

6. Ткач Л.А. Проблемні питання професійної захворюваності працівників промислових підприємств Кривбасу: Медицина праці та профпатології. - Кривий Ріг.

7. <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-professionalnoy-zabolevaemosti-i-proizvodstvennogo-travmatizma-gornometallurgicheskogo-kompleksa#ixzz3z8Y3tXOg>

8. Environment, Health and Safety Committee OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS http://www.rsc.org/images/Occupational-Health-and-Safety-Management-Systems_tcm18-240421.pdf

9. <http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh1415.pdf>

10. http://dnop.kiev.ua/web/index.php?option=com_content&task=view&id=6387&Itemid=137

Рукопис подано до редакції

УДК 001.57: 681.5.015

А.М. МАЦУЙ, канд. техн. наук, доц., Кіровоградський національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗТАШУВАННЯ МАТЕРІАЛУ ВЗДОВЖ ПІСКОВОГО ТІЛА СПІРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРА

Відсутність достатньо точної уяви про закономірність розташування матеріалу між двома сусідніми витками спіралі класифікатора (піскового тіла) стримує підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди, що стає причиною значних економічних збитків в наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки. Розв'язання даної науково-технічної задачі складає актуальність даної публікації. Її метою є розроблення підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора. Піскове тіло механічного спірального класифікатора можна подати як складене з частин циліндра і зрізаної піраміди, яка знаходиться зверху. Можливість точного визначення об'єму цих складових гарантує отримання високої точності вимірювання. Визначення об'єму вказаних складових передбачає вимірювання висоти пісків вздовж вертикалі, що проходить через саму нижню точку контакту циліндричної постелі і крайки подаючого витка спіралі. Частину циліндра можна змінювати у цьому ж напрямку на невелику висоту. Тоді піскове тіло можна подати як складене з горизонтальних шарів матеріалу, куди ввійдуть і такі ж шари, що являють собою зрізану піраміду. З іншого боку, піскове тіло можна поділити вертикальними площинами на елементарні складові за його довжиною. У запропонованому підході передбачена можливість визначення об'єму елементарних складових, які створюють вертикальні стовпчики матеріалу, об'єми яких характеризують закономірність розташування пісків вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. При малих і середніх значеннях циркулюючого навантаження механічний спіральний класифікатор працює в області піскового тіла, що знаходиться у формі частини циліндра. Якщо циркулююче навантаження збільшується, відбувається перехід в область піскового тіла, що відноситься за формою пісків до зрізаної піраміди. В процесі досліджень запропоновано підхід математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. При його обґрунтуванні коректно використовувалися точні аналітичні методи дослідження, що гарантує об'єктивність отриманих результатів. Тому від його використання слід очікувати значного зменшення збитків в процесах рудопідготовки.

Ключові слова: спіральний класифікатор, піски, закономірність розташування, підхід моделювання.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Відсутність достатньо точної уяви про закономірність розташування матеріалу між двома сусідніми витками спіралі класифікатора (піскового тіла) стримує підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди, що приводить до значних економічних збитків в наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки. Розв'язання даної науково-технічної задачі сприяє удосконаленню технологічного процесу подрібнення твердого і, як наслідок, покращенню ефективності рудопідготовки. Завдяки цьому дана робота спрямована на реалізацію Державної науково-технічної програми «Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі», затвердженої Законом України «Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності», за напрямком 5.3.1 «Розробка технологій видобутку та збагачення сировинних матеріалів для металургійного виробництва, в тому числі з використанням відходів виробництва» та планів наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету за темою «Моделювання технологічних процесів у механічних спіральних класифікаторах з метою вдосконалення математичних моделей» (0115U003962). Враховуючи, що дана робота спрямована на розв'язання частини згаданої задачі, її тема є актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Автоматизацією перших стадій рудопідготовки як вчені, так і практики займаються давно. Не дивлячись на це, і нині багато питань тут залишаються не розв'язаними. Про це свідчить, зокрема, те, що в останні роки даним процесам приділяється увага. Так, у 2010 р. розглядається ініціалізація гібридної нечіткої моделі замкнутого циклу подрібнення руди [1], у 2013 р. - аналіз методів ідентифікації систем автоматизованого керування технологічними процесами збагачення залізородної сировини [2], у 2014 р. - формування робастного автоматизованого управління замкнутим циклом подрібнення на основі H_{∞} -норми [3] та автоматизація першої стадії подрібнення, класифікації і магнітної сепарації - реальний шлях підвищення ефективності збагачення залізних руд [4], у 2015 р. - формування адаптивного керування процесом подрібнення залізородної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта [5]. Поряд з цим розглядаються матеріали, зв'язані з підвищенням ефективності процесів класифікації подрібненої руди, наприклад [6]. Стимування автоматизації цих процесів в основному викликано їх недостатньою дослідженістю, а також відсутністю надійних засобів контролю технологічних параметрів необхідної точності і вартості [7]. Недоліком можливо рахувати і практичне невикористання об'ємної маси сипких і рідких матеріалів [8]. Спостерігаються поодинокі випадки, коли пропонуються засоби такого типу [9]. У той же час вони можуть бути достатньо ефективними в процесах автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди. Прикладом такого інформаційного засобу може бути пристрій, що реалізує закономірність розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора. Встановити цю закономірність можливо моделюванням процесу. Вивчення цього питання в літературних джерелах галузі збагачення корисних копалин, наприклад [10,11], показало, що такі процеси не моделювалися і методи такого моделювання не розроблялися. У вітчизняних джерелах останніх років [12-14] такі методи також не розглядаються. Подібну ситуацію можливо відмітити і стосовно іноземних джерел [15-19]. Отже, математичним моделюванням закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора та методикою такого моделювання ніхто не займався.

Постановка завдання. Метою даних досліджень є обґрунтування підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора.

Викладення матеріалу та результати. Піскове тіло класифікатора розташовується між двома витками двозахідної спіралі і постіллю, яка створена крупними фракціями пісків і має циліндричну поверхню. Піскове тіло класифікатора має складну форму і здійснює сходження при поступальному переміщенні витка спіралі, що обертається, вздовж циліндричної поверхні постелі. Під сходженням піскового тіла класифікатора будемо мати на увазі об'ємну витрату пісків при перевалюванні їх через розвантажувальний поріг.

Уявлення про витрату пісків класифікатора може дати розгляд піскового тіла у вертикальній і горизонтальній площинах. Розріз піскового тіла у вертикальній площині, що проходить через вісь спіралі, показано на рис. 1.

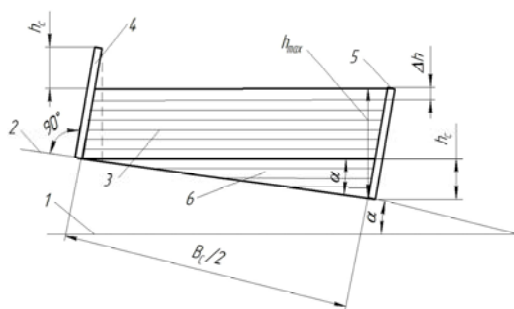


Рис. 1. Розріз піскового тіла у вертикальній площині, що проходить через вісь обертання, при максимальному значенні рівня матеріалу: 1 - горизонталь; 2 - днище класифікатора; 3 - верхня частина піскового тіла; 4,5 - відповідно передній і задній (подаючий) виток спіралі; 6 - нижня частина піскового тіла; α - кут нахилу класифікатора до горизонталі

З аналізу рис. 1 видно, що піскове тіло спірального класифікатора у вертикальній площині складає дві геометричні фігури, які практично незалежні. Тобто, можливо виконати декомпозицію піскового тіла спірального класифікатора на відрізок циліндра

6 і геометричну фігуру 3, яка розташована над ним. При цьому надається можливість досліджувати окремо дані геометричні тіла, а потім, виконавши композицію, отримати загальний результат.

Відрізок циліндра 6 у вертикальній площині буде розповсюджуватись до відмітки h_c , яка дорівнює

$$h_c = \frac{B_c}{2} \sin \alpha, \quad (1)$$

де B_c - крок спіралі класифікатора; α - кут нахилу класифікатора до горизонту.

Верхня частина піскового тіла класифікатора може розташовуватись на проміжку $h_{max}-h_c$ (див. рис. 1). Найбільше значення рівня пісків дорівнює

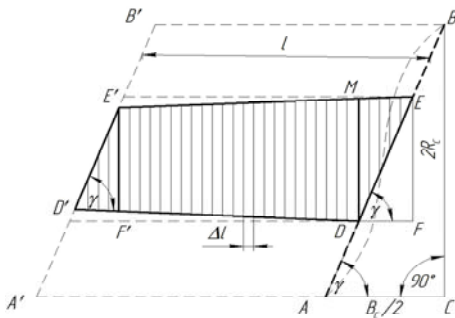
$$h_{max} = h_e \cos \alpha, \quad (2)$$

де h_e - висота змінного робочого елемента спіралі.

Поточне значення рівня піскового продукту h необхідно визначати від основи зовнішньої крайки робочого елемента заднього витка спіралі до горизонтальної площини розташування пісків. Оскільки горизонтальні перетини піскового тіла класифікатора мають різну площу, то при моделюванні закономірностей розташування матеріалу вздовж нього необхідно враховувати об'єми продукту в елементарних шарах Δh (рис. 1) у вертикальній площині.

Нехтуючи кривизною спіралі на обмеженій ділянці і нахилом її робочих елементів до циліндричної поверхні постелі, зобразимо вид піскового тіла між витками, яке відповідає найбільшому значенню об'єму, у горизонтальній площині (рис. 2).

Рис. 2. Вид піскового тіла між витками спіралі у горизонтальній площині при найбільшому значенні рівня пісків



При цьому рахуємо, що витки спіралі будуть знаходитись у площині, розташованій під кутом γ до її осі, яка з площиною, що проходить через вісь і паралельна днищу класифікатора, створює пряму AB (див. рис. 2). Дана пряма є гіпотенузою прямокутного трикутника ABC , з якого

$$\gamma = \arctg(4R_c/B_c), \quad (3)$$

де R_c - радіус спіралі, оскільки $BC=2R_c$, $AC=B_c/2$.

Пряма DE , яка є проекцією прямої AB на піскове тіло, належить плоскій геометричній фігурі $D'E'ED$, що являє найбільшу його горизонтальну поверхню. У геометричній фігурі $D'E'ED$ основи $D'E'$ і DE є прямими, а $D'D$ і $E'E$ - кривими, оскільки дана плоска горизонтальна фігура перетинає циліндричну поверхню, яка розташована під гострим кутом α . Зважаючи на те, що кривизна тут незначна, можливо рахувати $D'D$ і $E'E$ прямими лініями, а фігуру $D'E'ED$ - трапецією. Найбільша площа трапеції $D'E'ED$ відповідає найвищому рівню пісків h між витками спіралі, тобто, $h=h_{max}$. В процесі експлуатації рівень пісків h може змінюватись теоретично від 0 до h_{max} . Площі елементарних геометричних фігур довжиною Δl геометричної фігури $D'E'ED$ вздовж осі спіралі l також є змінними. Площу трапеції $D'E'ED$ можливо оцінювати на елементарних ділянках довжиною Δl вздовж осі спіралі (рис. 2). Врахування площ фігур, паралельних $D'E'ED$, та їх висот Δh дозволить визначати елементарні об'єми піскового тіла вздовж його осі на окремих ділянках Δl .

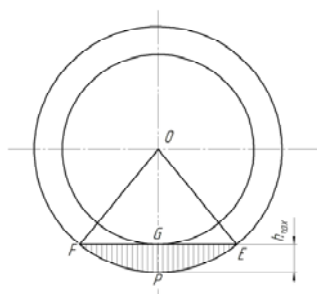
Знайдемо параметри піскового тіла механічного спірального класифікатора при висоті матеріалу в межах $h_{max}-h_c$, яку розділимо на однакові горизонтальні частини висотою Δh (рис. 1). Визначимо проекцію лінії контакту пісків з заднім витком спіралі при найбільшому рівні h_{max} матеріалу на площину, перпендикулярну осі обертання, розглянувши відповідний вид на піскове тіло (рис. 3). З рис.3 видно, що $OE=OF=R_c$, $GP=h_{max}=h_e \cos \alpha$, $OG=R_c-h_e \cos \alpha$. Тоді

$$GE = GF = \sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha)^2}, \quad (4)$$

а відшукуваний параметр дорівнює

$$FE = 2GF = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha)^2}. \quad (5)$$

Рис. 3. Вид на піскове тіло спірального класифікатора вздовж осі спіралі з боку його найбільших розмірів



Розміри хорд, які характеризують лінію контакту матеріалу з заднім витком спіралі, який знаходиться праворуч у міжвитковому просторі, можливо визначити аналогічно, враховуючи однакові елементарні відрізки Δh . Методика визначення довжини хорд витікає з рис.4. Довжини хорд будуть дорівнювати

$$F_1E_1 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + \Delta h)^2}, \quad (6)$$

$$F_2E_2 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + 2\Delta h)^2}, \quad (7)$$

$$F_3E_3 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + 3\Delta h)^2}, \quad (8)$$

$$F_cE_c = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_c)^2}. \quad (9)$$

Довжини ліній контакту пісків і заднього витка спіралі з боку більшого рівня матеріалу відповідно рис. 2 дорівнюють

$$DE = FE/\sin \gamma, \quad (10)$$

$$D_1E_1 = F_1E_1/\sin \gamma, \quad (11)$$

$$D_2E_2 = F_2E_2/\sin \gamma, \quad (12)$$

$$D_3E_3 = F_3E_3/\sin \gamma, \quad (13)$$

$$D_cE_c = F_cE_c/\sin \gamma. \quad (14)$$

Розміри хорд, які характеризують лінію контакту матеріалу з переднім витком, який знаходиться ліворуч у міжвитковому просторі, можливо визначати, враховуючи, що він при найбільшому заповненні матеріалом залишається зверху вільним на висоті h_c (див. рис. 1). Тоді довжина хорди, що відповідає найбільшому завантаженню матеріалу, з урахуванням рис. 1 буде дорівнювати FE (5), у якому вираз в круглих дужках зменшено на h_c , тобто

$$F'E' = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c)^2}. \quad (15)$$

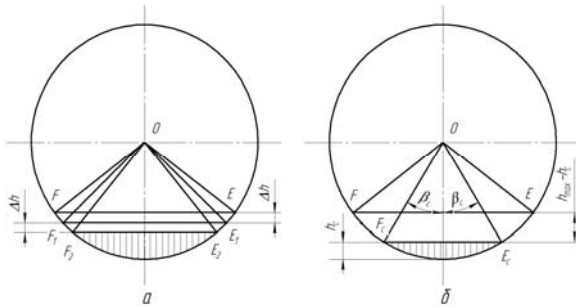


Рис. 4. Положення хорд кола, що відповідає діаметру спіралі класифікатора, при різних рівнях пісків між витками (а) і рівні, який дорівнює h_c (б)

Довжини інших хорд будуть дорівнювати

$$F'_1E'_1 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c + \Delta h)^2}, \quad (16)$$

$$F'_2E'_2 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c + 2\Delta h)^2}, \quad (17)$$

$$F'_3E'_3 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c + 3\Delta h)^2}, \quad (18)$$

$$F'_cE'_c = 0.$$

Довжини ліній контакту пісків і витка спіралі з боку меншого рівня матеріалу відповідно рис. 2 дорівнюють

$$D'E' = F'E'/\sin \gamma, \quad (19)$$

$$D'_1E'_1 = F'_1E'_1/\sin \gamma, \quad (20)$$

$$D'_2E'_2 = F'_2E'_2/\sin \gamma, \quad (21)$$

$$D'_3E'_3 = F'_3E'_3/\sin \gamma, \quad (22)$$

$$D'_cE'_c = F'_cE'_c/\sin \gamma = 0 \text{ - при визначенні об'ємів викорис-}$$

товувати попереднє значення лінії контакту пісків і витка спіралі.

Визначення об'єму верхньої частини піскового тіла вздовж l за окремими елементарними складовими Δl зводиться до знаходження площі фігур в межах конкретного вертикального стовпчика довжиною Δl з врахуванням усіх шарів матеріалу, перемноження їх на висоту Δh з наступним сумуванням результатів.

Горизонтальний розріз піскового тіла на рівні h_c , де $F'_cE'_c = 0$, не входить у розрахунки верхньої частини піскового тіла. З нього необхідно розпочинати розрахунки стосовно нижньої частини піскового тіла механічного спірального класифікатора.

Моделювання нижньої частини піскового тіла спірального класифікатора є більш складним і його слід розпочинати з першої геометричної фігури горизонтального розрізу на стику двох згаданих частин, яка має форму параболи, обмеженої лінією контакту пісків і заднього витка D_cE_c . Далі форма фігур у перетинах піскового циліндричного тіла повторюється при зменшених розмірах, що відповідають довжині відповідних проєкцій ліній контакту пісків і заднього витка.

Проблемною тут є заміна парабол іншими більш простими геометричними фігурами і зміщення початків цих шарів відносно шарів верхнього піскового тіла. Параболу з прямою замінити трикутною формою недоцільно в наслідок можливої суттєвої похибки. Більш виправданою може бути заміна параболічного елемента трапецієдним. При цьому одночасно з'являється можливість і узгодження початку даної геометричної фігури з початком певного(зміщеного) відрізка Δl . Однак проведення даної операції необхідно виконувати за умов практичної незмінності об'ємів тіл. Елементарні складові піскового тіла довжиною Δl необхідно розташовувати відносно вертикальної площини, що проходить через початок правого витка спіралі і співпадає з вертикаллю h_{\max} (див. рис.1). Ця площина є базовою і від неї ліворуч і праворуч розташовуються у кожному шарі матеріалу елементарні складові довжиною Δl , створюючи вертикальні стовпчики з різним об'ємом пісків.

Нижня частина піскового тіла являє собою відрізок циліндра. Для визначення об'єму відрізка циліндра в [20] запропонована залежність, однак вона призначена для тіл з незмінними параметрами. Виконане удосконалення даної залежності дозволяє використовувати її для змінного параметра, що відповідає умовам формування піскового тіла механічного спірального класифікатора.

В удосконаленій формі дана залежність має вигляд

$$V_{BC} = \frac{R_c^3}{\operatorname{tg} \alpha} \left(\sin \beta - \frac{\sin^3 \beta}{3} - \beta_p \cos \beta \right), \quad (23)$$

де β - половина центрального кута, що опирається на хорду $F_c E_c$ та інші хорди відрізка циліндра (див. рис. 4б); β_p - кут β в радіанах.

Зважаючи на те, що h_c (1) є константою для конкретного механічного спірального класифікатора, вибір величини Δh необхідно розпочинати саме з циліндричного тіла, щоб забезпечити ціле число шарів матеріалу у цій ділянці. Тоді за залежністю (23) можливо визначити об'єм усього відрізка циліндричного тіла, а, зменшивши його висоту на Δh , для тіла висотою $h_c - \Delta h$.

Різниця цих об'ємів дасть об'єм матеріалу, що знаходиться у першому шарі відрізка циліндра. У процесі цих розрахунків буде відомою і величина l_c - довжина циліндричного тіла. Зменшуємо l_c до значення l'_c , коли вона буде відповідати початку певного (наприклад, другого) відрізка (Δl_2). Потім за отриманою висотою трапеції l'_c , відомою основою $F_c E_c$ і розрахунково знайденим об'ємом V_p визначаємо невідому другу основу трапеції b , використовуючи залежність

$$V_p = \frac{b + F_c E_c}{2} \cdot l'_c \Delta h, \quad (24)$$

де b - невідома основа трапеції; Δh - висота шару матеріалу.

За аналогічним підходом визначаємо дані інших трапецій відрізка циліндра, а за цими трапеціями - об'єми матеріалу на окремих ділянках Δl .

Сумуючи всі елементарні об'єми матеріалу за певними Δl , знаходимо закономірність розташування матеріалу на конкретних ділянках довжини нижнього піскового тіла. Знаходячи суми об'ємів матеріалу у відповідних вертикальних стовпчиках обох частин, визначаємо закономірність зміни об'єму пісків вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, запропоновано підхід математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. За допомогою даного підходу можливо встановлювати закономірності розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічних спіральних класифікаторів при дослідженні режимів їх роботи. При обґрунтуванні підходу моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла класифікатора коректно використовувалися точні аналітичні методи дослідження, що гарантує об'єктивність отримуваних результатів.

Проведені теоретичні дослідження являють собою основу для встановлення закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора, що відкриває перспективу підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди та зниження збитків у наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки.

Список літератури

1. Инициализация гибридной нечеткой модели замкнутого цикла измельчения руды / В.С. Моркун, Н.В. Моркун, Н.С.Подгородецкий, А.В. Пикильняк // Вісник КТУ, 2010.- Вип. 26.- С. 290-293.

2. **Тронь В.В.** Аналіз методів ідентифікації систем автоматичного керування технологічними процесами збагачення залізорудної сировини / **В.В. Тронь** // Вісник КНУ, 2013. - Вип. 35. - С. 198-201.
3. **Моркун В.С.** Формирование робастного автоматизированного управления замкнутым циклом измельчения на основе H_{∞} -нормы / **В.С. Моркун, Н.В. Моркун, В.В. Тронь** // Гірничий вісник, Кривий Ріг: КНУ, 2014. - Вип. 98. - С. 83-85.
4. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник КНУ, 2014. - Вип. 36. - С. 275-280.
5. **Тронь В.В.** Формування адаптивного керування процесом подрібнення залізорудної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта / **В.В. Тронь, К.В. Масвський** // Гірничий вісник. - Кривий Ріг: КНУ, 2015. - Вип. 99. - С. 27-32.
6. **Моркун В.С.** Моделирование процесса классификации железорудной пульпы в гидроциклоне с учетом ее физико-механических характеристик / **В.С. Моркун, В.М. Радионов** // Вісник КНУ. - Кривий Ріг: КНУ, 2012. - Вип. 33. - С. 48-53.
7. **Купін А.І.** Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології / **Купін А.І.** – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. - 204с.
8. **Луткин Н.И.** Приборы для контроля технологического процесса в потоке / **Н.И. Луткин, К.К. Морар.** - М.: Колос, 1978. - 160 с.
9. А.с. 1530258 СССР, МКИ В 03 В 13/00. Способ определения продуктивности спирального классификатора по пескам / **Е.Ф. Морозов** (СССР). – № 4385577/22-03; заявл. 29.02.88; опубл. 23.12.89, Бюл. № 47.
10. **Шупов Л.П.** Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения / **Шупов Л.П.** - М.: Недра, 1980. - 288 с.
11. **Козин В.З.** Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых / **Козин В.З.** - М.: Недра, 1984. - 112 с.
12. **Кузнецов Ю.М.** Теорія технічних систем / **Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А.**; під заг. ред. **Ю.М. Кузнецова.** - К.-Тернопіль, 1998. - 310 с.
13. Ідентифікація та моделювання технологічних процесів / **[Рожков П.П., Кранобаєв В.А., Фурман І.О. та ін.]**; під заг. ред. **І.О. Фурмана.** - Харків: Факт, 2007. - 240 с.
14. **Дубовой В.М.** Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування / **Дубовой В.М.** - Вінниця: ВНТУ, 2012. - 308 с.
15. **Боголюбов А.Н.** Основы математического моделирования / **Боголюбов А.Н.** - М.: МГУ, 2003. - 136 с.
16. Введение в математическое моделирование: учебн. пособие / **[Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э. и др.]**; под ред. П.В. Трусова. - М.: Логос, 2005. - 440 с.
17. **Асанов А.З.** Введение в математическое моделирование динамических систем / **Асанов А.З.** - Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2007. - 205 с.
18. **Прудковский Б.А.** Зачем металлургу математические модели? / **Прудковский Б.А.**; отв. Ред. **П.И. Полухин.** - [3^е изд.] - М.: Изд-во ЛКИ, 2010. - 200 с.
19. **Федоткин И.М.** Математическое моделирование технологических процессов / **Федоткин И.М.** – [2^е изд.] - М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2011. - 416с.
20. **Бронштейн И.Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / **И. Бронштейн, К. Семендяев.** - [8^е изд., стереотипное] - М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1959. - 608 с.

Рукопис подано до редакції 07.12.15

УДК 621.01: 681.3: 658.5

А.В. ПІКІЛЬНЯК, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті викладено підхід можливого підвищення ефективності роботи виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій, що відповідає би світовим тенденціям розвитку промисловості та був заснований на максимально-ефективному використанні кадрів, матеріальної бази, програмного забезпечення, площ ВНЗ і підприємства. Застосування прогресивних технологій автоматизації і інформатизації машинобудування призводить до корінних змін не лише у виробництві, але і в професійній підготовці майбутніх фахівців машинобудівного профілю. Для вирішення проблеми відсутності єдності програмного забезпечення, та систем управління даними пропонується замінити існуючі системи управління даними на прогресивну систему ЛОЦМАН:PLM, яка є основою побудови комплексу для автоматизації завдань підготовки виробництва. Відмічено, що для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з наукомісткими підприємствами регіону. Співпраця з підприємствами у цьому напрямку надасть наступні можливості: знайомитись з діяльністю підприємства, працювати на сучасному технологічному обладнанні; організувати виробничі, технологічні практики для студентів, орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню