П.П., Сазина Н.П.
О новом методе оценки технического уровня изделий
ракетно-космической техники 19

Мельник В.О.
Причини відмов фільєри мундштукового преса 20

Палий А.С.
Метод структурно-параметрического проектирования
аэродинамических систем увода объектов космической техники 21

Рогаль О.В., Тарас І.П., Сьомкайло В.М.
Дослідження процесу нарізання циліндричних нарізей 22

Роп'як Л.Я., Шовкопляс М.В.
Дослідження впливу зміщення повзуна поршневого насоса на
характер взаємодії деталей циліндро-поршневої пари 23

Timoshenko S.N.
Energy efficient solutions for small capacity electric arc furnaces of a foundry class ...24

Секція 2
Інформаційні технології в процесах
одержання матеріалів із заданими властивостями

Бобырь С.В., Борисенко А.Ю., Кукса О.В., Лошкарев Д.В.
Моделирование влияния состава и внутренних напряжений на
фазовые превращения в низколегированных сталях 26

Денисенко А.И., Дейнеко Л.Н., Надтока В.Н.
К электролитно-плазменной обработке внутренней поверхности
длинномерных трубчатых изделий.....27

Малайчук В.П., Астахов Д.С.
Візуально-аналітичний аналіз інформативності моделей
статистичних зв'язків ультразвукових вимірювань в задачах
спостереження і контролю технічних об'єктів 28

Малайчук В.П., Клименко С.В., Кудрєватих О.Т.
Візуально-аналітичний аналіз корелірованості моделей
цифрових зображень технічних об'єктів в задачах неруйнівного контролю 28

Меньшиков Ю.Л.
Прогнозирование свойств выплавляемой стали методом
математического моделирования.....29

Nadtochij A.A., Velikonskaya N.M.
Analysis of the equilibrium distribution of phases of the system Fe-P-C in the preparation of phosphoric ferroalloys 30

Парусов Е.В.
Прогнозування енергосилових параметрів волочіння та механічних властивостей холоднодеформованого дроту з високовуглецевих сталей 31

Селівьорстов В.Ю., Доценко Ю.В., Доценко Н.В., Селівьорстова Т.В.
Вплив модифікування та низькочастотної обробки на щільність литого сплаву системи Al-Si..... 32

Солона А.В.
Математична модель процесу ковшового вакуумування з продувкою..... 33

Степаненко Д.А., Цюпа Н.А., Андриевский Г.А.
База данных и модели для прогнозирования свойств шлакообразующих смесей 34

Togobytska N.
Model reduction for optimal control of cooling line of hot strip rolling mill..... 35

Фролова Л.А., Анисимова Л.Б.
Моделирование щелочного гидролиза сульфатов железа и кобальта..... 36

Чуйко И.Н., Сагура Л.В.
Влияние химического состава на механические свойства бунтового проката из легированных сталей сварочного назначения 37

Секція 3
Математичне моделювання складних систем

Амуров А.В., Бразалук Ю.В., Евдокимов Д.В.
Вычислительные аспекты решения краевых задач с подвижными границами..... 39

Астіоненко І.О., Литвиненко О.І.
Когнітивно-графічний метод побудови ієрархічних форм базисів скінченних елементів 40

Атаманюк І.П., Коваленко О.А., Шаповалова С.В.
Алгоритм прогнозування врожайністі сільськогосподарських культур на основі методу канонічного розкладання випадкового вектора..... 41

Babenko Y.
Investigation of petrol station simulation model..... 42

Безуб В.М.
Комп'ютерне моделювання процесів флотації при безперевному розливу сталі.. 43

Беликов А.С., Берлов А.В., Чуб-Швец М.В.
Математическое моделирование нейтрализации опасных веществ при экстремальных ситуациях..... 44

Белозёров В.Е., Ивлев А.С.
Исследование нового хаотического 4D аттрактора без положений равновесия 45

Белозёров В.Е., Мищук Д.Д.
Исследование новой модели сердечных ритмом, основанной на использовании осцилятора Ван-Дер-Поля 46

Беляев Н.Н., Калашников И.В., Грабар Я.А., Мищенко А.Ю.
Оценка техногенного риска при чрезвычайных ситуациях на базе численных моделей 47

Беляев Н.Н., Кириченко П.С., Дорога О.Г., Заика А.А.
Математическое моделирование загрязнения атмосферного воздуха на объектах горнопромышленного комплекса 48

Беляев Н.Н., Козачина В.А., Лемеш М.В., Стуликов З.Г.
Математическое моделирование биологической очистки сточных вод в аэротенках 49

Беляев Н.Н., Оладипо Мутиу Олатойе, Дацько Е.В.
Математическое моделирование загрязнения воздушной среды возле железнодорожных магистралей при перевозке сыпучих грузов в нигерии 50

Беляева В.В., Якубовская З.Н., Луг Ю.С.
Численное моделирование процессов техногенного загрязнения подземных вод. 51

Біляєв М.М., Русакова Т.І.
Оцінка техногенного стану атмосферного повітря в містах 52

Божуха Л.М.
Про графові схеми методу послідовних наближень 53

Бразалук Ю.В., Губин А.И., Евдокимов Д.В., Стояновский М.А.
Численное исследование одной модельной задачи тепломассообмена с фазовыми переходами 54

Бразалук Ю.В., Губин А.И., Евдокимов Д.В., Шульга Р.А.
Об одной математической модели движения объектов дисперсной фазы в многофазных течениях жидкости 55

Власов А.О., Зданевич С.В.
Математичне моделювання коливань та динамічний синтез системи балансирного електродотримача дугової сталеплавильної печі 56

Гімер П.Р.
Математичне моделювання сумісної роботи насосної установки і трубопроводу. 57

Гнатушенко В.В., Фененко Т.М., Левикін О.С.
Алгоритм предобробки ритм-сигналів людини для виявлення ішемії 58

Гоман О.Г., Катан В.А.
Математическое моделирование ударного взаимодействия плоских рабочих элементов гидродинамических аппаратов с жидкостью 59

Горячкін В.М., Жевжик О.В., Степура О.Ю.
Оптимізація розмірів трубопроводів систем теплопостачання 60

Губін О.І., Коваленко О.А., Щербань В.В.
Математичне моделювання теплових процесів при нанесенні іонно-плазмового покриття на внутрішню поверхню труби 61

Гук Н.А., Степанова Н.І.
Ідентифікація зосереджених зовнішніх впливів методом обернених завдач 62

Долгов Н.А.
Численное моделирование и расчет напряженного состояния в системе основа-покрытие аналитическим методом 63

Ду Юньшен, Величко А.Г., Мяновская Я.В.
Моделирование равновесного распределения компонентов системы металл-шлак при производстве низкоуглеродистого ферромарганца 64

Дубей О.Я.
Моделювання геометрії струминних апаратів для встановлення характерних параметрів, які визначатимуть раціональні режими їх експлуатації 65

Жульковская И.И., Жульковский О.А.,
Современные средства поддержки форматов повышенной точности при реализации математических моделей 66

Zaytsev V.G., Yas'ko N.N.
Web-gallery of recurrence plots of nonlinear continuous and discrete processes 67

Зінченко М.Д., Потап О.Ю. Сєдова А.А.
Дослідження формування мірних і нормальних довжин в залежності від товщини прокату 68

Иванова Л.Х., Маймур Я.С., Белый А.П.
Моделирование заливки прокатного валка 69

Ільєв І.М., Селівьорстова Т.В.
Особливості моделювання та аналізу транспортних процесів і інфраструктури... 70

Клим В.Ю., Гарькавський І.В.
Математичне моделювання руху довгої хвилі на поверхні рідини 71

Кононов Д.А., Пелых И.В. к.т.н., Пинто Ж.Б.
Гармонический анализ упругого колосниково-карточного элемента просеивающей поверхности 72

Короткая Л.И., Таран Р.В.
Использование методов кластеризации для предварительной обработки данных при решЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ..... 73

Krasnikov K.S.
Mathematical modeling of additive injection into molten steel during filling of steel teeming ladle with argon stirring 74

Кривенко Г.М., Возняк Л.В.
Моделювання процесу витікання нафти через дефектні отвори в трубопроводі... 75

Крижанівський Є.І., Паневник Д.О.
Математична модель робочого процесу струминного насоса..... 76

Лабуткина Т.В.
Имитационная модель нагрузки в динамической сети с функциями передачи, хранения и обработки данных 77

Ланська С.С.
Побудова бази знань на основі нечітких імплікацій при моніторингу навчального процесу 78

Лантух О.С, Молчанов Л.С., Синегін Є.В.
Фізичне моделювання спливання неметалевих включень у сталерозливних ковшах малої ємності 79

Лапханов Э.А.
Способ управления высотой полета космического аппарата с использованием магнитных приводов на постоянных магнитах 80

Мартинов Д.С., Книш Л.І.
Особливості моделювання гідравлічного удару в промислових системах теплопостачання.....81

Мирошниченко А.С., Селівьорстова Т.В.
Дослідження алгоритмів вибору сусідства для неорієнтованого гильотинного розкрою 82

Надточий А.А., Великонская Н.М., Карягин Е.Д.
Термодинамическое моделирование в сложных оксидных системах, эквивалентных фосфоритовым рудам 83

Паневник Д.О., Концур І.Ф., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О.
Ідвищення ефективності моделювання режиму роботи наддолотного гідроелеватора 84

Паневник О.В., Паневник Д.О.
Моделювання гідравлічних зв'язків елементів свердловинної ежекційної системи 85

Первий Б.А.
Эффект магнуса в динамике комического объекта.....86

Pilipchuk V., Volkova S.
A non-linear system using a non-smooth temporal transformation 87

Пиптюк В.П., Греков С.В., Андриевский Г.А., Снигура И.Р.
Проверка адекватности исследований эффективности использования ферросплавов на основе компьютерного моделирования и промышленных экспериментов 88

Поляков М.А., Андриас И.А.
Функциональные структуры гибридных автоматов систем управления.....89

Потап О.Ю., Зінченко М.Д., Рибальченко М.О., Потап М.О.
Комп'ютерне моделювання системи автоматичної компенсації ексцентриситету прокатних валків 90

Пригоровська Т.О., Роп'як Л.Я.
Комп'ютерне моделювання процесу отримання литої заготовки долота типу PDC 91

Сарычев А.П.
Обнаружение изменения свойств технических объектов на основе моделей в виде систем авторегрессионных уравнений.....92

Своробин Д.С.
Разработка математической модели динамики системы «космический аппарат-мусоросборщик с аэродинамическим компенсатором – объект космического мусора».....93

Снігура І.Р., Тогобицька Д.М.
Дослідження функціонального взаємозв'язку температур плавлення та кристалізації з параметрами міжатомної взаємодії 94

Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Моисеенко С.В., Тарасов А.С.
Математическое моделирование аэродинамики профилей симметричной и несимметричной формы 95

Тогобицкая Д.Н., Кукса О.В., Головко Л.А., Ходотова Н.Е.
Расчетно-аналитическая оценка критических температур фазовых превращений конструкционных сталей на основе параметров межатомного взаимодействия 96

Тогобицкая Д.Н., Петров А.Ф., Лихачев Ю.М., Снигура И.Р.
Информационно-интеллектуальный ресурс решения задач прогнозирования физико-химических свойств сталей и сплавов 97

Шинкаренко В.И.
Конструктивно-продукционное моделирование фракталов 98

Shtefan T.A., Zasovenko A.V.
The solution of the problem about the deformation of a circular cylinder with the use of the bessel's functions zero and first order 99

Yasev A.G.
Optimization parameters of mechanical destruction nonmetallic coverings of electric occasions 100

Секція 4
Інформаційне та програмне забезпечення процесів проектування

Болтенков В.А., Куваева В.И., Червоненко П.П.
Методы социального выбора в задачах агрегирования оценок в ранговых шкалах 102

Дейнега Р.О., Пінчак Р.А.
Способи зменшення навантаження по витках різьбового з'єднання насосних штанг 103

Ivaschenko V.P. Shvachych G.G., Ivaschenko O.V., Busygin V.V.
Processors selection problem in the module computing system when making new technological processes 106

Концур І.Ф., Лях М.М., Михайлюк В.В.,
Дейнега Р.О., Паневник Д. О., Гонтар В.А.
Підвищення якості кріплення нафтових і газових свердловин омагнічуванням тампонажного розчину 107

Лабуткина Т.В., Хлопонина А.В., Лукьяненко И.Г., Мартынов В.В.
Комплекс неитерационных методов планирования операций, реализуемых множеством динамических средств на множестве динамических объектов 108

Михайлюк В.В., Юрич А.Р., Харламов Б.В.
Імітаційне моделювання різьбових з'єднань насосних штанг 109

Михалев А.И., Стенин А.А., Солдатова М.А., Стенин А.С.
Модальная робастная стабилизация технологических процессов с неопределенностью в параметрах 111

Олійник О.Ю.
Модель візуалізації віброчастотного датчика для системи контролю вібрацій та діагностування обладнання металургійної промисловості 112

Рудик О.Ю., Ружицький А.В.
Проектування деталей автомобілів у SolidWorks Simulation 113

Рудик О.Ю., Рябець М.С.
Програмне забезпечення розрахунків у SolidWorks Simulation 114

Рудик О.Ю., Старий А.Л.
Застосування SolidWorks Simulation для розрахунку знімача шківа генератора .. 115

Сенькин В.С., Сюткина-Доронина С.В.
К вопросу оптимизации программ управления и проектных параметров управляемого объекта 116

Фафлей О.Я., Фафлей І.Я., Харламов Б.В.
Експериментальні дослідження впливу розтягуючого асиметричного навантаження на швидкість поширення втомних тріщин 117

Федорович Я.Т., Михайлюк В.В., Коваль Б.І.
Дослідження матеріалів насосних штанг на корозійну циклічну тріщиностійкість 119

Ясько М.М., Жушман В.В.
Апроксимація табличних даних з використанням веб-технологій 122

Секція 5
Інтелектуальні інформаційно-управляючі системи

Волковский О.С., Ковылин Е.Р.
Компьютерная система автоматического анализа промышленных инструкций .. 124

Андрейченко А.В., Селівьорстова Т.В.
Програмна реалізація та дослідження логістичних моделей постачання 125

Булах В.А., Кириченко Л.О., Радивилова Т.А.
Сравнительный анализ классификации мультифрактальных временных рядов . 126

Гнатушенко В.В., Васильєв В.В., Обиденний Є.О., Хімель В.С.
Розподілена система потокової обробки даних дистанційного зондування землі 127

Дорош Н.Л., Галіузова А.М.
Розробка програмного засобу за web-технологією для аналізу часових рядів 128

Дорош Н.Л., Зімін О.О.
Розробка програмного засобу для дослідження міцності будівельних стрижневих конструкцій 129

Жуковицький І. В., Клюшник І.А.
Самодіагностики інформаційно-вимірювальної системи випробування гідравлічної передачі тепловоза з використанням Anfis-контролерів 130

Ivaschenko V.P., Shvachych G.G., Ivaschenko O.V., Busygin V.V.
Deceleration problem research in multiprocessional computing systems 131

Кавац О.О., Кавац Ю.В.
Визначення температури антропогенних об'єктів за даними космічної теплової зйомки 132

Ларіонов Г.І.
Про один метод вибору параметрів керування механічними системами..... 133

Мазурок Т.Л.
Інформаційна модель інтелектуального управління системою адаптивного навчання 134

Михалев А.И., Стенин А.А., Шитикова И.Г., Лемешко В.А.
Мультиагентный подход к формированию предметно-ориентированной эволюционной модели знаний 135

Омельчук А.А., Сафьяник О.О., Березкін І.С., Павлов П.М.
Математичне і програмно-апаратне забезпечення тренажерної платформи з просторовими приводами руху 136

Подгородецкий А.В., Швачка А.И.
Расчет настроек ПИД-регулятора для объектов с запаздыванием..... 137

Постоленко С. В., Гук Н.А.
Моделювання адаптивної поведінки з використанням нейронних мереж..... 138

Руденко М.О, Сніжко Є.М., Тихомиров О.Є.
Система відеоконтролю для оцінки параметрів дорожнього руху 139

Сенько А.О., Купін А.І.
Нейромережа із зустрічним розпізнаванням для зворотнього прогнозування технологічних параметрів секції збагачення 140

Хребет М.А., Кодола Г.Н.
О процедурной генерации уровней при разработке компьютерной игры 141

Царенко Д.Ю., Денисюк О.Р.
Разработка информационной подсистемы обработки финансовых документов . 142

Царик В.Ю., Михальов О.І.
Використання узагальнюючого критерію в задачі структурно-синергетичного аналізу дискретних систем 143

Шейкус А.Р., Тришкин В.Я.
Автоматическое управление оптимальными статическими режимами процесса ректификации с использованием подвижных управляющих воздействий 144

Секція 6
Прогресивні інформаційні технології та організація сучасного виробництва

Гречаний О.М., Шевченко І.А., Кобрін Ю.Г.
Встановлення закону розподілу поломок елементів
прокатного стану з метою їх запобігання 146

Камкін В.Ю., Куцова В.З.
Застосування інформаційних технологій в процесах
одержання високоміцної сталі 147

Купин А.И., Сенько А.А., Коваленко К.А., Мисько Б.С.
Автоматизированная система прогнозирования
качественных показателей рудоподготовки 148

Лущенко О.О., Селівьорстова Т.В.
Особливості реалізації інформаційної системи GPS навігації для
моніторингу стану сільськогосподарських агрегатів 149

Островська К.Ю., Ніколаєнко О.С.
Модуль розширення керування макросами для Microsoft Excel 150

Петренко В.О., Фонарьова Т.А.
До питання інформаційного забезпечення управління компетенціями.....151

Савицький О.І., Тимошенко М.А.
Концепція мультиагентного керування для технології збагачення руд 152

Тітов К.Ю.
Розробка семантичного фільтру на основі персональних
вподобань користувача 153

Чоботько И.И., Тынына С.В.
Проблемы эксплуатации и методы предотвращения
возгораемости породных отвалов.....154

Секція 7
Інформаційно-ресурсне забезпечення дистанційної освіти на засадах компетентнісного підходу

Грицук Ю.В.
Система дистанційної освіти як елемент інформаційної
системи закладу вищої освіти 157

Колосов І.В., Рудакова Г.В.
Проблеми керування процесом підготовки морських фахівців на
основі компетентнісного підходу 158

Секція 8
Інноваційні підходи підвищення якості навчального процесу та питання антиплагіату

Вдовиченко И.Н.
Инновационный взгляд на инженерию программного обеспечения, как учебную дисциплину 160

Іскандарова-Мала А.О.
Аналіз якості середньої освіти..... 161

Косолапов А.А., Павленко И.А., Фролов Н.И.
Разработка мобильной интеллектуальной интерактивной системы для обучения и оперативного тестирования 163

Куроп'ятник О.С.
Моделювання текстових модифікацій в задачах виявлення запозичень 164

Самокиш Д.Н., Карабут В.Н.
Разработка программного обеспечения для исследования влияния жесткости технологической системы токарно-винторезного станка 16К20 на точность обработки деталей..... 165