

Якщо $a \approx 0$, то $\sigma_i = const$;

якщо $2a \gg 0$, то $\sigma = F(k_g)$ в напрямку $x_1 \rightarrow x_3$;

якщо $2a \ll 0$, то $\sigma = F(k_g)$ в напрямку $x_3 \rightarrow x_1$.

Отже, виявити дійсний розподіл діючих у стінці трубопроводу напружень на ремонтній ділянці можна, провівши відповідні заміри як по околу труби, так і вздовж її вісі у певних перерізах, при цьому звільнивши від ґрунту верхню твірну труби, шляхом шурфування.

Висновки

Розроблена і описана математична модель визначення складових напружень в стінці металу трубопроводу в трьох взаємно перпендикулярних напрямках дає можливість знайти найбільш небезпечні перерізи ремонтної ділянки трубопроводу та визначити місце дії зусиль, які впливають на трубопровід на ремонтних ділянках при звільненні від ґрунту верхньої твірної труби шляхом шурфування. Дані залежності дають можливість оптимізувати проведення ремонтно-відновлюваних робіт, забезпечивши при цьому цілісність конструкції трубопроводу.

Література

1. Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов / [А.Г. Гумеров, Х.А. Азметов, Р.С. Гумеров, М.Г. Векштейн]; за ред. А.Г. Гумерова. – М.: Недра, 1998. – 271 с. – ISBN 5-247-038193.
2. Лютак І.З. Ультразвуковий контроль параметрів технічного стану магистральних трубопроводів / І.З. Лютак, І.С. Кісіль. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 285 с. – ISBN:978-9-666941-25-4.
3. Головкина Е. «Дефектоскопия-2006». Круглый стол – площадка для профессионального общения / Е. Головкина // Материалы конференции «Дефектоскопия-2006». – СПб, 2006.
4. Семеген М.М. Акустичний контроль складних ділянок газопроводу в осесиметричному напруженому стані / М.М. Семеген, З.П. Лютак // Наукові вісті галицької академії. – 2007. – № 1 (11). – С. 152–158.
5. Семеген М.М. Визначення напружено-деформованого стану трубопроводів на ремонтних ділянках / М.М. Семеген, З.П. Лютак // Методи та прилади контролю якості. – 2008. – № 21. – С. 43–47. – ISSN 1993-9981.
6. Димитриенко Ю.И. Тензорное исчисление / Димитриенко Ю.И. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с. – ISBN 5-06-004155-7.
7. Семеген М.М. Дослідження напружено-деформованого стану газопроводів акустичним методом / М.М. Семеген, З.П. Лютак // Вісник хмельницького національного університету – 2010. – № 3 (155). – С. 52–55.
8. Семеген М.М. Метод акустичного контролю напруженого стану ремонтних ділянок трубопроводу / М.М. Семеген // Неруйнівний контроль та технічна діагностика: нац. наук.-техн. конф. і виставка, Київ, 9–12 червня 2009 р.: тези доп. і повідомл. – К., 2009. – С. 323–326.

Надійшла 18.6.2012 р.

Рецензент: д.т.н. Кісіль І.С.

УДК 621.762.2

Т.Н. ГАЛЬЧУК

Луцький національний технічний університет

ВДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПЕРЕРОБКИ ШЛАМОВИХ ВІДХОДІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

Запропонована дослідно-промислова технологія переробки шламів шліфувального виробництва підшипників для отримання порошкового матеріалу з наступним використанням у машинобудівному виробництві.

The proposed research and industrial technology of recycling sludge from grinding of bearings for producing powder material with subsequent use in machine tool production.

Ключові слова: технологія, шлам, металевий порошок, подрібнення, машинобудування.

Вступ

Виробництво, що пов'язане з обробкою металів, супроводжується процесами утворення великої кількості відходів у вигляді окалини, стружки, шламів. У виробничій практиці, останнім часом, успішно застосовується різні технологічні прийоми для утилізації та переробки відходів машинобудівного виробництва. Однак, всі вони відносяться до витратних, супроводжуються великою енергоємністю, а якість отриманих матеріалів із відходів не відповідає вимогам існуючих стандартів. Особливо складним видом відходів є шліфувальний шлам, що складається з дрібної металевої стружки, абразиву, технічних масел, мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) тощо. У зв'язку з значною кількістю в металовмісних відходах

машинобудівних виробництв неметалічних включень і технічних масел вони не можуть використовуватися в якості вторинної сировини без попередньої переробки. Стосовно шліфувальних шламів, зокрема, що утворюються після обробки сталей ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ, технології їх переробки до даного часу недостатньо розвинуті для успішного впровадження на виробництві [1–3].

Постановка завдання

Мета роботи – технологічне вирішення проблеми утилізації шліфувальних шламових відходів через розділення металічної та абразивної фракцій шліфувального шламу та обґрунтування можливості використання металічної фракції у вигляді порошків легованих сталей для виготовлення широкої номенклатури спечених деталей машинобудівного призначення.

Результати дослідження

Дослідження проводились на шліфувальному шламі сталі ШХ15, що утворюється після механічної обробки кілець та роликів підшипників в умовах ПАТ „СКФ – Україна”. На підприємстві в технологічному процесі використовують два види шліфування: деталей зі сталі в стані поставки (становить 70% об’єму всієї обробки шліфуванням) та шліфування загартованих деталей (становить 30 % об’єму всієї обробки шліфуванням). Шліфування виконується із застосуванням МОР.

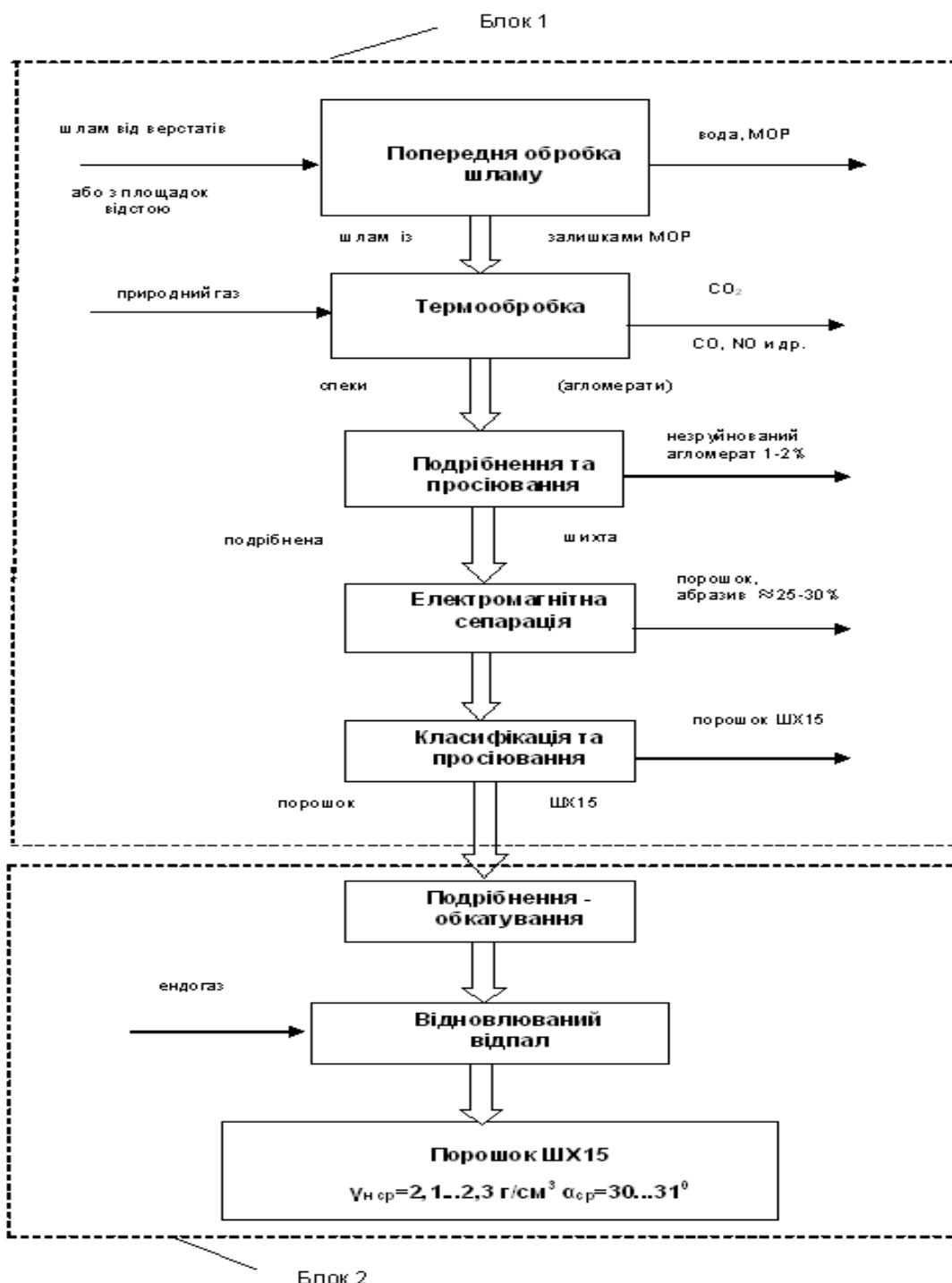


Рис. 1. Схема реалізація технології переробки шліфувального шламу

Шліфувальний шлам за зовнішнім виглядом – порошкоподібний продукт характерного для окислів заліза чорного кольору, що містить грудки з вмістом заліза – не менше 60%; вмістом двоокису кремнію – не більше 25%; вологістю – не більше 10%; насипною густиною – 0,32...0,40 г/см³.

Після обробки деталей на шліфувальних верстатах шлам подається в колодазі відстоювання, а звідти через трубопроводи в цех інженерних мереж і утилізації, де піддається фільтрації, збирається в ємності і, для подальшого зберігання, вивозиться на ділянку відстоювання. На площадці відстоювання шлам тривалий час зберігається в незадовільних умовах, що сприяє його забрудненню та окисленню, негативно впливає на властивості і робить недоцільною подальшу переробку шламу [4].

Так як процес шліфування залежно від етапу обробки, проводиться з різними режимами різання із застосуванням різних за хімічним складом МОР, то і вміст складових шламу є нестабільним. Для дослідження було взято шлам, що утворюється після обробки деталей зі сталі ШХ15 в стані поставки.

Технологічний процес утилізації шліфувального шламу представляє собою ланцюжок технологічних операцій за класичною схемою переробки [1, 2] представленою на рис. 1 (блок 1). Луцьким НТУ запропонована додаткова обробка у вигляді подрібнення-обкочування з послідуочим відновлювальним відпалом [5], що наведена на рис. 1 (блок 2).

Початковий шлам, що містить до 25% (мас.) МОР, завантажується у центрифугу ємністю 60 літрів. Барабан центрифуги обертається зі швидкістю 1500 об/хв., під дією центробіжних сил залишки МОР стікають у бак. Вся зібрана МОР відправляється на регенерацію, а потім повертається на виробництво. Після обезводнювання шлам має достатньо сипучу структуру і містить вологи не більше 3...5% (мас.).

Очистку шламу від продуктів МОР проводили у вигляді відпалу (термообробка) в захисних і відновлювальних середовищах. Тому для термічних операцій використано модернізовану піч конструкції Інституту газу НАН України [2]. Сушіння шламу проводиться при температурах від 400 до 600^oC протягом 5 годин. Схемні та конструктивні рішення такої печі дозволяють використовувати продукти розпаду залишків МОР як додатковий горючий матеріал, що призводить до зменшення витрат газу на термічну операцію до 30...35 %. Висока температура сушіння необхідна для розкладу мастил, що містяться у МОР, на ненасичені вуглеводи. На першій стадії переробки, крім вилучення із шламу МОР, проходить часткове відновлення металічного порошку. При цьому відбувається найбільш інтенсивна відгонка масел та колір порошок з чорного перетворювався у сірий.

Після термічної обробки шлам – сухий, оскільки спікання практично не відбувається. Подрібнення є нетривким (20...30 хвилин) і призначене, в основному, для подрібнення невеликих грудочок шламу. Для вилучення великих гранул, попадання яких в електромагнітний сепаратор не бажане, просіювання здійснювали у віброситі Ротаж моделі 029 № 124–85 із величиною комірок до 160 мкм.

Для відділення абразивної фракції від металічного порошку використовували магнітну сепарацію, за допомогою електромагнітного сепаратору ЭСШ–500 конструкції РОЛТОМ, в якому використовується принцип переміщення намагнічених частинок порошку в змінному магнітному полі та передбачено регулювання швидкості переміщення матеріалу, що сепарується по робочій поверхні. Отриманий металічний порошок містить 3...7% (мас.) абразивної фракції.

Подрібнення-обкочування проводили у лабораторному кульовому вібромліні спеціальної конструкції із внутрішнім діаметром 170 мм. Загальний вигляд кульового млина показано на рис. 2. Технологічні характеристики вібромліна наведено у таблиці 1.

В якості розмольних тіл використовувались сталеві кулі Ø23 мм та Ø32 мм. Масове співвідношення порошку і кульок 1: 0,75. Коефіцієнт заповнення барабана – 0,5 [6]. Подрібнення частинок порошку здійснюється двома механізмами. Перший пов'язаний з крихким руйнуванням. Йому сприяє наявність залишків абразивних матеріалів у вигляді включень на поверхні частинок, які виступають як концентратори напруг. Реалізація цього механізму забезпечується ударною дією куль. Другий механізм пов'язаний з пластичними деформаціями частинок порошку, і він обумовлюється стираючою дією сталевих куль. Під час обкатування–подрібнення забезпечується режим, який, з одного боку, виправляє форму частинок і, з другого – їх подрібнює [7]. Такий режим досягнуто частотою обертання млина $(0,75...0,8)n_{кр}$.

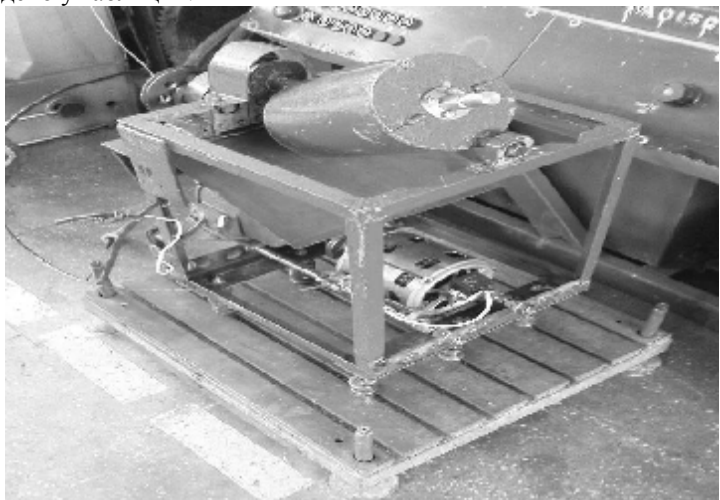


Рис. 2. Загальний вигляд експериментальної установки для вібраційного подрібнення металічних порошоків

Технологічні характеристики вібролини

№	Найменування	Параметр	Одиниця вимірювання
1	Потужність електродвигуна віброзбудника	300	Вт
2	Частота обертання вала електродвигуна віброзбудника	2840	об/хв
3	Напруга електроприводу для обертання барабана	380	В
4	Потужність електродвигуна для обертання барабана	400	Вт
5	Частота обертання вала електродвигуна	890	об/хв
6	Частота обертання барабану	90	об/хв
7	Частота вібрації	30	Гц
8	Амплітуда вібрації	1,5	мм

Під час огляду частинок порошку методом оптичної мікроскопії було встановлено, що після додаткової обробки вони не є сильно деформовані в різних напрямках, не мають гострих кутів. Переважна кількість частинок порошку містяться в діапазоні фракцій $-0,2...+0,05$ мм і має форму наближену до сфероподібної. Форма часток порошку сталі ШХ15 отриманого за схемою блоку 1 та блоку 2 (рис. 1) наведено на рис. 3.

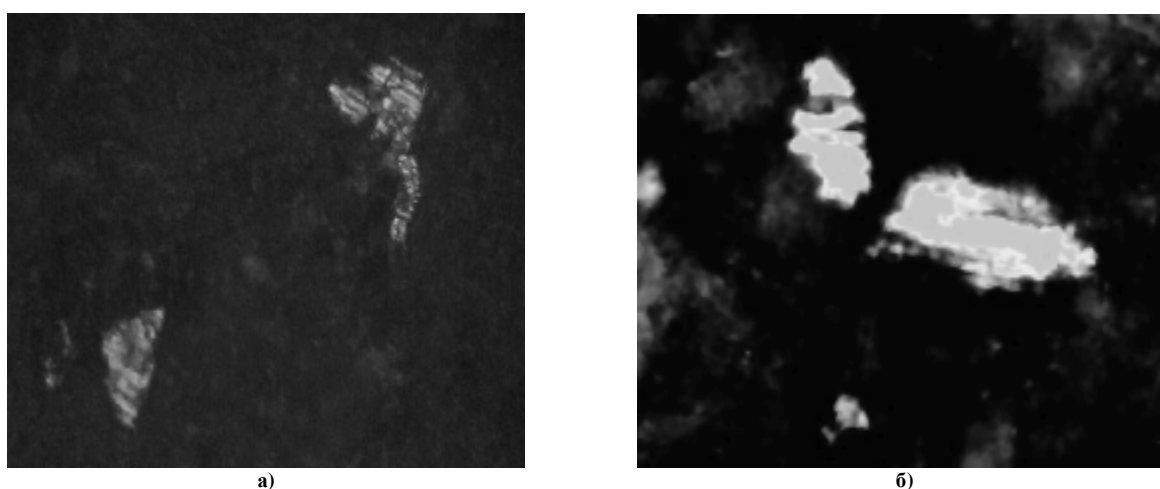


Рис. 3. Форма частинок порошку отриманих за технологією блоку 1 (а) та з врахування операцій блоку 2 (б) $\times 280$

В результаті теоретичних і експериментальних досліджень було встановлено, що час подрібнення–обкочування не повинен перевищувати 8 годин [8].

Під час обкатування–подрібнення одночасно відбувається зміцнення частинок порошку. Для зняття наклепу застосовується відновлювальний відпал порошку в прохідній промисловій пічці типу СТН–2,45...2,5 в середовищі ендгазу. Порошок засипається у коробки із нержавіючої сталі, товщина засипки 20 мм. Відпал порошку проводить в інтервалі $850...900$ °С протягом 1,5...2-х годин. Після проходження через прохідну пічку порошок набуває форми коржів, тобто лоточок, в які був засипаний, тому потребує, в цьому випадку, додаткового розмелювання.

Дослідження показали, що порошки отримані за розробленою технологічною схемою мають задовільні властивості. Так проведеним хімічним аналізом встановлено, що за запропонованою схемою вдалося одержати порошок, який за хімічним складом близький до складу сталі ШХ15 (містить 94,5... 97,3 % заліза). Тобто в металічному порошок, виділеному із шліфошляму, знаходиться мінімальна кількість домішок (оксидів, абразиву, компонентів МОР). Технологічні властивості у 1,5 рази вищі порівняно з аналогічними порошками, отриманими за традиційною технологією, що вказує на його високу якість. Зокрема насипна густина становить $2,1...2,3$ г/см³, що практично не поступається матеріалу ПЖ-3М ($\gamma_n=2,6...2,8$ г/см³). Порошок має добру формованість, що забезпечує достатню твердість і мікротвердість спечених виробів виготовлених із матеріалів на його основі.

Висновок. На основі проведених досліджень розроблена послідовність операцій технологічного процесу отримання матеріалу у вигляді металічного порошку сталі ШХ15 зі шліфувального шляму підшипникового виробництва. Встановлено оптимальні режими переробки шламів, що забезпечують ефективне очищення, подрібнення та відновлення металічного порошку. Ціна таких порошоків з металовідходів шліфувального виробництва на 25...30% нижча ціни стандартних порошоків заліза та сталі. Це обумовлено низькою вартістю вихідної сировини – шліфошламів, транспортних витрат, використання в якості відновлювального середовища ендгазу. Проведені дослідження показали, що отриманий порошок сталі ШХ15 є високої чистоти і на його основі можна створювати порошоків композиційні матеріали різного машинобудівного призначення. Отримані унікальні властивості порошку із сталі ШХ15, відносно формованості, вимагають в подальшому розробки технології виготовлення на його основі найбільш

Література

1. Зозуля В.Д. Применение шлифовальных металлоабразивных отходов в порошковой металлургии / В.Д. Зозуля // Порошковая металлургия. – 1988. – №3. – С. 92–95.
2. Бондаренко Б.И. Разработка технологии получения композиционного порошка из шламовых отходов подшипникового производства / [Б.И. Бондаренко, В.П. Якубовский, Д.Н. Федоров, Е.П. и др.] // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – № 4. – С. 32–35.
3. Вернигоров Ю.М. Магнитовибрационная переработка шлама шлифовального производства / Вернигоров Ю.М. // Материалы V международной конференции „Сотрудничество для решения проблемных отходов” (2–3 апреля, 2008 г., Харьков). – Х., 2008. – С. 100–102.
4. Исследование технологических режимов получения порошков из шлифовального шлама на всех этапах его утилизации / [Т.Н. Гальчук, Н.И. Усыченко, В.Д. Рудь та ін.] // Реологические модели и процессы деформирования пористых и композиционных материалов: семинар, 7–14 сентября 1992 р.: тезисы докладов семинара. – IX, 1992. – С. 25–29.
5. Рудь В.Д. Использование отходов подшипникового производства в порошковой металлургии / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук, О.Ю. Повстаной // Порошковая металлургия. – 2005. – № 1/2. – С. 106–112.
6. Порошковая металлургия сталей и сплавов / [Ж.И. Дзнецладзе, Р.П. Щеголева, Л.С. Голубева та ін.]. – М. : Металлургия, 1978. – 264 с.
7. Гальчук Т.Н. Кинетика измельчения в шаровой мельнице порошков, полученных из отходов шарикоподшипникового производства / Т.Н. Гальчук, В.Д. Рудь // Порошковая металлургия. – 2011. – № 5/6. – С. 20–26.
8. Рудь В.Д. Дослідження процесів подрібнення металевих порошків / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за напрямом „Інженерна механіка”). – Луцьк, 2009. – Вип. 25. – С. 306–310.

Надійшла 12.6.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Савчук П.П.

УДК 519.832.3+519.7+519.85

В.В. РОМАНЮК
Хмельницький національний університет

**ПРЕИМУЩЕСТВО ПРИНЦИПА ГАРАНТИРОВАНО МИНИМАЛЬНЫХ
АБСОЛЮТНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ И МАКСИМАЛЬНОЕ СУЖЕНИЕ
КОНТИНУУМА ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ В ЗАДАЧЕ УСТРАНЕНИЯ
ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЧЕТЫРЁХМОДЕЛЬНОЙ
{ 2σ , 3σ , 4σ } - НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ**

Формулируется и решается задача устранения однопараметрической четырёхмодельной неопределённости, в которой положительные отклонения второго, третьего и четвертого модельных значений от первого оказались в соотношении 2:3:4. На этом примере показано преимущество минимаксного принципа устранения модельной неопределённости и неприменимость среднего арифметического. Решено строгую задачу устранения неопределённости путём сужения континуального подмножества тетраэдра всех стратегий к одноэлементному множеству по максимальному приближению его к равновероятному распределению.

There is formulated and solved a problem of removing single-parameter four-model uncertainty, in which positive deviations of the second, third and fourth model values from the first appeared at a ratio of 2:3:4. With this example it has been testified the preference of the minimax principle of removing model uncertainty and inapplicability of the arithmetic mean. There has been solved the strict problem of removing uncertainty by contracting the continual subset of the tetrahedron of all strategies in a single-element set on approaching it maximally to the uniform distribution.

Ключевые слова: неопределённость, устранение неопределённостей, модельная неопределённость, четырёхмодельная неопределённость, среднее арифметическое, принцип гарантировано минимальных абсолютных отклонений, матричная игра, оптимальная стратегия, минимакс, континуум оптимальных стратегий.

Вступлення и предварительная постановка проблемы

Модельные неопределённости возникают, главным образом, в математическом описании на эмпирическом уровне различных физических, химических, технических, экономических, экологических явлений и процессов, в образовании которых задействовано большое количество факторов, по-разному