

[illegible]

**IX MIĘDZYNARODOWEJ  
NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI**

**07-15 lutego 2013 roku**

**Volume 30**  
**Techniczne nauki**  
**Budownictwo i architektura**

Przemysł  
Nauka i studia  
2013

**Wydawca:** Sp. z o.o. «Nauka i studia»

**Redaktor naczelna:** Prof. dr hab. Sławomir Górniak.

**Zespół redakcyjny:** dr hab. Jerzy Ciborowski (redaktor prowadzący), mgr inż. Piotr Jędrzejczyk, mgr inż. Zofia Przybylski, mgr inż. Dorota Michałowska, mgr inż. Elżbieta Zawadzki, Andrzej Smoluk, Mieczysław Luty, mgr inż. Andrzej Leśniak, Katarzyna Szuszkiewicz.

**Redakcja techniczna:** Irena Olszewska, Grażyna Klamut.

**Dział sprzedaży:** Zbigniew Targalski

**Adres wydawcy i redakcji:**

37-700 Przemyśl, ul. Łukasińskiego 7

tel (0-16) 678 33 19

e-mail: [praha@rusnauka.com](mailto:praha@rusnauka.com)

Druk i oprawa:

Sp. z o.o. «Nauka i studia»

Cena 54,90 zł (w tym VAT 22%)

**Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji**

**«Strategiczne pytania światowej nauki - 2013»** Volume 30.

Techniczne nauki. Budownictwo i architektura.: Przemyśl.

Nauka i studia - 104 str.

W zbiorze ztrzymają się materiały IX Międzynarodowej

naukowo-praktycznej konferencji

«Strategiczne pytania światowej nauki - 2013». 07-15 lutego 2013 roku

po sekcjach: Techniczne nauki. Budownictwo i architektura.

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Żadna część ani całość tej publikacji nie może być bez zgody

Wydawcy – Wydawnictwa Sp. z o.o. «Nauka i studia» – reprodukowana,

Użyta do innej publikacji.

## TECHNICZNE NAUKI

## OBRÓBKA MATERIAŁÓW W BUDOWIE MASZYN

Дьяконов А.А., Ермилов С.А.

ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), г. Челябинск, Россия

**ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ  
ШЛИФОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО  
УЧЕТА ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ**

Предлагаемая теория технологической обрабатываемости материалов и методология ее расчетной оценки позволили для 48 видов абразивной обработки сформировать систему из 14 дифференцированных шкал групп обрабатываемости материалов [1]. Эти данные являются основным практическим результатом в направлении разработки технологических рекомендаций. Поэтому необходимо их проанализировать и произвести оценку эффективности относительно методики, заложенной в справочных рекомендациях, где отсутствует учет обрабатываемости материала в зависимости от всего многообразия видов и наладок.

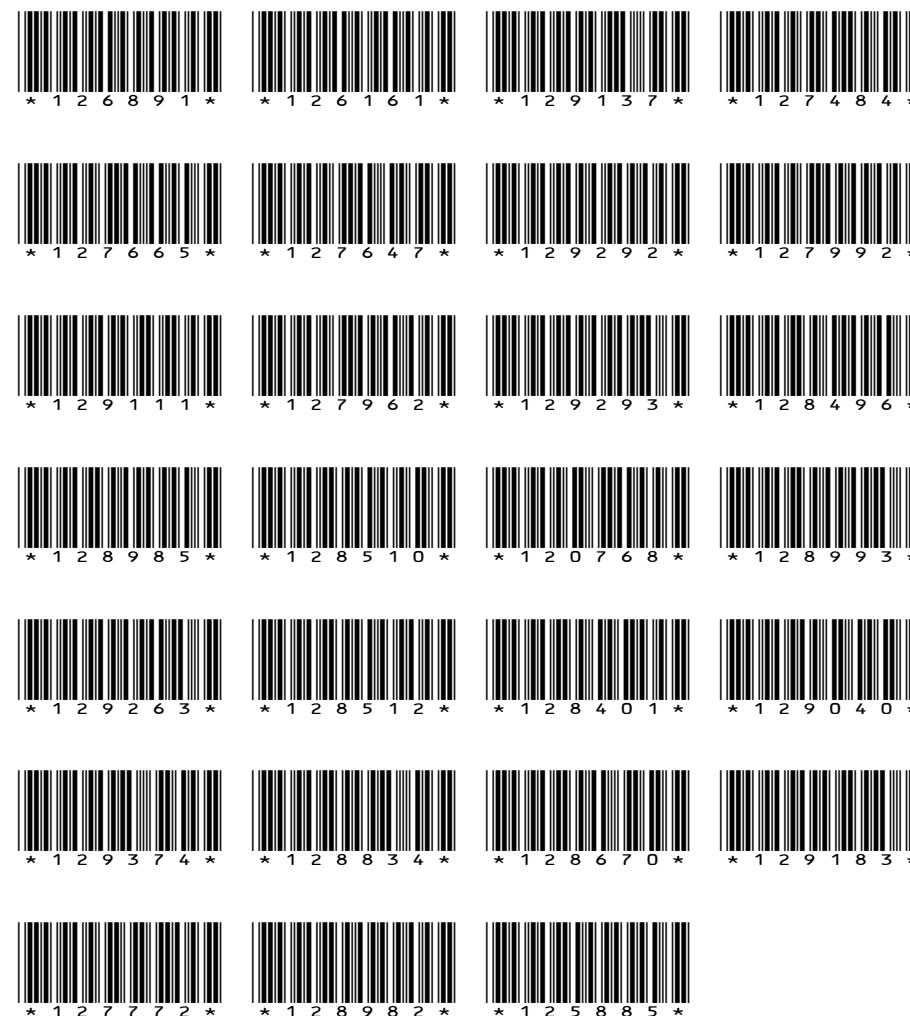
В табл. 1 приведен фрагмент анализ эффективности дифференцированного учета обрабатываемости материалов для каждой из 14 шкал на основе инверсий, т.е. перехода марки материала из одной группы в другую, относительно базового варианта – шкала обрабатываемости для круглого врезного шлифования. Например, сталь 40ХН во второй шкале обрабатываемости переместилась на одну группу вверх относительно ее положения в базовом варианте, т.е. перешла из четвертой группы обрабатываемости в третью. В соответствии с проведенной систематикой на основе равноточных рядов, это перемещение интерпретируется как одна дискрета, т.е. шаг по шкале равноточного ряда, поэтому к марке материала в скобках приписывается +, который характеризует увеличение коэффициента обрабатываемости, а цифра 1 – мощность инверсии, т.е. переход на один шаг, например 40ХН (+1). Соответственно, при перемещении коэффициента обрабатываемости на одну дискрету в сторону уменьшения его значения, обозначается как (-1), например 20Х13 (-1), 110Х18-ШД (-1) и т. д. В соответствии с данными инверсиями формируется столбец 6 – сумма инверсий.

Таблица 1

Анализ эффективности дифференцированного учета обрабатываемости материалов

Шкала	Группа	Материал (инверсия, мощность инверсии)	Количество инверсий						Мощность	
			Абсолютное			Относительное, %				
			-	+	Σ	-	+	Σ	$m_i$ -	$m_i$ +
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	3	40XH(+1), 45Г(-1)	1	1	2	50	50	10	1	1
	4	30ХМА (-1), А40(-2), 20Г(-1), 40ХГ (+1), 40Х (+1)	3	1	4	33,3	11,1	55,5	4	2
	5	ШХ15 (-1), 17ХГСА (-1)	2	0	2	28,6	0	28,6	2	0
	6	60СГ2 (-1), 14Х17Н2 (-1), 40Х3МФ (-1), ОТ-3 (-1), 08Х18Г (-1), ВТ15 (-1), 20Х13 (-1), 110Х18-ШД (-1)	9	0	9	90	0	90	9	0
	7	12Х18Н10Т-ВД (-1), 30ХГСА (-1)	2	0	2	10	0	10	2	0
	8	Р6М5 (-1), ХН75МБТЮ-ВД (-1)	2	0	2	10	0	10	2	0
	9	Р6М5К-Ш (-1)	1	0	1	50	50	10	1	0
	10	Р10К10М4Ф3 (-1), Р6М5Ф3-Ш (-1)	2	0	2	50	50	10	2	0
	11	С412 (-1)	1	0	1	10	0	10	1	0
	12	11М5Ф (-1), 11М5Ф-Ш (-1)	2	0	2	10	0	10	2	0
	13	11М7Х2Ф-Ш (-1)	1	0	1	10	0	10	1	0
	2	2	45Г(+1)	0	1	1	0	33,3	33,3	0
3		17ХГСА (+1), 38ХМ (+1)	0	2	2	0	50	50	0	2
4		08Х18Г (+1), 20ХГНР (+1), 40ХГ (+1), 60СГ2 (+1), 14Х17Н2 (+1)	0	5	5	0	45,5	45,5	0	5
5		30ХГСА (+1), 12Х18Н10Т-ВД (+1)	0	2	2	0	16,7	16,7	0	2
6		Р6М5 (+1)	0	1	1	0	50	50	0	1
8		Р10К10М4Ф3 (+1)	0	1	1	0	10	10	0	1
10		11М7Х2Ф-Ш (+1)	0	1	1	0	10	10	0	1
...		...	...	...	...	...	...	...	...	...

Количество инверсий (см. табл. 1, столбец 7–9), приведенное в процентном отношении, определяет процент материалов переместившихся в конкретной группе, относительно общего количества материалов данной группы. С позиций технологии количество инверсий означает, что если работать по рекомендациям, приведенным в справочнике [1], то в стольких случаях будет принято ошибочное



Мухтаров Т.Т. Вопросы исследования технологии изготовления аэродромных плит .....	87
Данилов А.М., Круглова А.Н. Модифицированные эпоксидные композиты: оценка свойств методом акустической эмиссии .....	89

### CIEPŁOZAOPATRZENIE I WENTYLACJA

Осипова Н.Н., Павлутин М.В. Экономическая эффективность использования газового топлива в качестве источника энергоснабжения .....	94
---	----

технологическое решение. Относительное количество инверсий определяет долю этих ошибочных решений для материалов в рассматриваемой группе.

Например, рассматривая третью группу обрабатываемости в шестой шкале, имеем, что если работать по справочнику [1], то в семи случаях будет принято ошибочное технологическое решение (5 столбец), что составляет 77,8 % от возможных решений в данной группе (8 столбец).

Разработанные дифференцированные шкалы направлены именно на решение этой задачи, т.е. на этапе проектирования операции исключить возможность принятия ошибочных технологических решений.

Анализируя полученные данные видно, что в зависимости от рассматриваемой шкалы обрабатываемости, существенное количество материалов меняют свою принадлежность от одной группы к другой. При этом следует учитывать, что большой процент инверсий в определенных группах каждой шкалы вызван малым объемом рассматриваемой выборки материалов.

Для оценки значимости ошибочных решений проведена суммарная систематизация данных по всем шкалам обрабатываемости (табл. 2).

Таблица 2

### Формализация данных по инверсиям

Шкала	Инверсии +				Инверсии –			
	$\Sigma m_i$	$n$	$\Delta m_{i\text{ ср}}$	$\Delta m_{i\text{ max}}$	$\Sigma m_i$	$n$	$\Delta m_{i\text{ ср}}$	$\Delta m_{i\text{ max}}$
2	45	2	15,00	30	375	23	16,30	30
3	240	16	15,00	15	–	–	–	–
4	465	24	19,38	30	15	1	15,00	15
5	525	25	21,00	30	30	2	15,00	15
6	255	13	19,61	30	345	15	24,64	30
7	705	31	22,74	30	15	1	15,00	15
8	340	22	15,45	30	15	1	15,00	15
9	425	22	19,32	30	60	3	20,00	30
10	75	5	15,00	15	75	4	18,75	30
11	435	22	19,87	45	45	3	15,00	15
12	360	19	18,95	30	105	6	17,80	30
13	425	19	22,37	30	45	3	15,00	15
14	45	3	15,00	15	15	1	15,00	15

Для количественной оценки эффективности перехода материала из одной группы в другую, т.е. неправильно принятого решения, рекомендованного справочником, используем следующий показатель – относительное приращение мощности инверсии –  $\Delta m_{i\text{ ср}}$ .

В результате видно (см. табл. 2), что данные, не учитывающие дифференциацию групп обрабатываемости, практически в 20 % случаях дают ошибочные решения, т.е. среднее значение относительного приращения мощности инверсии выше заданной дискреты, что является очень существенным.

При этом относительное приращение мощности инверсии в группах происходит по-разному. Например, в пятой шкале большее приращение происходит в сторону увеличения – 19,38 % при номинальном значении в сторону уменьшения – 15 %. Противоположная ситуация в шестой группе, где в сторону увеличения – 19,61, а уменьшения – 24,64. Практически симметричное относительное приращение мощности инверсии наблюдается в восьмой шкале.

Таким образом, средняя погрешность достигает практически 25 %, а максимальная во многих случаях до 30 % и даже до 45 % (11 группа), что характеризует проценты неправильно принятых решений.

В результате применение дифференцированных шкал групп обрабатываемости дает очень значимый эффект, а распространение единой градации материалов по группам обрабатываемости для всех видов, полученной для одного базового, приводит к существенному количеству неправильно принятых решений.

В табл. 3 получена средняя погрешность справочных технологических рекомендаций по всем видам абразивной обработки  $\Delta P_{cp}$ , т.е. степень уточнения рекомендаций в виде дифференцированных шкал обрабатываемости материалов. Видно, что колебание относительного приращения мощности инверсии находится в пределах  $\pm 20$  %, что весьма значимо.

Таблица 3

#### Сводная оценка погрешности справочных рекомендаций

Инверсии +				Инверсии –			
$\Sigma m_i$	$n$	$\Delta P_{cp}$	$\Delta P_{max}$	$\Sigma m_i$	$n$	$\Delta P_{cp}$	$\Delta P_{max}$
4340	223	<b>19,46</b>	45	1140	63	<b>18,1</b>	30

Характеристики инверсии (+) – материал обрабатывается лучше, чем базовый вариант, т.е. можно работать производительнее – недоиспользование технологического потенциала имеющегося производства и т. д., что также приводит к необоснованным экономическим потерям.

Характеристики инверсии (-) – физически характеризуют, что рассматриваемый материал обрабатывается хуже, чем при базовых условиях, т.е. круглом центровом шлифовании с радиальной подачей. В результате, не учет этого – срыв всей плановой (проектной) технологии или введения дополнительных единиц оборудования, авралы на производстве и так далее – экономические и организационные потери.

Таким образом, при проектировании операций шлифования, в частности назначении режимов резания, необходимо учитывать фактическую обрабатываемость материала в данных технологических условиях, что в итоге даст существенный организационный и экономический эффект за счет ликвидации возможности принятия неправильных технологических решений.

## ROBOTOTIECHNIKA

Лапковский С.В. Маніпулятори промислових роботів з гнучкими кінематичними компонентами.....	48
---	----

## AUTOMATYZOWANE UKŁADY KIEROWNICZE NA PRODUKCJI

Головицына М.В. Формирование исходных данных при построении математических моделей технологических процессов .....	51
Brylina O., Tsytovich L. Electric drive of centrifugal mechanisms with parallel channels of regulation on the basis of multizon sweep converter.....	55
Иванов В.К. К задаче аналитического проектирования производственной системы .....	58
Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Хаустов И.А., Никитченко А.А. Моделирование процесса термоокислительной деструкции полимера методом Монте-Карло .....	62
Гутак О.В., Швець Л.І., Семенов Г.Н. Взаємозв'язки показників процесу буріння свердловин електробуром з осьюою силою на долото .....	65
Цивильский Ф.Н. Построение автоматизированных систем управления техническим процессом с адаптацией под индивидуальные характеристики пользователя .....	71
Артемова С.В., Подхватилин П.А. Интеллектуальная система управления тепло-технологическими аппаратами .....	73

## BUDOWNICTWO I ARCHITEKTURA

### NOWOCZESNE TECHNOLOGIE BUDOWNICTWA, REKONSTRUKCJI I RESTAURACJI

Туманов А.В. Методология построения расчетной каркасно-стержневой модели армированных кирпичных стеновых конструкций.....	75
Ермолаева Д.В. Современные архитектурные проблемы .....	77
Киялбаев А.К., Байдаров Ж.М. Теоретические предпосылки загрязненности воздуха в придорожной зоне автомобильных дорог .....	79

### NOWOCZESNE BUDOWLANE MATERIAŁY

Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Жарылгапов С.М., Адилова Н.Б., Монтаева Н.С. Исследование физико-механических свойств легкого заполнителя – керамзита на основе лессовидного суглинка .....	84
---	----

## SPIS

### TECHNICZNE NAUKI

#### OBRÓBKA MATERIAŁÓW W BUDOWIE MASZYN

<b>Дьяконов А.А., Ермилов С.А.</b> Основы разработки технологических рекомендаций по режимам резания для операций шлифования на основе дифференцированного учета обрабатываемости материалов .....	3
<b>Khafizov I.I.</b> Influence of the design of the equipment and automation equipment of electric methods on processing improvement of quality .....	7
<b>Лавриненко В.Ю., Теофанова А.Е.</b> Методика проектирования процессовковки на молотах .....	9
<b>Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф.</b> Определение фрактальности электрохимически обработанной поверхности на основе метода Херста .....	14
<b>Бавыкин О.Б., Холопов В.Н.</b> Модернизация устройства для пространственного перемещения кристалла .....	16
<b>Senkus V.V., Shchepetov A.V., Fomichev S.G.</b> The economic-mathematical model for a choice of parameters of open technology of coal mining (open-pit mining) .....	18
<b>Савелов Д.В., Драгобецкий В.В., Носач А.С.</b> Исследование способности металлического порошка распределять нагрузку при его взаимодействии с пуансоном вибрационного пресса .....	26

#### LOTNICTWO I ASTRONAUTYKA

<b>Василенко В.С., Дубчак О.В.</b> Циклічність операцій контролю по довільному модулю .....	33
<b>Пролетарский А.В., Неусыпин К.А., Кэ Фан</b> Интеллектуализированные системы управления летательными аппаратами .....	37
<b>Пролетарский А.В., Федорова В.А., Алексеева Е.Ю.</b> Информационные системы летательных аппаратов с интеллектуальными компонентами .....	38

#### GÓRNICTWO

<b>Потапов А.В.</b> Спираль качества в методологии факторного анализа .....	40
<b>Слезов К.С.</b> Особливості робочого середовища підземних пустот, що утворились при експлуатації залізрудних родовищ .....	44

## Литература:

1. Дьяконов, А.А. Практическая реализация теории технологической обрабатываемости материалов в процессах абразивной обработки / А.А. Дьяконов, А.А. Кошин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 6-3(290). – С. 18–25.

## PhD in Technical sciences **Khafizov Ildar Ilurovich**

*Kazan federal university*

### INFLUENCE OF THE DESIGN OF THE EQUIPMENT AND AUTOMATION EQUIPMENT OF ELECTRIC METHODS ON PROCESSING IMPROVEMENT OF QUALITY

Let's consider three basic elements of the electrochemical machine, which are most subject to corrosion:

- the working surfaces which have been close located to the cathode and the processed detail (the working camera and basic surfaces of the detail and the adaptation);
- constructive elements of the machine remote from the working camera, for example bed, the service equipment into which the pump for supply of electrolyte and pipelines (the working camera and basic surfaces of a detail and the adaptation) enters.

When electrolyte proceeds on a detail surface as, for example, at a of shovels, its stream needs to be limited to the sizes of a working gap. In this case directing for a stream and actually all working camera can be made of blocks of acrylic plastic or plexiglass. This material doesn't react with acid and alkali solutions, and the working camera can be rather rigid to sustain electrolyte pressure. The same material can be used when electrolyte is brought perpendicular to a surface of a detail and taken away through a hollow electrode, as at an insertion of openings with a stream. When processing without a stream electrolyte moves through a hollow electrode and at an exit from a gap is under atmospheric pressure. In this case the protection is only protection from spraying and its design can be not rigid; for example, the leaf from polyethylene will be quite satisfactory. In certain cases it is desirable to produce the working camera from metal. For these purposes it became possible to use low-carbonaceous provided that internal walls will be reliably protected. Coverings from pitch have to be reliable, and in this case it is possible to recommend not being dissolved epoxies. To minimize corrosion of the working camera, when the machine doesn't work, it is desirable to wash out at the end of processing it water. Electrodes sometimes project so that condensing rings under pressure of electrolyte nestled on a

surface of a detail and the tool, providing full sealing of a working zone, without application of additional protections.

The material used for production of clips of a detail during processing, is exposed to anode etching and therefore the titan owing to his anode passivity is better to use. Samples in which deep openings were stitched, were clamped in the titanic block: via this adaptation current was brought to samples and in the course of processing the surface of the titan wasn't exposed to etching. The titanic cartridges applied at electrochemical sharpening can be other example.

Such elements as heads of bolts, can be protected by organic coverings, for example, polyethylene or epoxies.

In the presence of electrolyte on the diverse metals being in contact, especially when the machine doesn't work, strong bimetallic corrosion can be observed. Therefore it is important that contacting metals not so differed on the electrochemical potentials. For example, the metals being in contact, have to be picked up so that tension of a being formed galvanic cell didn't exceed 0,25 V.

The working camera in which there is a tool and a detail, contains the considerable volume of the electrolyte, capable to come into contact to machine elements, thanks to its inevitable spraying and sedimentation on unprotected surfaces. Corrosion can be considerable because of a free access of air to a metal surface, and also ability of the settled liquid to evaporation that, in turn, increases concentration of the corrosion environment.

The elements of the machine being in close proximity to the working camera, can be made of a corrosion-resistant material, for example, stainless steel, but probably it is better to do them of cast iron or low-carbonaceous steel and to protect paint or a plastic covering. Sheeting's are put on big surfaces with a brush or dispersion. It is possible to give chlorine rubber which on the prepared surface of metal bring in the following order as an example: primer, bottom and top (last) coverings. Thickness of all covering is approximately equal 0,25 mm. Epoxy and polyurethane coverings also are satisfactory. It is necessary to wash often walls as the few coverings provide full protection for a long time. Directing machines, for example electrochemical turning, cover with greasing which protects open surfaces, and its protective properties can be raised by addition of inhibitors.

Applied methods of division of metals allow, generally to carry out procuring operations where high precision and quality of a blanket which are provided at the subsequent stages of processing demanding considerable allowances on process, having high labor input and specific power consumption isn't required.

2. Electrochemical processing provides process accuracy, but demands the subsequent operations for achievement of the set purity.

3. Known designs of the disk tool for division give the big width of a groove or don't provide the demanded accuracy of process, quality of a blanket.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений за счет ежегодной экономии на эксплуатационных расходах определяется по уравнению:

$$Z = \frac{\Delta K}{\Delta I_{\text{год}}}.$$

Результаты расчетов приведены в табл.3

Таблица 3

Характеристика объекта газоснабжения	$\Delta I_{\text{год}}$ , руб/год	Z, лет
Усадебные здания: газовые плиты и печи (котлы) непрерывного действия	<u>20626</u> 12772	<u>2,69</u> 4,69
Усадебные здания: газовые плиты, газовые печи периодического действия	<u>28012</u> 16755	<u>1,88</u> 3,33
Усадебные здания: газовые плиты, водонагреватели и газовые отопительные котлы	<u>35642</u> 21655	<u>1,43</u> 2,38

Примечание к таблице 3: в числителе холодная климатическая зона; в знаменателе – умеренно-теплая климатическая зона.

Как видно из проведенных исследований высокая стоимость энергетических ресурсов обуславливает необходимость экономии тепловой энергии, получаемой при сжигании сжиженного углеводородного газа. Наличие продолжительного отопительного сезона в Российской Федерации обеспечивает минимальные сроки окупаемости дополнительных капитальных вложений в утепление конструкций, что позволяет не только сократить эксплуатационные издержки в год, но и получить экономическую выгоду от реализации данного проекта. Так например, в здании с газовыми плитами и котлами непрерывного действия экономический эффект (при сроке службы утеплителя 10 лет) составит 150,8 тыс руб.

Таким образом, выполнение требований [1, 2] в части теплозащиты существующих зданий приводит к значительной экономии денежных средств и энергетических ресурсов.

Литература:

- 1.СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 47 с.
- 2.СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 198 с.
- 3.СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. – М.: ЦИТП, 1998. – 32 с.
- 4.Курицын, Б.Н. Оптимизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: учебное пособие / Б.Н. Курицын. – Саратов: Изд-во СПИ, 1992. – 159 с.
- 5.СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 70с.



Усадебные здания, газовые плиты, во- донагреватели и газовые отопи- тельные котлы	4050 2102,5	54,17 28,12	2625 1237	35,11 16,54
---	----------------	----------------	--------------	----------------

Примечание к таблице 2: в числителе холодная климатическая зона; в знаменателе – умеренно-теплая климатическая зона.

Как видно из табл.2 годовое энергопотребление зданий, не имеющих теплозащиты, значительно превышает потребление энергии с повышенным уровнем теплозащиты при аналогичном использовании газа газовыми приборами в среднем на 64%.

При утеплении уже существующих зданий необходимо учитывать дополнительные капитальные вложения:

$$\Delta K = (C_{ym} \cdot \delta_{ym} \cdot F) + (C_{огр} \cdot \delta_{огр} \cdot F) + (C_{пр} \cdot V),$$

где  $C_{ym}$  – стоимость утеплителя минеральная вата, руб/м<sup>3</sup>;  $F$  – общая площадь утепляемого фасада, м<sup>2</sup>;  $\delta_{ym}$  – толщина утеплителя, м [2, 3];  $C_{огр}$  – стоимость ограждающего слоя, для защиты утеплителя, руб/м<sup>3</sup>;  $\delta_{огр}$  – толщина ограждающей конструкции, м;  $C_{пр}$  – прочие затраты по устройству обрешетки, для крепления утеплителя, кладки ограждающего слоя и т.п., руб/м<sup>3</sup>.

Эксплуатационные затраты прием равными годовой стоимости тепловой энергии теряемой через ограждения:

$$И = C_{суг} \cdot \frac{1}{R_0} (t_g - t_{cp.o.n.}) \cdot \tau_{on},$$

где  $C_{суг}$  – удельная стоимость сжиженного углеводородного газа, руб/(МВт·ч);  $R_0$  – полное термическое сопротивление ограждения, м<sup>2</sup>К/Вт;  $t_g$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °С.

Повышение теплозащиты существующих зданий обеспечивает уменьшение затрат тепловой энергии при любом уровне сервиса и режимах использования газового оборудования. В этом случае годовая стоимость сэкономленной теплоты:

$$\Delta И_{год} = C_{суг} \cdot \Delta Q_{год},$$

где  $\Delta Q_{год}$  – количество сэкономленной энергии за счет утепления конструкций зданий, МВт/год.

4. The available equipment for division of materials isn't equipped with demanded automation equipment of process, including elements of adaptive management with correction of modes on the set regularities.

5. It is necessary to develop technological process, the equipment and means of technological equipment to division of materials applying development.

The list of the used sources

1. Khafizov I.I. An intensification of the combined process of electrodiamond processing of metals and alloys and improvement of quality of a workability of a surface of metals//Technological support of quality of cars and devices: collection of articles III of the International scientific and practical conference. Penza: 2006-Pages 64-66.

2. Khafizov I.I. Avtoref. yew. PhD.Tech.Sci. Publishing house of Public Educational Institution of Higher Professional Training VGTU, 2007, 18 c.

3. Smolentsev V.P. Sukhorukov N. V. Physical bases and technological application of electrocontact process. Voronezh 1998, 148c.

**Лавриненко В.Ю.**

*к.т.н., доц., Московский государственный индустриальный университет (ФГБОУ ВПО «МГИУ»)*

**Феофанова А.Е.**

*д.т.н., проф., Московский государственный машиностроительный университет «МАМИ» (ФГБОУ ВПО МГМУ «МАМИ»)*

## МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОВКИ НА МОЛОТАХ

*В работе приведена новая методика проектирования технологических процессовковки на молотах при использовании бабы молота с наполнителем, применение которой обеспечивает увеличение КПД удара, увеличение производительности, ресурсо- и энергосбережение.*

*Ключевые слова: осадка, ударное деформирование, баба с наполнителем, ковочный молот*

В настоящее время актуальной задачей является разработка рациональных технологических процессовковки на молотах, позволяющих повысить качество изготавливаемых изделий, увеличить производительность и обеспечить ресурсо- и энергосбережение.

Проектирование технологических процессовковки на молотах в общем случае состоит из следующих основных этапов: разработка чертежа поковки;

определение оптимальных размеров заготовок, при которых обеспечивается заданное качество поковок и рациональное использование кузнечно-штамповочного оборудования; выбор технологической схемы и операцийковки; назначение температурного интервалаковки, режимов нагрева заготовки и охлаждения поковки; определение сил деформирования и работы деформации для расчета прочности и стойкости инструмента; определение числа переходов и режимовковки; рациональный выбор ковочного молота, обеспечивающего высокую производительность, металло- и энергосбережение; выбор необходимого инструмента и приспособлений; назначение правил приемки, маркировки; методов испытания поковок, размеров проб и схемы вырезки образцов; основных способов удаления дефектов; определение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса.

Ранее проведенные экспериментальные и теоретические исследования [1, 2] процесса осадки заготовок бабой молота с наполнителем показали возможность увеличения продолжительности удара (до 2,5 раза), приводящую к увеличению степени деформации заготовок (до 1,3 раза), снижению силы деформирования  $F$  (до 1,35 раза), увеличению работы пластической деформации  $A_{одеф}$  и КПД удара (до 1,15 раза) по сравнению со стандартной бабой молота той же массы. Увеличение КПД удара позволит повысить КПД работы ковочного молота, снизить расход энергии и затраты на производство, а также повысить производительность работы кузнечного оборудования.

Результаты данных исследований были использованы для получения формул для расчета работы деформации и массы падающих частей молота с бабой с наполнителем.

Исходным документом для разработки чертежа поковки является чертеж готовой детали. В настоящее время основные типы технологических поковок, величины кузнечных напусков, припусков и допусков регламентируют ГОСТ 7062-90, ГОСТ 7829-90 и ГОСТ 8479-90 [3].

Размеры и масса заготовки должны обеспечивать необходимый уков по сечениям поковки для достижения требуемых механических свойств металла и достаточный объем металла для изготовления поковки с учетом различных отходов.

Масса заготовки, предназначенной для изготовления требуемой поковки, зависит от вида исходной заготовки (слиток или прокат), состава кузнечного оборудования и технологической схемыковки:

Таблица 1

Тепловые потери зданий усадебного типа

Этажность здания	Зона климатической застройки			
	Умеренно-теплая		Холодная	
	Уровень теплозащиты зданий			
	Существующий	Повышенный	Существующий	Повышенный
1	9106	5394	10729	6890
2	15460	9152	18395	11966

Как показывают расчеты, теплотери зданий по сравниваемым вариантам с повышенным уровнем теплозащиты зданий ниже в среднем на 39%, усадебных 2-этажных – 37%, чем у зданий с существующим уровнем теплозащиты.

В усадебных зданиях, имеющих индивидуальные отопительные установки с постоянным или периодическим действием восполнение теплотерь происходит за счет сжигания газового топлива в газоиспользующих установках.

Суммарное энергопотребление здания  $Q_{год}$  определялось с учетом расхода газа на отопление и хозяйственно-бытовые нужды.

Годовые расходы газа на горячее водоснабжение и пищеприготовление принимались в зависимости от использования газовой плиты (пищеприготовление, приготовление кормов для домашних животных, приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд) и водонагревателя (имеется или не имеется в наличии). Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Энергопотребление объектами газоснабжения

Характеристика объекта газоснабжения	Годовой расход газа $q$ , кг/год	Годовое энергопотребление $Q_{год}$ , МВт/год	Годовой расход газа $q$ , кг/год	Годовое энергопотребление, $Q_{год}$ , МВт/год
	Существующий уровень теплозащиты		Повышенный уровень теплозащиты	
Усадебные здания; газовые плиты и печи (котлы) непрерывного действия	2349,6 1237,1	31,42 16,54	1525 726	20,39 9,71
Усадебные здания; газовые плиты, газовые печи периодического действия	3133 1644,3	41,90 21,99	2013 974	26,92 13,03

## СІЕПЉОЗАОРАТРЗЕНІЕ І ВЕНТЫЛАЦІА

К.Т.Н. Осипова Н.Н., к.т.н. Павлутин М.В.

Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., Россия

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам энергосбережения в части создания эффективной тепловой защиты зданий. Существующая нормативная литература [1, 2] рекомендует для строительства применять ограждающие конструкции, термическое сопротивление которых, по сравнению с [3] в 2,5-3,5 раза выше значений принимаемых из санитарно-гигиенических условий среды в помещении. Но действительность такова, что большинство зданий до 2000 года возводилось со значением термического сопротивления, определяемого из санитарно-гигиенических условий воздушной среды в помещении и до настоящего момента проекты по реконструкции существующих зданий не реализованы.

Однако, постоянно растущая стоимость энергоресурсов позволяет сделать вывод, что в обозримом будущем за тепловую энергию, произведенную из любого вида топлива (жидкого, твердого, газообразного) потребитель будет платить больше. В связи с этим исследования экономической целесообразности выполнения требований [1, 2] в части утепления конструкций не только вновь возводимых но, и уже существующих зданий представляется очень актуальными.

В качестве объектов разработки приняты:

- усадебные одноэтажные с жилой площадью  $F=81\text{м}^2$ ; усадебные двухэтажные с жилой площадью  $F=162\text{м}^2$ [4];
- ограждающие конструкции здания с существующим уровнем и повышенным уровнем теплозащиты;
- в качестве газоиспользующих установок: газовые плиты, газовые проточные водонагреватели, газовые отопительные котлы и газовые отопительные печи. Эксплуатация газовых отопительных печей предусмотрена в двух вариантах: в условиях периодического натопка; в условиях непрерывного горения.

Влияние климатических условий учитывалось варьированием расчетов по двум климатическим зонам эксплуатации зданий: умеренно-теплая зона (Краснодар) и холодная зона (Екатеринбург). Климатические данные для расчетов принимались по [5]. Результаты расчетов представлены в табл.1.

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} + m_{\text{уг}} + m_{\text{отх}} + m_{\text{он}} + m_{\text{пр}},$$

где  $m_{\text{пок}}$  – масса поковки;

$m_{\text{уг}}$  – масса материала, теряемого на угар;

$m_{\text{отх}}$  – масса отходов (концевые отходы, технологические отходы и т.п.);

$m_{\text{он}}$  – масса данной части слитка;

$m_{\text{пр}}$  – масса прибыльной части слитка.

После расчета массы поковки определяют размеры исходной заготовки  $D_{\text{заг}}$  и  $H_{\text{заг}}$  из условия постоянства массы (объема) заготовки и поковки. Далее по найденным размерам выбирают слиток или заготовку из проката по соответствующим ГОСТам, нормальными или отраслевым стандартам.

Работу деформации  $A_{\text{деф}}$  и массу падающих частей ковочного молота  $G_{\text{ном}}$  с бабой с наполнителем необходимо проводить по последнему удару молота при осадке заготовки по следующим формулам:

$$A_{\text{деф}} = 1,09 \cdot \Delta H_n \cdot S \cdot \sigma_s,$$

$$G_{\text{ном}} = 26,7 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - 0,0005 \cdot D_{\text{пок}}) \cdot \sigma_B \cdot S \cdot \left[ 1 + 0,17 \frac{D_{\text{пок}}}{H_{\text{пок}}} \right] \cdot \Delta H_n,$$

где  $\Delta H_n = H_{\text{заг}} - H_{\text{пок}}$  – величина деформации заготовки, мм;

$S$  – площадь поперечного сечения поковки,  $\text{мм}^2$ ;

$\sigma_s$  – напряжение текучести, МПа.

После определения массы падающих частей ковочного молота проводят выбор подходящего по энергии и массе падающих частей ковочного молота.

$$\text{Число ударов молота: } n = \frac{A}{\eta_y \cdot A_{\text{деф}}},$$

где  $A$  – энергия выбранного ковочного молота;

$\eta_y = 0,82 \dots 0,92$  – КПД удара при использовании бабы ковочного молота с наполнителем.

Далее определяют конструктивные параметры бабы ковочного молота с наполнителем. Схема бабы молота представлена на рис.1.

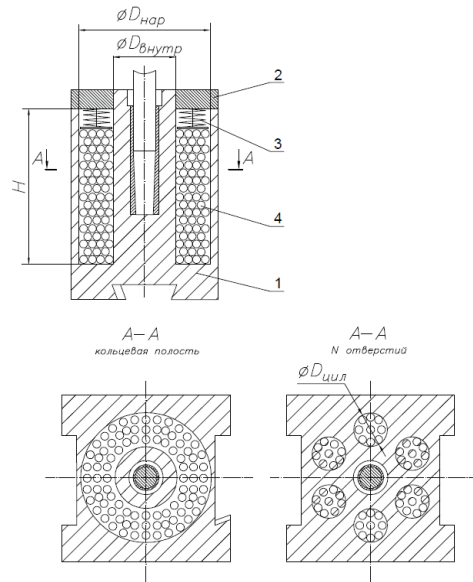


Рис.1. Схема бабы ковочного молота с наполнителем:

1 – корпус бабы; 2 – крышка бабы; 3 – пружины; 4 – наполнитель (шарики)

Предлагаемая баба молота состоит из корпуса 1, крышки 2, пружины 3 для фиксации наполнителя 4 в виде стальных шариков, размещенных во внутренней кольцевой полости с наружным и внутренним диаметрами  $D_{нар}$  и  $D_{внутр}$  и глубиной  $H$ . Внутренняя полость также может быть выполнена в виде нескольких отверстий количеством  $N$  штук, диаметром  $D_{цил}$  и глубиной  $H$ .

Согласно полученных экспериментальных данных, отношение массы одного шарика  $m_{ш}$ , засыпаемых в бабу к массе падающих частей молота  $G_{ном}$  должно составлять  $K_{LM} \leq 280 \cdot 10^{-6}$ , а отношение массы всех шариков  $m_{шар}$  к массе падающих частей молота  $G_{ном}$  должно составлять  $K_M \leq 0,17$ .

Размеры и масса шариков, засыпаемых во внутреннюю полость бабы молота:

– масса и диаметр одного шарика, мм:

$$m_{ш} \leq K_{LM} \cdot G_{ном}$$

$$D_{шар} \leq 0,062 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{K_{LM} \cdot G_{ном}},$$

– масса всех шариков, кг:  $m_{шар} \leq K_M \cdot G_{ном}$ ,

– суммарный объем всех шариков, мм<sup>3</sup>:  $V_{шар} \leq \frac{K_M \cdot G_{ном} \cdot 10^6}{7,85}$ .

Наибольшими по модулю являются коэффициенты корреляции, вычисленные для критерия  $F_3$ , соответствующего активности или интенсивности АЭ (0,51 и 0,63 – для временного сопротивления, -0,69 и -0,78 – для относительной деформации при разрушающем напряжении, 0,61 и 0,73 – для модуля деформации). Они более чем в два раза превосходят соответствующие значения, вычисленные для условной средней энергии.

Таким образом, очевидны целесообразность и эффективность использования сигналов акустической эмиссии для оценки свойств материалов на основе корреляционных зависимостей между ними. Наибольшие значения коэффициентов корреляции между временным сопротивлением и модулем деформации характерны для структурно-чувствительных критериев  $F_{3,A}$  и  $F_{3,N}$  на участках пластического деформирования. Оценку разрушения наполненного эпоксидного связующего целесообразно производить по критерию  $F_3$ .

#### Литература:

1. Системный анализ в строительном материаловедении: Монография / Баженов Ю.М., Гарькина И.А., Данилов А.М, Королев Е.В. / Москва: МГСУ, 2012.-432 с.
2. Данилов А.М., Гарькина И.А. // Математическое моделирование сложных систем: состояние, перспективы, пример реализации. Вестник гражданских инженеров, №2(70), 2012, с. 5-11

нелинейной упругой работы материала и в области пластического деформирования приводятся в таблицах 1...4

Таблица 1.

**Коэффициенты корреляции для полной условной энергии АЭ**

Свойство	Коэффициент корреляции	
	до ФНЧ	после ФНЧ
Временное сопротивление $\sigma_{\text{ст}}$	0,05	0,32
Относит. Деформация при $\sigma_{\text{ст}}$	-0,02	-0,26
Модуль деформации	-0,05	0,21

Таблица 2.

**Коэффициенты корреляции для F-критерия, связанного с амплитудой АЭ**

Свойство	Коэффициент корреляции		
	F1	F2	F3
Временное сопротивление $\sigma_{\text{ст}}$	0,10	-0,47	0,29
Относит. Деформация при $\sigma_{\text{ст}}$	-0,06	0,64	-0,45
Модуль деформации	0,03	-0,56	0,41

Таблица 3.

**Коэффициенты корреляции для F-критерия, связанного с активностью АЭ**

Свойство	Коэффициент корреляции		
	F1	F2	F3
Временное сопротивление $\sigma_{\text{ст}}$	-0,05	-0,51	0,51
Относит. Деформация при $\sigma_{\text{ст}}$	-0,02	0,75	-0,69
Модуль деформации	-0,07	-0,61	0,61

Таблица 4.

**Коэффициенты корреляции для F-критерия, связанного с интенсивностью АЭ**

Свойство	Коэффициент корреляции		
	F1	F2	F3
Временное сопротивление $\sigma_{\text{ст}}$	-0,18	-0,59	0,63
Относит. Деформация при $\sigma_{\text{ст}}$	0,18	0,76	-0,78
Модуль деформации	-0,24	-0,66	0,73

Размеры внутренней полости специальной бабы молота:

$$\text{— объем внутренней полости, мм}^3: V_{\text{полости}} \geq \frac{K_M \cdot G_{\text{ном}} \cdot 10^6}{\xi \cdot 7,85},$$

где  $\xi = 0,7 \dots 0,74$  – коэффициент заполнения пространства (меньшие значения принимают для больших диаметров шарика  $D_{\text{шар}}$ );

– размеры внутренней кольцевой полости ( $D_{\text{нар}}$  и  $D_{\text{внутр}}$  – наружный и внутренний диаметр полости;  $H$  – глубина полости, м) определяют в зависимости от наружных размеров корпуса бабы с учетом конструктивных возможностей ее изготовления и критерию прочности при эксплуатации из соотношения

$$V_{\text{полости}} = \frac{\pi \cdot H}{4} \cdot (D_{\text{нар}}^2 - D_{\text{внутр}}^2) = \frac{K_M \cdot G_{\text{ном}} \cdot 10^6}{\xi \cdot 7,85},$$

а в случае выполнения внутренней полости в виде нескольких отверстий ( $D_{\text{цил}}$  и  $H$  – диаметр и глубина отверстия, м) – из соотношения:

$$V_{\text{полости}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{цил, углуб}}^2}{4} \cdot H \cdot N = \frac{K_M \cdot G_{\text{ном}} \cdot 10^6}{\xi \cdot 7,85},$$

где  $N$  – количество цилиндрических отверстий.

Наружные размеры корпуса 1 бабы ковочных паровоздушных молотов определяют в зависимости от массы бабы:

$$m_{\text{бабы}} = G_{\text{ном}} - M_{\text{штока}} - M_{\text{поршня}},$$

где  $M_{\text{штока}}$  и  $M_{\text{поршня}}$  – массы штока и поршня согласно ГОСТ 9752-85 «Молоты ковочные паровоздушные двойного действия арочного и мостового типов. Основные параметры и размеры». Корпус бабы может быть изготовлен из сталей 45, 35Х, 40ХН и 40ХНЗ.

**Выводы:**

Предлагаемая методика проектирования технологических процессовковки на молотах, включающая определение размеров заготовок, определение работы деформации при осадке и массы падающих частей ковочного молота, а также расчет основных конструктивных параметров бабы молота с наполнителем, обеспечивает увеличение повышение эффективности ударного деформирования и КПД всего молота, а также увеличение производительности и ресурсо- и энергосбережение.

Литература:

1. Феофанова А.Е., Лавриненко В.Ю. Экспериментальные исследования процесса удара при осадке цилиндрических заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. – 2012. – № 2. – С. 12-15.
2. Лавриненко В.Ю. Определение энергосиловых параметров процесса ударного деформирования при осадке цилиндрических заготовок // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2012. – №7. – С. 24-28.
3. Ковка и штамповка: справочник. В 4 т. Т.1. Материалы и нагрев. Обработка. Ковка / под общ. ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 2010. – 717 с.

**Бавыкин О.Б., Вячеславов О.Ф.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ХЕРСТА

Создание в последние десятилетия новых методов обработки материалов, которые основаны на эффекте одновременного группового воздействия элементов рабочей среды на обрабатываемую поверхность, выявило необходимость в формировании новых методов оценки и контроля параметров поверхности.

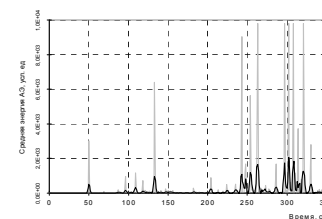
При изучении подобных материалов все чаще и чаще используются методы фрактального анализа, а в качестве оценочного параметра – фрактальную размерность [1].

Фрактальная размерность и другие характеристики фрактальных свойств обрабатываемого материала позволяют также сделать вывод о структуре и свойствах поверхностной системы и, посредством математических моделей, рассмотреть процесс образования шероховатости поверхности в динамике.

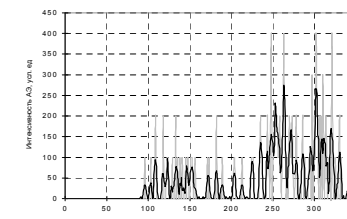
При таком подходе поверхность, получаемая в результате обработки, рассматривается не как статичный объект, геометрические параметры которого являются «следом» инструмента на обрабатываемой поверхности, а как динамический объект с изменяющимися в пространстве и во времени параметрами.

Однако стоит отметить, что фрактальный анализ эффективен лишь в том случае, когда объект проявляет фрактальные свойства [2].

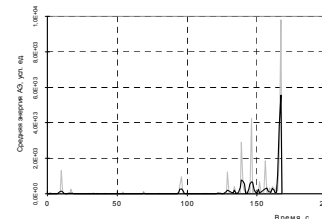
Анализ литературы по данному вопросу показал отсутствие методик оценки фрактального поведения объекта [3]. Тем не менее, существует несколько подходов определения наличия фрактальности у структуры. Подробное изучение каж-



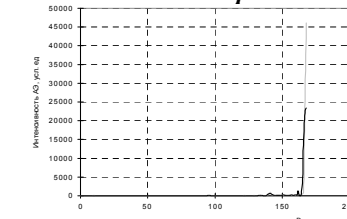
**Рис. 1. Кинетика условной средней энергии АЭ для состава серии №1**



**Рис. 2. Кинетика интенсивности АЭ для состава серии №1**



**Рис. 3. Кинетика условной средней энергии АЭ для состава серии №2**



**Рис. 4. Кинетика интенсивности АЭ для состава серии №2**

Места локальных перенапряжений в силу гетерогенного строения ЭС являются очагами разрушений (завершается макроскопическим разрушением). При разрушении происходит динамическое перераспределение напряжений, сопровождающееся возникновением упругих волн. При выходе на поверхность образца они фиксируются приемным преобразователем как сигналы акустической эмиссии.

В случае высоконаполненных компаундов разрушение материала носит квазихрупкий характер; упругие деформации, развивающиеся в структурных элементах материала, не вызывают эмиссионного излучения (при напряжениях, не превышающих 80% от временного сопротивления, акустическая эмиссия практически не регистрируется). Разрушение высоконаполненных компаундов при лавинообразном нарастании макротрещин сопровождается высоким уровнем эмиссионного излучения. Очевидно, в высоконаполненных составах импульсы акустической эмиссии порождаются микродефектами адгезионного типа: разрушение сравнительно неплотных переходных слоев для компаунда с высоким содержанием модифицирующей добавки сопровождается существенно меньшим уровнем эмиссии.

По-видимому, при  $\sigma < \sigma_{сж}$  акустическая эмиссия возникает от взаимных перемещений и пластического деформирования структурных элементов (на стадии, непосредственно предшествующей разрушению). Значения критериев F1, F2, F3 для оценки параметров АЭ соответствующих участкам линейной и

структуры твёрдого тела, связанные с образованием и развитием дефектов, сопровождаются сигналами акустической эмиссии. Тип эмиссионного излучения определяется характером развивающихся дефектов. Упругие деформации сопровождаются эмиссией незначительной интенсивности; пластическая деформация – непрерывным эмиссионным излучением средней интенсивности (образование микротрещин); образование магистральных трещин – импульсами с высокой амплитудой и энергией (резко выделяются при воздействии помех и шума). При различных типах источника акустическая эмиссия может представляться как импульсные или непрерывные сигналы излучения (генерируемые развивающейся трещиной или при пластической деформации).

По результатам собственных и исследований других авторов при изучении связи параметров АЭ с физико-механическими свойствами композитов использовать следующие скалярные критерии:

-  $E_{\Sigma} \sim \sum_n U_n^2$  (характеризует условную полную энергию АЭ,  $U_n$  – амплитуда АЭ);

-  $F_{i,U} = \sum_{n=N_{i-1}}^{N_{i+1}} U_n \left( \sum_{n=0}^{N_3} U_n \right)^{-1}$ ,  $i = \overline{1,3}$  (отношения амплитуд АЭ на участках: I – линейной упругой работы, II – нелинейной упругой работы, III – близкий к области пластического деформирования, к сумме амплитуд на этих участках);

-  $F_{i,A} = \sum_{n=N_{i-1}}^{N_{i+1}} A_n \left( \sum_{n=0}^{N_3} A_n \right)^{-1}$ ,  $i = \overline{1,3}$  (отношения активностей АЭ на участках I, II, III, к сумме активностей на всех трех указанных участках);

-  $F_{i,\dot{N}} = \sum_{n=N_{i-1}}^{N_{i+1}} \dot{N}_n \left( \sum_{n=0}^{N_3} \dot{N}_n \right)^{-1}$ ,  $i = \overline{1,3}$  (отношения интенсивностей АЭ на участках

I, II, III, к сумме интенсивностей на всех трех указанных участках).

В экспериментах исследовались две серии эпоксидных связующих, наполненных отходами производства оптического стекла (ОПОС). В первой, с объемной степенью заполнения 0,2, в матричный материал (ММ) вводился полиметилфенилсилоксан (ПМФС); во второй серии, с объемной степенью заполнения 0,5, он распределялся по поверхности наполнителя (аппретирование). Учитывались предполагаемые границы области с интенсивными структурными трансформациями (образование перколяционного и жесткого каркаса из частиц наполнителя).

Кинетика условной средней энергии и интенсивности АЭ приводятся на рис.1-4. Определение указанных критериев при разрушении ЭС осуществлялось на основе исследований сигналов АЭ, возникающих при их механических испытаниях.

дого приема показало, что ни один из них не подходит для адекватного фрактального исследования поверхности обработанной электрохимическим методом.

R/S-анализ [3], в рамках которого вычисляется показатель Херста (H), один из самых распространенных приемов фрактального анализа структуры. Популярность объясняется двумя причинами: во-первых, метод Херста основан на фундаментальной работе Альберта Эйнштейна о броуновском движении частиц; во-вторых многие фракталы являются модификациями броуновского движения.

По вычисленным значениям параметра H можно определить:

- определить вид броуновского движения: фрактальное, при  $H = 0...0,5$  и при  $H = 0,5...1$ ; нефрактальное или вырожденное фрактальное, при  $H = 0$ ; 0,5; 1;

- установить наличие зависимости «прошлого» от «будущего»: марковский процесс при  $H = 0,5$ ; немарковский процесс при  $H = 0...0,5$  и при  $H = (0,5...1)$ ;

- оценить зависимость «прошлого» в «будущем»: персистентная корреляция при  $H = 0,5...1$ ; антиперсистентная корреляция при  $H = 0...0,5$ ;

- определить возможность предсказания поведения объекта в будущем: предсказание возможно при  $H = 0...0,5$  и при  $H = 0,5...1$ ;

- классифицировать вид шума: розовый шум при  $H = 0...0,5$ ; белый шум при  $H = 0,5$ ; черный шум если  $H = 0,5...1$ .

Если говорить о поверхностях материалов, то при значении:

-  $H = 0$  поверхность соответствует очень неровной, искаженной, зазубренной текстуре;

- если  $H = 0,5$  распределение элементов поверхности описывается гауссовой статистикой;

- когда  $H = 1$  поверхность гладкая со слабыми осцилляциями;

-  $H = 0...0,5$  и  $H = 0,5...1$  поверхность фрактальна.

Однако этот метод обладает некоторыми недостатками: для адекватной оценки необходим большой объем данных – более 2500 измерений; высокая чувствительность к принципу создания временного ряда; не учитываются возможные локальные изменения поведения временного ряда; невозможно оценить фрактальность с доверительной вероятностью меньшей, чем 100%; неоднозначность значения коэффициента  $a$ , используемого в формуле R/S-анализа.

Тем не менее, на основе свойств показателя Херста можно предложить параметрический метод определения наличия фрактальных свойств, включающий в себя два этапа.

Как было отмечено выше, при  $H = 0,5$  распределение элементов поверхности описывается гауссовой статистикой, при  $H = 0...0,5$  и  $H = 0,5...1$  поверхность фрактальна. Таким образом, определить наличие фрактальности у структуры можно путем проверки на соответствие характера ее поведения закону Гаусса.

Для этой цели можно использовать [4]: направленный критерий проверки на асимметрию; направленный критерий проверки на кривизну.

Литература:

1. Потапов А.А., Булавкин В.В., Герман В.А., Вячеславова О.Ф. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью методов фрактальных сигнатур // ЖТФ. 2005. Т. 75. № 5.
2. Потапов А.А. Применение фрактальных методов для обработки радиолокационных изображений. <http://www.cplire.ru/joined/koi/lection6/text.html#p6>.
3. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Университетская книга, 2005.- 848 с.
4. ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. – М.: ИПК Издательство стандартов. 2002. – 27 с.

**Бавыкин О.Б., Холопов В.Н.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КРИСТАЛЛА**

Анализ научно-технической литературы показал сложность ориентирования кристалла относительно световой плоскости для изготовления различных изделий. Известные методы и устройства не позволяют решить эту задачу [1]. Прикладной гониометр используется для кристаллов с небольшими искажениями формы. Отражательный гониометр применяют для кристаллов с плоскими гранями. Рентгеновский гониометр используют при разметке кристаллов с большими внутренними напряжениями. Ориентация кристалла визуальным методом с использованием оправки достаточно производительная операция. Однако, существенными недостатками ее являются погрешности нанесения линий разметки, особенно на кристаллах сложных форм, относительно широкая толщина линии разметки, а также погрешность ориентирования кристалла относительно трех координатных осей.

Большинство кристаллов обладают очень сложными формами [2, 3] и использование известных методов и устройств для ориентирования кристаллов в световой плоскости затруднительно.

Наиболее близкими решениями по пространственной ориентации кристаллов различных форм и размеров были найдены в авторском свидетельстве [4]. Они наиболее пригодны для пространственного перемещения кристалла относительно световой секущей плоскости. Устройства отличаются тем, что второе снабжено поворотной платформой используемой для установки держателя кристалла. Дос-

тоды формирования изделий, приемы и оборудование должны отвечать требованиям гибкой технологии и позволять изготавливать изделия при определенных изменениях номенклатуры, методов отделки и других параметров технологии путем относительно несложной переналадки.

В ходе технологического процесса производится тепло-влажностная обработка при температуре изотермического прогрева не выше 70 градусов. Одной из задач исследований является применение режимов, обеспечивающих минимальный расход топливно-энергетических ресурсов и достижение бетоном заданных распалубочной, передаточной и отпускной прочности. Для проверки соответствия данному стандарту произведенные плиты подвергаются высоким нагрузкам.

Контроль качества изделий должен осуществляться лабораторией и отделом технического контроля (ОТК) предприятия путем осуществления входного контроля поступающих на предприятие материалов и изделий, операционного контроля всех производственных процессов и приемочного контроля качества готовых изделий, в том числе с использованием неразрушающих методов. В задачу исследований входит изучение методов контроля исходных сырьевых материалов, бетона и изделий, использование приборов и измерительных инструментов.

Литература:

1. ГОСТ 25912.0-91 «Плиты железобетонные предварительно напряженные ПАГ для аэродромных покрытий».
2. СНиП 3.09.01-85 «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий».
3. Баженов Ю. М. Технология бетона: учебное пособие для техн. спец. строительных вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1987 – 415с.

**Д.т.н. Данилов А.М., к.т.н. Круглова А.Н.**

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Россия*

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ: ОЦЕНКА СВОЙСТВ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

Многие из используемых для исследования различных свойств эпоксидных композиционных материалов методов не позволяют непосредственно зафиксировать кинетику дефектообразования. Весьма информативным является метод акустической эмиссии (АЭ), позволяющий не только определить интенсивность, но и другие параметры (момент возникновения, положение, скорость и направление развития и др.) процесса дефектообразования. Любые изменения



ния эксплуатационных – технических характеристик и повышения надежности основных сооружений аэродрома взлетно-посадочных полос и других элементов, обеспечивающих большую интенсивность полетов самолетов.

Наиболее часто применяемые на существующих аэродромах мира являются цементобетонные аэродромные покрытия. Цементобетонные покрытия по своим качествам являются лучшими из всех других типов покрытий аэродромов. Они имеют достаточно высокую прочность, износостойкость, водонепроницаемость и обладают удовлетворительной стойкостью против воздействия высокотемпературных газов реактивных двигателей самолетов, практически не чувствительны к авиатопливу (керосину, бензину, маслам и др.). Цементобетонные покрытия обладают также достаточной ровностью, что обеспечивает нормальные условия для движения воздушных судов.

Аэродромные плиты ПАГ – это уникальное по своим возможностям и эксплуатационным характеристикам железобетонное изделие. Практика показывает, что плиты аэродромные отлично выдерживают нагрузку в 50-80 тонн. Еще одно важное качество ПАГ – сохранение идеального состояния даже при самых экстремальных климатических условиях: плите не страшны сильные морозы, воздействия атмосферных осадков, обильные солнечные лучи. ПАГ востребована по ряду значимых причин: высокие показатели прочности, надежности и долговечности; оперативность укладки и возможность многократного использования; полная безопасность при взаимодействии колес транспортного средства с поверхностью плиты.

В настоящее время достигнуты определенные успехи в разработке технологии приготовления и укладки цементобетонной смеси в плитах.

Целью работы являются: исследование материалов, методов испытаний аэродромных плит, методов расчета подбора состава бетонов для аэродромных плит и исследование технологического процесса изготовления плит.

В задачи исследования входит выбор материалов для изготовления бетонов, оценка их качества в соответствии с требованиями современных нормативных документов, выявление факторов влияющих на свойства бетона, в том числе влияние химических добавок при укладке бетонной смеси.

При изучении методов подбора состава бетона стоит задача выбора оптимального соотношения заполнителей с учетом их природных свойств, технологическим факторам укладки и особенностям изготавливаемой конструкции.

ПАГ изготавливаются в виде предварительно напряженных железобетонных плит размером 6х2метра. Высокие прочностные характеристики изделия обеспечиваются за счет применения напряженного (предварительно натянутого) армирования. Такая арматура способствует уменьшению вероятности прогибов, исключению возникновения трещин.

Выбор метода формования изучается в зависимости от вида и принятой технологии производства изделий с учетом обеспечения требуемого их качества, экономии цемента, трудозатрат и облегчения условий труда. Принятые ме-

тоинством известных устройств по сравнению с гониометрами заключается в ориентировании кристалла относительно центра масс. Кроме того, они позволяют ориентировать кристаллы различных форм масс от 0,4 до 10 карат.

Но наряду с достоинствами, известные устройства обладают рядом существенных недостатков, таких как:

- сложность механизма поворота и перемещения кристалла относительно одной и той же координатной оси;
- относительно низкая точность перемещения и поворота кристалла при поиске сечения наибольших размеров из-за скачкообразных движений;
- сложность работы оператора при выполнении операции разметки, поскольку он должен как бы отыскать сильный экстремум функции от четырех переменных параметров. В данном случае целесообразно использовать метод наискорейшего спуска, как говорят математики, и метод итераций.

При модернизации известного устройства были предложены необходимые технические и программные решения в направлении повышения производительности, точности измерений и облегчения труда оператора.

В частности, было предложено использование компьютера с соответствующим программным обеспечением для того, чтобы осуществить создание на экране монитора изображения окружности переменного диаметра. Это позволит с гораздо большей точностью осуществить измерения параметров сечений кристалла. Кроме того, изменения размеров и двух координат окружности можно сопровождать с цифровым отсчетом этих параметров на экране монитора. Таким образом, отпадает необходимость в поступательных перемещениях кристалла относительно двух координатных осей. Ввод в компьютер изображения окружности переменного диаметра возможен с использованием ПЗС-матрицы.

Следующим направлением модернизации устройства может быть использование шаговых двигателей [5], что позволит повысить точность поворота держателя кристалла относительно двух координат. Управление шаговыми двигателями компьютером, с установленной специальной программой, обеспечит производительность разметки и облегчит труд оператора.

Для повышения точности поступательных перемещений держателя кристалла с целью фиксации плоскости распиливания предлагается установить на столе прибора предметный столик, оснащенный шаговым двигателем для более плавного перемещения и точного позиционирования держателя кристалла.

Для практической реализации предложенных технических решений были подобраны стандартные устройства.

Предлагаемое устройство повышает точность пространственных перемещений и поворота кристалла относительно наблюдательной и измерительной систем, повышает производительность разметки и облегчает труд оператора. Реализация рекомендаций по модернизации устройства может также способствовать механизации процессов разметки и распиливания кристалла и тем самым повысить эффективность изготовления изделий из кристаллов сложных

форм. Возможность фиксации результатов разметки в памяти компьютера и создание базы данных по каждой партии кристаллов позволит определить коэффициент использования сырья и тем самым оценить точность технологических процессов.

Литература:

1. Епифанов В.И. и др. Технология обработки алмазов в бриллианты. – М.: Высшая школа, 1987.
2. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. Изд. 2-е. М.: Наука, 1984.
3. Корнилов Н.И., Солодова Ю.П. Ювелирные камни. М.: Недра, 1987.
4. Авторское свидетельство №703999. Устройство для пространственного перемещения алмаза при разметке. Круглов Г.А., Тарасевич И.К., Никитин Б.Б., Хоменков В.И.
5. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели. Учеб. пособие. ВолгоГТУ, Волгоград, 2005. – 48 с.

**D.Sc. Senkus V.V., Shchepetov A.V., Fomichev S.G.**

*Novokuznetsk branch-institute of FEI HPE «Kemerovo State University»,  
Russia, Novokuznetsk*

## **THE ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL FOR A CHOICE OF PARAMETERS OF OPEN TECHNOLOGY OF COAL MINING (OPEN-PIT MINING)**

**Summary.**

In article the economic-mathematical model for the analysis of technical and economic indicators of work of an extraction site of coal open-pit mine is offered. The model passes approbation on a number of coal open-pit mines of the South of Kuzbass (Russia).

**Keywords:** economic-mathematical model, coal mining, open technology, prime cost of coal, coal open-pit (open-cut) mine, quarry.

**I. Introduction.**

Important branch of economy of Russia is the coal industry which includes not only production (enrichment), but also processing (briquetting) of stone and brown coal. In itself coal mining is a removal it from an open surface of a field with the subsequent export from mine.

There are various ways of coal mining which depend on a depth of coal breeds. If depth of finding of coal layer makes to hundred meters – in this case coal mining is made in the open way. Today the volume of coal mining in a total amount of coal

Как показывают результаты экспериментальных исследований с увеличением содержания бентонитовой глины от 20,0% до 50,0%, наблюдается общая тенденция снижения средней плотности образцов от 820-870 кг/м<sup>3</sup> до 550-600 кг/м<sup>3</sup> а прочность гранул при сдавливании в цилиндре увеличивается по мере увеличения содержания суглинка. Следует отметить, что с увеличением содержания лессовидного суглинка наблюдается увеличение толщины корки обожженных гранул.

Анализ изменения свойств образцов в зависимости от состава композиции показали, что добавка бентонитовой глины в состав лессовидных суглинков переводит суглинки с категории неvspучивающихся к категории средневспучивающихся глин. Кроме того присутствие лессовидных суглинков в составе композиции для получения керамзита способствует повышению прочности гранул 2,5-3 раза.

Таким образом, установлено возможность получения керамзитового щебня с использованием низкокачественных неvspучивающихся лессовидных суглинков в композиции с бентонитными глинами.

Результаты полученных экспериментальных исследований служат основой разработки ресурсо- и энергосберегающих технологий производства керамзитового щебня с использованием местных лессовидных суглинков.

Литература:

1. Ботвина Л.М. Строительные материалы из лессовидных суглинков. Ташкент.: Укитувчи, 1984. с.40.
2. Камалов С.А., Ли К.А. География размещения месторождений природных ископаемых Уральской области и их народнохозяйственной применение. Уральск: 1992. – 139 с.
3. Онацкий С.П. Производство керамзита. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987.- 333 с.: ил.
4. С.А.Монтаев, Ж.Т.Сулейменов «Стеновая керамика на основе композиции техногенного и природного сырья Казахстана» Уральск: 2006 – 190 с.

**Мухтаров Т. Т.**

*Казахская автомобильно-дорожная академия им. Л.Б.Гончарова*

## **ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЭРОДРОМНЫХ ПЛИТ**

Развитие современного государства невозможно без развития и совершенствования транспортной системы. Приоритетное значение в этом вопросе отдается развитию воздушного транспорта. Выход на регулярные авиалинии сверхтяжелых пассажирских и грузовых воздушных судов требуют совершенствова-

Таблица 3

**Исследуемые составы керамических масс для получения керамзита**

№ состава	Содержание компонентов, масс %	
	суглинок	Бентонитовая глина
1	50	50
2	60	40
3	70	30
4	80	20

Сырьевые материалы сначала высушивались и размалывались в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 1300-1500 г/см<sup>2</sup>. Затем компоненты отвешивались в нужных количествах и насухо перемешивались. После чего в сухую смесь добавлялась вода. Из полученной смеси изготавливались гранулы 10-20мм.

Отформованные изделия сушили в сушильном шкафу при t=100-110°C до постоянной массы. Обжиг производили в электрической муфельной печи с объемом 20л. На начальном этапе термообработки до 500°C скорость подъема температуры составляло 2,5-3,0°C в минуту затем до температуры 1150°C скорость подъема температуры принимали 22,0-25,0°C. При данной максимальной температуре образцы подвергались изотермической выдержке в течение 20-30 минут. По истечении времени изотермической выдержки образцы охлаждались в отключенной печи до комнатной температуры. Продукты обжига подвергались физико-механическим испытаниям согласно ГОСТ 9758-86 Заполнители пористые неорганические для строительных работ.

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл.4.

Таблица 4

**Изменение физико-механических свойств образцов в зависимости от состава и температуры обжига**

№ составов	Температура обжига, °C	Коэффициент вспучивания	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Марка по прочности, МПа
Бентонитовая глина	1200	4,5-5,0	350-400	15-25
1	1150	3,6-3,7	550-600	50-75
2	1150	3,3-3,5	640-670	50-75
3	1150	2,8-3,0	710-770	75-100
4	1150	2,5-2,7	820-870	125-150

mining approximately makes in the open way 65% and its share allegedly will increase for the next decade still percent by ten.

Coal mining is made in the open way when coal lies superficially. In that case removal «vskrish» (the overburden) then the drilling-and-blasting of coal is made. After an overburden (surface material covering the valuable deposit) coal by means of cars or automotive equipment is taken away from a production place.

At various stages of the activity coal open-pit mine decrease in economic efficiency of work, namely – growth of prime cost of extracted coal under the influence of various factors: as external, not depending on the enterprise and defined by economic policy pursued in the country, and internal, defined by the technical and economic solutions realized at the enterprise. The major known factor of growth of prime cost of the coal, being shown at a final stage of working off of fields, aging of geological fund which is connected with initial working off of more preferable stocks of coal and transition to working off of less preferable stocks is.

For an open way of production more preferable stocks of coal are concentrated on powerful layers under not a considerable layer of deposits with coal brands in demand in the market (with a low ash-content and the content of sulfur). To such stocks of coal fields located close also belong to the settlements providing the enterprises with labor, with the developed infrastructure (housing stock, population service, railroads and highways, high-voltage power lines, etc.).

Therefore, the set of factors which in aggregate form level of reached technical-economic indicators has impact on economic efficiency of work of cuts.

The analysis of publications of staff of Institute of coal of the Siberian office of the Russian Academy of Sciences in the last two years showed that not enough attention is paid to economic-mathematical modeling of parameters of open technology of coal (open-pit) mining.

The majority of scientific articles [1, 2] is devoted to idea of association of open and underground technologies of coal mining. A number of articles [3, 4] tries to estimate the capacity and stocks of the coal-mining enterprises. The part of scientific articles covers problems of safety and new technologies of underground production [5]. Some scientific articles [6, 7] are directed on increase of a resource of the mining-transport equipment. Offered mathematical models in articles [8-10] generally mention only topological parameters of coal fields. Therefore the problem of creation of adequate economic-mathematical models of technology of coal mining is actual.

**II. Problem definition.**

It is necessary to develop economic-mathematical model for a choice of parameters of open technology of coal mining on extraction sites. The model has to consider the following economic conditions:

1. Internal economic conditions of activity of the open-pit mine, defined by prime cost of extracted coal depending on various technological and geological parameters.

2. External economic conditions of activity of the open-pit mine – variations of market price of coal and a value added tax and other obligatory payments.

### III. Results.

Internal economic conditions of activity of open-pit mine are defined by recurrence of technology of open-pit mining operations in the form of separate stages performed with the set sequence at working off of locally located extraction sites (Table 1, Figure 1).

Table 1

#### The list and short characteristic of stages of a full production cycle open mining operations on an extraction site of an open-pit mine

Carried-out mining operations		Short characteristic of stages mining operations	
		Technological	Economic
of the extraction parts of a rock mass (rehabilitation of earth)	1. Removal of a humus	There is no coal mining. Stages 1 and 2 are carried out consistently.	With third-party or own investments *
	2. Removal of deposits		
	3. Removal of rock	Coal mining is made. Stages 3 and 4 alternate among themselves.	With financial means from sale of extracted coal
	4. Coal extraction		
	5. Laying of deposits	There is no coal mining. Stages 5 and 6 are carried out with any sequence.	With third-party or own investments *
	6. Laying of rock		
	7. Laying of a humus		

\* – own investments, are understood as the financial means saved up earlier or received now from sale of coal of a section got on another extraction sites or association of open-pit mines.

Full modelled prime cost of coal at working off of an extraction site  $C_p$  includes the sum of shares of prime cost of coal from costs of realization of stages of a production cycle, and also a share from the general expenses on an open-pit mine  $\Delta C_{об}$

$$C_p = \Delta C_2 + \Delta C_n + \Delta C_n + \Delta C_y + \Delta C_{pn} + \Delta C_{pn} + \Delta C_{p2} + \Delta C_{об}, \quad (1)$$

- $C_p$  - full prime cost of coal on an extraction site of an open-pit mine;
- $\Delta C_2$  - share of prime cost of coal from costs of removal of a humus;
- $\Delta C_n$  - share of prime cost of coal from costs of removal of deposits;
- $\Delta C_n$  - share of prime cost of coal from costs of removal of rock;
- $\Delta C_y$  - share of prime cost of coal from costs of coal extraction;
- $\Delta C_{pn}$  - share of prime cost of coal from costs of rock laying;
- $\Delta C_{pn}$  - share of prime cost of coal from costs of deposits laying;
- $\Delta C_{p2}$  - share of prime cost of coal from costs of humus laying;
- $\Delta C_{об}$  - prime cost share from the general expenses on an open-pit mine falling on a fulfilled extraction site.

По содержанию  $Al_2O_3$  суглинок относится к группе кислого сырья, а по огнеупорности к легкоплавким. По содержанию  $Fe_2O_3$  к сырью с высоким содержанием красящих оксидов (табл. 1).

Глина Погодаевского месторождения по огнеупорным свойствам относится к легкоплавким, по содержанию  $Fe_2O_3$  к глинам с высоким содержанием красящих оксидов, а по содержанию  $Al_2O_3$  к группе кислого сырья (таб. 1).

Таблица 1

#### Химический состав бентонитовой глины Погодаевского и лессовидного суглинка Чаганского месторождения ЗКО

Наименование сырья	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	п.п.п
Погодаевское месторождение	61,51	17,06	2,27	3,21	6,36	1,27	3,57	6,75
Суглинок Чаганского месторождения	48,63	11,2	12,64	2,54	4,68	0,53	2,73	14,08

Таблица 2

#### Пластичность глинистых компонентов

Наименование глин	Число пластичности	Классификация по ГОСТ 9169-75
Глина Погодаевского месторождения	26,5	высокопластичная
Суглинок Чаганского месторождения	11,5	умеренно-пластичный

Минералогический состав глины представлен в основном монтмориллонитом  $d/p=5,06; 4,46; 3,79; 3,06; 2,455; 2,28; 2,127; 1,977; 1,817; 1,675 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .

Коэффициент вспучиваемости бентонитовой глины составляет более 4,5, а суглинок относится к категории невспучиваемых глин.

Исследуемая область составов композиций с приведены в табл.3.

## NOWOCZESNE BUDOWLANE MATERIAŁY

Д-р техн. наук Монтаев С.А., магистр техн. наук Таскалиев А.Т.,  
магистр техн. наук Жарылганов С.М., канд. техн. наук Адилова Н.Б.  
магистрант Монтаева Н.С.

Западно – Казахстанский аграрно – технический университет  
им. Жангир хана, Республика Казахстан

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕГКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ – КЕРАМЗИТА НА ОСНОВЕ ЛЕССОВИДНОГО СУГЛИНКА

Одним из важных направлений развития промышленности строительных материалов по технологии керамики является повышение номенклатуры и качества выпускаемых изделий при максимальном использовании местного сырья [1-2].

Развитие мирового строительства неразрывно связано с нарастающей тенденцией применения строительных материалов и конструкций, обеспечивающих значительное снижение массы зданий и сооружений.

Одним из ведущих мест здесь принадлежит керамзиту, который в свою очередь, могут успешно развиваться только при наличии достаточно развитой и совершенной сырьевой базой для налаживания его производства [3].

Однако запасы глин для производства керамзита в Казахстане весьма ограничены и поэтому основным сырьем для производства строительной керамики служат малопластичные лессовидные суглинки, которые имеются во всех регионах [4].

Цель работы – проведения предварительных экспериментальных исследований по использованию лессовидных суглинков для получения керамзита в композиции с бентонитовыми глинами.

Для проведения экспериментальных исследований в качестве сырьевых материалов использованы суглинок Чаганского месторождения и бентонитовая глина Погодаевского месторождения Западно – Казахстанской области. Суглинок Чаганского месторождения содержит до 12% монтмориллонитового компонента, находящегося в форме смешаннослойных образований и гидрослюдой и каолинитом.

Из кристаллических фаз в суглинке также содержится кварц  $d/n=4,23; 3,34; 1,974; 1,813; 1,538 \cdot 10^{-10}$  м, полевой шпат  $d/n=3,18; 2,286 \cdot 10^{-10}$  м, кальцит  $d/n=3,02; 2,018; 1,912 \cdot 10^{-10}$  м и гематит  $d/n=1,839; 1,686; 1,590 \cdot 10^{-10}$  м.

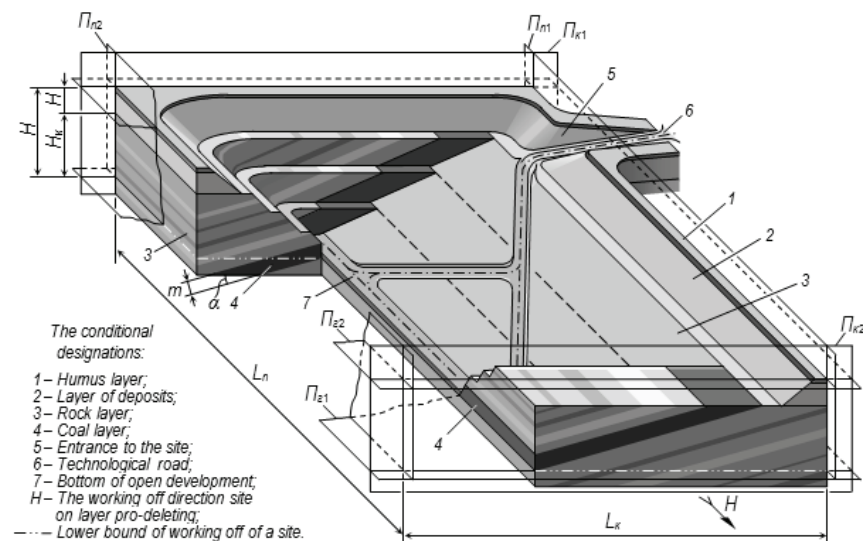


Figure 1 – General view of open excavations on the initial stages of working off of an extraction site of open-pit mine and geological structure of a rock massif

The prime cost of coal  $C_p$  on an extraction site of open-pit mine with a full production cycle (1), and also each share in its structure on performance of stages of open mining operations are dependence on various studied technological and geological parameters  $F_i$  (Table 2).

$$C_p = f(F_i); \quad (2)$$

$$\Delta C_s, \Delta C_u, \Delta C_n, \Delta C_y, \Delta C_{pn}, \Delta C_{ph}, \Delta C_{pe} = f(F_i), \quad (3)$$

$F_i$  - studied technological and geological parameters on the extraction site fulfilled in the open way.

Table 2

## List of the key studied parameters

Name of studied parameters		Symbols
Technological parameters	1. Depth of open excavations in radical rock, m	$H_k$
	2. Length of an extraction site on pro-deleting of layers, m	$L_n$
	3. Step of transfer of the technological road on boards of developments, m	$L_{uu}$
Geological parameters	4. Thickness of a layer of deposits, m	$H_n$
	5. Capacity of layer, m	$m$
	6. Corner of a bedding of layer, degree	$\alpha$
	7. Coal brand	-

The technological parameters  $F_i$  in practice are set by borders of the mountain branch, established before protected objects, for example the railroad, the river, the settlement, etc. Therefore conditions of modeling are considered in the form of the borders of mountain branch forming a spatial arrangement of excavations on an extraction site in three directions:

*the first direction in a cross of pro-deleting of layer* – is set by borders in the form of two vertical planes  $\Pi_{k1}$  and  $\Pi_{k2}$  with distance between them equal the studied length  $L_n$  of an extraction field;

*the second direction on layer pro-deleting* – is set by borders in the form of two vertical  $\Pi_{n1}$  and  $\Pi_{n2}$  planes with distance between them  $L_k$  of an extraction field equal to settlement width  $L_k$ ;

*the third direction on a layer depth* – is set by borders in the form of two horizontal planes, namely the bottom plane  $\Pi_{e1}$  passing on a bottom of developments, and the second border is an earth  $\Pi_{e2}$  surface with distance between them in equal to full depth of excavations  $H$ .

The configuration of modelled surfaces of carried-out open excavations in deposits and radical rocks, and also transport communications, is set according to requirements of safety rules.

Volumes of taken parts of a rock massif are modelled in borders of open developments characteristic at the final stage of development of mining operations, namely at achievement of the set parameters on depth concerning an earth surface. Other sizes of excavations, for example their width  $L_k$  in a cross of pro-deleting of layers, are secondary since depend on their general depth  $H = H_k + H_n$  and a corner of layers  $\alpha$ .

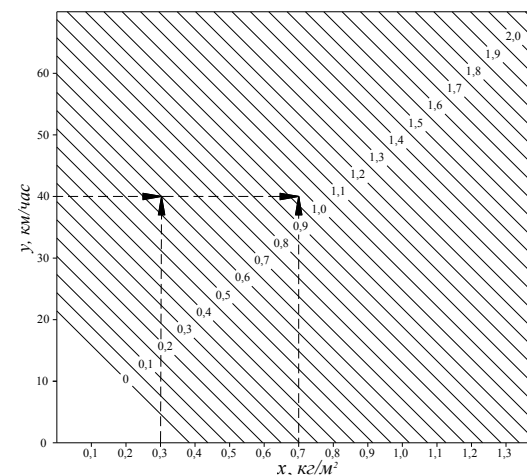


Рисунок 1 – Номограмма для определения запыленности атмосферного воздуха в городской среде в зависимости от динамики накопления загрязнений прилотовой части и скорости движения транспортных средств

В номограмме по оси абсцисс расположены значения интенсивности образования грязи у прилотовой части улиц, а по оси ординат – скорость движения транспортных средств.

Практическое использование номограммы позволяет определить уровень запыленности на высоте 1,5 м над бортовым камнем в зависимости от интенсивности образования загрязнений на 1 м<sup>2</sup> прилотовой части улицы и скорости движения транспортных средств.

## Литература:

1. Борисюк Н.В., Киялбаев А.К. Экологическое состояние городских улиц и дорог и факторы его определения. – М.: МАДИ (ГТУ), 1995. – С. 99-105
2. Е.С. Уланова, В.Н. Забелин Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. – 207с.

Таблица 1  
Уравнения зависимости запыленности на высоте 1,5 м над бортовым камнем (z) от интенсивности накопления  
гравия в прилотовой части дорог (x) и скорости движения транспортных средств (y).

№ п/п	z	x	y	$\Delta z$	$\Delta y$	$\Delta z^2$	$\Delta y^2$	$\Delta z \cdot \Delta x$	$\Delta x^2 \cdot \Delta y$	$\Delta z \cdot \Delta y$	$\Delta x \cdot \Delta y$	$\Delta z + \Delta x + \Delta y$	$(\Delta z + \Delta x + \Delta y)^2$
1	1,31	0,702	55	0,19	0,031	0,0361	0,0010	25	0,0059	0,95	0,155	5,221	27,2588
2	1,02	0,414	53	-0,10	-0,257	0,0010	0,0660	9	0,0257	-0,30	-0,771	2,643	6,9855
3	0,84	0,300	49	-0,28	-0,371	0,0784	0,1376	1	0,1039	0,28	0,371	-1,651	2,7258
4	0,70	0,309	44	-0,42	-0,362	0,1764	0,1310	36	0,1520	2,52	2,172	-6,778	45,9955
5	0,85	0,350	55	-0,27	-0,321	0,0729	0,1030	25	0,0867	-1,35	-1,605	4,409	19,4383
6	0,72	0,374	45	-0,40	-0,297	0,1600	0,0882	25	0,1188	2,00	1,485	-5,697	32,4558
7	0,87	0,398	51	-0,25	-0,273	0,0625	0,0745	1	0,0682	-0,25	-0,273	0,477	0,2275
8	1,26	0,900	40	0,14	0,229	0,0196	0,0524	100	0,0321	-1,40	-2,290	-9,631	92,7562
9	1,40	1,020	54	0,28	0,349	0,0784	0,1218	16	0,0997	1,12	1,396	4,629	21,4276
10	1,50	1,168	47	0,38	0,497	0,1444	0,2470	9	0,1889	-1,14	-1,491	-2,123	4,5071
11	1,51	1,082	50	0,39	0,411	0,1521	0,1689	0	0,1603	0	0	0,801	0,6416
12	1,41	1,019	54	0,29	0,348	0,0841	0,1211	16	0,1009	1,16	1,392	4,628	21,5110
13	1,41	0,950	50	0,29	0,279	0,0841	0,0778	0	0,0809	0	0	0,569	0,3238
14	1,20	0,700	50	0,08	0,029	0,0064	0,0008	0	0,0023	0	0	0,109	0,0119
15	1,14	0,650	48	0,020	-0,021	0,0004	0,0004	4	-0,0004	-0,04	0,042	-2,001	4,0040
16	0,97	0,700	40	-0,15	0,029	0,0225	0,0008	100	-0,0044	1,50	-0,290	-10,121	102,4346
17	0,81	0,320	57	-0,31	-0,351	0,0961	0,1232	49	0,1088	-2,17	-2,457	6,339	40,1829
18	0,81	0,540	46	-0,31	-0,131	0,0961	0,0172	16	0,0406	1,24	0,524	-4,441	19,7225
19	0,86	0,530	50	-0,26	-0,141	0,0676	0,0199	0	0,0367	0	0	-0,401	0,1608
20	1,40	0,670	59	0,28	-0,001	0,0784	0	81	-0,0003	2,52	-0,009	9,279	86,0998
21	1,44	0,850	60	0,32	0,179	0,1024	0,0320	100	0,0573	3,20	1,790	10,499	110,2290
22	1,38	0,714	55	0,26	0,043	0,0676	0,0018	25	0,0112	1,30	0,215	5,303	28,1218
23	1,36	0,970	45	0,24	0,299	0,0576	0,0894	25	0,0718	-1,20	-1,495	-4,461	19,9005
24	0,71	0,474	43	-0,41	-0,197	0,1681	0,0388	49	0,0808	2,87	1,379	-7,607	57,8664
$\Sigma$	26,88	16,104	1200	-	-	1,9132	1,7146	712	1,6284	12,81	0,24	-	744,9887

Volumes of taken parts of a massif are modelled in borders of open developments characteristic at the final stage of development of mining operations, namely at achievement of the set parameters on depth concerning an earth surface. Other sizes of excavations, for example their width in a cross of pro-deleting of layers, are secondary since depend on their general depth and a hade of layers

Therefore, modeling conditions with restriction of depth of working off of an extraction site is initial for definition financial costs of realization of various stages of open mining operations. In this case development of mathematical model is comparable with design of cuts at which also depth of working off  $H$  for which previously is set is settled an invoice taken volumes of parts of a massif.

External economic conditions of activity of cuts in developed model are defined by proceeds from sales of coal  $B_{np}$  which act as economic criterion of an assessment of prime cost of coal  $C_p(F_i)$  (1)-(3). Determination of economically rational parameters  $F_i$  is reduced to the solution of the equation of balance of economic activity of the enterprise of transition representing a boundary condition from profitable work of an extraction site to unprofitable work (Figure 2).

$$B_{np} = C_p(F_i), \quad (4)$$

$B_{np}$  - proceeds from sales of one ton of coal got on a site.

$$B_{np} = \Pi - H\Delta C = \Pi(1 - K_{\Delta C}), \quad (5)$$

$\Pi$  - the price of got brand of coal on a sales market;

$H\Delta C$  - value added tax and other payments;

$K_{\Delta C}$  - the coefficient considering a value added tax.

The analysis of technical and economic indicators of work of an extraction site, is carried out with use of the software product at change of the various technological and geological parameters  $F_i$  in studied range

$$F_{i,H} \leq F_i \leq F_{i,K}, \quad (6)$$

$F_{i,H}$  - initial value of studied parameter  $F_i$ ;

$F_{i,K}$  - final value of studied parameter  $F_i$ .



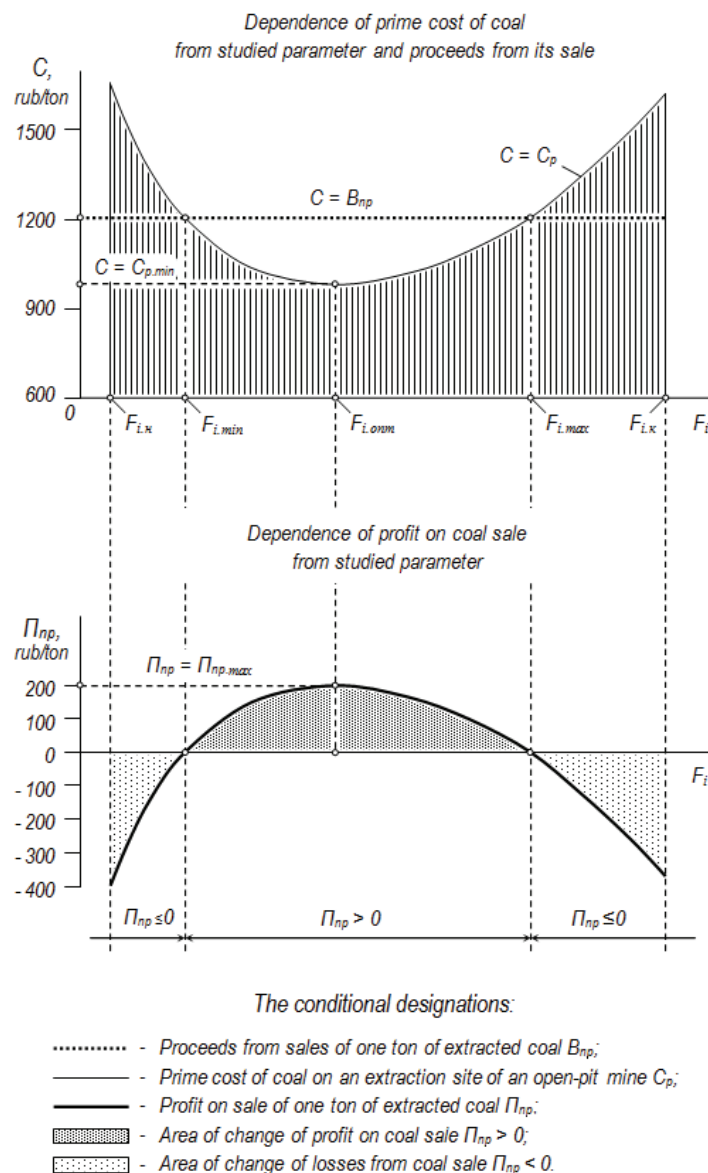


Figure 2 – Schedules of dependences of economic indicators  
n the extraction section site from change of studied parameter  $F_i$

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{\sum \Delta z^2}{n}}; \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum \Delta x^2}{n}}; \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum \Delta y^2}{n}}. \quad (4)$$

Подставляя полученные значения параметров в следующую формулу, имеем:

$$a = \frac{\sigma_z}{\sigma_x} \cdot \frac{r_{zx} - r_{zy} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}; \quad b = \frac{\sigma_z}{\sigma_y} \cdot \frac{r_{zy} - r_{zx} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}; \quad (5)$$

отсюда общий вид уравнения имеет вид:

$$z - \bar{z} = \frac{\sigma_z}{\sigma_x} \cdot \frac{r_{zx} - r_{zy} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2} (x - \bar{x}) + \frac{\sigma_z}{\sigma_y} \cdot \frac{r_{zy} - r_{zx} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2} (y - \bar{y}). \quad (6)$$

Среднеквадратическая ошибка уравнения регрессии вышеуказанных показателей вычисляется по формуле:

$$S_z = \pm \sigma_z \sqrt{\frac{1 - r_{zx}^2 - r_{zy}^2 - r_{xy}^2 + 2r_{zx} \cdot r_{zy} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}}; \quad (7)$$

Линейная зависимость трех переменных показателей выбрана нами в связи с тем, что с увеличением интенсивности накопления грязи  $x$  и скорости движения  $y$  прямо пропорционально растет и уровень запыленности  $z$ .

Таким образом, по результатам экспериментов, где количество отбора проб составило 24, парные коэффициенты корреляции составили:  $r_{zx}=0,899$ ;  $r_{zy}=0,347$ ;  $r_{xy}=0,008$ .

Среднеквадратические отклонения составили:  $\sigma_z = 0,282$ ;  $\sigma_x = 0,267$ ;  $\sigma_y = 5,446$ .

Подставляя значения параметров  $a = 0,946$ ;  $b = 0,017$ ;  $c = -0,364$  в уравнение (1) получим зависимость запыленности воздуха на улично-дорожной сети городов от уровня накопления грязи на прилотовой части дорог и скорости движения транспортных средств:  $z = 0,946x + 0,017y - 0,364$ .

Среднеквадратическая ошибка уравнения регрессии равна  $S_z = \pm 0,077$  мг/м<sup>3</sup>.

На рисунке 1 предлагается номограмма для определения запыленности на высоте 1,5 м над бортовым камнем улиц г. Кызылорды от интенсивности накопления грязи прилотовой части дорог и скорости движения транспортных средств.



где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – неизвестные постоянные параметры уравнения;  $z$  – уровень запыленности над бортовым камнем,  $\text{мг/м}^3$ ;  $x$  – интенсивность накопления загрязнений в прилотовой части дорог,  $\text{кг/м}^2$ ;  $y$  – скорость движения транспортных средств,  $\text{км/ч}$ .

Проведенные теоретические исследования показали точность результатов в обоих расчетах, в связи с этим предлагается первый способ определения параметров. Для нахождения неизвестных параметров  $a$ ,  $b$ ,  $c$  уравнения (1) и коэффициента корреляции  $R$ , указывающего на тесноту связи, данные наблюдений необходимо свести в таблицу 1 и провести расчеты остальных граф.

Общий коэффициент корреляции вычисляется по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{r_{zx}^2 + r_{zy}^2 - 2r_{zx} \cdot r_{zy} \cdot r_{xy}}{1 - r_{xy}^2}}, \quad (2)$$

где  $r_{zx}$ ,  $r_{zy}$ ,  $r_{xy}$  – парные коэффициенты корреляции.

Далее, для того, чтобы выделить степень влияния на уровень запыленности  $z$  скорости движения автомобилей  $y$  и интенсивности накопления грязи  $x$  в отдельности и определить, общий коэффициент корреляции  $R$ , рассчитываем парные коэффициенты корреляции:

$$r_{zx} = \frac{\sum \Delta x \cdot \Delta z}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta z^2}}; \quad r_{zy} = \frac{\sum \Delta y \cdot \Delta z}{\sqrt{\sum \Delta y^2 \cdot \sum \Delta z^2}}; \quad r_{xy} = \frac{\sum \Delta x \cdot \Delta y}{\sqrt{\sum \Delta x^2 \cdot \sum \Delta y^2}}; \quad (3)$$

Здесь  $\Delta x = x_i - \bar{x}$ ;  $\Delta y = y_i - \bar{y}$ ;  $\Delta z = z_i - \bar{z}$  – отклонение значения каждого фактора от среднего его значения. Здесь  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ ;  $\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$ ;  $\bar{z} = \frac{\sum z}{n}$  – средние значения интенсивности накопления грязи, скорости движения транспортных средств и уровня запыленности над бортовым камнем соответственно.

Парные коэффициенты корреляции показывают тесноту линейной связи между двумя факторами, при этом третья величина условно остается постоянной.

Непосредственное определение искомых параметров  $a$ ,  $b$  и  $c$  проводится после нахождения среднеквадратического отклонения уровня (1) запыленности  $z$ , интенсивности накопления загрязнений в прилотовой части дороги  $x$  и скорости движения транспортных средств  $y$ :

Economic efficiency of working off of any extraction site is estimated by receiving profit or the suffered losses from coal sale. Receiving profit on coal sale at change of studied parameters corresponds to a condition

$$\Pi_{np}(F_i) = B_{np} - C_p(F_i) > 0, \quad (7)$$

$\Pi_{np}(F_i)$  – profit on sale of ton of coal as function from the studied parameters of technology  $F_i$  on an extraction site of an open-pit mine.

Receiving profit on sale of coal  $\Pi_{np}$  corresponds to economically rational range of change of studied parameter  $F_i$

$$F_{i.min} < F_i < F_{i.max}, \quad (8)$$

$F_{i.min}$  – the minimum recommended value of parameter  $F_i$ ;

$F_{i.max}$  – the maximum recommended value of parameter  $F_i$ .

Suffered losses from sale of coal corresponds to negative profit and unprofitable work of a section at not recommended range of change of studied parameter  $F_i$

$$\Pi_{np}(F_i) = B_{np} - C_p(F_i) < 0, \quad (9)$$

$$\text{where } F_i < F_{i.min} \text{ and } F_i > F_{i.max}. \quad (10)$$

#### IV. Conclusions.

The offered economic-mathematical model allows:

1) to exclude economic situations at which the open-pit mine effectively working and possessing modern technology of coal mining, at change of conditions can be not profitable, for example:

- at incorrectly chosen technological parameters of open excavations, for example, working off depths;

- at economically irrational geological parameters of layers planned to working off on extraction sites, for example, thickness of a layer of deposits, capacities of layers, etc.;

- at change of economic conditions, for example, coal prices, etc.;

2) to receive the answer to the main question: that it is necessary to change in technology to leave a difficult economic situation or to improve indicators of work of a open-pit mine.

At present the model passes industrial approbation on coal open-pit mine «Stepanovsky» and on coal open-pit mine «Siberginsky» (Russia, Kemerovo region).

#### Literature:

1. Fedorin V.A. and others. About the priority directions of association of open and underground geotechnologies in uniform system of conducting mining operations in Kuzbass // Messenger KuzGTU. – 2012. – № 3. – P. 102-107.

2. Shakhmatov V.Ya. The combined way of development of coal fields with use of infrastructure of adjacent mine // GIAB. – 2011. – № 7. – P. 49-51.
3. Borisov I.L. Express a method of an assessment of the expected capacity of the coal-mining enterprises // Subsurface use the XXI century. – 2011. – №3. – P. 30-33.
4. Shacklein S.V., Rogova T.B. Software of monitoring of reliability of stocks of the coal-mining enterprises // Messenger KuzGTU. – 2012. – № 1. – P. 20-26.
5. Klishin V.I., Zvorygin L.V., Lebedev A.V., Savchenko A.V. Problems of safety and new technologies of underground mining of coal fields. – Novosibirsk: Publishing House «Novosibirsk Writer», 2011. – 524 p.
6. Gerike B.L., Doronin S.V. Modeling of influence of a rail track // Messenger KuzGTU. – 2011. – № 2. – P. 47-50.
7. Gerike B.L., Gerike P.B. Vibration diagnostics of the concentrating equipment // Mining information and analytical bulletin. – 2011. – OV№ 3. – P. 361-366.
8. Shacklein S.V., Pisarenko M.V. Multilevel geometrical models of coal fields // Markscheideria and subsurface use. – 2011. – № 4. – P. 49-52.
9. Cherdantsev N. V., Preszler V. T. Modeling of a geomechanical condition anisotropic on durability of the non-uniform massif of coal // Messenger KuzGTU. – 2011. – № 3. – P. 15-22.
10. Shacklein S.V., Pisarenko M.V. Development of approaches to an assessment of ambiguity of geometrical models of coal fields // High technologies of development and use of mineral resources. – Novokuznetsk, 2011. – P. 148-152.
11. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Rezanova E.V. Intense the deformed condition of the massif of the coal containing development with system of planimetric screw and longitudinal channels // Mining information and analytical bulletin. – 2011. – OV № 2. – P. 24-42.

**К.т.н. Савелов Д.В., д.т.н. Драгобецкий В.В., Носач А.С.**

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского,  
Украина*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА РАСПРЕДЕЛЯТЬ НАГРУЗКУ ПРИ ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПУАНСОНОМ ВИБРАЦИОННОГО ПРЕССА

Для производства изделий из металлических порошков с более высокой плотностью широко используются вибрационные методы. При осуществлении технологического процесса прессования происходит взаимодействие пуансона с металлическим порошком. При этом характер распределения усилия, которое

рые будут опираться на социально-экономический, экологический прогноз, на реальности архитектурной жизни.

Актуальным становится не жесткая предопределенность генеральных планов, рассчитанных на десятилетие вперед, а возможность предвидения их изменений, «модификаций в пространстве». Об этой возможности еще 24 века тому назад говорил великий Аристотель: «Правильную планировку не следует придавать всему городу, а лишь отдельным частям и местам. Это будет хорошо в смысле безопасности и красоты»

Интеллектуальная (научная) составляющая нашего архитектурного процесса помимо традиционного участия в профессиональном образовании и изучении истории зодчества может и должна сегодня включать такие области, как предпроектные концептуальные проработки, эскизное вариантное проектирование, научные экспертизы и заключения. Таков вызов времени.

**Киялбаев А.К., Байдаров Ж.М.**

*Казахская автомобильно-дорожная академия им. Л.Б.Гончарова*

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУХА В ПРИДОРОЖНОЙ ЗОНЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Пыль на городских улицах и дорогах появляется в результате выпадения ее частиц из воздуха, смыва водой во время дождя и таяния снега частиц грунта с газонов и других озелененных территорий, прилегающих к улицам, заноса грязи колесами автомобилей со строительных площадок и других не благоустроенных территорий, накопления бытового мусора ( $m_0$ ) и другими путями. Кроме того, на содержание пыли в воздухе сильно влияют транспортные характеристики движения, уровень инженерного обустройства улиц ( $b_y$ ) и качество их содержания ( $c_k$ ).

Для определения появления запыленности над бортовым камнем улиц от скорости движения транспортных средств ( $v$ ) и интенсивности накопления грязи ( $x$ ) в прилотовой части автомобильных дорог нами в городах Алматы и Кызылорде проведены ряд экспериментальных исследований и теоретические расчеты. Эти исследования показали, что между уровнем атмосферной пыли в городах и вышеперечисленными факторами имеются линейные зависимости.

Выдвигая гипотезу о линейной зависимости между вышеперечисленными факторами ( $z, x, y, b_y, c_k$  и др.), необходимо найти уравнение линейной связи трех переменных величин вида /2/:

$$z=ax+by+c, \quad (1)$$

1. Одна из самых важных – транспортная проблема. Количественный рост автотранспорта позволяет говорить о качественном изменении условий жизнедеятельности с точки зрения:

экологии, загрязнения окружающей среды, а значит, угрозы здоровью человека; безопасности движения (потенциальная опасность автотранспорта); непроизводительных потерь времени на производстве и в быту за счет замедления и остановки автотранспортного потока.

2. Проблемы селитебных территорий. Это проблема локализации высококомфортного жилья, создание социально-изолированных VIP-районов и в то же время маргинальности районов экономной застройки. Архитектурно-средовой подход здесь прямо влияет на характер и качество жизни, на общественную гармонию.

3. Проблемы исторических центров. Коммерциализация центров городов, утрата характера исторической застройки, появление «новоделов», собственно утрата преемственности и традиций в архитектурной среде, разрушение принципа ансамбленности.

4. Проблемы производственных зон. Экономическая необходимость дезинтеграции производства, возникновение экологически чистых и замкнутых производственных циклов, изменение функции крупных производств, предприятий, например под торгово-развлекательные цели. 5. Проблемы инфраструктур. Недостаточность и неразвитость инфраструктур: обслуживающих предприятий, образовательных учреждений, коммуникаций в районах новой застройки. Коттеджная застройка как анти среда, не имеющая общественных зон, способствующая самоизоляции людей.

6. Проблемы сакральных зон, собственно общественных объектов и центров поселений, имеющих смысловое, идейное значение (что вместо памятника Ленину?). Утрата монументального искусства, замена его на декоративно-развлекательное, потеря общегражданских тем в художественной практике.

В современном мире наука архитектуры не может больше иметь описательный, оторванный от жизни характер. Она должна обращаться к труднейшим вопросам общественного бытия и развития.

Колоссальные изменения в архитектурной среде таких городов, как Москва, Варшава, Петербург, начинающиеся изменения у нас в стране заставляют вновь и вновь задуматься о развитии нашей архитектуры. Беларусь в этом смысле имеет все возможности прогнозировать и гармонизировать свое архитектурное развитие исходя из таких реально позитивных факторов, как:

размеры, компактность территорий;  
управляемость, недеформированность социально-экономического устройства;  
ментальность народа, его исторические, культурные и архитектурные традиции.

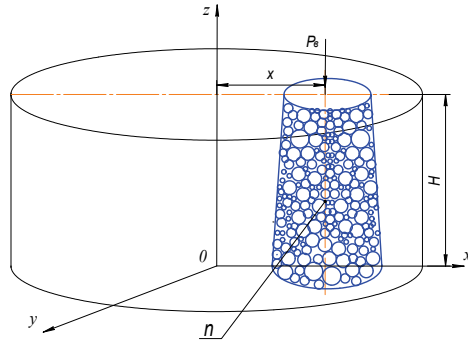
Архитектурная наука более не может развиваться догматически, она должна предлагать многовариантность и гибкость архитектурных систем, кото-

передается от пуансона металлическим частицам порошка, определяет эффективность процесса прессования и качество получаемых изделий.

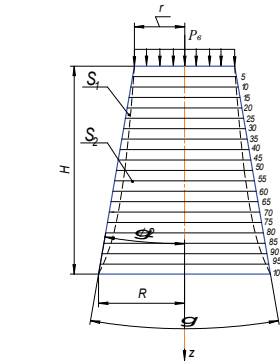
Предложенные методы описания характера распределения нагрузки в зернистых средах И.И. Кандауровым базируются на том, что взаимодействие отдельных частиц среды представлено в виде так называемой «кирпичной кладки», а прикладываемое усилие распределяется между элементами среды по законам теории вероятностей [1, 2]. Вопросы распределения давлений в прессуемых порошковых телах описаны в трудах М.Ю. Бальшина, Г.М. Жданова [3, 4] и других исследователей, которые в своих работах заложили фундаментальные основы прессования порошковых материалов. Эти исследования базируются на гипотезе о сплошности прессуемого порошкового тела. Данная работа направлена на дополнение и развитие существующих теоретических положений о распределительной способности порошковых сред, находящихся под действием рабочих органов формующих машин. В связи с этим представляет интерес рассмотрение такой модели распределения нагрузки в порошковой смеси, позволяющей в дальнейшем обоснованно представить характер распределения усилия по высоте прорабатываемого слоя порошка.

Целью работы является создание расчетной модели распределения нагрузки в порошке, позволяющей описать характер изменения вибрационной нагрузки в зависимости от толщины прессуемого слоя порошковой смеси.

Металлическая порошковая смесь представляет собой рыхлую сыпучую среду с различной геометрической формой и расположением металлических частиц, обладающих разной твердостью и шероховатостью. Такие тела называют сыпучими или порошковыми [4], поэтому при осуществлении технологического процесса прессования порошковых смесей на вибрационных прессах, где происходит взаимодействие пуансона с порошковой смесью, они обладают способностью распределять внешнюю нагрузку. В работе [4] Г.М. Ждановым при изучении распределяющей способности порошка рассмотрен переход от полупространства к «эквивалентному конусу» бесконечной длины, конфигурация металлических частиц принималась простой, а изменение компонентов напряжений и интенсивности контактной нагрузки учитывается поправочными функциями. Однако же в действительности прессовки в пресс-форме имеют ограниченную высоту  $H$ . Поэтому для изучения изменения вибрационной нагрузки в порошковой смеси мысленно выделим из всего массива порошковой смеси элемент  $n$ , находящийся в пресс-форме под давлением прессования и содержащий частицы различной крупности, и рассмотрим его взаимодействие с рабочей поверхностью пуансона вибрационного пресса (рис. 1).



**Рисунок 1 – Расчетная схема элемента  $n$  порошка для цилиндрической прессовки**



**Рисунок 2 – Изменение образующих элемента  $n$  в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  и высоты слоя  $H$**

Теоретические исследования будем проводить для цилиндрического образца. По аналогии с работами [4, 5, 6] элемент  $n$  будем рассматривать в полупространстве. Это значит, что элемент  $n$  ограничен по высоте и не ограничен по ширине. Поскольку порошковая смесь обладает распределяющей способностью [3 – 6], то естественно предположить, что интенсивность распределения вибрационной нагрузки на поверхности выделенного элемента  $n$  будет отличаться от интенсивности нагрузки в основании данного элемента. Будем считать, что характер распределения вибрационной нагрузки в порошковой смеси в направлении прикладываемой нагрузки, будет определяться показателем  $\delta$ . Значение показателя  $\delta$  в первом приближении можно определить исходя из следующих соображений. Поскольку порошковая смесь обладает распределяющей способностью, то справедливо предположить, что распределение вибрационной нагрузки между металлическими частицами порошковой смеси имеет форму усеченного конуса с углом при вершине  $\gamma$ . Основываясь на данных, взятых в работах [5, 6], для проведения теоретических исследований, угол  $\gamma$  распределения вибрационной нагрузки в порошковой смеси принят в пределах  $15^\circ - 45^\circ$ . По аналогии с рассуждениями, описанными в работах [4, 5, 6], для определения значения показателя  $\delta$  в первом приближении условно представим распределение вибрационной нагрузки между металлическими частицами порошковой смеси в виде усеченного конуса высотой  $H$ , на вершине которого действует распределенная нагрузка от силы  $P_n$ , а нижнее основание радиусом  $R$  является площадкой контакта (рис. 2).

Методология модификации СМ армированных стен должна базироваться на введении в расчетную модель стержней ориентированных перпендикулярно главным сжимающим напряжениям для оценки усилий в арматуре, расположенной в сжатой зоне.

При расположении арматуры любого вида в растянутой зоне модификации СМ для определения усилий в этой арматуре не требуется.

Используем теорию сопротивления сжатых железобетонных элементов с различным углом наклона, под площадкой передачи усилий на сжатый элемент возникают упрочненные зоны клиновидного очертания грани которой наклонены под углом  $45^\circ$ . Возникает проблема определения размеров грузовых площадок двух расчетных сжатых армокирпичных полос стен. Предлагается в качестве эквивалентных грузовых площадок использовать ширину наклонных полос по низу и по верху  $l_{sup,v}$  и  $l_{sup,d}$ , рис. 1. Усилия поперечного растяжения определяются путем замены каждого усилия на два расклинивающих сжимающих усилия  $S_{c,1}$   $S_{c,2}$  наклоненных под углом  $45^\circ$  к поперечной оси каждого сжатого подкоса-полосы. В результате образовалась самостоятельная стержневая модель каждого сжатого подкоса, позволяющая определить усилия поперечных растяжений  $T_1$  и  $T_2$ . Таким образом, цель достигнута, имеется в виду, что модификации расчетных моделей армированных стен включают в себя самостоятельные стержневые модели, позволяющие определить вышеназванные усилия, которые воспринимает армированная кладка.

Ермолаева Д. В.

## СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Беспроblemность в науке – неправильный, тупиковый путь. Однако, так же как уход в сторону созерцания, непродуктивен подход с точки зрения раз и навсегда готового рецепта решения проблемы, якобы уже созданной научной системы, позволяющей решать все вопросы архитектурного развития. По сути, здесь мы имеем дело с ошибками всего нашего тоталитарного прошлого, которое провозглашало открытие вечной тайны общественного развития и рецепта создания «прекрасного будущего», в т. ч. в области архитектуры. Действительность принципиально изменилась, и сейчас мы имеем дело с другой моделью общества – рыночной социально-экономической системой, а в случае «белорусской модели» – регулируемой рыночной экономикой. Именно из понимания этой новой социально-экономической ситуации, новой модели общественного развития должны исходить архитектурная практика и наука, не изменяя своей главной цели – позитивного преобразования материальной среды обитания человека. Какие же важнейшие проблемы стоят перед нашей архитектурно-градостроительной наукой?

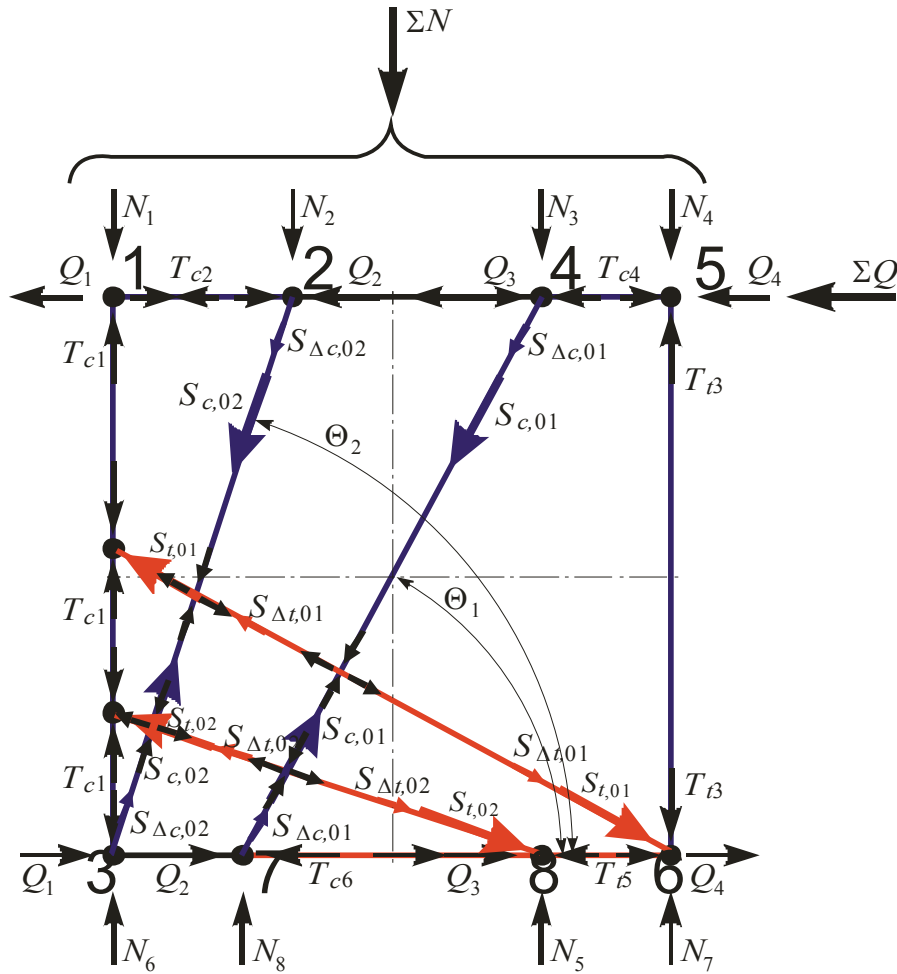


Рис. 1. Схема упрощенной стержневой модели стеновых конструкций при совместном действии вертикальных и горизонтальных сил.  
Схема усилий

В этом случае радиус основания  $R$  выделенного элемента  $n$  может быть найден из следующей зависимости:

$$R = r + H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right). \quad (1)$$

На рис. 2 сплошной линией показано изменение образующих нашего усеченного конуса в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  и толщины слоя  $H$  в направлении вибрационного воздействия. В этом случае площадь рассматриваемого усеченного конуса из порошка может быть найдена из зависимости:

$$S_1 = \pi \cdot (R + r) \cdot l, \quad (2)$$

где  $l = \frac{H}{\cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$  – длина образующей усеченного конуса (рис. 2).

В этом случае выражение для определения площади  $S_1$  примет вид:

$$S_1 = \pi \cdot \left( 2 \cdot r + H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) \right) \cdot \frac{H}{\cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}, \quad (3)$$

По аналогии с рассуждениями, приведенными в работах [5, 6], для определения показателя  $\delta$  аппроксимируем выражение (1) зависимостью вида:

$$R = r \cdot e^{\delta x}. \quad (4)$$

В этом случае площадь нашего усеченного конуса может быть найдена по зависимости:

$$S_2 = \pi \cdot \left( r \cdot e^{\delta x} + r \right) \cdot \frac{H}{\cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}. \quad (5)$$

Приравняем выражения (2) и (5) и, проведя преобразования с учетом того, что  $z = H$ , найдем значение показателя  $\delta$  в виде:

$$\delta = \frac{\ln\left(1 + \frac{H}{r} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)\right)}{H}. \quad (6)$$

Полученная зависимость имеет некоторое сходство с зависимостью, полученной в работах [5, 6]. Поэтому следуя аналогичным рассуждениям, опреде-

лим значение показателя  $\delta$  для крайней точки выделенного усеченного конуса  $n$  и, используя зависимость (3) покажем, как будет изменяться образующая усеченного конуса  $l$  в полупространстве в зависимости от сечения  $z_i$  слоя порошка  $H$  в направлении вибрационного воздействия. В этом случае с учетом того, что ось  $z$  принадлежит и полупространству, и усеченному конусу изменение площади усеченного конуса в направлении вибрационного воздействия будет иметь вид, показанный пунктирной линией на рис. 2.

Для уточнения показателя  $\delta$  использовались численные положения метода последовательных приближений и последовательность, описанная в работах [5, 6]. В этом случае площадь нашего усеченного конуса  $n$ , взаимодействующего с пуансоном вибрационного пресса, может быть представлена в виде:

$$S_2' = \int_0^H r \cdot e^{\delta z} dz, \quad (7)$$

откуда, проведя преобразования, найдем:

$$S_2' = \frac{r \cdot (e^{\delta H} - 1)}{\delta}. \quad (8)$$

На рис. 3 показано, как изменяются образующие нашего усеченного конуса по координате  $z$  в направлении вибрационного воздействия при определении площади по уточненной зависимости (8).

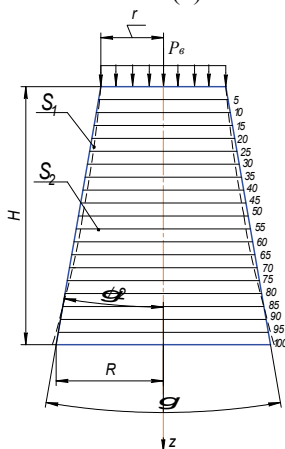


Рисунок 3 – Изменение образующих выделенного усеченного конуса в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  и толщины слоя  $H$  при определении площади  $S_2'$  по уточненной зависимости

## BUDOWNICTWO I ARCHITEKTURA

### NOWOCZESNE TECHNOLOGIE BUDOWNICTWA, REKONSTRUKCJI I RESTAURACJI

К.т.н. Туманов А.В.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, Россия

### МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ КАРКАСНО-СТЕРЖНЕВОЙ МОДЕЛИ АРМИРОВАННЫХ КИРПИЧНЫХ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Армирование стен горизонтальными – сетками, а также пространственными вертикальными каркасами – этажерками осуществляется для повышения сопротивлению стен совместному действию вертикальным и горизонтальным сил. Экспериментально установлено, что рассмотренное армирование действительно повышает сопротивление стен. Степень сопротивления зависит от вида армирования и частоты расположения рабочих стержней, при этом характер образования трещин и схем разрушения не имеет принципиальных отличий от стен аналогов, не имеющих арматуры. Это является обоснованием целесообразности использования методологии построения расчетных моделей для неармированных стен, рис. 1. Следовательно, предлагаемая методология построения расчетных моделей армированных стен в полной мере включает в себя всю совокупность методов построения СМ неармированных стен. Встает вопрос – каким образом СМ армированных стен должны быть построены для того, чтобы определить какое усилие передается на арматурные стержни различного вида и ориентации в кирпичной кладке стен. Очевидно, ответ на этот вопрос можно получить из анализов результатов экспериментально-теоретических исследований сопротивления стен.

Оказалось, что при всех видах армирования арматурные стержни выполняли три функции, арматурные стержни, расположенные в пределах сжатых зон-полос, оказывали два вида сопротивления – развитию поперечных деформаций. То есть эти стержни оказывали сопротивление поперечному растяжению и продольному сжатию, то есть сопротивление поперечному удлинению и продольному укорочению. Арматурные стержни, расположенные в пределах растянутых зон-полос, оказывали прямое сопротивление растяжению. Следовательно, арматурные стержни выполняли роль, возложенную на них конструктором, то есть работали на растяжение. Подробный анализ характера сопротивления армированной кладки приводится ниже. В данном разделе методология построения расчетных моделей армированных стен должна включать в себя предпосылку, которая заключается в том, что работа арматуры должна быть имитирована растянутыми СМ.

- теория анализа и синтез систем на множестве состояний функционирования [2],
- метод синтезирующих переменных для оперативного получения вида функций оптимального управления и их параметров [2],
- применение методов искусственного интеллекта для решения трудно формализуемых задач. Например, для решения задачи параметрической идентификации моделей слабо формализованных процессов использовались нейронные сети; для обработки потоков информации, определения состояния функционирования и распознавания классов управления, а также синтеза оптимального управляющего воздействия, применялись объектно-ориентированное представление знаний фреймами, семантическая сеть, представленная в виде И-ИЛИ графа, а также представление знаний правилами productions.

Отличительные особенности разработанной ИСУ заключаются в принятии решений в условиях ограниченной и неполной информации, неопределенности, многомерного пространства. А также необходимости оперативно:

- обрабатывать и анализировать большой массив информационной базы данных системы,
- распознавать изменение состояния функционирования объекта управления,
- определять цели управления,
- идентифицировать математические модели объектов управления,
- выбирать стратегию управления,
- определять особенности задач управления,
- синтезировать управляющие воздействия.

Все эти особенности функционирования также относят разработанную систему управления к классу интеллектуальных систем.

Апробация разработанной ИСУ проведена для двух классов ТТА. Это сушильные установки вальце-ленточного типа (СВЛ) и печи отжига магнитопроводов (ТОМ-1). Разработаны:

- объектно-ориентированная ИСУ четырех, пяти и шести- камерных сушильных установок вальцеленточного типа (СВЛ). Ее применение для различных СВЛ позволяет экономить от 5 до 10% энергоресурсов в режиме, а также увеличить вероятность выхода качественной продукции до 0,98 и повысить производительность до 5%;
- объектно-ориентированная ИСУ динамическими режимами установки отжига магнитопроводов (ТОМ-1), позволяющая экономить от 5 до 15% электроэнергии при разогреве печи для различных типоразмеров магнитопроводов.

#### Литература

1. Баумштейн И.П., Майзель Ю.А. Автоматизация процессов сушки в химической промышленности. – М.: Химия, 1970. – 232 с.
2. Муромцев, Ю.Л. Моделирование и оптимизация сложных систем при изменениях состояния функционирования / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин, О.В. Попова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. – 164 с.

Анализируя выражение (6) можно сделать вывод, что на числовое значение показателя  $\delta$  влияние оказывает принятый угол распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  в порошковой смеси, определяющий положение образующей усеченного конуса, и толщина слоя порошка  $H$  в направлении вибрационного воздействия  $z$ .

По теоретической зависимости (6) было найдено значение показателя  $\delta$  при значениях угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  от  $15^\circ$  до  $45^\circ$  и толщине слоя порошка в направлении вибрационного воздействия  $H$  от 0,005 м до 0,1 м. Для расчета показателя  $\delta$  разработана программа в среде MathCAD 11.

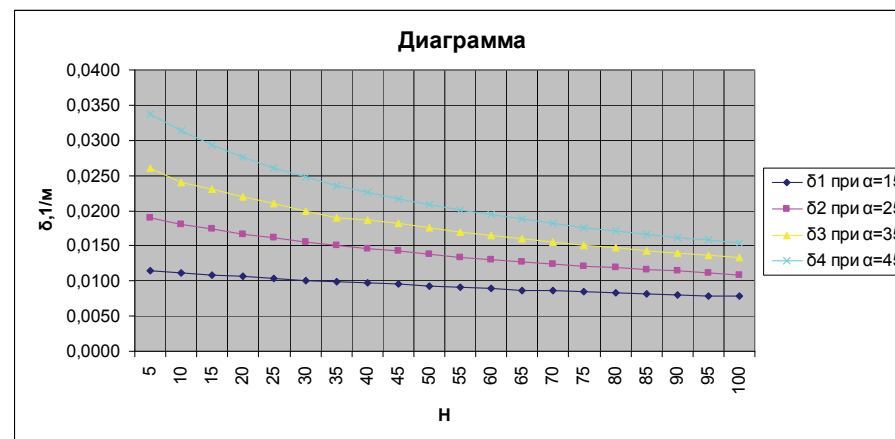


Рисунок 4 – Изменение значений показателя  $\delta$  в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  и толщины слоя порошка в направлении вибрационного воздействия  $H$

На рис. 4 показано, как изменяются числовые значения показателя  $\delta$  в зависимости от угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  в порошке и высоты усеченного конуса  $H$ . Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод о том, что числовые значения показателя  $\delta$  возрастают при увеличении угла распределения вибрационной нагрузки  $\gamma$  в порошке и уменьшается при увеличении высоты слоя усеченного конуса  $H$  в направлении вибрационного воздействия.

Выводы. В результате обзора предыдущих теоретических исследований предложена расчетная модель для описания характера изменения вибрационной нагрузки, передаваемой от пуансона вибрационного пресса порошковой смеси в зависимости от толщины слоя порошка.



Литература:

1. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва: Металлургия, – 1980. – 496 с.
2. Кандауров И. И. Механика зернистых сред и её применение в строительстве. 2-е изд., испр. и перераб. Л.: Стройиздат, 1988. – 280с., ил.
3. Бальшин М. Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургия волокна. – Металлургия, 1972. – 264 с.
4. Жданов Г. М. Теория прессования металлических порошков. – Металлургия, 1969. – 336 с.
5. Маслов А.Г., Савелов Д.В. Методика инженерного расчета основных параметров вибрационного рабочего органа грунтопрокалывающей установки. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ, 2004. – Вип.6/2004(29). –С.76-83.
6. Савелов Д.В. Розробка вібраційного робочого органа грунтопроколюючої установки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.04 «Машины для земляних та дорожніх робіт». – Полтава, 2004. – 21 с.

**Артемова С.В., Подхвятилин П.А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ**

В мире быстро сокращаются запасы высокоэнергетического сырья, и растет стоимость производства энергии. Возрождение отечественной промышленности и других отраслей производства ведет к значительному росту потребления топливно-энергетических ресурсов.

В ряде отраслей доля затрат топливно-энергетических ресурсов составляет от 15% до 40% себестоимости продукции (без учета стоимости сырья и материалов), а в отдельных случаях она достигает 75%. Низкая конкурентоспособность большинства отечественной продукции связана как с постоянным удорожанием энергоносителей, так и с неэффективным использованием топливно-энергетических ресурсов. Поэтому актуальной задачей является разработка и внедрение интеллектуальной системы управления (ИСУ) тепло-технологическими аппаратами по энергетическим показателям. ИСУ – совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающая решение задач анализа и синтеза управления режимами энергоемких объектов в реальном режиме времени без участия лица, принимающего решение.

К наиболее энергоемким объектам в промышленности и других отраслях производства относятся тепло-технологические аппараты (ТТА). ТТА – это одно или многокамерное устройство, в рамках которого осуществляются все стадии данного тепло-технологического процесса. При построении ИСУ будем рассматривать ТТА как взаимосвязанную совокупность оборудования, его составляющую.

ТТА, как объекты управления, представляют собой нелинейные системы с распределенными параметрами. Традиционно для управления процессами решаются системы дифференциальных уравнений в частных производных, содержащие эмпирические коэффициенты, это затрудняет оперативное получение их решения. Поэтому при определении основных параметров управляемого процесса принято использовать упрощенные инженерные методы, имеющие большие погрешности вычислений, что может приводить к нежелательным последствиям. В связи с этим данные методы не могут быть использованы при решении задач энергосберегающего управления [1]. Однако технология современного искусственного интеллекта позволяет находить решение задач управления подобными объектами. Интеллектуализация разработанной системы заключается в алгоритмизации синтеза управляющих воздействий, минимизирующих энерго- и ресурс- потребление в реальном режиме времени без участия лица, принимающего решение. Интеллектуализация базируется на следующих основных подходах. Это:



Супервизорное и диалоговое управление позволяют в значительной степени освободить человека от выполнения простейших, повторяющихся движений, работать в режиме диспетчирования. Очевидно, что при этом используется микропроцессорная система управления техническим процессом. В ряде случаев, для управления техническим процессом – управление роботом, требуется силоментное или тактильное оцувствление манипулятора, позволяющее организовать наиболее рациональное взаимодействие с объектом работы.

Весьма эффективными являются системы комбинированного дистанционного автоматического управления. В подобных системах н/пользователь подключается к управлению лишь в моменты выполнения наиболее сложных действий.

Вследствие значительных изменений в организме непрофессионального пользователя на протяжении всей работы системы, для улучшения функционирования, ставится вопрос о контроле его психофункционального состояния.

Современное развитие техники создало все предпосылки для создания автоматизированных систем с адаптацией под индивидуальные характеристики пользователя. На основании источников можно сформулировать следующие определения объективных и субъективных факторов влияющих на изменение психофункционального состояния непрофессионального пользователя:

- объективные факторы – показатели, которые имеют цифровое выражение: частота пульса, вес, сила мышц, жизненная емкость, временная производительность и др.

- субъективные факторы – показатели не четко формализуемые: самочувствие, настроение, наличие или отсутствие болевых и других неприятных и необычных ощущений, сон аппетит, работоспособность, настрой на работу, отношение к ней и др.

В общем случае функция психофункционального состояния человека выглядит следующим образом [1]:

$$K_{\text{Б}} = f(Q_1^*, Q_2^*, Q_3^*, \dots, Q_n^*) \cdot K_P + \varphi_{\text{НП}}(x_1, x_2, \dots, x_m) \quad (1)$$

где  $K_P$  – коэффициент, учитывающий организацию конкретного рабочего места пользователя

$\varphi_{\text{НП}}$  – функция психофизиологического состояния пользователя, составляющаяся в зависимости от важности определенного производственного процесса, его эксплуатационного состояния (раз в месяц, пол года, год и т.д.)

а) функциональное тестирование, осуществляемое на всех этапах разработки логической схемы;

б) функциональный контроль правильности работы образцов интегральных схем после их изготовления

#### Литература

1. Передерий В.И. к.т.н., доц., Цивильский Ф.Н. Бесконтактный способ контроля психофункционального состояния пользователя в условиях действующего производства.

## LOTNICTWO I ASTRONAUTYKA

К.т.н., доц. Василенко В.С., Дубчак О.В.

Національний авіаційний університет (НАУ), Україна

### ЦИКЛІЧНІСТЬ ОПЕРАЦІЙ КОНТРОЛЮ ПО ДОВІЛЬНОМУ МОДУЛЮ

#### Вступ

Нагадаємо, що для контролю чи контролю та поновлення цілісності інформаційних об'єктів загальної довжини  $m$  інформаційних символів, тобто із метою виявлення чи виявлення та виправлення можливих спотворень можна застосувати контроль по деякому модулю [1, 2]. Для цього можна використовувати ділення інформаційного об'єкту  $G(x)$ , де  $x$  – основа системи числення, в якій представлений цей інформаційний об'єкт, на деякий інший об'єкт  $P(x)$  довжиною  $k$  символів. Одержаний  $k$  символний лишок тим чи іншим чином дописують до початкового інформаційного об'єкту. В наслідок цього утворюється так зване базове кодове слово (БКС) довжиною  $n = m + k$ .

#### Постановка задачі

Таким об'єктом  $P(x)$  – контрольним модулем може бути або деяке число (наприклад, число 2 при контролі на парність чи непарність), або більш складна конструкція, наприклад утворюючий поліном (як в циклічних кодах). У першому випадку здійснюється обчислення  $k$  - значного лишку від розподілу  $m$  - розрядного початкового інформаційного об'єкту  $G(x)$  на відповідний  $k$  - значний модуль  $P(x)$ , передавання одержаного  $n$  - значного БКС каналами передачі, повторне, уже на приймальному боці, обчислення лишку від розподілу інформаційної частини прийнятого БКС та порівняння прийнятого та знов обчисленого лишків. При їх збіганні робиться висновок щодо відсутності спотворень, інакше – про їх наявність та, при певних умовах, – їх корегування.

У другому випадку (наприклад, у циклічних кодах) здійснюється обчислення лишку від розподілу зсунутого на  $k$  розрядів (чи помноженого на  $x^k$  (у відомих циклічних кодах  $x = 2$ )) початкового інформаційного об'єкту  $G(x)$  на утворюючий  $k$  - значний поліном  $P(x)$ . Одержаний  $k$  - значний лишок:

$$R(x) = G(x) \cdot x^k \{ \text{mod } P(x) \} \quad (1)$$

додається до зсунутого початкового інформаційного об'єкту, за рахунок чого одержують  $n$  - значне БКС  $F(x) = G(x) \cdot x^k + R(x)$ . На приймальному боці

здійснюється обчислення лишку від розподілу одержаного БКС на утворюючий поліном. При цьому одержується лишок:

$$\begin{aligned} R_z(x) &= [G'(x) \cdot x^k + R(x)] \{\text{mod } P(x)\} = \\ &= G'(x) \cdot x^k \{\text{mod } P(x)\} \oplus R(x) \{\text{mod } P(x)\} = \\ &= [R'(x) \oplus R(x)] \{\text{mod } P(x)\}, \end{aligned} \quad (2)$$

в якому  $[G'(x) \cdot x^k + R(x)]$  – значення прийнятого БКС із можливою наявністю спотворень в інформаційній частині БКС. У разі відсутності спотворень, тобто при  $G'(x) = G(x)$  маємо  $R'(x) = R(x)$ . Тоді у відомих циклічних кодах результат контролю дорівнює нулю  $R_z(x) = [R'(x) \oplus R(x)] \{\text{mod } P(x)\} = 0$ , оскільки усі операції додавання здійснюються за модулем 2 (mod 2), що позначено вище як  $\oplus$ , коли  $f(x) \oplus f(x) = 0$ . В наслідок цього при  $R'(x) = R(x)$  маємо  $[R'(x) \oplus R(x)] \{\text{mod } 2\} = 0$ , що свідчить про відсутність спотворень. В іншому випадку, тобто при наявності спотворень, результат контролю є відмінним від нуля. Неважко упевнитися в тому, що при наявності спотворень не в інформаційній частині БКС, а у надлишкових символах, тобто у разі  $G'(x) = G(x)$  та  $R'(x) \neq R(x)$  одержимо такий же результат  $R_z(x) \neq 0$ .

Відомо, що свою назву цей код одержав за ту властивість, що при контролі циклічно зсунутих БКС одержують ті ж результати, як і без зсуву. Поставимо задачу забезпечення циклічності операцій контролю по довільному модулю.

#### Циклічність операцій контролю по довільному модулю

Величина  $R(x)$  – остача від ділення  $G(x) \cdot x^k$  на  $P(x)$  показує, що, із іншого боку, для одержання цілочисельного результату ділення, а, отже, нульової остачі, досить збільшити ділене  $G(x) \cdot x^k$  на величину:

$$R'(x) = P(x) - R(x). \quad (3)$$

Тоді процедура кодування та подальшого виявлення наявності спотворень у вихідному інформаційному слові при використанні запропонованого підходу може полягати в наступній послідовності операцій.

При кодуванні:

- 1) обчислення остачі за виразом (1):

$$R(x) = G(x) \cdot x^k \{\text{mod } P(x)\};$$

- 2) доповнення цієї остачі згідно (3) до  $P(x)$ ;

$$R'(x) = P(x) - R(x);$$

- зв'язок стуму навантаження двигуна електробура з зусиллям на долото адекватно описується математичною моделлю Quadratic Fit;
- зв'язок потужності двигуна електробура з осьовою силою на долото адекватно описується математичною моделлю Sinusoidal Fit;
- зв'язок коефіцієнту зносу долота з осьовим зусиллям на долото адекватно описується математичною моделлю Reciprical Quadratic.

Отримані результати дають змогу удосконалити систему автоматизації керування процесом буріння свердловини електробурами, яка має змінну структуру шляхом урахування встановлених зв'язків під час переходу від керування за струмом навантаження двигуна до керування за активною потужністю.

#### Література:

1. Закиров Н.Н. Влияние технологических параметров бурения скважин на механическую скорость и проходку на долото/ Н.Н. Закиров // Бурение и нефть.- 2003.-№6.- С.16-18.
2. Бунчак З. Електробур. Парадокси і реальність / З.Бунчак, О.Дудар, О.Кенот, О.Туранський // Електроінформ -2003- №4.- С.8-11.
3. Роменко Ф.Н. Бурение скважин электробуром / Ф.Н. Роменко. – М.: Недра.- 1974.-272с.
4. Горбійчук М.І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин / М.І.Горбійчук, Г.Н.Семенцов. – Івано- Франківськ: Факел, 2003. – 493с.
5. Програмний продукт Curve Expert. Режим доступу. – <http://en.freestatistics.info/stat.php>

К.т.н Цивільський Ф.Н.

Николаевский Национальный Технический Университет

### ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ С АДАПТАЦИЕЙ ПОД ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

В современных автоматизированных системах степень участия непрофессионального пользователя в управлении техническим процессом не только определяется сложностью выполняемой операции, но и существенно зависит от структуры системы и принципа дистанционного управления. Так, при командном, копирующем и полуавтоматическом управлении процессом, как правило, взаимодействие с манипуляторами, непрофессиональный пользователь постоянно обеспечивает формирование движений его исполнительного устройства.

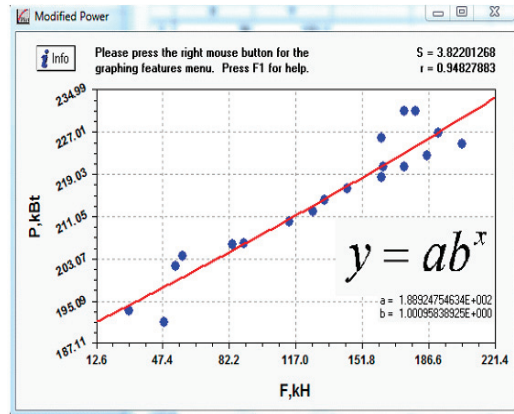


Рисунок 4- Графік залежності споживаної потужності двигуна електробура від зусилля на долото

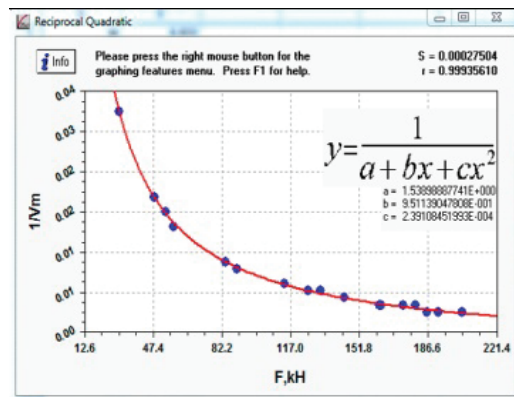


Рисунок 5- Графік залежності коефіцієнта зносу долота від зусилля на долото

### Висновок

У результаті аналізу взаємозв'язків показників процесу буріння нафтових і газових свердловин електробуром E240-8 з осьовою силою на долото, проведеного з використанням програмного продукту Curve Expert v 1.4, встановлено що:

• зв'язок механічної швидкості проходки з зусиллям на долото адекватно описується математичною моделлю 3<sup>rd</sup> degree Polynomial Fit;

3) формування результату завадостійкого кодування у вигляді  $n$  – значного БКС виду:

$$F'(x) = G(x) \cdot x^k + R'(x). \quad (4)$$

При декодуванні:

4) здійснення контролю цілісності прийнятого БКС  $F'(x)$  шляхом ділення його на утворюючий поліном  $P(x)$  та аналізу відповідної остачі.

Тоді в разі відсутності спотворень результат ділення величини  $F'(x)$  на  $P(x)$  дасть значення, яке дорівнює нулю:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma}(x) &= [G(x) \cdot x^k + P(x) - R(x)] \{ \text{mod } P(X) \} = \\ &= G(x) \cdot x^k \{ \text{mod } P(X) \} + [P(x) - R(x)] \{ \text{mod } P(X) \} = \\ &= [R(x) + P(x) - R(x)] \{ \text{mod } P(X) \} = P(x) \{ \text{mod } P(X) \} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

І, навпаки, при  $R_{\Sigma}(x) \neq 0$  слід робити висновок про їх наявність.

Зрозуміло, що процедура (5) є більш тривалою (принаймні на одну операцію) у порівнянні із процедурою (2) і її застосування для звичайних циклічних кодів є не завжди доцільним.

Але при здійсненні контролю із довільним модулем, представленим, наприклад у вигляді деякого простого числа  $P(x) = p_k$ , автором пропонується застосування процедур і обрахування БКС, і його контролю, які є близькими до процедур кодування звичайним циклічним кодом. При цьому виникає дещо інша ситуація. Зрозуміло, що функції утворюючого поліному  $P(x)$  повинен перебрати на себе цей контрольний модуль  $p_k$ . Тоді доповнення остачі до контрольного модуля набуде вигляду  $R'(x) = p_k - R(x)$ . Подальші операції при застосуванні цього коду покажемо на наступному прикладі.

**Приклад 1.** Нехай потрібно здійснити кодування деякого інформаційного об'єкту, наприклад у вигляді десяткового числа 9 ( $x = 10$ ), по модулю  $p_k = 13$ . Оскільки лишок від ділення на такий модуль потребує двох розрядів, то і БКС повинно мати [1, 2] два контрольних розряди ( $k = 2$ ) і у відповідності із (4) набуде значення:

$$F(x) = G(x) \cdot x^k + p_k - R(x) = 9 \cdot 10^2 + 13 - 900 \text{ mod } 13 = 913 - 3 = 910.$$

При відсутності спотворень результат контролю на приймальному боці дасть:

$$R'(x) = 910 \text{ mod } 13 = 0,$$

що свідчить про відсутність спотворень. Неважко упевнитися, що при наявності спотворення в одному із символів БКС величина  $R(x)$  є відмінною від

нуля. Наприклад, при  $F'(x) = 610$  одержимо  $R(x) = 610 \bmod 13 = 12 \neq 0$ , при  $F'(x) = 912$  одержимо  $R(x) = 912 \bmod 13 = 2 \neq 0$  і т.п.

Тоді застосування процедури (5) може дати певний виграш у наслідок відсутності, у цьому випадку, необхідності здійснення операції порівняння контрольної ознаки, одержаної разом із БКС, із контрольною ознакою, обрахованою для прийнятого із каналу повідомлення.

На цьому ж прикладі звернемо увагу на можливості щодо циклічності розглянутих операцій контролю по довільному модулю. Ці можливості полягають у вже згаданих властивості, що при контролі циклічно зсунутих БКС одержують ті ж результати, як і без зсуву. Але на відміну від суто двійкових циклічних кодів у разі необхідності контролю циклічно зсунутих БКС слід врахувати обмеження щодо їх контрольних ознак. Ці обмеження зводяться до того, що чисельні значення кодів контрольних ознак, по-перше, не мають бути більшими за контрольний модуль, а, по-друге, повинні бути доповненнями до контрольного модуля. Іншими словами, у разі одержання відмінного від нуля лишка:

1. При наявності впевненості, що контролювалося БКС без зсувів, зробити висновок, що має місце спотворення. При підозрі, що здійснювався контроль циклічно зсунутого БКС слід:

2. Згідно із вище визначеними обмеженнями обрахувати нове значення контрольної ознаки:  $R'(x) = p_k - R(x)$  та здійснити повторний контроль цілісності.

3. У разі одержання лишку, що дорівнює нулю, зробити висновок про відсутність спотворень БКС, яке є циклічно зсунутим. У іншому випадку – висновок, що має місце спотворення.

**Приклад 2.** Нехай потрібно здійснити декодування інформаційного об'єкту за прикладом 1, одержаним у вигляді 109 і є підозра, що це БКС може бути циклічно зсунутим.

Контроль цього об'єкту дасть  $R(x) = 109 \bmod 13 = 5 \neq 0$ . Отже, – прийнято спотворене або циклічно зсунуте БКС. Для перевірки щодо останнього припущення із врахуванням того, що у прийнятому БКС у вигляді 109 інформаційна частина дорівнює 1, а контрольна ознака  $R(x) = 09$ , обрахуємо нове значення контрольної ознаки:  $R'(x) = 13 - 9 = 04$  та здійсимо повторний контроль цілісності повідомлення 104. Результатом контролю є:  $R(x) = 104 \bmod 13 = 0$ .

**Висновок:** прийнятим є неспотворене циклічно зсунуте БКС.

**Приклад 3.** Нехай потрібно здійснити декодування інформаційного об'єкту за прикладом 1, одержаним у вигляді 604 і є підозра, що це БКС може бути циклічно зсунутим.

Контроль цього об'єкту дасть  $R(x) = 604 \bmod 13 = 6 \neq 0$ . Для перевірки щодо останнього припущення із врахуванням того, що у прийнятому БКС у вигляді 604 інформаційна частина дорівнює 6, а контрольна ознака  $R(x) = 04$ ,

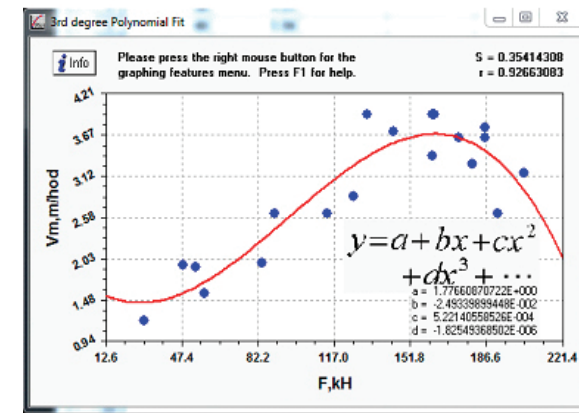


Рисунок 2- Графік залежності механічної швидкості проходки від зусилля на долото

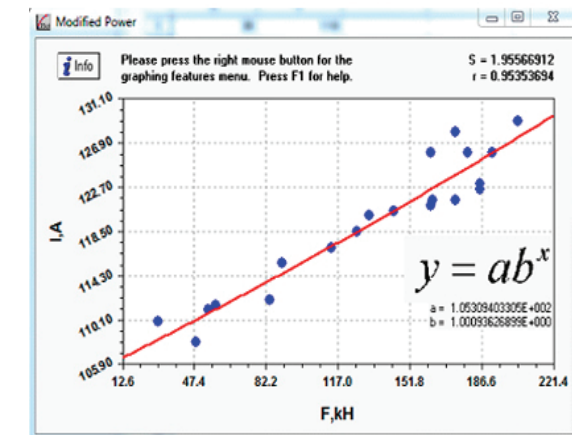


Рисунок 3- Графік залежності струму навантаження двигуна електробура від зусилля на долото

Таблиця 4

Моделі, що описують зв'язок споживаної потужності двигуна  
електробура з зусиллям на долото

№	Назва графіка	Загальний вигляд формули	Формула	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, S
1	Logarithm Fit	$y = a + b \ln x$	$y = 120 + 19,8 \ln x$	0.936	4.237
2	Weibull Model	$y = a - be^{-cx^d}$	$y = 290.6 - 118.9e^{-0.017x^{0.67}}$	0.948	4.056
3	Sinusoidal Fit	$y = a + b \cos(cx + d)$	$y = 208.3 + 20.3 \cos(0.01x + 3.5)$	0.905	3.905
4	Modified Power	$y = ab^x$	$y = 189^x$	0.948	3.822

Таблиця 5

Моделі, що описують зв'язок коефіцієнту зносу долота з зусиллям на долото

№	Назва графіка	Загальний вигляд формули	Формула	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, S
1	4 <sup>th</sup> degree Polynomial Fit	$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + ..$	$y = 6.74 \cdot 10^{-2} - 1.5 \cdot 10^{-3}x + 1.66 \cdot 10^{-5}x^2 - 7.92 \cdot 10^{-8}x^3 + 1.39 \cdot 10^{-10}x^4$	0.998	0.0003
2	Linear Fit	$y = a + bx$	$y = 0.025 - 0.001x$	0.893	0.003
3	Sinusoidal Fit	$y = a + b \cos(cx + d)$	$y = -0.03 + 0.02 \cos(0.01x + 1.44)$	0.964	0.002
4	Reciprocal Quadratic	$y = \frac{1}{a + bx + cx^2}$	$y = \frac{1}{1.54 + 0.951x + 0.00024x^2}$	0.999	0.0002

обрахуємо нове значення контрольної ознаки:  $R'(x) = 13 - 4 = 09$  та здійснимо повторний контроль цілісності повідомлення 609. Результатом контролю є:  $R(x) = 609 \bmod 13 = 11 \neq 0$ . **Висновок:** оскільки підозра щодо циклічного зсуву не підтвердилась, робимо висновок: прийнятим є спотворене БКС.

**Таким чином,** запропонований підхід свідчить про можливість використання циклічних властивостей певного класу кодів із контролем по довільному модулю.

1 Василенко В.С. Визначення потрібної надлишковості в коді «Зважених груп». Оптимальна надлишковість. / М.Ю. Василенко, А.В. Чунарьов // Матеріали 6-ої міжнародної науково-практичної конференції «Aktuální vymoženosti vědy – 2010», Díl 14, 27.06.2010 – 05.07.2010, ст. 22-24.

2 Василенко В.С. Визначення реальної надлишковості для коду «зважених груп». / М.Ю. Василенко, А.В. Чунарьов // Матеріали VI міжнародної Науково – практичної конференції «Наука: teoria i praktyka – 2010» 07–15 серпня 2010. Nowoczesne informacyjne technologie. Fizyka– Перемишль: «Nauka I studia» 2010. –Т. 7, С. 74–76

Пролетарский А.В. (д.т.н., проф.),  
Неусыпин К.А. (д.т.н., проф.), Кэ Фан (к.т.н., проф.)

(Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,  
Юго-западный институт технической физики г. Ченду, КНР)

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Разработан подход к задаче синтеза систем управления летательными аппаратами (ЛА) с использованием интеллектуальных технологий. Рассмотрены различные типы интеллектуальных и интеллектуализированных системы управления ЛА. Исследована наиболее перспективная интеллектуализированная система управления с акцептором действия, который включает генетические алгоритмы.

Разработка систем управления перспективными динамическими объектами, в частности ЛА, требует изучения новых подходов к их проектированию, создания новых концепций, модернизации существующего программно-алгоритмического обеспечения, создания новой элементной базы, применения новых информационных технологий.

В последнее время большое внимание уделяется исследованию интеллектуальных систем управления, основанных на теории функциональных систем

П.К. Анохина. На современном этапе реализация интеллектуальных систем в полном объеме на борту ЛА не представляется возможным из-за существенных требований к производительности БЦВМ.

Предложен подход синтеза интеллектуализированных систем управления (ИСУ), использующий в качестве интеллектуальной компоненты такую функциональную систему как акцептор действия. Акцептор действия состоит из алгоритма построения прогнозирующей модели, алгоритма прогноза и механизма сличения результата прогноза с состоянием объекта. В акцепторе действия ИСУ для построения прогнозирующих моделей используется генетический алгоритм.

На современном этапе в большинстве практических приложений реализуются системы управления, в которых цель функционирования системы задана априори. Такие системы называются ИСУ или системами с интеллектуальными компонентами. Существенным преимуществом таких систем является возможность реализации на базе серийных вычислительных средств.

Пролетарский А.В. (д.т.н., проф.),  
Федорова В.А. (к.т.н.), Алексеева Е.Ю. (студент)

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

В современных летательных аппаратах (ЛА) широко используются различные информационные системы (ИС), в частности ИС с интеллектуальными компонентами иначе интеллектуализированные системы. Например, бортовые оперативно-советующие экспертные системы (БОСЭС) относятся к классу консультативных ИС, которые функционируют в реальной бортовой информационной среде и ориентируются на реальные условия возможных сценариев изменения внешней обстановки с целью повышения эффективности ЛА. БОСЭС на верхнем и среднем уровнях должна стремиться к созданию в бортовых алгоритмах оперативных процедур логического вывода и порождения гипотез, отвечающих представлениям человека о правильности рассуждений и возможности их провести в сложившейся информационной среде борта.

Эффективность ИС и целесообразность ее разработки в большой степени зависит от структуры базы знаний, от ее адекватности и полноты. Необходимые для работы БОСЭС, закладываются в виде правил, математических моделей и группируются по сценариям. Наиболее сложной задачей при разработке БОСЭС является способ приобретения знаний, который применяется в процессе создания базы знаний. После приобретения знаний формируется база знаний, на основе которой механизм логического вывода манипулирует действиями по

За допомогою програми Curve Expert v 1.4 і вбудованого в ній майстра автоматичного підбору побудуємо лінії регресії для даних табл. 1[5]. Для першого випадку, тобто графіка залежності механічної швидкості проходки від осьового зусилля на долото використовуємо різні моделі й наведемо при цьому їх середньоквадратичні похибки. Останній графік виконано за допомогою команди Curve Finder. Дана команда автоматично виконує підбір моделі тим самим одержує бажаний результат. Дану методику використали й для інших випадків.

Отримані математичні моделі наведені в табл. 2,3,4,5.

Графіки залежностей  $v_m=f(F)$ ,  $I=f(F)$ ,  $P=f(F)$ ,  $1/v_m=f(F)$  з найбільшим значенням кореляції та найменшими похибками апроксимації, наведені на рис. 2,3,4,5.

Зведена інформація про рівняння регресії, похибки апроксимації та коефіцієнтами кореляції наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Моделі, що описують зв'язок механічної швидкості проходки з зусиллям на долото

№	Назва графіка	Загальний вигляд формули	Формула	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, S
1	Linear Fit	$y = a + bx$	$y = 1.22 + 0.013x$	0.828	0.497
2	2 <sup>nd</sup> degree Polynomial Fit	$y = a + bx + cx^2$	$y = -0.18 + 0.04x - 0.001x^2$	0.897	0.403
3	Exponential Fit	$y = e^{bx}$	$y = 1.64e^{0.004x}$	0.791	0.542
4	3 <sup>rd</sup> degree Polynomial Fit	$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$	$y = 1.78 - 0.025x + 0.0005x^2 - 0.0000018x^3$	0.926	0.354

Таблиця 3

Моделі, що описують зв'язок струму навантаження двигуна електробура з зусиллям на долото

№	Назва графіка	Загальний вигляд формули	Формула	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, S
1	Linear Fit	$y = a + bx$	$y = 104 + 0.1x$	0.953	1.963
2	Quadratic Fit	$y = a + bx + cx^2$	$y = 105.6 - 0.09x - 0.00007x^2$	0.953	2.01
3	Logarithm Fit	$y = a + b \ln x$	$y = 69.2 + 10.5 \ln x$	0.918	2.563
4	Modified Power	$y = ab^x$	$y = 105.3^x$	0.953	1.955

дією в процесі заглиблення свердловини. Показниками процесу буріння вибрали активну потужність  $P$ , струм навантаження двигуна електробура  $I$ , механічну швидкість буріння  $v_m$ , оцінку зношення долота  $1/v_m$ , (рис. 1)



Рисунок 1- Структурна схема технологічного процесу буріння свердловини електробуром

Вихідні дані для аналізу отримані в результаті експериментальних досліджень проведених на свердловині №814Д, яка була пробурена Прикарпатті з використанням електробура Е240-8, долота ЗУ 295, ЗС на глибині 2049,2- 2060м (табл.1) за умови, що  $Q=\text{const}$  і  $n=\text{const}$ .

Таблиця 1

Вихідні дані для аналізу

Р, кВт	I, А	$v_m$ , м/год	F, кН	$1/v_m$ , год/м
193.2	110.0	1.21	30.0	0.033
191.1	108.0	1.94	48.0	0.021
201.6	111.1	1.92	54.0	0.019
203.7	111.5	1.57	57.77	0.017
205.8	112.0	1.97	84.0	0.012
206.0	115.5	2.63	90.0	0.011
210.0	117.0	2.63	114.0	0.009
212.0	118.5	2.86	126.0	0.008
214.2	120.0	3.94	132.0	0.008
216.3	120.5	3.71	144.0	0.007
218.4	121.0	3.94	162.0	0.006
220.5	121.5	3.63	174.0	0.006
220.5	121.5	3.94	163.0	0.006
222.6	122.5	3.63	186.0	0.005
222.6	123.0	3.76	186.0	0.005
224.7	129.0	3.16	204.0	0.005
226.8	126.0	2.63	192.0	0.005
231.0	126.0	3.29	180.0	0.006
231.0	128.0	3.63	174.0	0.006
226.0	126.0	3.39	162.0	0.006

моделированию и направляет основанный на правилах автоматизированный процесс рассуждения.

Одним из рациональных методов для реализации ИС является гибридная система, которая обладает двухуровневой структурой по степеням интеллектуальности, т.е. часть системы высшего уровня, являющаяся экспертной системой, основанной на базе знаний и система низшего уровня, использующая интеллектуальные элементы для моделирования и управления. При неопределенных условиях внешней среды и самого объекта экспертная система обеспечивает робастность функционирования системы. С течением времени, когда периферийная часть системы подбирает более подробную и достоверную информацию, происходит уточнение модели объекта и управления, тем самым обновляется и пополняется база знаний.

Другим перспективным направлением развития ИС является модернизация акцептора действия, который является наиболее простой в реализации интеллектуальной компонентой. Совершенствование акцептора действия целесообразно осуществлять путем включения в его состав наиболее точных алгоритмов построения прогнозирующих моделей, например модификаций генетических алгоритмов и алгоритмов самоорганизации.



## GÓRNICTWO

Потапов А.В.

СПИРАЛЬ КАЧЕСТВА В МЕТОДОЛОГИИ  
ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

В исследовательском поле системного анализа возможно представить описание систем с помощью спирали качества. Понятие спирали качества позволяет наиболее глубоко и подробно проанализировать каждый аспект качественных изменений какого-либо процесса или явления за определенный период времени [1, с.90-93]. Спираль является универсальной пространственной кривой, описывающей различные типы распределений множества факторов, что очень важно применительно к вопросам прогнозирования в теории принятия решений. В теории принятия решений известна следующая последовательность проведения операций по выбору вида аппроксимирующей функции какого-либо числового ряда [3, с.68-69]. Вначале производится визуальный выбор. По графику сглаженного числового ряда анализируется визуально приблизительный вид соответствующего ему тренда из конечного числа простых функций, отобранных в процессе содержательного анализа явления. Общий состав функций, из которых осуществляется этот отбор, обычно представлен 10-15 простыми функциями (см. рис.1). Ниже приведены некоторые из них, наиболее часто используемые в практике прогнозирования:

1. линейная:  $y=a+bt$ ;
2. парабола:  $y=a+bt+ct^2$ ;
3. кубическая парабола:  $y=a+bt+ct^2+dt^3$ ;
4. степенная функция:  $y=at^b$ ;
5. экспоненциальная функция:  $y=ae^{bt}$ ;
6. модифицированная экспонента:  $y=k-ae^{bt}$ ;
7. логистическая (S-образная) кривая:  $y=k/(1+e^{-ct})$ ;
8. гиперболическая функция:  $y=a+b/(c+t)$ ;
9. комбинированная экспоненциально-степенная функция:  $y=e^{at}t^b$ ;
10. функция Гомпертца:  $y=ka^{bt}$ ;
11. квадратическая логическая функция:  $y=k^2/(1+e^{-ct})^2$ ;
12. колебательная функция:  $y=a+bt+\sum_{i=1}^n C_i \sin(\omega_i t + \varphi_i)$ .

Анализ результатов показывает, что предлагаемая имитационная модель отражает смещение пика функции ММР и рост концентрации низкомолекулярных фракций, однако не совсем корректно отражает соотношение этих фракций, что говорит о том, что в качестве допущения использовалась равная вероятность деструкции макромолекулы с любой молекулярной массой. Т.о., направлением дальнейшего развития предложенной модели является учет зависимости вероятности взаимодействия макромолекулы с деструктором от её молекулярной массы.

1. Гусев, Ю. К. Имитационное моделирование процесса деструкции полимеров [Текст] / Ю.К. Гусев, С.Г. Тихомиров, А.А. Хвостов, И.А. Хаустов // Вестник ВГТА. – 2012. – №2 – С. 85-88.

Гутак О.В., Швець Л.І., Семенцов Г.Н.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ  
СВЕРДЛОВИН ЕЛЕКТРОБУРОМ  
З ОСЬОВОЮ СИЛОЮ НА ДОЛОТО

Технологічний процес буріння нафтових і газових свердловин як на воді так і на суходолі, як об'єкт керування відноситься до класу погано визначених об'єктів, що мають нелінійні статичні і динамічні характеристики. Процес буріння – це параметрично невизначений об'єкт з нечітко відомими математичними моделями, що функціонує за умов невідомих збурень [1]. Щодо параметрів і структури об'єкта проблема керування ускладнюється тим, що тип не лінійності априорі невідомий, а її характер може змінюватися з часом і з глибиною свердловини [3,4]. У зв'язку з цим є актуальним і доцільним аналіз взаємозв'язків показників процесу буріння свердловин електробуром з осьовою силою на долото. Вони дозволяють уточнити математичну модель процесу буріння у конкретному випадку і використати її для задач ідентифікації і оптимального керування в автоматизованій системі керування процесом буріння.

Проте, аналіз літературних джерел [1-4 та ін.] показує недостатній об'єм проведених досліджень в контексті удосконалення математичних моделей процесу буріння нафтових і газових свердловин електробуром.

Незважаючи на великий об'єм теоретичних та експериментальних досліджень [1-4 та ін.], розв'язок проблеми в цьому напрямку не можна визнати закінченим. Тому основною метою даної роботи є аналіз взаємозв'язків показників технологічного процесу буріння нафтових і газових свердловин електробуром Е240-8 з осьовою силою на долото, яка є головною керувальною



ства  $L$  в диапазоне от 1 до  $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^L X_{j,i}$ . Добавление точки разрыва заключается в

определении макромолекулы, подвергшейся деструкции и формировании из неё двух новых моделей макромолекул, являющихся частями исходной. Т.о. каждый акт взаимодействия увеличивает количество моделей макромолекул на одну при сохранении общей длины (суммарной молекулярной массы). При этом вид функции ММР меняется, т.к. весь набор макромолекул теперь состоит из наборов с новыми длинами (молекулярными весами).

Реализация численного эксперимента и его сравнение с данными о изменении ММР полибутадиена в ходе процесса термоокислительной деструкции, полученных с помощью гель-проникающей хроматографии и с помощью разработанной имитационной модели показало качественное соответствие результатов (Рис. 1,2).

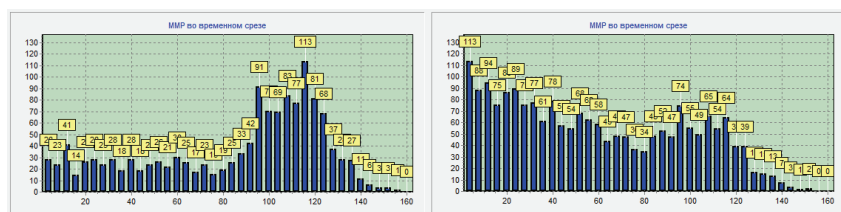


Рис. 1 Результаты имитационного моделирования в начале процесса деструкции и спустя 18 циклов моделирования актов взаимодействия полимера с деструктирующим агентом.

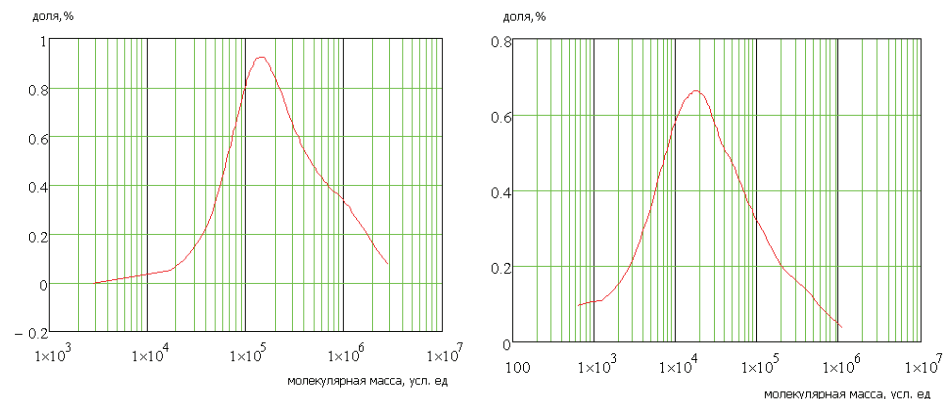


Рис. 2 Результаты хроматографического анализа полимера в начале процесса деструкции и по истечении 1 часа после начала процесса

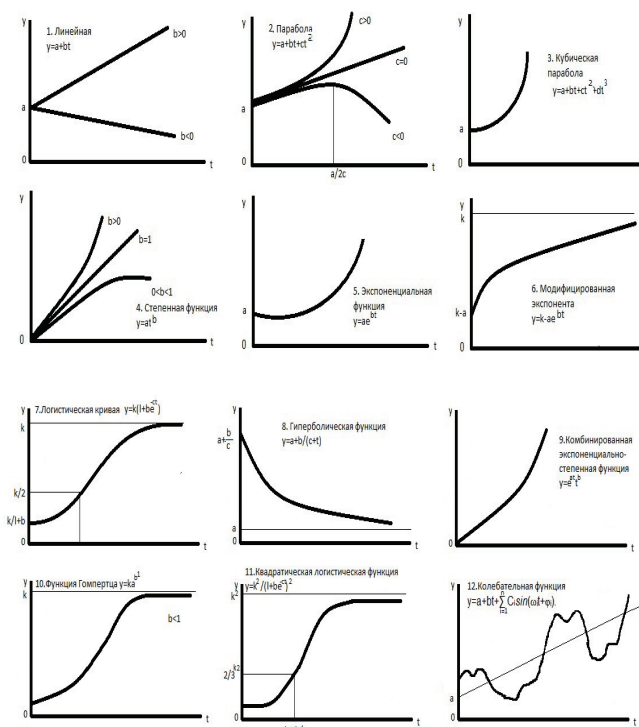


Рис.1. Примеры аппроксимирующих функций, применяемых в прогнозировании

Все вышеперечисленные функции являются проекциями отдельных участков спирали на различные плоскости. Этот ряд функций даже можно дополнить и такими проекциями спирали на какую-либо плоскость, как петля, эллипс или окружность.

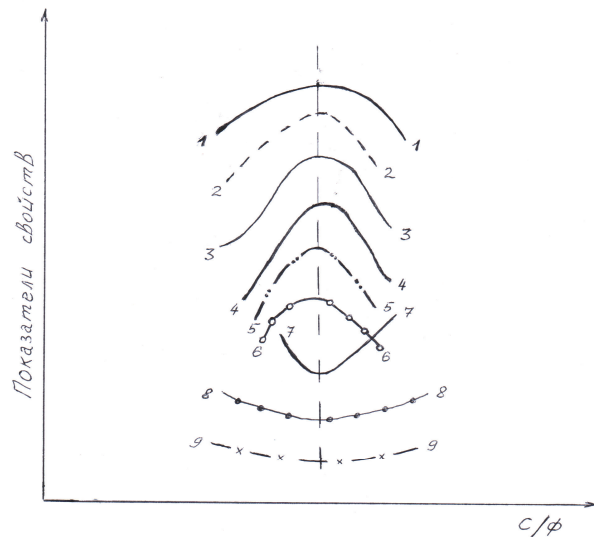
В качестве примера применения спирали качества в методологии факторного анализа приведена процедура выбора оптимальных составов искусственных строительных конгломератов (ИСК) по алгоритму профессора И.А. Рыбьева [2, с.177]. Этот фундаментальный труд профессора И.А. Рыбьева не потерял актуальности и по сей день. Особенно важными, на наш взгляд, являются три закона теории ИСК: закон прочности оптимальных структур, закон створа и закон конгруэнции. Напомню, что закон створа, по И.А Рыбьеву, выражает тесную и непосредственную связь свойств конгломератов с их оптимальной структурой, когда оптимальной структуре соответствует комплекс наиболее благоприятных показате-

телей строительных и эксплуатационных свойств конгломерата. Это хорошо показано на рисунке 2, который приводится из вышеназванного источника.

Однако И.А.Рыбьев замечает, что, когда показатели свойств непосредственно не зависят от структуры, а являются отражением вторичных структурных факторов, то они могут не подчиняться закону створа, например: водопоглощаемость асфальтового бетона, являющаяся в большей мере отражением не структурных, а текстурных особенностей, его гидрофобных свойств и интегральной пористости, непрерывно снижается без экстремума с увеличением содержания битума и фазового отношения.

С последним замечанием профессора И.А.Рыбьева, на наш взгляд, нельзя согласиться, исходя из следующих соображений. Используя аппарат и понятия факторного анализа [1, с.90-93], а также рассматривая алгоритм с позиций теории спирали качества применительно к изучению зависимости свойств конгломерата от фазового отношения и содержания вяжущего вещества (С/Ф), условно можно выделить три разнородных района в рассматриваемой области изменения свойств (см. рис.2):

а)  $C/\Phi < \text{оптимального}$ ; б)  $C/\Phi = \text{оптимальному}$ ; в)  $C/\Phi > \text{оптимального}$ .



**Рис.2. Зависимость свойств конгломерата от фазового отношения и содержания вяжущего вещества:**

1 — объемная масса; 2 — экономическая эффективность; 3 — пределы прочности; 4 — морозостойкость; 5 — внутреннее сцепление; 6 — упругоэластические свойства; 7 — ползучесть; 8 — подвижность; 9 — коэффициент выхода смеси.

Каждая макромолекула представлена как массив некоторых абстрактных элементарных частиц, связанных друг с другом жесткой связью (будем считать такую систему частиц моделью макромолекулы). В первом приближении пренебрегаем их подвижностью, массой, взаимодействием, конформационным состоянием и теплообменом. Множество таких идеализированных макромолекул представляет собой выборку из генеральной совокупности всех макромолекул, находящихся в исследуемом объеме.

Качественное соответствие задаваемого на этом этапе состава реальному полимеру осуществляется через функцию ММР. Т.к. в математической идеализации используется распределение количества элементарных моделей макромолекул по их длинам, то в целях экономии вычислительных ресурсов ЭВМ необходимо ввести масштабные коэффициенты, позволяющие ставить в соответствие длины моделей макромолекул весам реальных прототипов, а также концентрации реальных макромолекул в растворе количеству их моделей в исследуемой выборке [1]. Т.о. реализуется отображение  $M_i \rightarrow L_i$  и  $W_i \rightarrow N_i$ , где  $L_i$  и  $N_i$  — длина и количество моделей  $i$ -ой макромолекулы.

Т.к. процесс деструкции заключается в химическом разрушении связей внутри макромолекул и образовании двух и более новых макромолекул с весами, сумма которых равна весу исходной макромолекулы, то необходимо моделировать элементарный акт разрыва макромолекулярной цепи деструктирующим агентом.

Введем следующие упрощения: 1) считаем, что за один акт взаимодействия осуществляется разрушение одной связи в совокупности всех макромолекул, представленных единым множеством элементарных частиц; 2) место разрыва случайно и подчиняется равномерному закону распределения; 3) за один интервал реального времени осуществляется количество элементарных актов взаимодействия, пропорциональных концентрации деструктора; 4) считаем, что каждый акт взаимодействия соответствует одному интервалу машинного времени.

Представим каждый элементарный акт взаимодействия. Пусть имеется все множество моделей макромолекул  $L = \langle L_i \rangle, i = 1 \dots N$ , являющееся объединением всех множеств элементов, составляющих каждую модель макромолекулы  $\langle X_j \rangle_i, j = 1 \dots L_i, i = 1 \dots N$ . В результате процесса деструкции выбирается количество точек разрыва  $Nd$ , исходя из допущения 3:

$$Nd_k = D1 \cdot Cds_k + D2, k = 0 \dots K \quad (2)$$

где  $Cds_k$  — концентрация деструктора,  $D1, D2$  — масштабные коэффициенты,  $k$  — дискретный эквивалент времени.

Выбор места разрыва выбирается случайным образом в соответствии с равномерным распределением величины порядкового номера элемента множе-

### Заключение

Разработанная подсистема позволяет выбирать рациональные параметры производственной системы (решать основную задачу управления), при которых удовлетворяются заданные технические условия на показатели качества.

### Литература:

1. Иванов В.К. Интегрированная система моделирования и управления возможностями предприятия // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 7. С. 34-39.
2. Сиразетдинов Т.К. Методы решения многокритериальных задач синтеза технических систем. М.: Машиностроение, 1988. 160 с.

Д.т.н. Хвостов А.А., д.т.н. Тихомиров С.Г., к.т.н. Хаустов И.А.,  
к.т.н. Никитченко А.А.

Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия,  
Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная  
академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж),  
Россия

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Одним из методов прогнозирования свойств эластомеров в процессе их деструкции является имитационное моделирование основных процессов на молекулярном уровне. Причем моделирование поведения отдельных элементарных частей системы дает возможность оценить поведение всей системы на макроуровне в случае, если детерминированная математическая модель неизвестна или неизвестно её решение.

Для имитации процесса термоокислительной деструкции полибутадиена использовалось прямое моделирование методом Монте-Карло. Целью моделирования являлась оценка изменения во времени формы функции молекулярно-массового распределения (ММР) макромолекул в растворе

$$\rho_w(M) = \frac{dW}{dM}, \quad (1)$$

где  $M$  – молекулярная масса,  $dW$  – массовая доля макромолекул молекулярной массы, лежащей в интервале от  $M$  до  $M + dM$ .

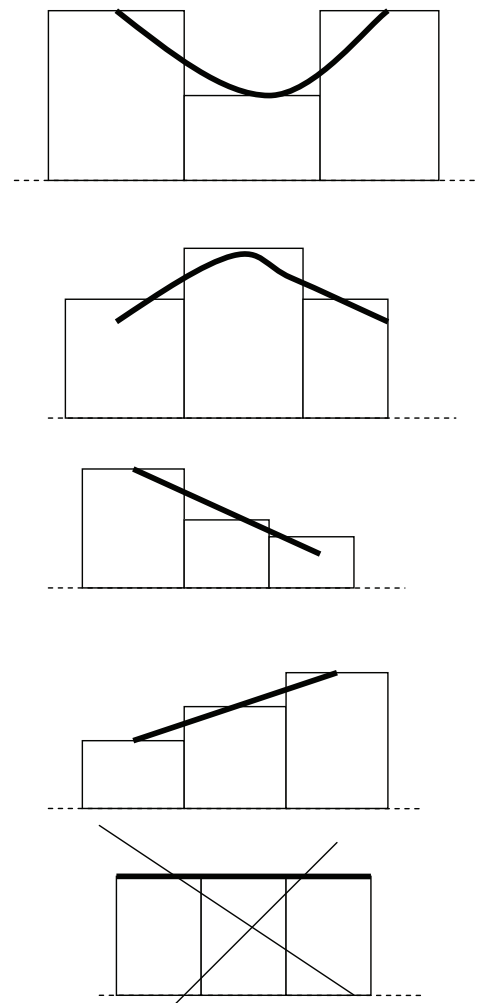


Рис.3. Распределения факторов по трем районам.  
(Пунктиром показана ось вращения, зачеркнут невозможный вариант)

Согласно теории факторного анализа, если область состоит из трех районов, то распределения бесконечного числа факторов по районам можно представить, как проекции спирали качества на какие-либо плоскости, причем районы должны быть только неоднородными (см. рис.3). Третий фрагмент (см. рис.3) как раз и показывает, что водопоглощаемость асфальтобетона является проекцией спирали качества асфальтобетона на какую-то плоскость в виде непрерывно снижающейся линии без

экстремума с увеличением содержания битума и фазового отношения, и поэтому этот показатель также подчиняется закону створа.

Кроме того, согласно принципам факторного анализа такие свойства асфальтобетона, как объемная масса, экономическая эффективность, пределы прочности, морозостойкость, внутреннее сцепление, упругоэластические свойства представляются изоморфными. Изоморфными также можно представить такие свойства, как ползучесть, подвижность, коэффициент выхода смеси.

Предложенная процедура применения спирали качества экспериментально была апробирована автором на более сложных системах, таких как городские социально-экономические системы [1, с.90-93].

Таким образом, подход к изучению систем с помощью спирали качества является универсальным общенаучным подходом и может использоваться в факторном анализе многих процессов и явлений, позволяя наиболее полно анализировать качественные и количественные изменения любой системы в динамике.

#### Литература:

1. Потапов А.В. Факторный анализ геосоциоэкономического поля городских поселений // Вестник МГСУ.-2009.-№2.-С.90-93.
2. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ (искусственные строительные материалы): Учеб. пособие для вузов.- М.: Высш.школа, 1978.-309 с.
3. Черкасов В.В. Количественные методы принятия решений в бизнесе: Учебное пособие.- М.: ИКФ Каталог, 2003.-216 с.

Аспірант Єлезов К.С.

Криворізький національний університет

### ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ПІДЗЕМНИХ ПУСТОТ, ЩО УТВОРИЛИСЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ

При експлуатації залізрудних родовищ досить актуально постає проблема підземних пустот утворених внаслідок відпрацювання покладів підземним способом. Питання визначення параметрів цих пустот є першочерговим завданням вчених, які працюють у області гірничої справи[1].

Робоче середовище підземних пустот є дисперсною системою, утвореною з двох або більшого числа фаз з сильно розвиненою поверхнею розділу між ними. При цьому так звані дисперсні фази розподілені у вигляді дрібних частинок в суцільній фазі – дисперсному середовищі. Розрізняють газодисперсні системи (інакше аерозолі) і рідинодисперсні системи.

Технические условия заданы в виде:

$$\begin{aligned} 0,5 \leq T_{F1} \leq 4,0; & \quad 4 \leq N_1^1 \leq 30; \\ 0,5 \leq T_{F2} \leq 4,0; & \quad 4 \leq N_2^2 \leq 30; \\ 0,1 \leq T_{L1} \leq 1,0; & \quad 4 \leq N_1^3 \leq 30; \\ 0,5 \leq T_{F3} \leq 4,0; & \quad 4 \leq N_3^4 \leq 30; \\ 0,5 \leq T_{F4} \leq 4,0; & \quad 4 \leq N_4^5 \leq 30; \\ 0,5 \leq T_{F5} \leq 4,0; & \quad 4 \leq N_5^6 \leq 30; \\ 0,5 \leq T_{F6} \leq 4,0; & \quad 4 \leq N_6^7 \leq 30; \\ 0,1 \leq T_{L2} \leq 1,0; & \quad 4 \leq N_2^8 \leq 30; \\ 0,1 \leq T_{L3} \leq 1,0; & \quad 4 \leq N_3^9 \leq 30. \end{aligned}$$

В результате решения задачи получены следующие значения параметров производственной системы:  $F_1^* = 4$  станка,  $F_2^* = 6$  станков,  $L_1^* = 2$  чел.,

$F_3^* = 6$  станков,  $F_4^* = 3$  станка,  $F_5^* = 5$  станков,  $F_6^* = 5$  станков,  $L_2^* = 2$  чел.,  $L_3^* = 2$  чел.,  $n_1^1 = 3$  шт.,  $n_2^2 = 10$  шт.,  $n_1^3 = 10$  шт.,  $n_3^4 = 10$  шт.,  $n_4^5 = 4$  шт.,  $n_5^6 = 5$  шт.,  $n_6^7 = 7$  шт.,  $n_2^8 = 10$  шт.,  $n_3^9 = 10$  шт.

Процесс изменения величины  $\Gamma_0$ .

$\Gamma_0$	6,26	3,69	3,14	2,04	1,77	1,56	1,39	1,29	1,13	1,05	1	0,93
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---	------



В результате решения задачи получены следующие значения параметров производственной системы:  $F_1^* = 4$  станка,  $F_2^* = 6$  станков,  $L_1^* = 2$  чел.,  $F_3^* = 6$  станков,  $F_4^* = 3$  станка,  $F_5^* = 5$  станков,  $F_6^* = 5$  станков,  $L_2^* = 2$  чел.,  $L_3^* = 2$  чел.,  $n_1^1 = 3$  шт.,  $n_2^2 = 10$  шт.,  $n_1^3 = 10$  шт.,  $n_3^4 = 10$  шт.,  $n_4^5 = 4$  шт.,  $n_5^6 = 5$  шт.,  $n_6^7 = 7$  шт.,  $n_2^8 = 10$  шт.,  $n_3^9 = 10$  шт.

$\omega^* = \{S_k^*, F_k^*, S_m^*, L_m^*, n_k^p, T_k^p, n_m^p, T_m^p\}$ , являються раціональними. При необхідності можна решити задачу оптимізації по одному из критерієв. Если

$\Gamma_0 > 1$ , то основная задача управления решения не имеет. В этом случае необходимо изменять ТЭТ или технические условия.

Для технологического процесса изготовления узла, состоящего из 8 деталей заданы следующие исходные данные.

Введены множества:  $K^p$  – все виды оборудования, необходимые для производства продукции  $p$ -го типа,  $M^p$  – все виды специальностей, необходимых для выпуска продукции  $p$ -го типа,  $P^p$  – продукция  $p$ -го вида. Тогда  $K^p = \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6\}$ , где  $k_1$  соответствует фрезерным станкам типа Ф-1,  $k_2$  – токарным станкам типа Т-1,  $k_3$  – фрезерным станкам типа Ф-2,  $k_4$  – фрезерным станкам типа Ф-3,  $k_5$  – токарным станкам типа Т-2,  $k_6$  – токарным станкам типа Т-3;  $M^p = \{m_1, m_2, m_3\}$ ,  $m_1$  соответствует слесарю сборщику типа С-1,  $m_2$  – слесарю сборщику типа С-2,  $m_3$  – слесарю сборщику типа С-12;  $P^p = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9\}$ ,  $p_1$  соответствует корпусным деталям типа К-1,  $p_2$  – телам вращения типа ТВ-1,  $p_3$  – корпусным деталям типа К-2,  $p_4$  – корпусным деталям типа К-11,  $p_5$  – корпусным деталям типа К-21,  $p_6$  – мелким деталям типа МД-4,  $p_7$  – мелким деталям типа МД-41,  $p_8$  – узлам типа УС-1,  $p_9$  – узлам типа УС-2.

Основная задача управления решена при следующих исходных данных:

стоимость работы фрезерного станка типа Ф-1 –  $S_1 = 100$  руб./ч, стоимость работы токарного станка типа Т-1 –  $S_2 = 100$  руб./ч, стоимость работы фрезерного станка типа Ф-2 –  $S_3 = 100$  руб./ч, стоимость работы фрезерного станка типа Ф-3 –  $S_4 = 100$  руб./ч, стоимость работы токарного станка типа

Т-2 –  $S_5 = 100$  руб./ч, стоимость работы токарного станка типа Т-3 –

$S_6 = 100$  руб./ч, стоимость работы слесаря типа С-1 –  $S_1 = 100$  руб./ч, стоимость работы слесаря типа С-2 –  $S_2 = 100$  руб./ч, стоимость работы слесаря типа С-12 –  $S_3 = 200$  руб./ч, время изготовления необходимого количества деталей всех типов  $T^p = 10$  ч.

Компоненты вектора управления (размерность – 18)  $\omega = \{F_1, F_2, L_1, F_3, F_4, F_5, F_6, L_2, L_3, n_1^1, n_2^2, n_1^3, n_3^4, n_4^5, n_5^6, n_6^7, n_2^8, n_3^9\}$  выбираются из области, заданной в соответствии с ТЭТ:

$$\begin{aligned} 2 \leq F_1 \leq 6; & \quad 2 \leq n_1^1 \leq 10; \\ 2 \leq F_2 \leq 6; & \quad 2 \leq n_2^2 \leq 10; \\ 2 \leq L_1 \leq 6; & \quad 2 \leq n_1^3 \leq 10; \\ 2 \leq F_3 \leq 6; & \quad 2 \leq n_3^4 \leq 10; \\ 2 \leq F_4 \leq 6; & \quad 2 \leq n_4^5 \leq 10; \\ 2 \leq F_5 \leq 6; & \quad 2 \leq n_5^6 \leq 10; \\ 2 \leq F_6 \leq 6; & \quad 2 \leq n_6^7 \leq 10; \\ 2 \leq L_2 \leq 6; & \quad 2 \leq n_2^8 \leq 10; \\ 2 \leq L_3 \leq 6; & \quad 2 \leq n_3^9 \leq 10. \end{aligned}$$

Аерозолі складаються з твердих або рідких частинок, зважених в газоподібному середовищі. Розмір частинок може коливатися від 1нм до доль мм. Наприклад, навіть в чистій атмосфері підземної пустоти є частинки води і інших рідких з'єднань розміром близько 0.1 мкм. а у вологому повітрі міститься до 50% частинок розміром від 5 до 20мкм. При капежі розміри крапель досягають 2000мкм. Розміри частинок диму складають десяті долі мкм. У пилі містяться частинки вельми різних розмірів переважно від 100мкм до 0.1мкм і дрібніше. У гірничій справі прийнято підрозділяти частинки пилу на три групи [2]:

- макроскопічні, діаметром більш 10мкм, які в нерухомому повітрі осідають (седиментують) із зростаючою швидкістю, підкоряючись закону Ньютона:

- мікроскопічні, діаметром від 0,25 до 10 мкм, які осідають в нерухомому повітрі з постійною швидкістю, пропорційною їх питомій вазі і квадрату діаметру (закон Стоксу):

- ультрамікроскопічні, діаметром менш 0,25мкм, які по своїй поведінці в повітрі наближаються до газових молекул в результаті Броунівського руху постійно знаходяться в зваженому стані, тобто седиментаційна стійка.

Швидкість седиментації пилових частинок складає декілька десятків см/сек для частинок розміром 100мкм, декілька мм/сек для частинок 10 мкм і надзвичайно мала для частинок менше 1мкм. Наприклад, для осідання на глибину 50м частинці кварцу розміром 20 мкм необхідне приблизно 0,5 години, а для частинки розміром 0.7 мкм – близько 360 годин.

Таким чином, в атмосфері підземної пустоти може знаходитися велика кількість аерозолів розміром від 0,1 до 5-10мкм, причому переважають частинки розміром від 0,5 до 3 мкм. Подібний стан атмосфери підземної пустоти надає вплив на розповсюдження звукових і електромагнітних хвиль унаслідок поглинання і розсіювання потоку випромінювання. Величина поглинання і розсіювання залежить, в основному, від співвідношення розміру частинок  $a$  і довжини хвилі  $\lambda$ , а також від форми і будови частинок. Наприклад, при  $\lambda > a < 0,1-0,2$ мкм поглинання значно більше, чим розсіювання. При  $\lambda < a$  основний вплив на ослаблення потоку випромінювання надає розсіювання, величина якого пропорційна площі поперечного перетину частинок і їх кількості.

Рідинодисперсні системи умовно підрозділяються на тонкодисперсні і грубодисперсні. Тонкодисперсними або колоїдними системами є різні гідрозолі, частинки дисперсної фази яких зазвичай мають розмір від 10-7 до 10-5см. Вони беруть участь в інтенсивному Броунівському русі і є седиментаційні стійкими. У грубодисперсних системах частинки мають розмір від 10-4 см і вище і, як правило, вони седиментаційна нестійкі. До них відносяться суспензії (пульпа, бурова промивальна рідина), емульсії (сира нафта), розсоли (високомінералізовані води, що утворюються, наприклад, при геотехнологічних методах видобутку корисних копалин).

Таким чином, кожне робоче середовище підземної пустоти відрізняється певним ступенем поглинаючої здатності, від якої залежить втрата енергії що

розповсюджуються в ній звукових або електромагнітних хвиль. Тобто, для одних хвиль середовище може бути прозора, а для інших – ні.

Прозорість середовища характеризується відношенням потоку випромінювання (у вигляді паралельного пучка), що пройшло в середовищі, до потоку, що увійшов до цього середовища. У кількісному відношенні ослаблення потоку характеризується об'ємним коефіцієнтом ослаблення  $\alpha$  який є сумою об'ємних коефіцієнтів розсіяння і поглинання потоку випромінювання. Користуючись відомим законом Бугера-Ламберта-Бера, запишемо співвідношення між об'ємним коефіцієнтом ослаблення і енергією потоку  $J_0$  на вході в середу і  $J(S)$  на виході з неї на відстані  $S$  від входу таким чином[3]:

$$J(S) = e^{e\alpha S} \quad (1)$$

де  $e$  – підстава натуральних логарифмів.

Основне завдання використання звукових і електромагнітних хвиль в робочому середовищі підземної пустоти полягає у визначенні конфігурації пустоти шляхом застосування різних способів звуколокації, радіолокації і оптичної локації. Активна звукова локація передбачає визначення місцеположення об'єкту по віддзеркаленню від нього звуку, що створюється спеціальними пристроями. Радіолокація із зондуванням випромінювання здійснюється шляхом посилки і прийому відбитих від об'єкту радіохвиль. Оптична локація полягає в опромінюванні об'єкту електромагнітними хвилями оптичного діапазону і прийомі відбитого від нього випромінювання. Отже, на прийомі доводиться мати справу, по-перше, з відбитими хвилями, що пройшли шлях  $2S$ . По-друге, відбувається додаткове ослаблення потоку випромінювання в результаті його розсіяння і поглинання віддзеркалюваної поверхні. Це ослаблення характеризується коефіцієнтом віддзеркалення  $K$ , величина якого залежить від відбивної здатності гірських порід.

З урахуванням сказаного, представимо вираз (1) в наступному вигляді:

$$J(S, K) = J_0 K e^{-a2S} \quad (2)$$

де  $Ke^{-a2S}$  – повний коефіцієнт ослаблення потоку випромінювання.

Для визначення повного коефіцієнта ослаблення нами були проведені експериментальні дослідження коефіцієнтів  $K$  і  $\alpha$  у видимій частині спектру  $0,4 \leq \lambda \leq 0,8$  мкм. Вибір цієї області був обумовлений можливостями відомих оптичних приладів і спектральною чутливістю світлоприймачів. Вживана в існуючих приладах оптика не пропускає променів з довжинами хвиль менш 0,36 мкм, а фотографічні шари, чутливі до області зверху 0,7 мкм (інфрачервоні фотоматеріали) володіють низькою чутливістю. Крім того, нормальне людське око найбільш чутливе до жовто-зелених променів з довжи-

мости работы  $S_m$  специалистов  $m$ -го вида; располагаемого количества  $F_k$  оборудования  $k$ -го вида; располагаемого количества  $L_m$  специалистов  $m$ -го вида; возможного количества  $n_k^p$  деталей  $p$ -го вида, изготовленных на оборудовании  $k$ -го вида; возможного времени  $T_k^p$  изготовления деталей  $p$ -го вида на оборудовании  $k$ -го вида; возможного количества  $n_m^p$  деталей  $p$ -го вида, изготовленных специалистами  $m$ -го вида; возможного времени  $T_m^p$  изготовления деталей  $p$ -го вида специалистами  $m$ -го вида.

Т.е.  $\omega = \{S_k, F_k, S_m, L_m, n_k^p, T_k^p, n_m^p, T_m^p\}$ , которые выбираются из области, заданной в соответствии с технологическими и эксплуатационными требованиями (ТЭТ) и задаются в виде ограничений.

В качестве критериев качества  $I[\omega]$  выбраны следующие: суммарная стоимость  $S$  изготовления всей партии деталей, время работы  $T_{Fp}$  оборудования  $k$ -го вида и  $T_{Lp}$  специалистов  $m$ -го вида, а также количество деталей каждого вида  $N_k^p$  и  $N_m^p$ , изготавливаемых за заданное время. На них также наложены ограничения, которые представляют собой технические условия.

Результатом моделирования являются:

- время  $T_p$  и стоимость  $S_p$  выпуска деталей каждого типа;
- время работы и простоя оборудования  $k$ -го вида и специалистов  $m$ -го вида;
- полное время и стоимость выпуска всей партии деталей;
- возможный выпуск деталей каждого типа  $N_p$ .

#### Постановка задачи.

Среди допустимых значений вектора управляющих параметров необходимо найти такие, при которых результаты решения ОЗУ удовлетворяют заданным техническим условиям. Метод решения задачи такого типа заключается в следующем.

Вводятся безразмерные функционалы  $\gamma_\eta^1[\omega]$  и  $\gamma_\eta^2[\omega]$ , оценивающие удаление значений  $I_\eta[\omega]$  от своих границ в технических условиях в виде:

$$\gamma_\eta^1[\omega] = \frac{D_\eta - I_\eta[\omega]}{D_\eta - d_\eta}, \quad \gamma_\eta^2[\omega] = \frac{I_\eta[\omega] - d_\eta}{D_\eta - d_\eta}, \quad \eta = \overline{1, \theta}$$

Здесь  $d_\eta, D_\eta$  – заданные предельно допустимые значения соответствующих переменных.

Очевидно, что при выполнении технических условий все значения  $\gamma_\eta[\omega] < 1$ , в противном случае, хотя бы одно значение  $\gamma_\eta[\omega] > 1$ . Затем подсчитывается число  $\Gamma_0 = \min_{\omega} \max_{\eta} \gamma_\eta[\omega]$

$$\omega \quad \eta$$

и проверяется условие  $\Gamma_0 \leq 1$ . Если оно выполняется, то основная задача управления имеет решение и найденные значения компонентов вектора

2. Цытович, Л.И. Системы управления электроприводами с параллельными каналами регулирования на основе многозонного интегрирующего развертывающего преобразователя / Л.И. Цытович, Брылина О.Г. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. № 1-2. С. 83-93.
3. Anishev, E. Yu., Specific features of the application of the frequency converters in power electric drives of circulation pumps. E.Yu. Anishev, G.B. Lazarev Russian Electrical Engineering. 2007. Vol.78. №10. -PP. 560-564.
4. Invention RU №2312452 C1, H02P 5/46. System for controlling a group of electric motors or water pumps. Pub. 10.12.2007, bull. 34, 13 p.
5. А.с. 1183988 СССР, G06G7/12. Развертывающий усилитель. Опубл. 07.10.85, Бюл. № 37.
6. Брылина О.Г., Цытович Л.И. Многозонные развертывающие преобразователи для систем управления электроприводами: монография / О.Г. Брылина, Л.И. Цытович. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2010. – 232 с.
7. Цытович Л.И. Многозонный развертывающий преобразователь с адаптируемой в функции неисправности активных компонентов структурой // Приборы и техника эксперимента. – М.: АН СССР, 1988. – №1. – С.81–85.

**К.т.н. Иванов В.К.**

*Поволжский государственный технологический университет, Россия*

## **К ЗАДАЧЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

### **Введение**

При исследовании характеристик производственной системы на первом этапе решается задача моделирования, а на втором – задача синтеза, проектирования [1].

Для решения этих задач разработана система моделирования и аналитического проектирования для производственного участка или производственной системы.

В этой системе реализованы методы и алгоритмы решения задач, удовлетворяющих заданным ограничениям типа неравенств на критерии качества и управляемые переменные, т.е. методы на основе идей основной задачи управления (ОЗУ) [2].

Комплекс средств, разработанных для моделирования и аналитического проектирования, содержит базу данных по видам и типам оборудования, специалистов и деталей [3].

При решении задачи аналитического проектирования вводятся компоненты вектора управления  $\omega$ : стоимости работы  $S_k$  оборудования  $k$ -го вида; стои-

ною хвилі 0,555мкм і його чутливість падає у міру зміни довжини хвилі в обидві сторони від вказаного значення.

### **Література:**

1. Шолох М.В., Слезов К.С. Дослідження впливу близьких до поверхні пустот на експлуатацію залізрудних родовищ Кривбасу// Вісник Криворізького технічного університету. -2011. -№28. –С.35-39.
2. Meier G. Erkundung und Verwahrung tagesnaher Hohlraumr in Sachsen// Gluckauf, 1997, S 241-245.
3. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений- И. «Недра», 1978

## ROBOTOTIECHNIKA

**К.т.н. Лапковський С.В.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», Україна

### МАНІПУЛЯТОРИ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ З ГНУЧКИМИ КІНЕМАТИЧНИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Окрім маніпуляторів з жорсткими кінематичними компонентами, які широко використовуються в сучасній промисловій робототехніці, існує і інший вид маніпуляторів — маніпулятори з гнучкими кінематичними компонентами (рис. 1).



**Рис. 1. Маніпулятори промислових роботів**

Дослідження у цій галузі ведуться вже понад 50 років, що може бути підтверджено багатьма патентами, до яких, перш за все, можна віднести наступні патенти США: United States Patent US3060972 [1], United States Patent US3162214 [2], United States Patent US3266059 [3], United States Patent US3497083 [4] (рис. 2).

Найпростіші конструкції даних маніпуляторів побудовано з використанням властивостей трубки Бурдона [5]. Зміна форми статичної рівноваги всієї системи дозволяє змінювати положення робочого органу з у межах деякої області А (рис. 3).

$\pm A/n$ . The switching thresholds of relay elements RE1 – REN satisfy condition  $|\pm b_1| < |\pm b_2| < \dots < |\pm b_n|$ , where the index at «n» corresponds to a serial number of RE in a fig. 1. The number of modulation zones of MSC is determined by a relation  $Z = (n+1)/2$ . The RE1 – REN are supplied with a gating input, which is connected to an exit of the block L. The presence of a signal logical «1» on a gating input of the RE forcedly switches last in a state  $-A/n$ , at which the FC of the appropriate actuating path is turned off.

The mode of auto-oscillations in MSC always appears in a path of the relay element having a minimum value of switching thresholds. Others REs work in a static position  $+A/n$  or  $-A/n$ , whose position is determined by magnitude of the assigning signal and feed-back of a control system. Thus, in the initial state the «actuating path 1» realizes smooth regulation of the output coordinate of a system, and the others work in a operation «switch on / switch off», depending on a level of error signal on an input of integrator. Besides that, a predetermined number of actuating paths function as the «hot» reserve.

If denied any of the elements of power control of channel FC, M, AM, then the signal «1» appears at the output of the block L and an appropriate relay element of MSC is blocked in the state  $-A/n$ . The presence of the integrator makes the MSC in the mode of an automatic scan of the efficient actuating path, which is turned on by the switching of RE in a position  $+A/n$ . In the event of failure, for example, of the «actuating path 1» the auto-oscillations mode (smooth regulation) is passed to the following relay element. The system behaves in a similar manner in the event of failure of relay elements of the MSC [7]. And the sources of tests-signals and computer handling of response system are not required for the diagnostics and the switching of the reservation regulators, that is characteristic for traditional ways of diagnosing and automatic reservation of technological objects.

Necessary condition of constructing the system is the implementation of blocks In, Σ2 and F on the basis of passive elements with a sufficient reserve on operating parameters, that allows to consider them practically «ideal» in respect to reliability of elements.

The considered structure was used at automation of electric drives of gran-pool in the slag-melting workshop OSC «Chelyabinsk Tube Rolling Plant». The system contains four actuating path. One of them makes a modulating control of water level in the accumulative reservoir, the second actuating path works in a operation «switch on / switch off», and the rest are in the mode of «hot» reserve.

#### Literature

1. Цытович, Л.И. Система управления группой асинхронных электроприводов с самодиагностированием и автоматическим резервированием каналов регулирования. / Цытович Л.И., Терещина О.Г., Дудкин М.М. // Электротехника. 2006. -№11. -С. 38-44.

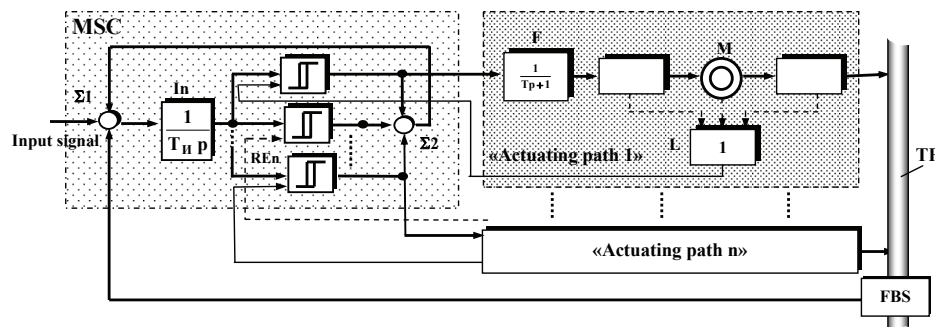


**Keywords:** electric drives, multizone integrating sweep converter, automatic diagnostic, reservation.

The majority of electric drives of water-pumping stations of dwelling houses and housing estate, of reverse cycle of water supply of industrial enterprises, of systems of smoke purification and of gas-collecting, of fire-fighting systems, of compressor installations and other centrifugal mechanisms are contained by parallel channels of regulation, some of which work in «cold» reserve and are switched on as required in a hand-operated condition. At the same time, the increased requirements in part of transition time for a reserve are imposed upon a whole series of industrial objects. It makes actual the solving problem of automatic diagnosing and reservation of similar regulating systems [1, 2, 3].

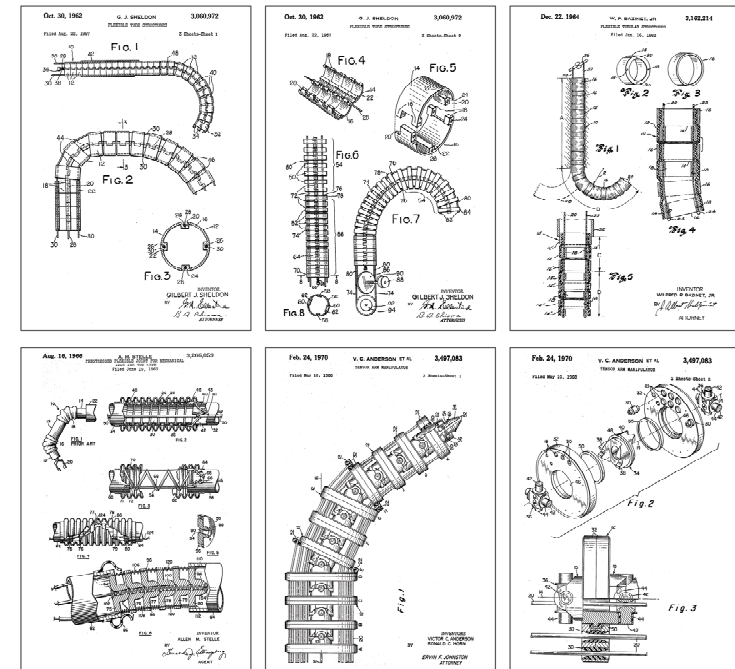
The following example of asynchronous electric drives of water supply system shows the principle of self-diagnosing and automatic backup of regulation channels with using the method of a multizone integrating sweep conversion is considered.

The system (fig. 1) contains «n» number of actuating paths on the basis of a smoothing filter (F), frequency converter (FC), asynchronous electric motor (M) and actuating mechanism (AM), for example, water pump. The FC, M, AM are provided with a complex of selective protection. The output signals of them are integrated on the function «OR» by logic gate (L) [4]. The feed-back sensor (FBS) forms a signal proportional to regulated coordinate, for example, water pressure in a dictating point of the trunk pipeline (TP).

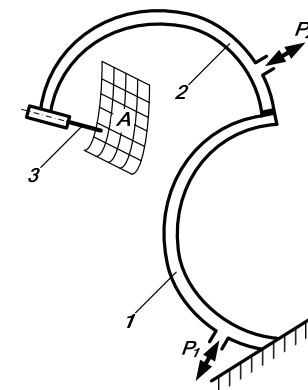


**Fig. 1. The functional circuit of electric drives with parallel and automatic reservation of actuating paths**

The control of actuating paths «1 ... n» is made from the multizone sweep converter (MSC) [5], which is made on the basis of adders  $\Sigma 1$ ,  $\Sigma 2$ , integrator In and group of odd number  $n \geq 3$  of relay elements RE1 – REN (the condition  $n \geq 3$  is not compulsory, as MSC can be made on the basis of an even number of relay elements  $n \geq 4$  [6] too). The output signals of RE1 – REN are changed discretely in limits



**Рис. 2. Перші патенти США на маніпулятори промислових роботів з гнучкими кінематичними компонентами**



**Рис. 3. Схема конструкції маніпуляторів промислових роботів з використанням властивостей трубки Бурдона**

Кожна з трубок Бурдона являє собою пружну ланку маніпуляційної системи, через тиски  $P_1$  та  $P_2$ , які змінюються, реалізуються керуючі дії, а деформації трубок, які відповідають положенням статичної рівноваги, визначають конфігурації всієї маніпуляційної системи.

З урахуванням переваг даних маніпуляційних систем переважними областями застосування таких систем є:

- 1) фарбування;
- 2) нанесення покриттів;
- 3) зварювання;
- 4) інспекційний контроль в труднодоступних місцях конструкцій.

Література:

1. [www.freepatentsonline.com/3060972.pdf](http://www.freepatentsonline.com/3060972.pdf).
2. [www.freepatentsonline.com/3162214.pdf](http://www.freepatentsonline.com/3162214.pdf).
3. [www.freepatentsonline.com/3266059.pdf](http://www.freepatentsonline.com/3266059.pdf).
4. [www.freepatentsonline.com/3497083.pdf](http://www.freepatentsonline.com/3497083.pdf).
5. [www.efunda.com/designstandards/sensors/bourdon\\_tubes/bourdon\\_intro.cfm](http://www.efunda.com/designstandards/sensors/bourdon_tubes/bourdon_intro.cfm).

Література

1. Головицына М.В. Методология проектирования РЭС. М.: МГОУ. 1993.
2. Головицына М.В. Проектирование автоматизированных технологических комплексов. М.: МГОУ. 2001.
3. Головицына М.В., Агаев И.А., Грозман П.Я. Применение математических методов для сжатия исходной информации при описании технологического процесса выращивания минералов. // Математические методы и АС в геологии. 1988. №12. М.: ЭИ ВИЭМС, 1988. Вып. 11 – 12.
4. Головицына М.В., Пупин А.А., Грозман П.Я. и др. Разработка основ моделирования и принципов построения АСУТП роста монокристаллов. Т.1 с приложениями. Научный отчет. Гос. Регистрация №01830011460. Александров, 1984.
5. Головицына М.В., Грозман П.Я., Подошва Н.В. Разработка основ моделирования и принципов построения АСУТП роста монокристаллов. Анализ функциональных связей. Т.Т.4 и 5. Научный отчет №1384 п/с. Гос. Регистрация № 01850003079. Александров, 1985.
6. Головицына М.В. Статистический контроль качества. Методика выбора контрольных точек и контролируемых параметров. «Естественные и технические науки», 2008, №6.
7. Головицына М.В. Предварительная обработка производственной информации: сущность и необходимость. Журнал «Информационные технологии в образовании и науке», 2010. Вып.6. с.103-112.
8. Сажин Ю.В. Комплексное применение статистических методов в исследовании качества продукции. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1982.

**Brylina O.**

*(Candidate of technical sciences, associate professor),*

**Tsytoich L.**

*(Doctor of Technical Sciences, Professor)*

*Russia, Chelyabinsk, National Research South Ural State University,  
the Department of the electric drive and automation  
of the industrial installation*

## **ELECTRIC DRIVE OF CENTRIFUGAL MECHANISMS WITH PARALLEL CHANNELS OF REGULATION ON THE BASIS OF MULTIZON SWEEP CONVERTER**

**Abstract:** The article dwells on the principle of constructing the control system for a group of parallel electric drives for water pumps on the basis of multizone integrating sweep converter. The block diagram of the system and the principle of operation are disclosed

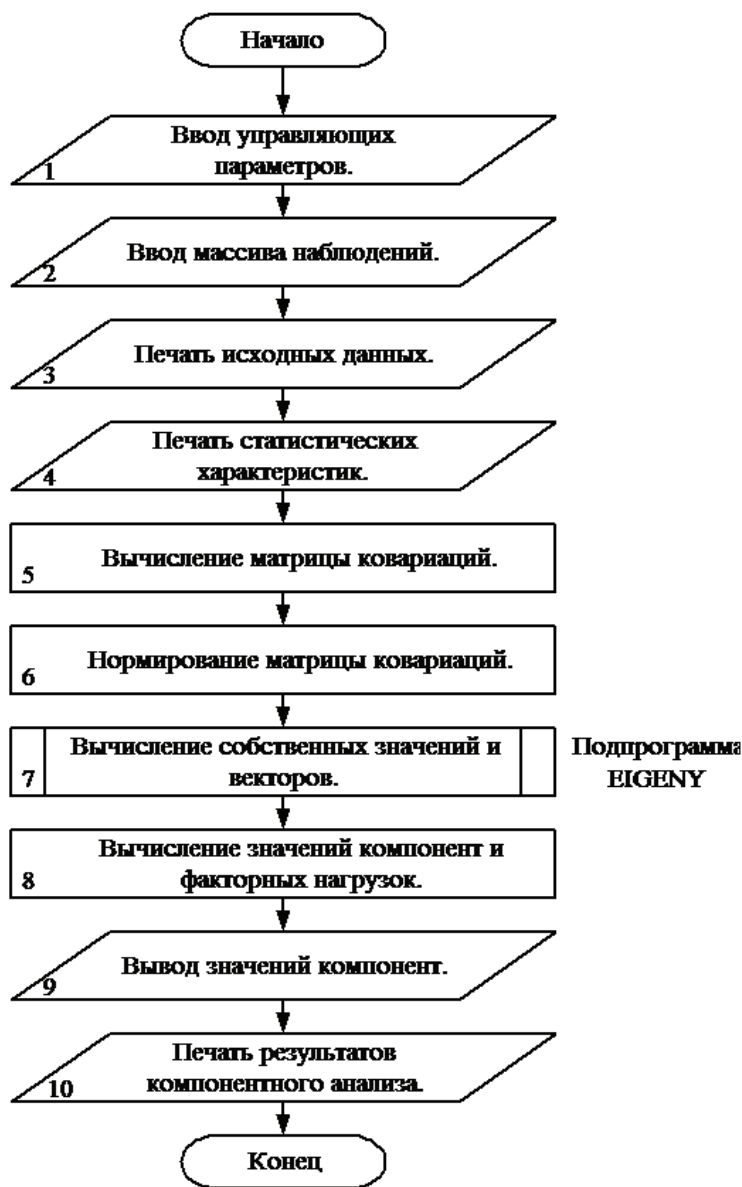


Рис.1. Блок – схема компонентного анализа

## AUTOMATYZOWANE UKŁADY KIEROWNICZE NA PRODUKCJI

Головицына М.В.

Профессор кафедры РЭУС Александровского филиала Московского  
Государственного открытого университета им. В.С.Черномырдина, к.т.н.

### ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

#### Метод компонентного анализа

В работах [1 – 7] автором изложена методика комплексного использования математических методов для построения «сквозных» математических моделей технологических процессов.

Составной частью этой методики является необходимость формирования исходной информации для построения таких моделей.

Поскольку сложный технологический процесс содержит большое количество параметров, имеющих разную физическую природу, то для проведения последующих факторного, корреляционно-регрессионного анализа и др., разработки математических моделей и алгоритмов управления с целью сокращения исходной информации целесообразно проводить выделение групп.

После группировки проводится поиск информативных параметров внутри групп. Для этого используются методы главных компонент и главных факторов.

По методу главных компонент осуществляется представление каждого параметра в виде линейной комбинации « $n$ » некоррелированных переменных (компонент)  $f_i$  [8]:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} f_j + \bar{x}_i, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $a_{ij}$  – нагрузка  $j$ -той компоненты, которая определяется по формуле:

$$a_{ij} = \sqrt{\lambda_j} \cdot \alpha_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}^2};$$

здесь  $\{\alpha_{ij}\}_{i=1}^n$  – компоненты собственного вектора матрицы, соответствующего  $j$ -му собственному значению  $\lambda_j$ .

Поскольку число компонент равно числу исходных параметров и компоненты некоррелированы, то матрица  $\{\alpha_{ij}\}_{i,j=1}^n$  находится однозначно, а компоненты  $f_1, \dots, f_n$  также можно найти через исходные параметры  $x_1, \dots, x_n$ .

Метод главных компонент позволяет упорядочить компоненты по степени их вклада в общую дисперсию, выделить компоненты с большим вкладом в большую дисперсию.

Блок-схема компонентного анализа представлена на рис. 1.

Пояснения к блок-схеме

Начало программы.

Блок 1. Вводятся: N и M – размерности исходной матрицы и матрица.

Блок 2. Вводятся:

MX – количество переменных, участвующих в анализе (по умолчанию – все);

MFx – максимально допустимое количество компонент (по умолчанию – все);

ETA – точность вычислений (по умолчанию – 0.0001);

Q – процент дисперсии, объясняемый главными компонентами (по умолчанию Q = 100%);

IS – задаёт способ стандартизации матрицы ковариаций;

IS = 0 – по среднеквадратичному отклонению (по умолчанию);

IS = 1 – по среднему значению;

IS = 2 – без стандартизации;

IS = -1 – факторный анализ не проводится.

Блок 3. Печатаются исходные данные.

Блок 4. Определяются и печатаются статистические параметры:

XN – переменная матрица;

SZ – мат.ожидание;

D – дисперсия;

SQ – стандартное отклонение;

VR – коэффициент вариации.

Блок 5. Определяется коэффициент корреляции  $A(i,j)$ .

Печатается коэффициент парной корреляции.

Блок 6. Определяется способ стандартизации матрицы.

Стандартизуется матрица корреляции.

Блок 7. Вызывается подпрограмма вычисления собственных векторов.

В массив «B» записываются их значения.

Блок 8. Вычисление сумм и коэффициентов. Вычисление главных компонент.

Вычисление дисперсии и значений компонент.

Блоки 9 и 10. Печать главных компонент.

Осуществляется печать дисперсии главных компонент, выражения компонент через исходные переменные, корреляции компонент с исходными переменными, значений компонент.

Конец программы.

Число факторов определяется из расчёта задаваемого большого вклада ( $\approx 80-90\%$ ) их суммарной дисперсии в суммарную общность. Процесс поиска факторных нагрузок, а затем общностей повторяется итеративно до достижения

заданной точности. Следовательно, с известной погрешностью, заранее заданной и удовлетворяющей требованиям исследователя, можно ограничить количество параметров, контролируемых по ходу технологического процесса.

В частности, при исследовании технологического процесса изготовления видеоконтрольного устройства (ВКУ) были получены, например, такие результаты:

Компонентный анализ

#### Метод главных компонент

	Среднее	Дисперсия	Стандарт
РазВ	2.000312	.001275	.035702
Ампл	3.050000	.043368	.208251
УОтЦ	1.499375	.001212	.034817
УпрИ	1.003021	.001691	.041119
Рсиг	1.994792	.019236	.138693
РазС	.526562	.010419	.102071
ДлИ1	11.693750	.032171	.179363
ДлИ2	1.010417	.026838	.463822
ДлИ3	26.027080	.528311	.726850

Суммарная дисперсия .66452

Вклад переменных в суммарную дисперсию, в %:

РазВ	.1918
Ампл	6.5263
УОтЦ	.1824
УпрИ	.2544
Рсиг	2.8947
РазС	1.5678
ДлИ1	4.8412
ДлИ2	4.0387
ДлИ3	79.5026

Здесь РазВ..... ДлИ3 – параметры технологического процесса изготовления ВКУ.

Очевидно, что эффективность изложенного подхода возрастает при большем количестве исходных параметров процесса.