

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<b>Барбасова Т.А., Шнайдер Д.А., Евчина Ю.Б., Дивнич П.Н.</b> Автоматизация регулирования режимов пароструйного компрессора с применением SCADA-системы TRACE MODE и теории нечётких множеств .....	3
<b>Лебедев В.А.</b> Аппарат для автоматической сварки толстолистовых конструкций элементов мощных алюминиевых шинопроводов .....	8

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Андреев С.М., Парсункин Б.Н., Нужин Д.В.</b> Автоматизированная система управления топливосберегающим несимметричным нагревом металла перед прокаткой в современных методических печах .....	14
<b>Малков А.В.</b> Опыт применения метода глубинной расходометрии при изучении коллекторских свойств геологического разреза .....	21
<b>Алиев Р.А., Ахмедов М.А., Мамедов Дж.Ф., Гусейнов А.Г.</b> Создание инструмента автоматизированного проектирования нестандартных элементов гибкой производственной системы .....	28
<b>Долотовский И.В., Ларин Е.А., Долотовская Н.В.</b> Информационно-аналитическая система энергетического комплекса предприятий по переработке углеводородного сырья .....	33

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

<b>Иванов А.П., Минаков А.В.</b> Финансовая стабилизация производственно-хозяйственной деятельности предприятий .....	37
<b>Степанов Л.В.</b> Модель взаимодействия предприятий в условиях монополистической конкуренции на рынке .....	42

### ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов .....	47
-----------------------------	----

**Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу (499) 269 4897, по e-mail [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru), на сайте [www.mashin.ru](http://www.mashin.ru) (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298**

Художественный редактор *Галицина Т.Н.*  
Компьютерный набор *Путинов В.Н.*  
Компьютерная верстка *Тугаринов А.А.*

Набрано в ФГУ “Научно-исследовательский институт –  
Республиканский исследовательский  
научно-консультационный центр экспертизы”  
123995, Москва, ул.Антонова-Овseenko, 13.Тел.: (499) 795 1789

## CONTENTS

### AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

<b>Barbasova T.A., Shnaider D.A., Evchina Yu.B., Divnich P.N.</b> Automation of the steam-jet compressor regimes adjustment with application of the SCADA-system TRACE MODE and indistinct multitude theory .....	3
<b>Lebedev V.A.</b> Apparatus for thick plate components automatic welding of the powerful aluminum busbars .....	8

### MODERN TECHNOLOGIES

<b>Andreev S.M., Parsunkin B.N., Nuzhin D.V.</b> Automatic control system of the fuel preserve asymmetrical metal heating before rolling in the contemporary methodological ovens .....	14
<b>Malkov A.V.</b> Experience of the deep flowmeter survey method application when studying of the geological section collector characteristics .....	21
<b>Aliev R.A., Akhmedov M.A., Mamedov Dj. F., Guseynov A.G.</b> Automatic projecting instrument creation of the nonstandard components for flexible production system .....	28
<b>Dolotovskiy I.V., Larin E.A., Dolotovskaya N.V.</b> Information-analytical system of the energy complex enterprises for hydrocarbon raw material treatment .....	33

### ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

<b>Ivanov A.P., Minakov A.V.</b> Financial stabilization of the enterprises production-economic activity .....	37
<b>Stepanov L.V.</b> Enterprises interaction model in the market monopolistic competition conditions .....	42

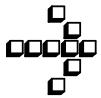
### SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review .....	47
--------------------------	----

Сдано в набор 27.10.09. Подписано в печать 27.12.09.  
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,85. Заказ 1. Цена свободная

Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»  
142110, Московская обл., г.Подольск,  
ул.Кирова, 15

**Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна  
при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка  
на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.  
За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель**



УДК 62.174: 621.186.83

**Т.А. Барбасова**, канд. техн. наук, доц., **Д.А. Шнайдер**, канд. техн. наук, доц.,  
**Ю.Б. Евчина** (ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск),  
**П.Н. Дивнич** (ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск)

barbasow@mail.ru

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПАРОСТРУЙНОГО КОМПРЕССОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ SCADA-СИСТЕМЫ TRACE MODE И ТЕОРИИ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

*Рассмотрены применение SCADA-системы TRACE MODE и теории нечётких множеств для автоматизированного управления пароструйным компрессором в системе пароснабжения металлургического предприятия.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, пароструйный компрессор, регулирование режимов пароструйного компрессора, применение нечёткой теории множеств.

*SCADA-system TRACE MODE and indistinct multitude theory application for steam-jet compressor automatic control in the system of metallurgical enterprise steam supply is considered.*

**Key words:** energy conservation, steam-jet compressor, steam-jet compressor regimes adjustment, indistinct multitude theory application.

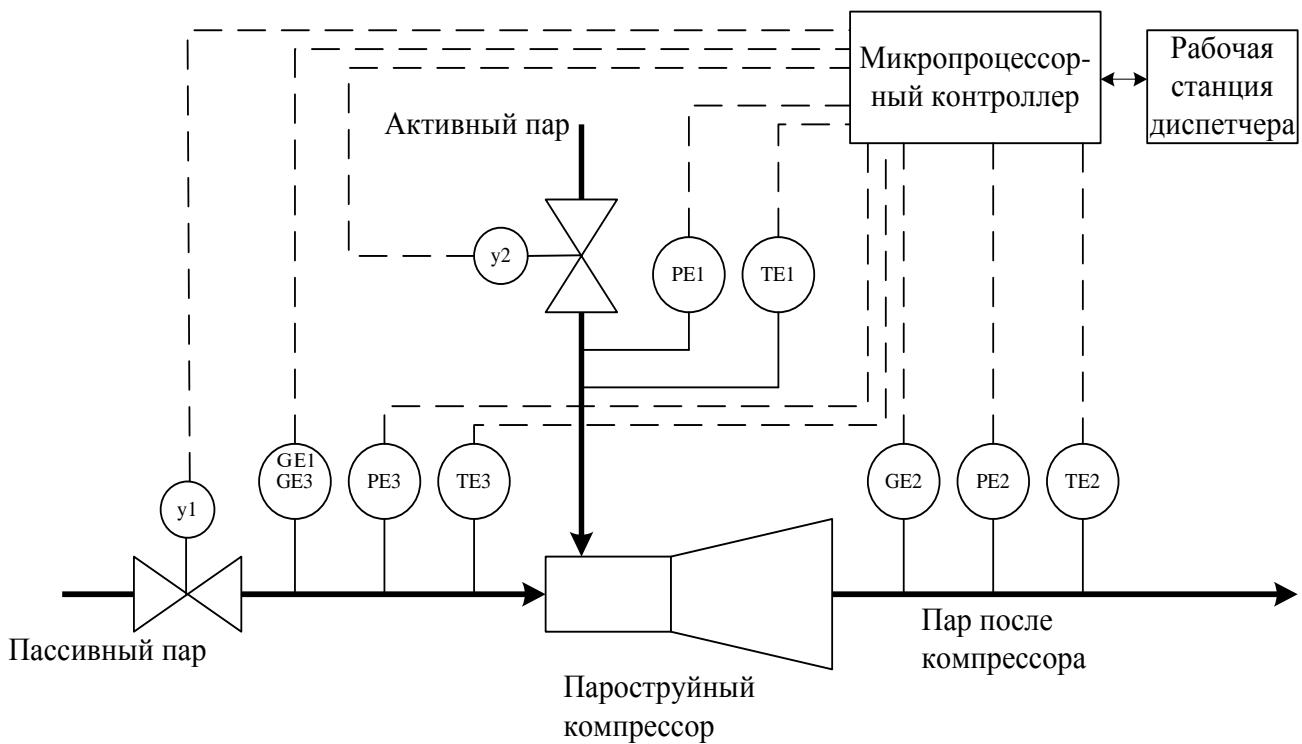
**Введение.** Повышение давления инжектируемого потока пара без затрат механической энергии является основным достоинством струйных аппаратов. Благодаря этому свойству использование струйных аппаратов во многих отраслях техники позволяет получать более простые и надёжные технические решения по сравнению с применением механических нагнетателей. Простота конструкции и схем включения струйных аппаратов в различные установки, а также несложность их изготовления позволяют использовать струйные аппараты в различных производствах, в том числе в системах пароснабжения металлургических предприятий.

Одним из вариантов промышленного применения струйных аппаратов является использование аппарата в качестве пароструйного компрессора для утилизации отработанного пара с турбогенераторов электрических станций путём смешения его с паром высокого давления. При этом становится возможным вторичное использование пара для технологических нужд предприятия.

Для применения пароструйного компрессора в системе пароснабжения промышленного предприятия пароструйный компрессор необходимо оснащать автоматизированной системой регулирования режима работы для поддержания устойчивого процесса смешения при сохранении входных параметров пара на расчётом рабочем уровне.

**Определение рабочего режима функционирования пароструйного компрессора.** Математическое моделирование объекта регулирования выполнено по известной методике Е.Я. Соколова [1]. Рабочий режим работы пароструйного компрессора определяется из условий установления возможных входных параметров рабочего и инжектируемого пара. Рабочим потоком в пароструйном компрессоре является пар, поступающий от редукционной установки системы пароснабжения РУ 40/16, а инжектируемым паром – отработанный пар турбоагрегатов электростанции. Для установки компрессора в системе пароснабжения необходимо определить максимальный коэффициент инжекции аппарата при максимально возможном повышении давления инжектируемого пара на выходе пароструйного компрессора.

Расчёт параметров работы компрессора в зависимости от относительной скорости потока проведён для рабочего давления пароструйного компрессора  $p_p = 1,569$  МПа, инжектируемого давления пароструйного компрессора  $p_h = 0,245$  МПа, расхода инжектируемого пара 16,67 кг/с. Принимая во внимание режимы работы пароструйного компрессора с максимально возможным расходом инжектируемого пара целесообразно рассчитывать повышение его давления при коэффициенте инжекции не более 1,5.



**Рис. 1. Регулирование режимов работы пароструйного компрессора:**

$y_1$ ,  $y_2$  – исполнительные механизмы на регулирующих клапанах;  $PE_1$ – $PE_3$  – датчики измерения давления пара;  $TE_1$ – $TE_3$  – датчики измерения температуры пара;  $GE_1$ ,  $GE_2$  – датчики измерения расхода пара

**Регулирование режимов работы пароструйного компрессора.** Разработанная система автоматического регулирования режимов работы пароструйного компрессора включает: пароструйный компрессор; регулирующие клапаны с электромеханическими исполнительными механизмами, расположенные на подводящих паропроводах для регулирования давления рабочего и инжектируемого пара; датчики температуры, давления и расхода пара на входах и выходе компрессора.

Схема регулирования режима работы пароструйного компрессора представлена на рис. 1.

Режим работы пароструйного компрессора регулируется с помощью коэффициента инжекции  $i$  и давления  $p_c$  смешанного потока на выходе из компрессора.

Для регулирования режимов работы пароструйного компрессора может применяться теория нечётких множеств. Регулирование степени открытия клапанов на подводящих паропроводах осуществляют нечёткие регуляторы с отслеживанием коэффициента инжекции и скорости его изменения.

Рассмотрим построение нечёткого регулятора работы клапана на трубопроводе инжектируемого пара. В качестве входной лингвистической переменной первого регулятора для поддержания

коэффициента инжекции используется отклонение коэффициента инжекции  $\beta_1$ ; в качестве выходной лингвистической переменной – приращение степени открытия клапана  $\omega_1$ .

В этом случае система нечёткого вывода будет содержать следующие правила нечёткой продукции:

ЕСЛИ « $i$  больше уставки на большую величину», ТО «закрыть клапан на большую величину»;

ЕСЛИ « $i$  больше уставки на среднюю величину», ТО «закрыть клапан на среднюю величину»;

ЕСЛИ « $i$  больше уставки на малую величину», ТО «закрыть клапан на малую величину»;

ЕСЛИ « $i$  меньше уставки на малую величину», ТО «открыть клапан на малую величину»;

ЕСЛИ « $i$  меньше уставки на среднюю величину», ТО «открыть клапан на среднюю величину»;

ЕСЛИ « $i$  меньше уставки на большую величину», ТО «открыть клапан на большую величину».

Для второго регулятора скорости изменения коэффициента инжекции база нечётких лингвистических правил аналогична базе нечётких лингвистических правил первого регулятора, за исключением того, что входной лингвистической переменной является «отклонение скорости изменения коэффициента инжекции»  $\beta_2$ , а в качестве уставки используется нулевое значение скорости.

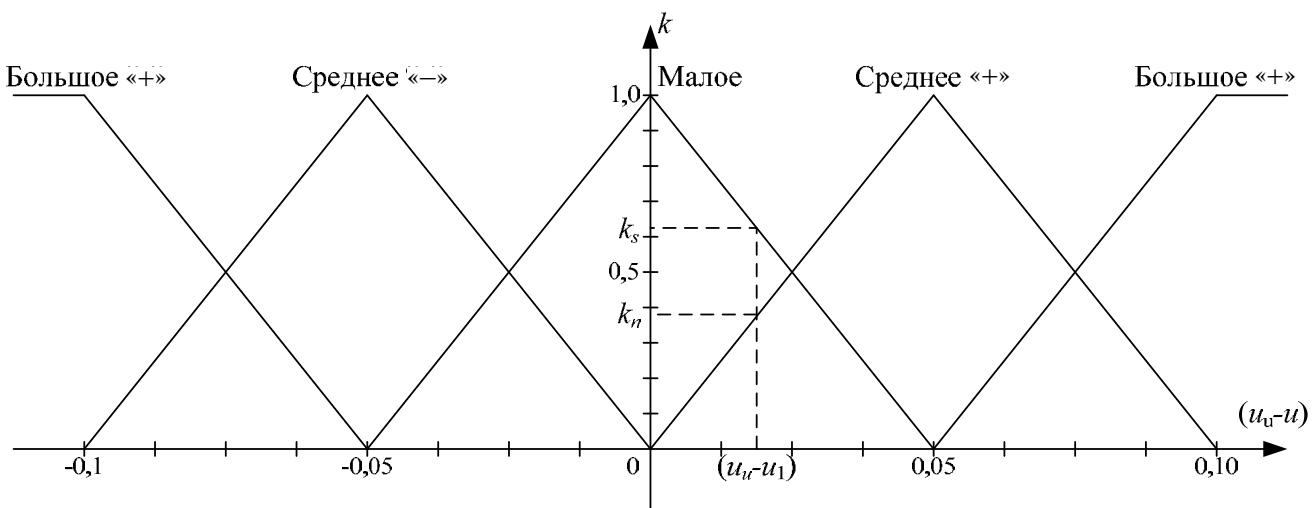


Рис. 2. Функции принадлежности отклонения коэффициента инжекции:

$(u_u - u)$  – величина отклонения коэффициента инжекции  $u$  от уставки  $u_u$ ;  
 $k_n, k_s$  – значения функций принадлежности

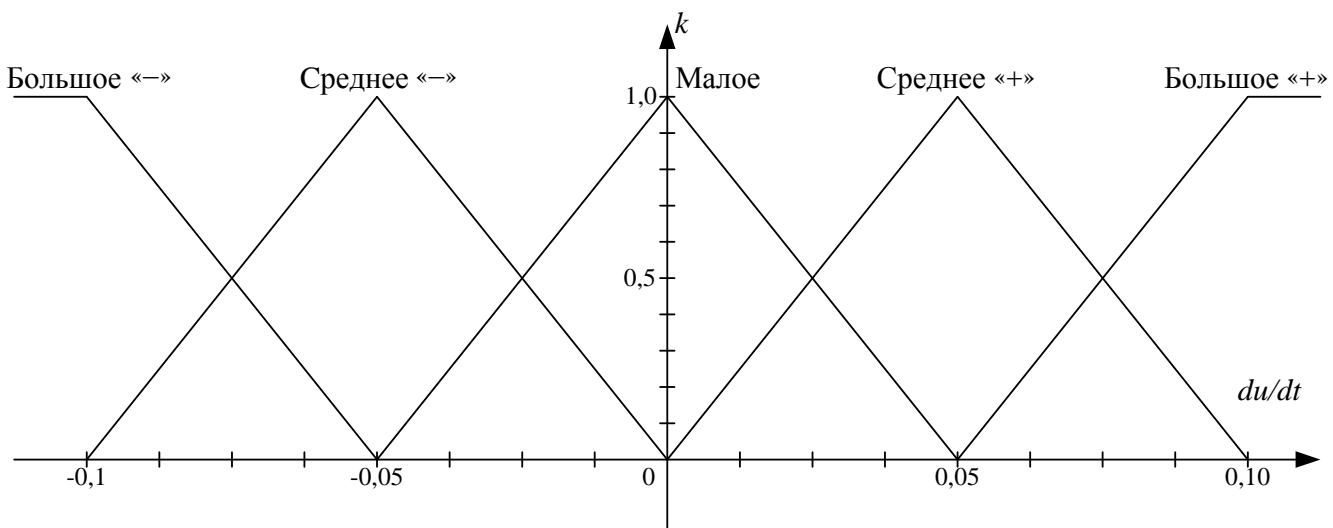


Рис. 3. Функции принадлежности скорости изменения коэффициента инжекции:

$du/dt$  – скорость изменения коэффициента инжекции

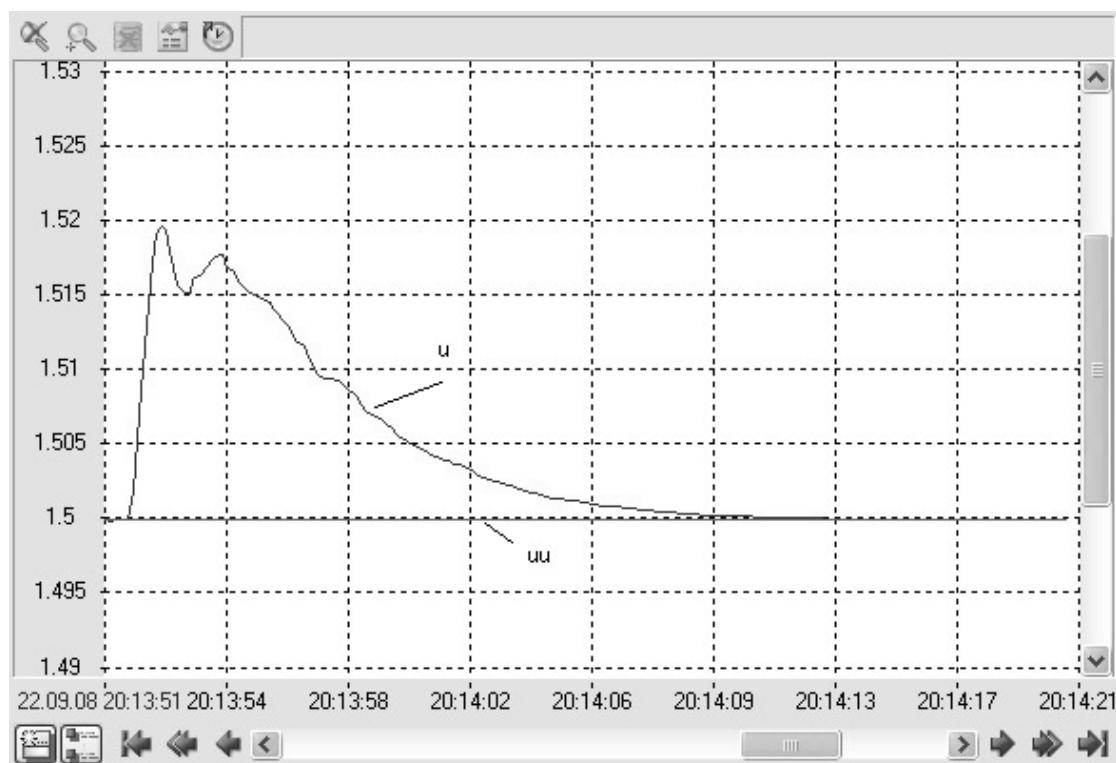
В качестве терм-множества входной лингвистической переменной будем использовать множество  $T_1 = \{\text{Большое <+>, Среднее <+>, Малое, Среднее <->, Большое <->}\}$  с функциями принадлежности, изображёнными на рис. 2.

Для второго регулятора терм-множество входной лингвистической переменной будет аналогично регулятору, построенному по принципу регулирования отклонения коэффициента инжекции. Функции принадлежности изображены на рис. 3.

Построение нечётких регуляторов и отработка алгоритмов регулирования производились на ос-

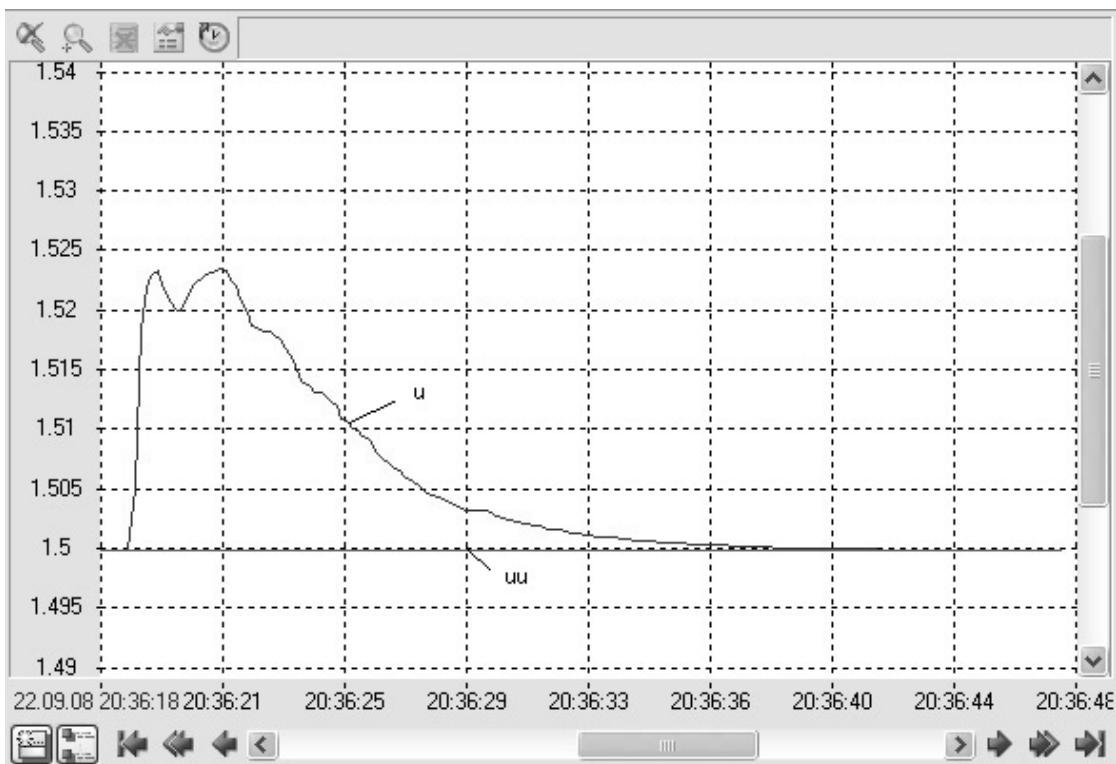
нове использования SCADA-системы TRACE MODE 6.0.

На рис. 4 приведены результаты моделирования работы пароструйного компрессора при регулировании коэффициента инжекции на уровне уставки 1,5 и уменьшении величины рабочего давления. Поскольку в номинальном режиме работы ( $p_{\text{р. ном}} = 1,569 \cdot 10^6 \text{ Па}, p_{\text{н. ном}} = 0,245 \cdot 10^6 \text{ Па}, T_{\text{р. ном}} = 240^\circ \text{C}, T_{\text{н. ном}} = 170^\circ \text{C}$ ) оба клапана полностью открыты, то при увеличении коэффициента инжекции относительно уставки необходимо прикрыть клапан с инжектируемым паром.

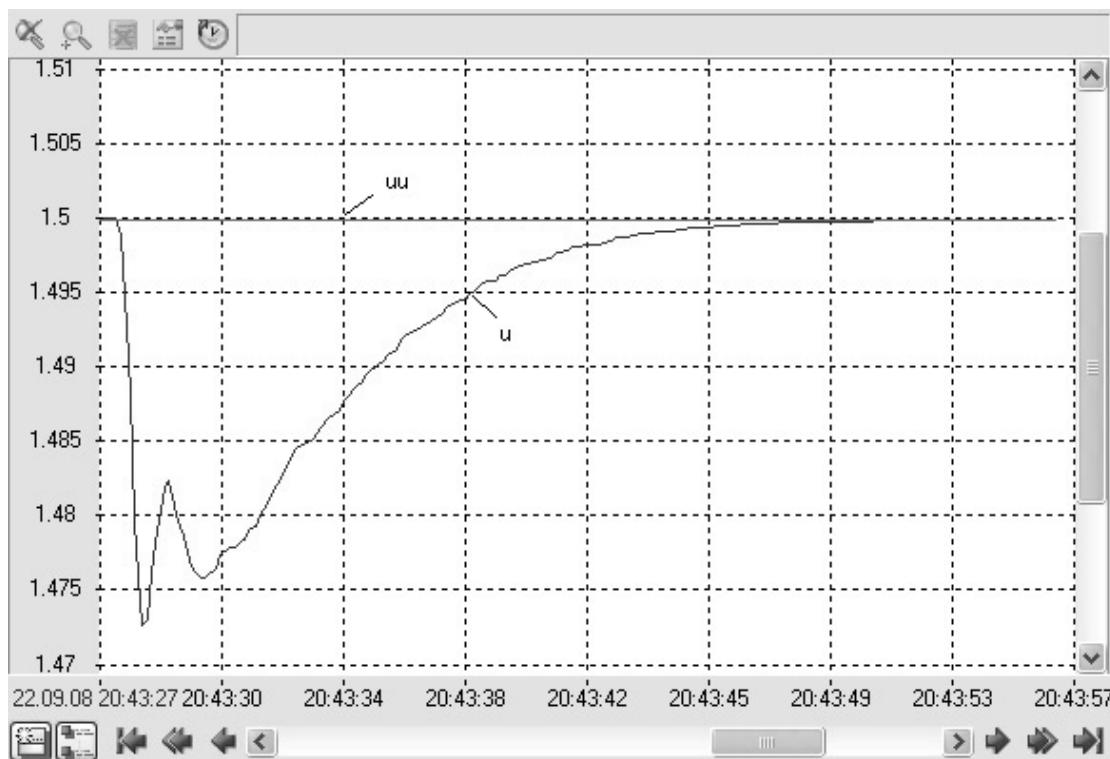


**Рис. 4. Регулирование коэффициента инжекции при уменьшении давления рабочего пара с 1,569 до 1,38 МПа:**

и – кривая изменения коэффициента инжекции пароструйного компрессора во времени;  
ии – кривая уставки коэффициента инжекции для обеспечения рабочего режима работы пароструйного компрессора



**Рис. 5. Регулирование коэффициента инжекции при увеличении давления инжектируемого пара с  $p_{n1} = 0,245$  до  $p_{n2} = 0,294$  МПа**



**Рис. 6. Регулирование коэффициента инжекции при уменьшении давления инжектируемого пара с  $p_{n1} = 0,245$  до  $p_{n2} = 0,196$  МПа**

На рис. 5 и 6 приведены результаты моделирования при регулировании коэффициента инжекции пароструйного компрессора на уровне уставки 1,5 при увеличении и уменьшении давления инжектируемого пара

При увеличении давления инжектируемого пара его расход повышается, следовательно, растёт коэффициент инжекции. При открытом клапане с рабочим паром для уменьшения коэффициента инжекции необходимо прикрыть клапан с инжектируемым паром.

При уменьшении давления инжектируемого пара его расход снижается, а значит, уменьшается коэффициент инжекции. Поскольку изначально оба клапана были открыты, то для увеличения коэффициента инжекции необходимо прикрыть клапан с рабочим паром.

**Заключение.** Пароструйный компрессор отличается простотой конструкции и может быть использован для утилизации отработанного пара в системе пароснабжения металлургического предприятия. Проведённое математическое моделирование работы пароструйного компрессора и выполнение алгоритмов регулирования в SCADA-

системе TRACE MODE 6.0 позволяют сделать вывод о том, что автоматизированное регулирование аппарата обеспечит работу пароструйного компрессора в расчётном режиме.

При прохождении отработанного низкопотенциального пара через компрессор повышается давление смешанного пара, который целесообразно использовать для питания деаэраторов энергетического участка предприятия. Разработанная система автоматического регулирования режимами пароструйного компрессора позволит повысить энергетическую эффективность предприятия путём вторичного использования отработанного пара.

#### **Библиографические ссылки**

1. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергоатомиздат, 1989. 315 с.
2. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. М.: МЭИ, 1999. 256 с.
3. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 456 с.

УДК 621.791.75.03-52

**В.А. Лебедев**, канд. техн. наук (Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, г. Киев)

lebedevvladimir@ukr.net

## АППАРАТ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ТОЛСТОЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МОЩНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ШИНОПРОВОДОВ

*Рассмотрены основы разработки аппарата для сварки протяжённых узлов – прямолинейных участков мощных алюминиевых шинопроводов для ряда отраслей промышленности (электрометаллургия) и энергетики.*

*Определены основные условия, технические и технологические данные для конструирования сварочного аппарата. Показано, что получить качественное сварное соединение можно при рациональном распределении наплавленных валиков при создании монолитной структуры, соединяющей шину. Описаны конструкция и алгоритмы функционирования отдельных систем автомата.*

**Ключевые слова:** алюминий, шинопровод, сварка, качество, шов, технология, электропроводность, оборудование, автоматизация.

*Apparatus designing bases for lengthy assembly welding are considered. It is mentioned about rectilinear sections of the powerful aluminum busbars for series industry and (electrometallurgy) and energetics branches.*

*Bases conditions, technical and technological dates for welding apparatus designing are defined. It is shown that qualitative welded joint can be obtained through weld pad rollers efficient distribution when creating of the busbar joining monolithic structure. Design and algorithms of the separate automatic machine systems functioning are described.*

**Key words:** aluminum, busbar, welding, quality, weld, technology, conduction, equipment, automation.

Сварка алюминиевых шинопроводов для электролизного производства металлов (алюминий, магний) на энергогенерирующих предприятиях и мощных потребителях электроэнергии актуальна и часто осложняется объёмами работ, которые надо проводить в производственных условиях и ограниченных временных интервалах. Это, в частности, относится к системам энергоснабжения электролизёров, где качественное сварное соединение шинопроводов при ремонте или вводе в эксплуатацию можно получить лишь в период полного снятия напряжения. В настоящее время сварку шинопроводов осуществляют малопроизводительными способами, в частности с использованием неплавящегося электрода. Более эффективно задачу можно решить, используя механизированное дуговое оборудование – полуавтоматы, но при этом имеется и большая группа протяжённых достаточно прямолинейных швов, где сварочный процесс может быть автоматизирован.

Автоматизация позволяет существенно увеличить ток сварки, производительность процесса и создать более комфортные условия для работы сварщика, обеспечить повторяемость результатов и их качество (прочность соединения и низкое

переходное электрическое сопротивление). Следует отметить, что по шинопроводам электролизёров проходит ток в тысячи ампер, что делает задачу получения качественного шва значимой.

При создании автоматов для сварки толстолистовых металлоконструкций из сплавов алюминия необходимо:

определить режимы сварки, при которых реализуется процесс сварки за заданное (ограниченное) время;

задать порядок наложения валиков металла и технические средства для раскладки швов;

выбрать способ и устройство для слежения за швом;

разработать систему автоматического возбуждения дуги;

определить систему подачи электродной проволоки и средства поддержания её стабильного движения в зону горения дуги;

выявить наиболее эффективный по совокупности показателей (вольт-амперные характеристики, индуктивность сварочной цепи, надёжность, стоимость) источник сварочного тока.

Рассмотрим определение количества проходов (швов), которые требуется выполнить при создании соединения определённой формы.

Количество проходов  $n$  при сварке определяется по формуле

$$n = S/S_i, \quad (1)$$

где  $S$ ,  $S_i$  — площади наплавки общей и одного прохода соответственно.

Площадь поперечного сечения при одном проходе сварочного аппарата, согласно работе [1] рассчитывают по формуле

$$S_i = \frac{\alpha I_\delta}{\rho v_{cb}}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  — коэффициент расплавления электродного металла;  $I_\delta$  — ток сварки;  $\rho$  — плотность электродного металла;  $v_{cb}$  — скорость сварки.

Коэффициент расплавления электродной проволоки в технической литературе [2] определяется как некоторая эмпирическая зависимость для каждого конкретного процесса и условий его реализации, что не позволяет без достаточно объёмных экспериментальных работ распространить её на другие виды дуговых процессов. Найдём коэффициент  $\alpha$  другим методом. Для этого вычислим скорость подачи  $v_n$  электродной проволоки:

$$v_n = l/t, \quad (3)$$

где  $l$  — длина участка проволоки, поданной за время  $t$ .

Коэффициент расплавления по определению запишется в виде

$$\alpha = m/I_\delta t, \quad (4)$$

где  $m$  — количество расплавившегося металла за время  $t$  током  $I_\delta$ .

Количество расплавившегося металла можно определить по формуле

$$m = \pi r_3^2 \rho l, \quad (5)$$

где  $r_3$  — радиус сечения электродной проволоки.

Выражение (2) для определения сечения наплавленного металла с учётом выражений (3) — (5) и коэффициента потерь электродного металла  $\psi$  принимает достаточно простой, очевидный и удобный для применения в технологической и конструкторской практике вид:

$$S_i = \pi r_3 \Psi \frac{v_n}{v_{cb}}. \quad (6)$$

Проверка адекватности выражения (6) реальным процессам сварки проводилась в лабораторных условиях с использованием полуавтомата и механизма перемещения его держателя вдоль свариваемого стыка, представляющего собой тавровое соединение, имитирующее приварку шин друг к другу. Режимы сварки электродной проволокой типа СвАК5 диаметром 3,0 мм выбирались в соответствии с работами [3] и [4]. Количество швов рассчитывалось согласно выражениям (1) и (6).

Скорость сварки выбиралась из условий минимального проплавления основного металла и отсутствия сдувания потока защитного газа, вызывающего нарушение процесса сварки. При сварке током 360–380 А со скоростью 18–20 м/ч результаты измерения площади сечения каждого шва и соединения в целом, проведённые по макрошлифам, показали удовлетворительную сходимость экспериментальных исследований с теоретическим расчётом, что предполагает возможность использования формулы (6) для оценки возможных результатов наплавки и сварки для получения заданных сечений металла шва.

При использовании формулы (6) следует иметь в виду, что для каждого диаметра электродной проволоки существует определённый диапазон устойчивых режимов по току сварки. Кроме того, максимальное значение тока сварочного процесса всегда ограничивается возможностями теплового нагружения элементов сварочной горелки (токоподводящего наконечника, канала для подачи проволоки и др.).

Исходя из изложенного, можно определить время  $t_p$ , затрачиваемое на выполнение многослойного сварного соединения:

$$t_p = t_c + t_h, \quad (7)$$

где  $t_c$ ,  $t_h$  — время сварки и наладки соответственно.

Время наладки определяется возможностями сварочного оборудования, его техническим совершенством и окончательно устанавливается только в результате опытных сварок. «Чистое» время сварки одного шва  $t_{ci}$  можно определить из выражения (6):

$$t_{ci} = \frac{S_i l_{sh}}{\pi r_3^2 \Psi v_n}, \quad (8)$$

где  $l_{sh}$  — длина сварного соединения.

Полное время сварки, согласно формуле (1), запишется в виде

$$t_{ci} = \frac{S l_{sh}}{\pi r_3^2 \Psi v_n}. \quad (9)$$

Разработаны технология выполнения сварных валиков и последовательность их нанесения в автоматическом цикле.

Рассмотрим пример разработки и конструирования автомата для сварки алюминиевых шин толщиной 50 мм с протяжённостью шва до 1,0 м. Такие задачи стоят при приварке боковых отводов шин в конструкции электроснабжения магниевого электролизёра. Пример раскладки швов

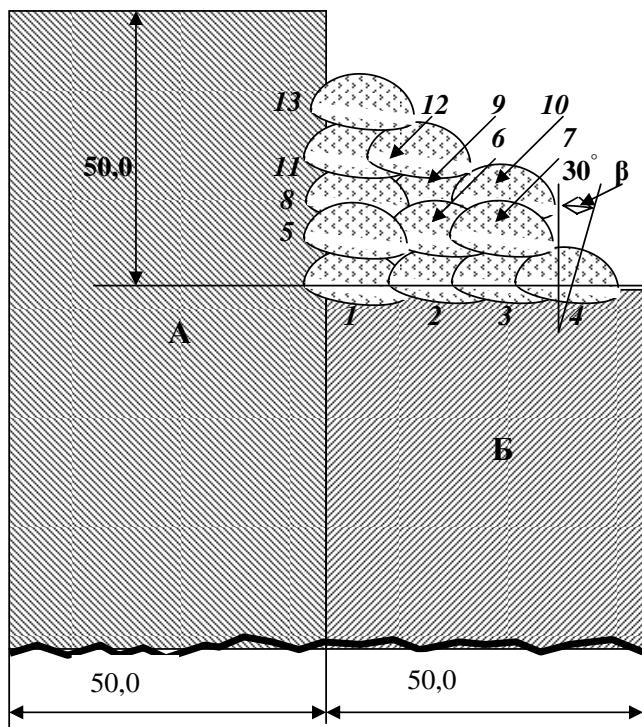


Рис. 1. Вариант раскладки валиков при сварке алюминиевых шинопроводов током до 380 А

при таком соединении в соответствии с приведёнными аналитическими соотношениями показан на рис. 1, где буквами А и Б обозначены основная шина и отвод. Форма многослойного сварного соединения соответствует необходимому сечению, которое обеспечивает прохождение тока с потерями, не превышающие потери в самих шинах. Следует отметить, что форма многослойного сварного соединения должна быть близкой к треугольной, но заполнять тавровое соединение полностью не следует, так как необходимую площадь сечения для прохождения тока дополнительно и существенно обеспечивает первый шов, выполняемый в местестыковки элементов конструкции шинопровода.

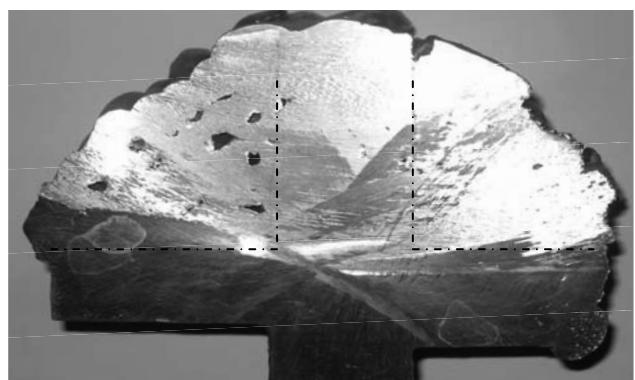
Выполнение валиков шва осуществляется по следующему алгоритму. Горелку автомата устанавливают под углом  $\beta = 25\text{--}30^\circ$  по отношению к вертикали и выполняют шов 1, сваривая «в угол» узлы А и Б шинопроводов таким образом, чтобы получить максимальный провар шины А и отвода Б. Далее на горизонтальной плоскости наплавляют валики 2–4, затем «в угол» валик 5, а валик 7 – на горизонтальной плоскости по уже выполненным валикам. И так далее до последнего валика 13, который выполняется «в угол».

Отметим, что в зависимости от задач (обеспечение минимума потерь электроэнергии, механическая прочность и др.) имеются и другие алгоритмы выполнения многослойного сварного соединения.

Степень автоматизации сварочного автомата обуславливается возможностью выполнения сварного соединения за строго отведённое для этого время с высокой степенью повторяемости. Внешний вид швов и их сечение приведены на рис. 2. При этом на рис. 2, б показаны сечения



а)



б)

Рис. 2. Образцы, полученные при автоматической многослойной сварке алюминиевых металлоконструкций толщиной 40 мм, имитирующих различные элементы мощных шинопроводов электролизных предприятий:

а – внешний вид швов; б – сечение швов

двух швов: слева – при неудачно выбранном, практически случайном, порядке раскладки и расположении валиков швов, а справа – сварное плотное соединение с оптимизированными (специально рассчитанными) раскладкой и режимами сварки. В нём отсутствуют полости и неметаллические включения, что делает это сварное соединение по электрическим свойствам (электропроводности) равным основному металлу шинопровода.

Очевидно, что при разработке и конструировании сварочного автомата для многослойной сварки существенное значение имеет место выбора системы, которая позволяет не учитывать так называемый человеческий фактор при настройке автомата на каждый последующий шов.

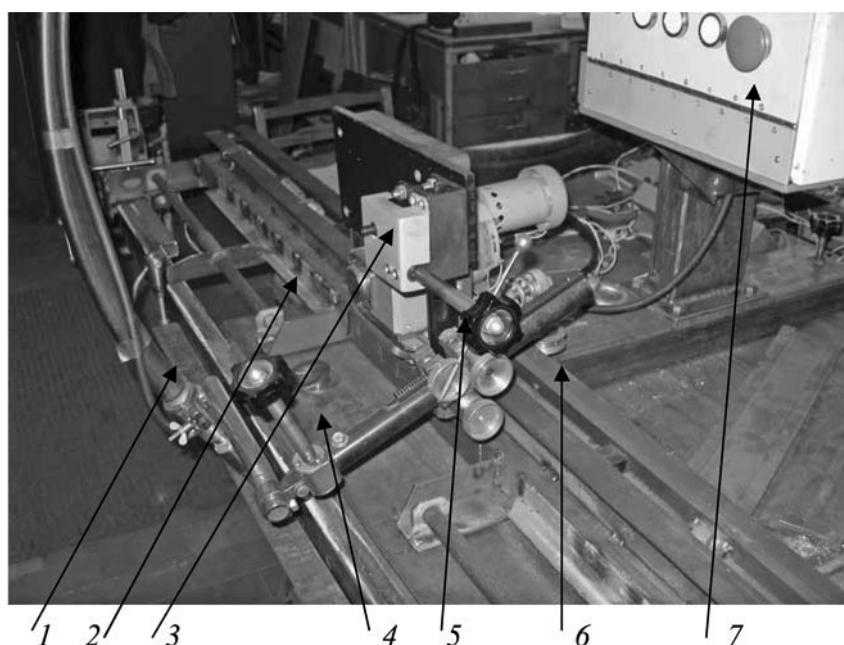
Серьёзным является вопрос автоматического возбуждения дуги не только с исходной позиции (начало шва), но и в любом месте, где по каким-либо причинам происходит прерывание автоматического цикла. В экспериментальных работах при подаче электродных проволок диаметром 2,0 мм и более и их соприкосновении со свариваемым изделием возбуждение дуги не происходит. Возможно несколько вариантов решения этой задачи: использование металлической стружки, осциллятора или дополнительные манипуляции с электродной проволокой. Как наиболее простой и надёжный способ возбуждения дуги,

предложен и реализован способ с реверсом проволоки, выполняемый по определённому алгоритму.

Институт электросварки им. Е.О. Патона (г. Киев) имеет многолетний успешный опыт создания и внедрения автоматизированного и механизированного оборудования для разных типов и видов сварки и наплавки. Установка, разработанная для внедрения при многослойной сварке элементов шинопроводов, базируется на опыте создания надёжных и проверенных разработок узлов и систем подачи электродной проволоки, перемещения сварочной головки, коррекции сварочной головки относительно свариваемого изделия и непосредственно места сварки, которое характеризуется воздействием ряда производственных факторов, влияющих на работоспособность сварочного оборудования. Эти факторы изучены в процессе работы на ряде электрометаллургических предприятий Украины, России и Таджикистана и учтены при разработке и внедрении механизированного дугового оборудования.

**Концепция построения установки.** Установка, общий вид которой показан на рис. 3, выполнена в виде мобильного, легко перемещаемого и устанавливаемого на месте сварки комплекса.

Сварочная головка выполнена в виде автоматического устройства, перемещающегося вдоль сварного шва, и содержит основные механизмы:



**Рис. 3. Установка УМС-2 (опытный образец) для многослойной сварки элементов алюминиевого электролизёра:**

1 – сварочная горелка; 2 – устройство крепления аппарата на свариваемом изделии с копированием направления шва; 3 – устройство перемещения горелки; 4 – имитация свариваемого изделия; 5 – устройство управления раскладкой шва; 6 – направляющий рельс; 7 – пульт управления и регулирования

подачи электродной проволоки с регулируемым электроприводом и перемещения с регулируемым электроприводом, а также вспомогательные механизмы для корректировки положения торца электродной проволоки относительно сварного шва: поперечного перемещения, вертикального перемещения, наклона системы подачи вдоль сварного шва и наклона поперёк сварного шва. При этом устройства вертикального и горизонтального перемещения прости по конструкции и механически объединены в одну систему, которая поворотом соответствующего маховика со шкалой устанавливает сварочную горелку в нужное для каждого последующего шва положение. Сварочная горелка снабжена соплом для подвода к ванне защитного газа, клапаном газового отсекателя и другими устройствами для её функционирования в автоматическом режиме (флажки для концевых выключателей, контролирующих пределы перемещения сварочной головки).

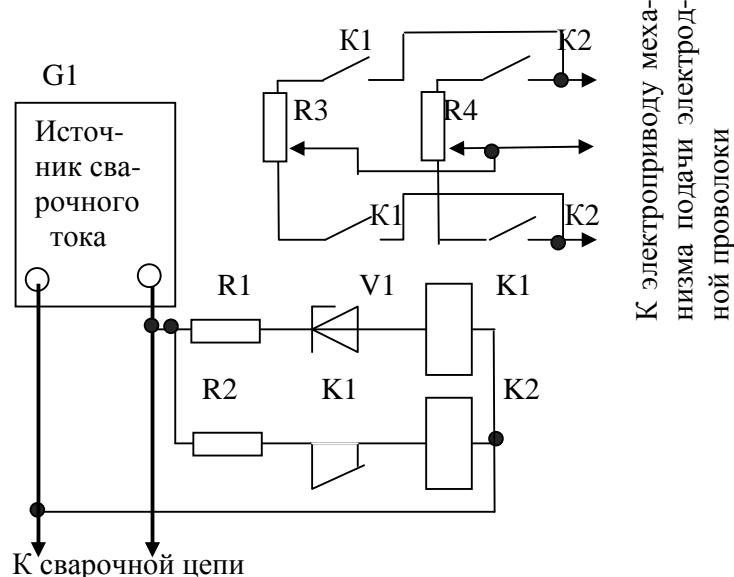
С пульта управления осуществляются управление электроприводами перемещения электродной проволоки и сварочной головки, а также пуск и остановка сварочной головки. Все органы регулировки режимов сварки установлены в отдельном блоке и недоступны сварщику-оператору. Наладка и выбор режимов в соответствии с технологической инструкцией сварки осуществляются технологом.

**Цикл работы установки.** После монтажа аппарата непосредственно на свариваемом изделии, кнопками на пульте управления и ручными приводами сварщик-оператор устанавливает головку в начало места сварки и наклоняет её для сварки

на угол  $\beta$  (см. рис. 1) углом вперед по отношению к направлению сварки. Нажатием пусковой кнопки сварщик начинает выполнять первый валик сварного шва, который накладывается у стенки (шина шинопровода) в угол. Остановка перемещения сварочной головки выполняется автоматически по сигналу конечного выключателя. Далее сварщик рычагом переводит головку в положение для сварки на горизонтальной плоскости (следующий валик выполняется на плоскости) и углом вперед по отношению к сварочному движению, выполняемому в обратном направлении. Также нажатием пусковой кнопки начинается выполнение сварки в обратном направлении до срабатывания конечного выключателя. Таким образом, у сварочной головки отсутствует холостой ход. Далее цикл выполняется с соответствующими ручными корректировками сварщиком положения сварочной головки относительно места сварки и в соответствии с ранее выбранной программой (схемой) раскладки валиков.

Установка может быть при определённой относительно простой перекомпоновке (изменение места установки сварочной головки) использована для омоноличивания шин центрального шинопровода или егостыковки.

Схема, реализующая цикл работы установки, достаточно проста и содержит менее 20 активных элементов, что обеспечивает её высокую надёжность и ремонтопригодность, и, как показывает опыт эксплуатации дугового механизированного оборудования в сложных условиях (например, электрометаллургические предприятия), является очень важным аспектом в их конструкциях.



**Рис. 4. Система возбуждения сварочной дуги**

В качестве иллюстрации простоты, оригинальности и эффективности технических решений, принятых при разработке установки для многослойной автоматической сварки толстолистового алюминия, рассмотрим работу релейного варианта датчика горения дуги (или датчика сварочного тока), выполненного на реле K1 и K2 (рис. 4). Параметры реле K1 и K2, а также резисторов R1 и R2, стабилитрона V1 выбраны такими, что при подаче на них напряжения холостого хода источника сварочного тока, которое существенно выше напряжения горения сварочной дуги, срабатывает реле K1, блокируя включение реле K2. При снижении напряжения источника сварочного тока до уровня сварочного напряжения отключается реле K1, которое при рассматриваемой схеме включения имеет низкий коэффициент возврата, при этом подключается реле K2. В случае короткого замыкания электрода на изделие, когда напряжение на дуге резко уменьшается, оба реле отключаются. В цикле сварки напряжение холостого хода от источника сварочного тока поступает на датчик горения дуги, при этом датчик тока (реле K1 включено) подаёт сигнал на перемещение электродной проволоки к изделию на скорость, задаваемой резистором R4. При замыкании электродной проволоки на изделие датчик тока (реле K1 и K2 отключены) подаёт сигнал на перемещение электродной проволоки от изделия. При этом возбуждается сварочная дуга и датчик тока (реле K2 включено) переключает подачу электродной проволоки на рабочую скорость, определяемую резистором R4. Одновременно датчик тока подаёт сигнал на включение перемещения тележки. Идёт процесс сварки, который при необходимости может быть прерван и возобновлён в любом месте и в любом направлении движения тележки. Отметим, что рассмотренная конструкция датчика тока имеет высокую степень надёжности и помехоустойчивости, что подтверждено многочисленными экспериментами и его опытно-промышленной эксплуатацией в условиях металлургических цехов.

Интересным по конструктивному решению является устройство корректировки положения

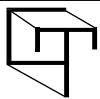
торца горелки относительно сварочного шва, которое содержит двухкоординатный механически программируемый регулятор (по вертикали и горизонтали) с возможностью ручной оперативной установки горелки после каждого прохода (сварки очередного шва). При этом величина хода при горизонтальном регулировании составляет не менее 60 мм, а при вертикальном – не менее 200 мм. Предусмотрена градуировка регуляторов в параметрах, соответствующих изменению положения горелки перед каждым новым швом. Отличительной особенностью регулятора положения горелки является его управление одной рукойткой. Такое решение значительно проще и эффективнее электромеханических регуляторов.

Для комплектации установки выбран модернизированный источник сварочного тока типа ВДУ 506–25 со специальными внешними регулируемыми комбинированными вольт-амперными характеристиками и индуктивностью цепи, соответствующей задачам обеспечения стабильности процесса сварки алюминиевыми электродными проволоками повышенных диаметров.

Рассмотренный пример установки для многослойной сварки обеспечивает качественную сварку боковых отводов шинопровода толщиной 50 мм с центральным шинопроводом магниевого электролизёра. Рассчёт 13 валиков шва осуществляли в течение 80 мин при требуемых по технологии 120 мин, что делает такие установки эффективными при ремонте и монтаже мощных шинопроводов и других конструкций.

#### **Библиографические ссылки**

1. Акулов А.Н., Бельчук Г.И., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. 432 с.
2. Бабкин А.С., Кривошея В.Е. Разработка алгоритма расчёта параметров режимов в углекислом газе на микроЭВМ // Сварочное производство. 1985. № 4. С. 3–4.
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение, 1974. 240 с.
4. Лебедев В.А. Регулирование тока при механизированной сварке алюминия // Технология металлов. 2008. № 5. С. 18–23.



УДК 621.783.332.65.011.056

**С.М. Андреев**, канд. техн. наук, доц., **Б.Н. Парсункин**, д-р техн. наук, проф., **Д.В. Нужин**  
 (Магнитогорский государственный технический университет)

nuzhin83@mail.ru

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВОСБЕРЕГАЮЩИМ НЕСИММЕТРИЧНЫМ НАГРЕВОМ МЕТАЛЛА ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ

*Предложена система оптимального экономичного несимметричного нагрева металла в нагревательной методической печи. Автоматизированная система управления нагревом позволяет вести процесс гарантированного нагрева заготовок с минимальными топливными затратами. Расчет оптимальной траектории нагрева заготовок ведется с помощью поискового симплексного метода. Внедрение данной системы позволяет уменьшить расход топлива на 3–5 %.*

**Ключевые слова:** нагревательная методическая печь, автоматическая система управления, нагрев металла, расход топлива, экономичный режим, симплексный метод поиска, несимметричное распределение тепловых нагрузок, несимметричный нагрев заготовки.

*The system of optimum economic asymmetrical heating of metal in the heating methodical furnace is offered. The automated control system of heating allows to conduct process of the guaranteed heating of preparations with the minimal fuel expenses. Calculation of an optimum trajectory of heating of preparations is conducted by means of a search simplex method (Boxing). Introduction of the given system allows to reduce the charge of fuel on 3–5 %.*

**Key words:** the heating methodical furnace, automatic control system, heating of metal, the charge of fuel, economic mode, simplex method of search, asymmetrical distribution of thermal loadings, asymmetrical heating of preparation.

В металлургическом производстве более 20 % потребляемого топлива расходуется на нагрев металла перед прокаткой. Сопоставление энергетических затрат на нагрев металла на лучших российских широкополосных станах горячей прокатки и западноевропейских предприятиях аналогичного профиля показывает, что затраты на нагрев на последних при прочих равных условиях, на 20–30 % меньше, чем на отечественных. Сокращение энергетических затрат при нагреве металла является основным направлением экономии природного газа и снижения себестоимости готового проката.

Данная проблема стала наиболее актуальной с того момента, когда затратные режимы работы печных агрегатов отечественного прокатного производства, ранее обеспечивающие максимальную производительность, стали энергосберегающими режимами нагрева заготовок перед прокаткой.

Энергосберегающий режим нагрева заготовок в методических печах имеет место только в тех условиях, когда существует запас по времени, необходимого на нагрев заготовки, т. е. когда печь не является узким звеном в технологической це-

почке «МНЛЗ (машина непрерывно-литых заготовок) – методическая печь – прокатный стан».

В современных условиях, как правило, время, когда печи работают в режиме максимального быстродействия, составляет 4–8 % от общего времени работы технологического комплекса прокатного производства [1]. На рис. 1 приведён график изменения часовой производительности стана 2000 ОАО «ММК» (Магнитогорский металлургический комбинат).

Разработке и внедрению автоматических систем и алгоритмов управления, реализующих энергосберегающий режим нагрева заготовок перед прокаткой, посвящено множество работ. Вместе с тем полученные результаты, несмотря на имеющиеся различия, позволяют выделить некоторые характерные черты современных автоматизированных систем управления.

1. Для того чтобы оптимально использовать топливо на нагрев и уменьшать потери металла с окалиной, система управления должна интенсифицировать процесс нагрева лишь к концу назначенного времени нагрева, т. е. в последних по ходу металла зонах печи [2].

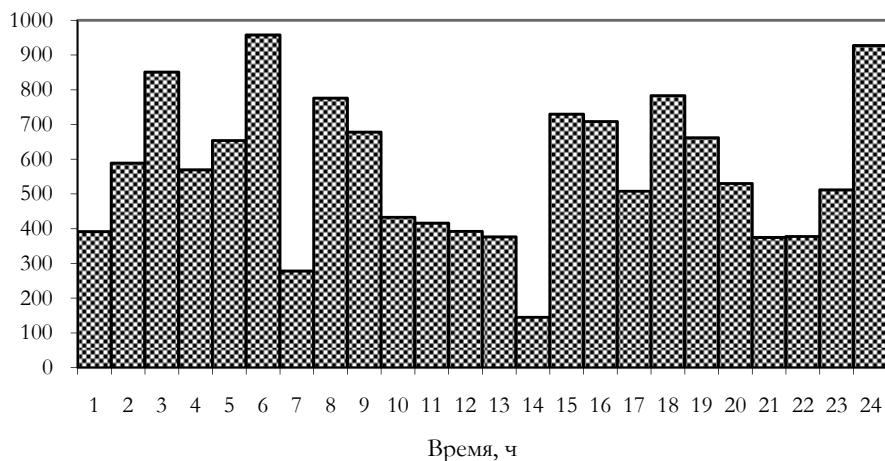


Рис. 1. Часовая производительность стана при работе трёх печей (стан 2000 ОАО «ММК»)

2. Любая современная система энергосберегающего управления нагревом заготовок в методических печах должна содержать следующие основные подсистемы [1, 3]:

информационного сопровождения движения металла на участке нагревательных печей;

определения теплового состояния нагреваемых заготовок в процессе нагрева;

прогнозирования предполагаемого времени нагрева и скорости продвижения металла в печи;

расчёта заданий на зонные регуляторы с целью обеспечения оптимального рационального управления тепловым режимом.

3. Все алгоритмы в системах топливосберегающего режима нагрева заготовок разработаны для симметричного распределения нагрузок между верхними и нижними зонами.

В реальном технологическом процессе двухсторонний нагрев металла в методической печи является существенно несимметричным. Например, для методических печей стана 2500 ММК коэффициент несимметричности нагрева составляет 0,58–0,62. Тепловой поток на металл в нижних зонах достигает лишь 62–72 % от потока верхних нагревательных зон печей [4]. Это объясняется значительными потерями тепла с водой, охлаждающей конструкции печей, а также подсосами холодного воздуха.

Часто при нагреве несимметричность температурного поля слаба пытаются компенсировать за счет повышения температуры рабочего пространства нижних нагревательных зон, при этом уставки локальных регуляторов температуры нижней  $t_{\text{н.з.}}$  и верхней  $t_{\text{в.з.}}$  зоны задаются соотношением [5]

$$t_{\text{н.з.}} = kt_{\text{в.з.}},$$

где  $k$  – некоторый постоянный коэффициент (обычно  $k > 1$ ).

Данным способом достигается равномерное распределение теплового поля, нагревающего заготовки. При этом происходят значительные потери тепла, поданного в нижние зоны с уходящей водой, циркулирующей в водоохлаждаемых элементах рабочего пространства методической печи.

Авторами разработана энергосберегающая система управления нагревом заготовок, которая ведёт процесс нагрева, учитывая не только наиболее оптимальное распределение тепловых нагрузок по длине печи, но и параллельно обеспечивая наиболее рациональное распределение тепловой мощности между верхними и нижними зонами.

Структурная схема автоматизированной системы управления топливосберегающим несимметричным нагревом заготовок приведена на рис. 2.

Основным элементом системы является блок математического моделирования работы методической печи. Основное назначение этого блока (далее будем называть его предиктором) – расчёт всех параметров, используемых в процессе прохождения заготовки от входа до выхода из печи.

В состав предиктора входят следующие подсистемы:

1. Блок адаптации математических моделей к реальному объекту. Входными данными для данного блока являются: информация о текущей температуре поверхности заготовки после черновой группы клетей, полученной с помощью пиromетров  $\Pi_{\text{вых1}}$ ,  $\Pi_{\text{вых2}}$ , информация о температуре греющей среды в рабочих зонах печи, полученной с помощью термопар  $T_0-T_{10}$ , и температуре поверхности нагреваемой заготовки в зонах печи, полученной с помощью пиromетров  $\Pi_0-\Pi_{10}$ . Блок адаптации сравнивает реальные значения температуры греющей среды рабочих зон и поверхности нагреваемых заготовок с ранее рассчитанными значениями. С помощью вариационного симплексного метода находят коэффициенты, опи-

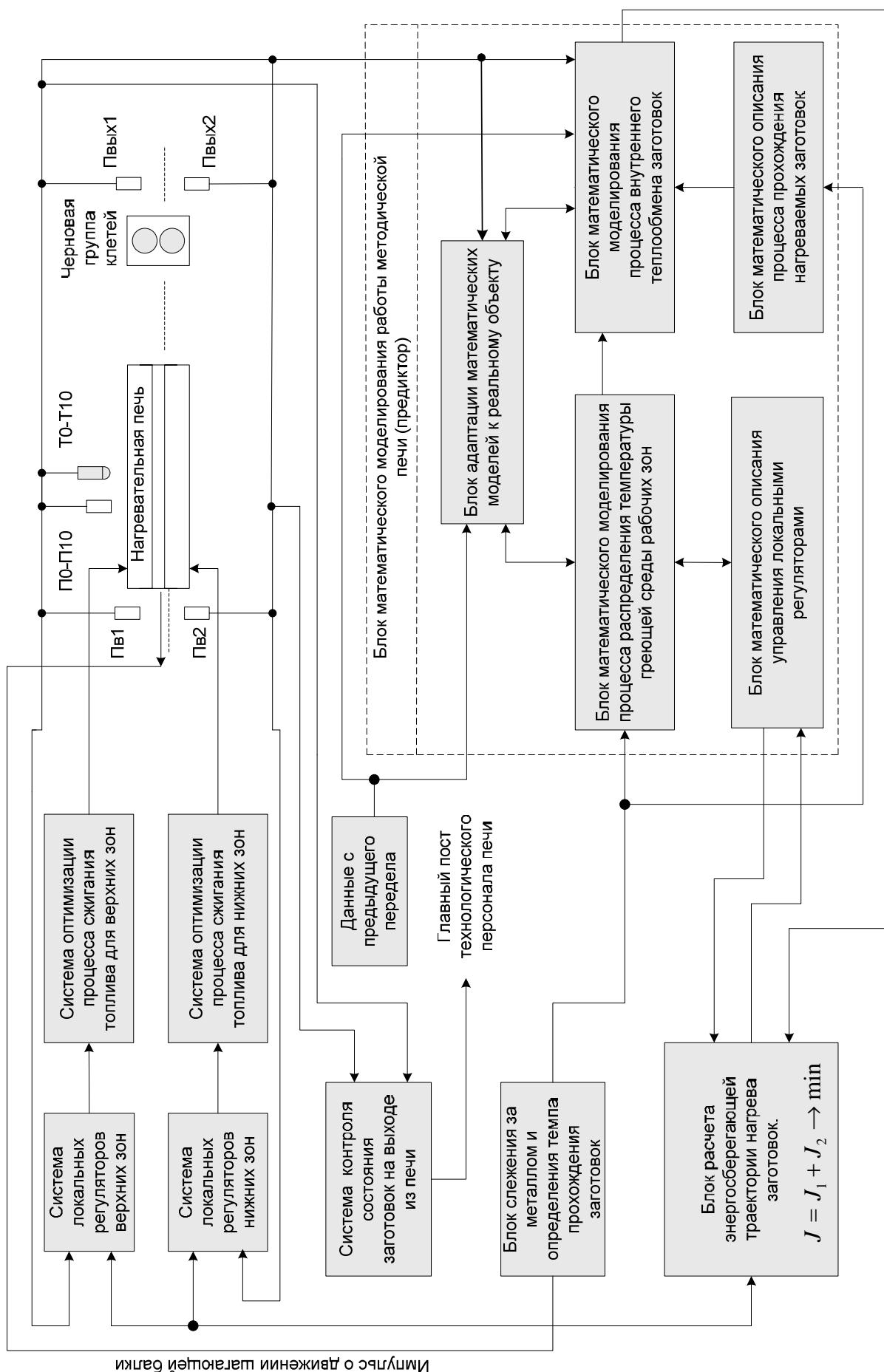


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления несимметричным нагревом заготовок в методической печи

сывающие процесс внутреннего теплообмена заготовок: коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности стали. Адаптацию математической модели изменения температуры греющей среды в зонах печи определяют с помощью коэффициента влияния температур зон друг на друга, коэффициента влияния текущего темпа прохождения заготовок на температуру в зонах и коэффициента, характеризующего инерционность изменения температуры в рабочей зоне печи. Процесс расчёта внутреннего теплообмена нагреваемых заготовок происходит с учётом заданной марки стали и начальной температуры заготовки.

Блок математического моделирования температуры греющей среды в зонах печи рассчитывает распределение температуры греющей среды по длине рабочего пространства. Входными данными для этого блока являются расход топлива в рабочих зонах и текущий темп прохождения заготовок в печи.

2. Блок математического описания управления локальными регуляторами, моделирующий работу регуляторов температуры в рабочих зонах печи. Входными данными для данного блока является информация о текущем и заданном значениях температуры греющей среды в зонах печи.

3. Блок моделирования внутреннего теплообмена нагреваемых заготовок, рассчитывающий изменение температуры по сечению заготовок, используя метод «конечных разностей». Для расчёта распределения температуры в каждой из заготовок, находящихся в печи, необходимо знать текущее положение заготовок по длине рабочего пространства, значение температуры греющей среды для данного положения заготовки и значение адаптируемых коэффициентов. Выходными данными являются температура поверхности заготовки и максимальный температурный перепад по сечению заготовки в течение всего времени нагрева.

4. Блок математического описания процесса прохождения заготовок, рассчитывающий текущее положение заготовок в печи, используя данные о текущем темпе движения шагающих балок в печи.

Система, представленная на рис. 2, работает следующим образом. При поступлении очередной заготовки в рабочее пространство нагревательной печи происходит измерение температуры поверхности заготовки пирометрами  $\Pi_{B1}$  и  $\Pi_{B2}$ . Информация о температуре поверхности заготовки поступает в предиктор. На основе данной информации создается математическая модель распределения температуры по сечению данной заготовки.

Блок определения темпа прохождения заготовок подсчитывает количество шагов, сделанных шагающей балкой за определенный промежуток времени. По данной информации определяется текущий темп движения заготовок и передается в предиктор.

Поиск уставок регуляторов температур в зонах печи производится блоком расчёта энергосберегающей траектории нагрева заготовок при поступлении в печь очередной заготовки либо при изменении темпа прохождения заготовок в печи. Данный блок проводит поиск таких уставок локальных регуляторов, при которых процесс нагрева заготовок до заданного теплового состояния будет проходить с минимальными топливными затратами.

Поиск уставок поочередно проводится для всех заготовок, находящихся в печи. Общей уставкой, подходящей для всех заготовок, находящихся в печи, принимается максимальная из всех рассчитанных для текущей зоны. Безусловно, что не все заготовки будут нагреваться по топливосберегающей траектории, но суммарный расход топлива, необходимый для нагрева всех заготовок, будет минимальным.

В основе данного блока лежит вариационный модифицированный симплексный метод Неллера–Мида с ограничениями (метод Бокса) [6].

Значениями входного симплекса являются значения температурных уставок регуляторов зон:

$$X = T^n_{\text{зад.гр.ср.}},$$

где  $X$  — первоначальный симплекс значений;  $T^n_{\text{зад.гр.ср.}}$  — заданное значение температуры греющей среды в зонах методической печи;  $n$  — порядковый номер зоны.

При этом имеют место явные и неявные ограничения:

1. Ограничение на температуру греющей среды  $T^n_{\text{зад.гр.ср.}}$ :

$$T^n_{\text{зад.гр.ср.}} (\min) \leq T^n_{\text{зад.гр.ср.}} \leq T^n_{\text{зад.гр.ср.}} (\max),$$

где  $T^n_{\text{зад.гр.ср.}} (\min)$ ,  $T^n_{\text{зад.гр.ср.}} (\max)$  — минимальное и максимальное заданное значение температуры греющей среды в зонах методической печи;  $n$  — порядковый номер зоны.

2. Ограничение на температуру поверхности заготовки  $T^{B,H}_{\text{пов}}$  на выходе её из печи:

$$T^{B,H}_{\text{пов}} (\min) \leq T^{B,H}_{\text{пов}} \leq T^{B,H}_{\text{пов}} (\max),$$

где  $T^{B,H}_{\text{пов}} (\max)$ ,  $T^{B,H}_{\text{пов}} (\min)$  — заданное максимальное и минимальное значение температуры верхней и нижней поверхности заготовки на выходе из печи;

3. Ограничение на максимально допустимый перепад температуры заготовки по сечению  $t_{\text{заг}}^{\max}(\tau)$ . Данное ограничение действует для заготовок со среднемассовой температурой до 600 °C:

$$t_{\text{заг}}(\tau) \leq t_{\text{заг}}^{\max}(\tau),$$

где  $\Delta t_{\text{заг}}^{\max}(\tau)$  – максимально допустимый перепад температуры по сечению заготовки;  $\tau$  – время нагрева заготовки.

В качестве минимизируемой функции используется значение расхода топлива  $J$ , потраченного на нагрев заготовки до заданного теплового состояния.

Блок расчёта энергосберегающей траектории нагрева заготовок передает выбранный в соответствии с алгоритмом поиска набор уставок регуляторов зон предиктору, который производит расчёт траектории нагрева заготовки и объёма потраченного топлива в верхних  $J_1$  и нижних  $J_2$  зонах для всего времени нагрева заготовки. Значения суммарного расхода топлива  $J$ , равного сумме верхнего и нижнего объёма топлива, температуры поверхности заготовки на выходе из печи  $T_{\text{пов}}^{\text{B,H}}$  и траектория перепада температур в заготовке  $t_{\text{заг}}(\tau)$  передаются обратно в блок расчёта энергосберегающей траектории.

Поиск энергосберегающего и гарантированного нагрева заготовок в блоке поиска энергосберегающей траектории можно описать следующей системой уравнений:

$$J = (J_1 + J_2) \rightarrow \min \begin{cases} \text{при } T_{\text{зад.гр.ср}}^n (\min) \leq \\ \leq T_{\text{зад.гр.ср}}^n \leq T_{\text{зад.гр.ср}}^n (\max) \\ \text{при } T_{\text{пов}}^{\text{B,H}} (\min) \leq T_{\text{пов}}^{\text{B,H}} \leq \\ \leq T_{\text{пов}}^{\text{B,H}} (\max) \\ \text{при } V_{\text{заг}}(\tau) \leq \Delta t_{\text{заг}}^{\max}(\tau) \\ J_1 = \int_{\tau_{\text{текущ.}}}^{\tau_{\text{конеч.}}} V_{\text{верх}}(x) dx \\ J_2 = k \int_{\tau_{\text{текущ.}}}^{\tau_{\text{конеч.}}} V_{\text{ниж}}(x) dx, \end{cases}$$

где  $J_1$  – объём топлива, израсходованного на нагрев заготовки в верхних зонах за промежуток времени  $(\tau_{\text{конеч.}} - \tau_{\text{текущ.}})$ ,  $J_2$  – объём топлива, израсходованного на нагрев в нижних зонах заготовки, проходящий расстояние в методической печи от текущей координаты  $x_{\text{текущ.}}$  до выхода из печи ( $x_{\text{конеч.}}$ ). Коэффициент  $k$  характеризует потерю тепла (топлива) в нижних зонах (порядка 10–30 %).

В данном блоке происходит изменение значения членов симплекса  $T_{\text{зад.гр.ср}}^n$  по такому алгоритму, при котором суммарный объём топлива  $J$  принимает минимально возможное значение с условием гарантированного нагрева заготовки. Принятие решения о нахождении минимального значения возникает при достижении заданного минимального «сужения» между наборами значений симплексов. Затем находится минимально возможное значение  $J$ , и значения уставок  $T_{\text{зад.гр.ср}}^n$

передаются в систему управления температурой греющей среды зон печи.

Подсистемы оптимизации процесса сжигания топлива для верхних и нижних зон печи необходимы для поиска такого оптимального отношения топливо/воздух, при котором тепловая отдача от сжигания топлива была бы максимальной.

Несмотря на то, что коэффициенты используемых математических моделей постоянно адаптируются, нет полной уверенности в том, что параметры реального нагрева совпадут с расчётными значениями. Температура, измеренная пирометрами  $\Pi_{\text{вых1}}$  и  $\Pi_{\text{вых2}}$ , является основным объективным контролируемым параметром, характеризующим качество нагрева заготовок. Однако этот температурный параметр характеризует температуру уже выданной заготовки, когда ошибка нагрева не может быть исправлена. Выдача на стан недогретой заготовки должна быть исключена, поскольку это может привести к поломке валков и продолжительному простою стана.

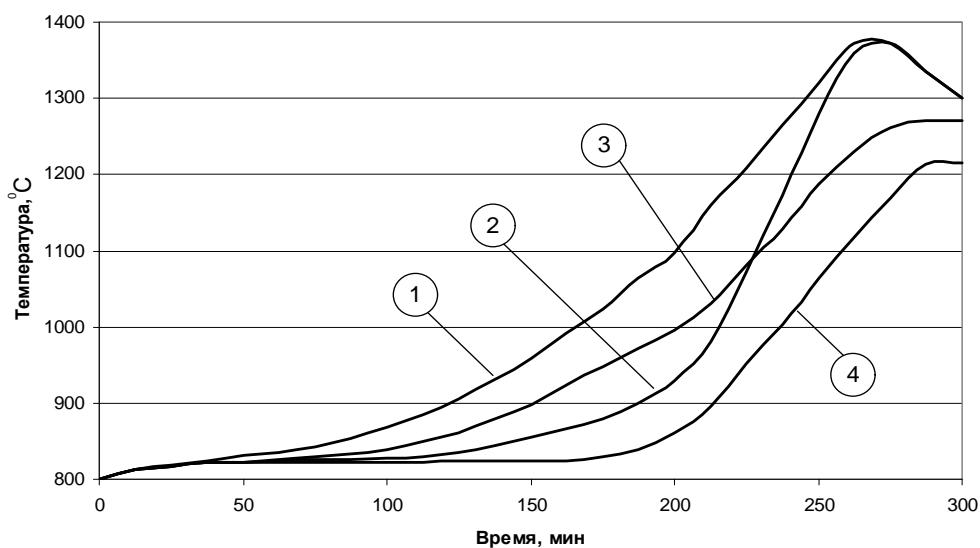
Несанкционированную выдачу на стан недогретой заготовки блокирует система контроля качества нагрева перед выдачей заготовок из печи. Работа данного блока основана на соблюдении условия постоянства температуры поверхности и одновременном изменении температуры рабочего пространства [7, 8].

На рис. 3 приведены расчётные траектории изменения значений температуры греющей среды для верхних и нижних зон соответственно, траектории изменения температуры самой холодной и горячей точки заготовки для процесса нагрева с начальным тепловым состоянием 800 °C и временем прохождения 300 мин.

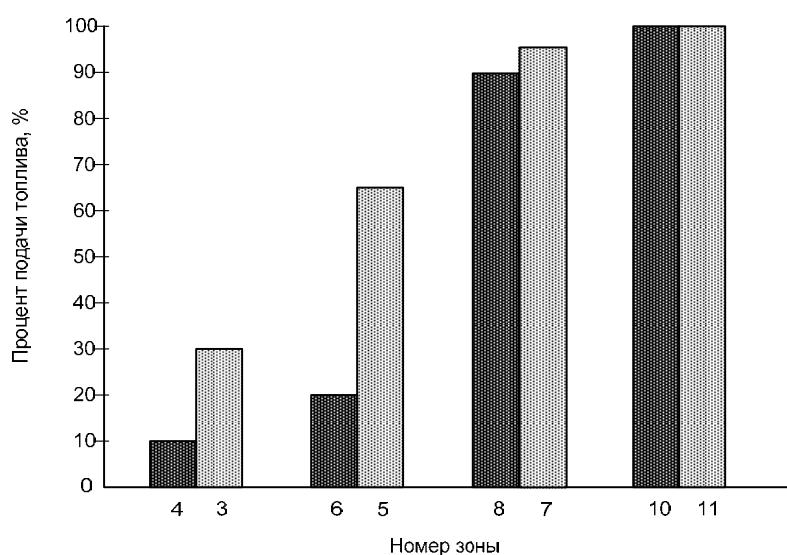
На рис. 4 приведена гистограмма, показывающая распределение подачи топлива по зонам методической печи. К чётным зонам относятся верхние зоны, к нечётным – нижние.

Анализируя траекторию изменения распределения температуры греющей среды по длине рабочего пространства, видно, что как для верхних, так и для нижних зон процесс нагрева заготовок интенсифицирован лишь к концу требуемого периода нагрева, т. е. в последних по ходу металла зонах печи, что соответствует общепринятым закономерностям топливосберегающей стратегии нагрева металла. Если же проанализировать распределение нагрузок между верхними и нижними зонами, то видно, что в верхние зоны подано гораздо больше топлива, чем в нижние зоны. С первых по ходу зон локальные регуляторы верхних зон подают большее количество топлива, чем регуляторы нижних, тем самым максимально используя тепло на нагрев заготовок.

На последних по ходу зонах тепла верхних зон не хватает для того, чтобы заготовка выходила из печи в заданном тепловом состоянии, и, как



**Рис. 3. Расчёты траектории изменения температуры греющей среды для верхних (1) и нижних (2) зон, самой горячей (3) и самой холодной (4) точек заготовок**



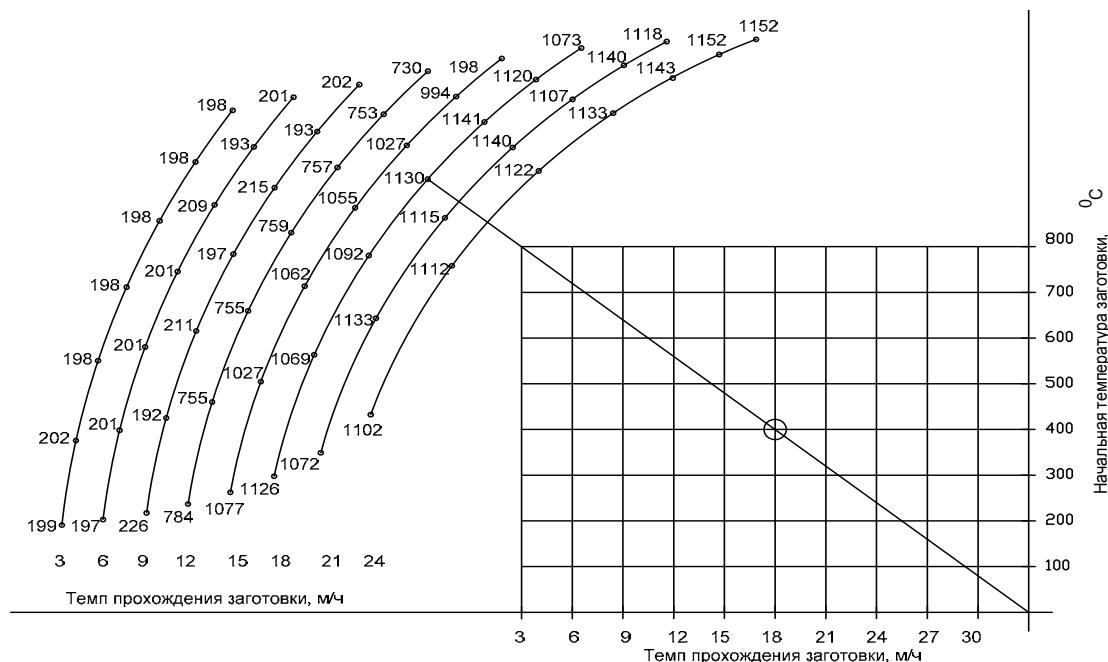
**Рис. 4. Гистограмма распределения подачи топлива по зонам методической печи**

следствие, подключаются нижние зоны путём установки максимального значения подачи топлива. То есть на всем протяжении рабочего пространства система при нагреве заготовки по топливосберегающей траектории в верхние зоны подаёт максимально возможный объём топлива, а в нижних зонах интенсификация подачи топлива происходит ближе к последним зонам.

В реальных условиях на многих металлургических предприятиях процесс внедрения системы управления нагревом в печах проходного типа является достаточно трудоёмким мероприятием, а порой невозможным, так как это связано с остановкой печей на продолжительное время.

Выходом из данного положения является построение так называемых номограмм по архивным данным за предыдущий период времени с помощью вышеописанной системы. Технологический персонал, ведущий процесс нагрева заготовок, используя заранее рассчитанные номограммы, может производить процесс нагрева по топливосберегающей траектории.

На основании экспериментальных данных методической печи № 1 стана горячей прокатки 2000 ОАО «ММК» была составлена номограмма выбора уставок зонным регуляторам для реализации топливосберегающей траектории нагрева заготовки. Номограммы для выбора тепловых уст-



**Рис. 5. Монограмма для выбора тепловых уставок третьей зоны методической печи стана 2000 ОАО «ММК»**

вок для третьей зоны методической печи стана 2000 ОАО «ММК» представлены на рис. 5.

По оси абсцисс отложены значения темпа прохождения заготовки по длине рабочего пространства. Максимальный темп прохождения заготовок в печи равен 30 м/ч. По оси ординат отложены значения начальной температуры посада в печь. Цифры на шкалах обозначают температуру поверхности заготовки, находящийся в данной зоне.

В качестве примера работы по такой номограмме рассмотрим определение уставки температуры греющей среды в третьей зоне нагревательной печи для заготовки с начальным тепловым состоянием  $400^{\circ}\text{C}$  и планируемым темпом прохождения заготовок  $18 \text{ м/ч}$ . Через начало координат и точку, соответствующую начальным данным, проводим луч, пересекающий кривые для различных темпов прохождения заготовок. Определяем пересечение луча и кривой, рассчитанной для темпа  $18 \text{ м/ч}$ . На пересечении луча и кривой определяем значение заданной температуры для данной зоны. Аналогичный подбор производится для остальных рабочих зон.

Шкалы кривых монограммы могут меняться в процессе адаптации математических моделей, по которым составляются данные монограммы.

Одним из необходимых мероприятий для осуществления нагрева заготовок по топливосберегающей несимметричной траектории нагрева является конструкционная модернизация рабочих зон методических печей. Существующие конструкционные характеристики рабочих зон не позволяют вести процесс нагрева по топливосбере-

гающей траектории. Это связано с невозможностью подачи необходимого количества топлива в последние зоны, в которых происходит интенсификация нагрева металла.

Применение вышеописанной системы автоматического управления нагревом заготовок совместно с конструкционным изменением рабочих зон печи позволить снизить себестоимость готовой продукции на 3–5 %.

## *Библиографические ссылки*

1. **Парсункин Б.Н., Андреев С.М.** Обоснование требований при реализации энергосберегающих режимов нагрева металла // Сталь. 2002. №2. С. 47–51.
  2. **Панферов В.И.** Расчёт уставок регуляторов температуры в зонах методической печи // Изв. вузов. Черная металлургия. 1996. № 6. С. 20–24.
  3. **Автоматизация** методических печей / Под ред. М.Д. Климовицкого. М.: Металлургия, 1981. 196 с.
  4. **Панферов В.И.** Расчёт уставок регуляторов температуры в зонах методической печи// Изв. вузов. Черная металлургия. 1997. № 6. С. 20–24.
  5. **Панферов В.И., Торопов Е.В.** Выбор установок регуляторов температуры нижних зон методических печей // Изв. вузов. Черная металлургия. 1991. № 6. С. 78–80.
  6. **Банди.** Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
  7. **Парсункин Б.Н., Панферов В.И.** Контроль прогрева металла // Изв. вузов. Черная металлургия. 1981. №10. С. 127–129.
  8. **Парсункин Б.Н., Андреев С.М.** Система контроля качества нагрева металла // Теплотехника и теплоэнергетика в металлургии: Сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 1999. С. 52–58.

УДК 556.3

А.В. Малков, канд. геол.-минер. наук (ООО «Нарзан-гидроресурсы», г. Кисловодск)

Trias@mail.ru

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГЛУБИННОЙ РАСХОДОМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

*Рассмотрены результаты применения метода глубинной расходометрии при изучении коллекторских свойств геологического разреза Куюлусского месторождения артезианских вод (Республика Казахстан). Приведены теоретические зависимости формирования водопритоков из водоносных горизонтов в процессе опытно-фильтрационных работ при вскрытии их одной скважиной. Показана возможность применения традиционных методов временного прослеживания для изучения фильтрационных свойств водоносных горизонтов. Даны конкретные примеры определения параметров водоносных горизонтов по ряду скважин.*

**Ключевые слова:** глубинная расходометрия скважин, водопритоки из водоносных горизонтов, фильтрационные параметры, опытно-фильтрационные работы.

*Results of the deep flowmeter survey method application when studying of the geological section collector characteristics for Kuyuluss artesian well deposit (Kazakhstan Republic) are considered. Theoretical dependences of the inflow forming from water-bearing horizon in the process of experience-filtration work by its opening using one well are given. Application possibility of the temporary traversal traditional methods for water-bearing horizon filtration characteristics studying is shown. Concrete examples of the water-bearing horizon parameters definition for wells row are given.*

**Key words:** wells deep flowmeter survey, inflow from water-bearing horizons, filtration parameters, experience-filtration works.

При геологическом изучении или реконструкции водозаборов подземных вод часть скважин может быть углублена и оборудована одним фильтром на несколько водоносных горизонтов. Цель – дополнительное изучение более глубоких водоносных горизонтов и качества содержащихся в них подземных вод как дополнительных источников водоснабжения. Такие исследования проводятся с использованием метода глубинной расходометрии, целесообразность которого объясняется высокой экономической эффективностью. В зависимости от результата исследований эти скважины в дальнейшем могут быть использованы как эксплуатационные или переоборудованы под стандартные конструкции цементацией интервалов фильтра, вскрывающих нижние изучаемые горизонты.

Расходометрия, как метод изучения фильтрационных свойств водоносных горизонтов, стала использоваться в 40-х гг. прошлого века. Традиционно применение этого метода связано с тремя направлениями: оценкой технического состояния подземной части скважин (герметичности обсадных колонн); обоснованием оптимальной конструкции фильтра, обеспечивающего равномерный водоприток по всей длине фильтровой колонны; геологическим изучением разреза (выделение коллекторов, водоупоров, определение фильтрационных параметров). Последнее направление стало активно развиваться с 1970-х гг. Опыт практического использования метода расходометрии

в сочетании с гидродинамическими методами изучения разреза оказался высокоэффективным. Внедрение его позволило отказаться от дорогостоящих телескопических конструкций разведочных скважин, увеличить точность, детальность и масштабность исследований.

Детализация геологического разреза особенно важна при построении пространственных или плоско-пространственных математических моделей водоносных систем. Особую актуальность задача приобрела в последнее время, когда стал отмечаться повсеместный переход от существующих видов моделирования к математическому.

Принцип измерения расхода достаточно прост и технически мало отличается от измерения расхода водомерными счётчиками турбинного типа. Именно простота измерений и достаточно высокая точность метода глубинной расходометрии определили его доминирующее значение среди других методов изучения фильтрационных свойств разреза.

Метод расходометрии скважин применяется в установившемся и неустановившемся режимах водопритоков. В первом случае данные используются для качественного расчленения разреза по коллекторским признакам, во втором – для определения фильтрационных свойств горных пород.

Установившийся (относительно) режим наступает спустя некоторое время после возмущения скважины, которое определяется геолого-гидро-

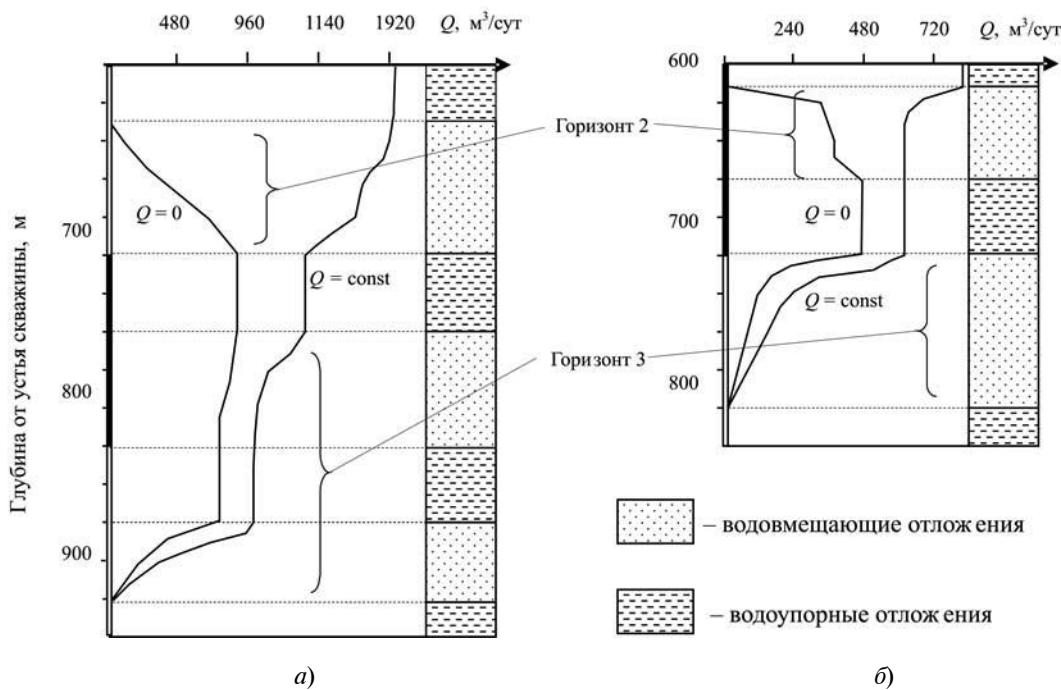


Рис. 1. Интегральные расходограммы по стволу фильтра (стационарный режим):

$Q$  – осевой расход по стволу фильтра на разных режимах откачки;  
 $a$  – скважина № 24Д<sub>2+3</sub>;  $\delta$  – скважина № 19Д<sub>2+3</sub>

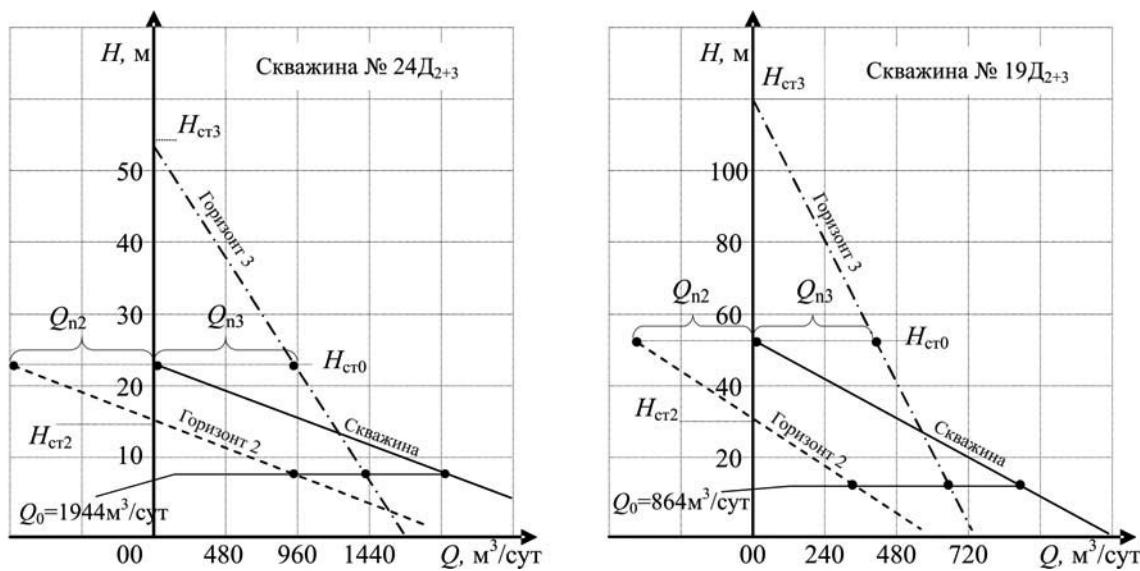


Рис. 2. Индикаторные графики скважин

геологическим строением объекта и фильтрационными свойствами водовмещающих отложений. При изучении разреза в установившемся режиме расходомер последовательно перемещают по стволу фильтра с определённым шагом; прибор фиксируют и измеряют осевой расход.

Такую процедуру выполняют при двух – трёх различных ступенях нагрузки на скважину. В ре-

зультате получают кумулятивную расходограмму, отображающую общие закономерности распределения осевого потока по стволу фильтра. На рис. 1 изображены типовые расхододограммы, полученные при изучении разреза Куюлусского месторождения артезианских вод (Республика Казахстан) по скважинам № 24Д<sub>2+3</sub> и № 19Д<sub>2+3</sub>, вскрывающим совместно второй и третий альбские водо-

носные горизонты. При проведении работ предусматривалась оценка потенциальных возможностей третьего альбского горизонта как дополнительного источника водоснабжения.

На расходограммах выделяются интервалы с постоянным осевым расходом и участки с расходом, имеющим тенденцию роста (снижения). Участки, где осевой расход неизменный, отвечают распространению водоупорных отложений; интервалы же, где он имеет приращение, свидетельствуют о наличии водосодержащих отложений.

По данным измерений строятся индикаторные графики, позволяющие установить статические напоры и гидравлические характеристики скважины. Индикаторные графики, построенные для этих же скважин по данным двух установленных режимов ( $Q_0 = \text{const}$ ;  $Q_0 = 0$ ), изображены на рис. 2.

Для стационарного режима справедливы соотношения

$$\begin{aligned} H_{\text{ст}0} &= \frac{\sum H_{\text{ст}i} q_i}{q_0}; \quad q_0 = \sum q_i; \\ Q_0 &= \sum Q_i; \quad Q_{ni} = q_i (H_{\text{ст}i} - H_{\text{ст}0}), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $H_{\text{ст}i}$ ,  $Q_i$ ,  $q_i$  – статический уровень, дебит и удельный дебит  $i$ -го водоносного горизонта соответственно; индексом «0» помечены характеристики скважины;  $Q_{ni}$  – переток между горизонтами в неработающей скважине.

Данные соотношения вытекают из геометрических построений и не требуют особых доказательств.

При нестационарном режиме метод расходометрии несколько иной. Основная цель – изучение фильтрационных свойств водоносных отложений. В этом случае расходометрические исследования совмещаются с полевыми опытно-фильтрационными работами (ОФР). При проведении ОФР расходомер устанавливают между изучаемыми водоносными горизонтами, и в процессе исследований положение его не меняется. Измерения проводят с временным шагом, как правило, соответствующим времени фиксации расхода и объединённого динамического уровня скважины.

При совместном вскрытии нескольких водоносных горизонтов скважина работает с обобщёнными параметрами [1, 2]:

$$km_0 = \sum_{i=1}^n km_i; \quad \frac{km_0}{a_0^*} = \sum_{i=1}^n \frac{km_i}{a_i^*}, \quad (2)$$

где  $km_0$ ,  $a_0^*$  – водопроводимость и пьезопроводность разреза соответственно;  $km_i$ ,  $a_i^*$  – водопроводимость и пьезопроводность  $i$ -го горизонта соответственно.

Установлено, что при опробовании скважины соотношение водопритоков из горизонтов меняется во времени и подчиняется определённым закономерностям. Наиболее полно исследования в данной области изложены в монографии [3], однако методические приёмы интерпретации полевых ОФР разработаны недостаточно и требуют дальнейшего совершенствования.

Предложена усовершенствованная методика интерпретации опытных работ, основанная на графоаналитическом методе временного прослеживания понижения уровня.

При совместном опробовании водоносных горизонтов, имеющих разные гидростатические напоры, методикой работ предусматривается консервация скважины, продолжительность которой должна быть достаточной для того, чтобы перетоки между горизонтами достигли относительной стабилизации и рассматривались как постоянные на протяжении всего последующего цикла ОФР. Консервация является первой ступенью откачки при стационарном режиме с нулевым дебитом. На расчётной схеме (рис. 3) период консервации изображён с левой стороны. В процессе консервации в скважине устанавливается объединённый уровень  $H_{\text{ст}0}$ , положение которого определяется соотношениями (1).

При последующем возмущении скважины водоприток из каждого горизонта можно рассматривать как наложение двух процессов: откачу при постоянном дебите и дополнительный водоприток, под воздействием которого в каждом горизонте устанавливается не индивидуальное, а единое для всех понижение динамического уровня  $S_0$ . Поскольку для любого горизонта устанавливается единое понижение уровня, то формироваться дополнительные водопритоки будут по схеме «при постоянном понижении уровня». Обе эти схемы известны, и, согласно имеющимся решениям [2], можно записать

$$S_0 = \frac{\Delta Q_i}{4\pi km_i} \left[ -E_i \left( \frac{r_i^2}{4a_i^* t} \right) \right] + \frac{\Delta Q_i^*(t)}{2\pi km_i G(f_i)}, \quad (3)$$

где  $\Delta Q_i$  – постоянный дебит  $i$ -го горизонта;  $km_i$ ,  $r_i$ ,  $a_i^*$  – водопроводимость, радиус фильтра и пьезопроводность  $i$ -го водоносного горизонта соответственно;  $\Delta Q_i^*(t)$  – дополнительное приращение дебита рассматриваемого горизонта;  $f_i = a_i^*/r_i^2$ ;  $G(f_i)$  – безразмерное гидравлическое сопротивление.

В свою очередь,

$$G(f_i) = \frac{4}{\pi^2} \int_0^\infty e^{-\lambda^2 f_i} \frac{d\lambda}{\lambda [I_0^2(\lambda) + N_0^2(\lambda)]}, \quad (4)$$

где  $I_0(\lambda)$ ,  $N_0(\lambda)$  – функции Бесселя первого и второго рода от мнимого аргумента нулевого порядка;  $\lambda = r\sqrt{p/a^*}$ ;  $p$  – оператор Лапласа.

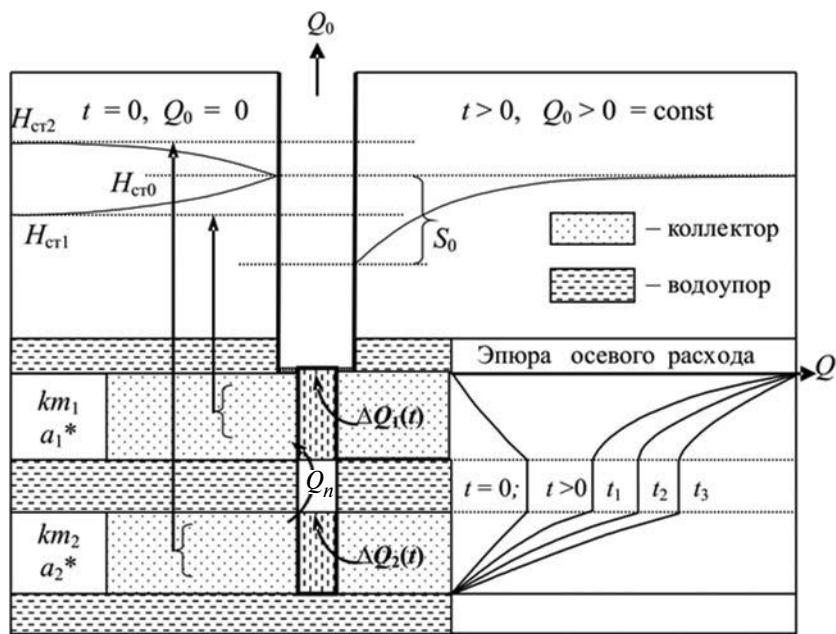


Рис. 3. Формирование водопритоков в скважине при опытно-фильтрационных работах

При выполнении условия  $f_i > 100$  в формуле (4) можно сделать следующую замену:

$$\left[ -E_i \left( \frac{r_i^2}{4a_i^* t} \right) \right] = \ln \frac{2,25a_i^*}{r_i^2};$$

$$G(f_i) = \frac{2}{\ln(2,25f_i)}. \quad (5)$$

С учётом выражения (5) для скважины и каждого горизонта справедливы зависимости

$$S_0 = \frac{Q_0}{4\pi k m_0} \ln \frac{2,25a_0^* t}{r_0^2};$$

$$S_0 = \frac{\Delta Q_i(t)}{4\pi k m_i} \ln \frac{2,25a_i^* t}{r_i^2}, \quad (6)$$

где  $\Delta Q_i(t) = \Delta Q_i + \Delta Q_i^*(t)$  – общее приращение дебита  $i$ -го горизонта ( $\sum \Delta Q_i(t) = Q_0$ ).

Система (6) позволяет использовать для интерпретации данных ОФР традиционную методику временного прослеживания [1, 4].

Соотношение водопритоков может быть выражено следующим образом:

$$\frac{\Delta Q_i(t)}{Q_0} = \frac{k m_i \ln(f_0)}{k m_0 \ln(f_i)}$$

или

$$\Delta Q_i(t) = Q_0 k m_i^0 + Q_0 \frac{k m_i^0 \ln(\gamma_i^0)}{\ln(2,25f_i)}, \quad (7)$$

$$k m_i^0 = k m_i / k m_0; \ln(\gamma_i^0) = \ln \left( \frac{a_0^* r_i^2}{a_i^* r_0^2} \right);$$

$$f_0 = a_0^* t / r_0^2.$$

То есть приток из каждого горизонта представляет собой сумму постоянного слагаемого и дополнительного члена, который в зависимости от соотношения ёмкостных параметров может иметь разный знак.

Переток из  $i$ -го горизонта в неработающей скважине определяется выражением

$$Q_{ni}(t) = \frac{4\pi k m_i (H_{cti} - H_{ct0})}{\ln(2,25f_i)}. \quad (8)$$

Переток можно считать установившимся при условии, что за период последующих ОФР его изменения не превышают установленную величину. Принимая допустимую погрешность равной 5 % и учитывая, что длительность одиночных ОФР составляет пять – семь суток, продолжительность периода консервации может быть установлена из соотношения (8)

$$\varepsilon = \frac{Q_{ni}(t_k + \Delta t) - Q_{ni}(t_k)}{Q_{ni}(t_k)},$$

где  $\varepsilon$  – заданная погрешность;  $\Delta t$ ,  $t_k$  – длительность ОФР и консервации соответственно.

На рис. 4 приведены расчёты необходимых сроков консервации скважины в зависимости от  $\lg(2,25f_i)$ , откуда следует, что сроки относительной стабилизации перетоков по стволу фильтра довольно ограничены и не превышают 10 суток. Более ощутимые погрешности связаны с игнорированием наследства от предыдущих ступеней возмущения скважины. В работе [1] показано, что игнорирование наследства откачки может привести к довольно существенным погрешностям и достигать 40 %. Чтобы избежать ошибок, рекомендуется продолжительность консервации скважины принимать из условия  $\Delta t/t_k < 0,2 - 0,4$ .

Ниже приведены результаты опытно-фильтрационных исследований на скважинах Куюлусского месторождения, вскрывающих совместно второй и третий альбские водоносные горизонты нижнемеловых отложений. Горизонты залегают на глубине 600–800 м ниже поверхности земли и содержат напорные воды. В эксплуатации находился второй альбский горизонт. В процессе плановой реконструкции водозаборных скважин часть их была углублена и оборудована одним фильтром на второй и третий альбские горизонты. Целесообразность совместного вскрытия горизонтов объясняется большими глубинами их залегания и высокой стоимостью буровых работ, а также необходимости изучения третьего альбского горизонта как возможного дополнительного источника водоснабжения.

Водовмещающие отложения третьего горизонта представлены мелко- и тонкозернистыми песками мощностью 80–100 м, разделёнными 40-метровой толщей глин [4]. Скважины характеризуются высоким отрицательным скин-эффектом, и, несмотря на близкие значения пьезопроводности, различия в параметрах  $a^*/r_i^2$  довольно существенны. Откачки выполнялись в режиме самоизлива при постоянном дебите. Фиксировалось динамический уровень, водоприток из третьего

горизонта и дебит скважины. Дебит второго горизонта устанавливался расчётным путём. Результаты полевых измерений в процессе опытных работ (сокращённо) представлены в табл. 1.

Интерпретация данных ОФР выполнялась по описанной методике. Графики временного прослеживания выстраивались в координатах  $S_0/\Delta Q_i(t) - \lg(t)$ . На рис. 5 приведён пример построения графиков по скважинам № 24Д<sub>2+3</sub> и № 19Д<sub>2+3</sub>. Аналогично строились графики временного прослеживания по остальным скважинам. Полученные данные аппроксимировались линейной зависимостью вида

$$\frac{S_0}{\Delta Q_i(t)} = A_i + C_i \lg(t),$$

$$\text{где } A_i = \frac{0,183}{km_i} \lg \frac{2,25a_i^*}{r_i^2}; \quad C_i = \frac{0,183}{km_i}.$$

Расчёты параметров сведены в табл. 2, откуда видно, что сходимость вполне удовлетворительная. Водопроводимость разреза, установленная по скважинам и путём пересчёта через параметры водоносных горизонтов по формулам (2), различается не более чем на 10 %.

В то же время данные табл. 2 свидетельствуют, что распространённый приём определения фильтрационных параметров через соотношение  $\Delta Q_i / km_i$  [3] справедлив только при близких или равных значениях параметров  $a^*/r^2$ . Если это не учитывать, то погрешности расчётов могут быть довольно ощутимы. Наиболее точная оценка водо-проводимости разреза может быть получена только при использовании методики временного прослеживания.

Значительная разница в параметрах  $(a^*/r^2)$  горизонтов, достигающая двух порядков, предполагает длительные и значительные по величине изменения поинтервальных водопритоков.

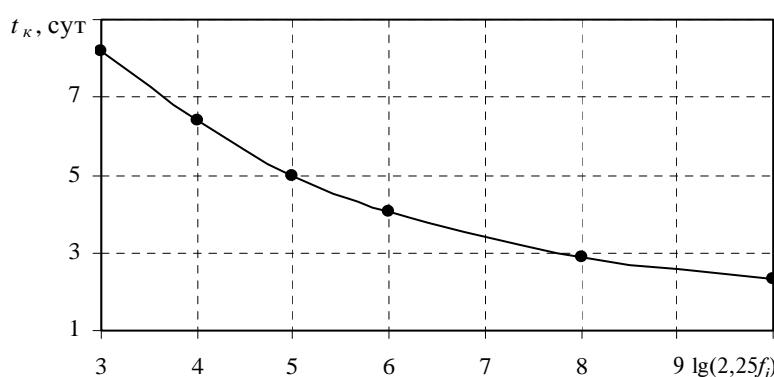


Рис. 4. Продолжительность консервации скважины в зависимости от параметра  $\lg(2,25f_i)$

Таблица 1

## Результаты опытных работ по скважинам

Понижение уровня ( $S_0$ , м) в скважинах и водопритоки из горизонтов ( $\Delta Q_i(t)$ , м <sup>3</sup> /сут) в процессе проведения ОФР						
$t$ , сутки	№ 24Д <sub>2+3</sub>			№ 19Д <sub>2+3</sub>		
	$S_0$	$\Delta Q_2(t)$	$\Delta Q_3(t)$	$S_0$	$\Delta Q_2(t)$	$\Delta Q_3(t)$
0,021	13,9	1704	240	7,9	566	202
0,042	17,5	1674	270	8,8	567	192
0,063	19,4	1659	285	9,1	580	187
0,083	20,9	1644	300	9,5	581	187
0,125	22	1634	310	9,8	581	187
0,167	23	1624	320	10,0	581	187
0,208	23,4	1614	330	10,4	581	187
0,250	24,3	1599	345	10,5	588	180
0,333	25,5	1585	359	10,7	588	180
0,417	27	1579	365	11,0	589	180
0,583	29	1570	374	11,1	600	168
0,667	29,7	1567	377	11,2	600	168
0,833	31	1564	379	11,3	600	168
1,000	31,4	1564	380	11,5	600	168
1,167	32,8	1564	380	11,6	600	168
1,333	32,8	1564	380	11,7	600	168
1,667	33,4	1564	380	12,0	600	168
2,000	34	1564	380	12,1	600	168

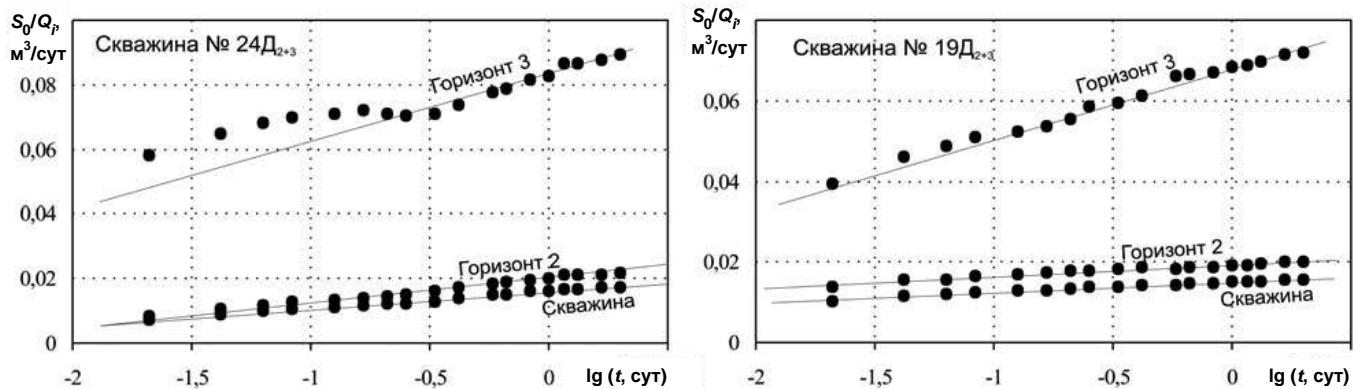


Рис. 5. Интерпретация опытных работ по скважинам

На рис. 6 сопоставлены расчётные (по формуле (7)) и фактические водопритоки из горизонтов. Несмотря на большую разницу параметров, сходимость результатов довольно высокая. Существенные расхождения (до 30 %) отмечены только в течение первых трёх часов после возмущения скважин; в дальнейшем погреш-

ность не превышала 10 %, что соответствует точности измерений.

**Выводы.** Метод глубинной расходометрии на сегодняшний день остаётся одним из наиболее эффективных для поинтервального изучения фильтрационных свойств геологического разреза. В конкретных условиях применение его позволи-

Таблица 2

## Результаты интерпретации опытных работ по скважинам Куюлусского месторождения

Номер скважины	Горизонт	Параметры водоносных горизонтов							
		$A_i$ , м	$C_i$ , м	$km$ , $\text{м}^2/\text{сут}$	$\lg(2,25f_i)$	$q_i$ , $\text{м}^2/\text{сут}$	$\Delta Q_i$ , $\text{м}^3/\text{сут}$	$H_{ct}$ , м	$\Delta Q_i/km_i$
$19\Delta_{2+3}$	2	0,0193	0,0029	63,10	6,655	49,59	600	11,50	9,51
	3	0,0680	0,0167	10,96	4,072	13,88	168	58,00	15,32
	Скважина	0,0151	0,0026	70,38	5,529	63,47	768	21,50	10,91
	2+3	—	—	74,06	5,780	—	—	21,66	—
$21\Delta_{2+3}$	2	0,0521	0,0226	8,10	2,305	16,98	540	32,00	66,67
	3	0,0903	0,0232	7,89	3,892	10,19	324	74,00	41,06
	Скважина	0,0331	0,0123	14,88	2,691	27,17	864	48,00	58,06
	2+3	—	—	15,99	2,885	—	—	47,75	—
$23\Delta_{2+3}$	2	0,0299	0,0093	19,68	3,215	30,30	800	17,50	40,65
	3	0,0529	0,0241	7,59	2,195	16,67	440	62,00	57,97
	Скважина	0,0191	0,0069	26,52	2,768	46,97	1240	35,50	46,76
	2+3	—	—	27,27	2,846	—	—	33,29	—
$24\Delta_{2+3}$	2	0,0199	0,0071	25,77	2,803	46,00	1564	28,00	60,69
	3	0,0831	0,0240	7,63	3,463	11,18	380	138,00	49,8
	Скважина	0,0161	0,0053	34,53	3,038	57,18	1944	52,00	56,29
	2+3	—	—	33,40	2,931	—	—	49,51	—

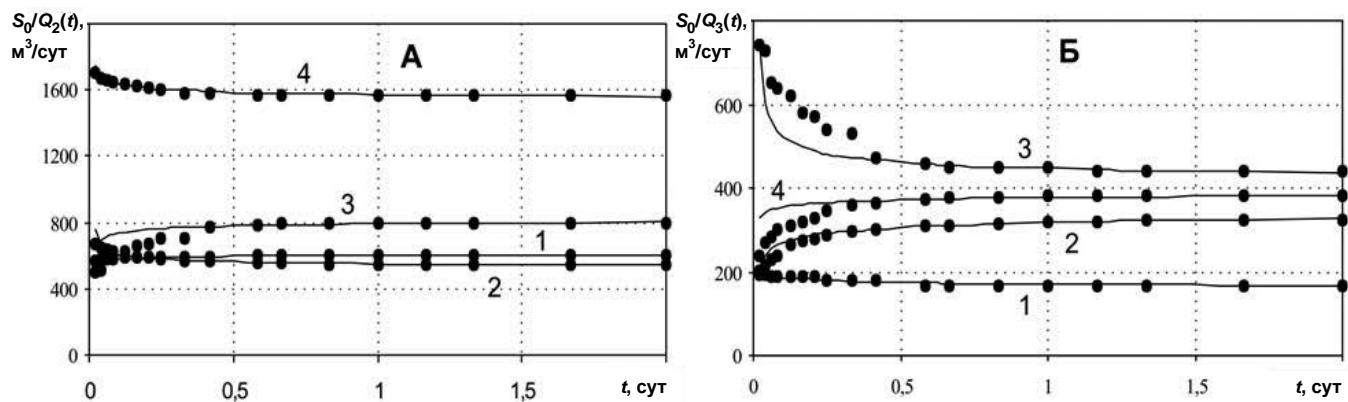


Рис. 6. Динамика водопритоков из горизонтов в процессе опытных работ:

А – второй альбский горизонт; Б – третий альбский горизонт; линия – расчётные данные; точки – фактические данные; 1 – скважина №  $19\Delta_{2+3}$ ; 2 – скважина №  $21\Delta_{2+3}$ ; 3 – скважина №  $23\Delta_{2+3}$ ; 4 – скважина №  $24\Delta_{2+3}$

ло практически без дополнительных финансовых затрат изучить третий альбский водоносный горизонт в районе Куюлусского месторождения, ранее не изученного и не эксплуатировавшегося. При совместном вскрытии и опробовании нескольких водоносных горизонтов одной скважиной характер водопритоков из каждого во времени опреде-

ляется соотношением параметров  $a_i^*/r_i^2$ . При равных или близких параметрах стабилизация водопритоков отмечается довольно быстро и остается в дальнейшем постоянной величиной. В противном случае изменения водопритоков во времени могут быть существенны и происходят в течение длительного времени (первые несколько суток),

что необходимо учитывать в методике опытно-фильтрационных исследований.

При интерпретации данных опытно-фильтрационных исследований возможно использование традиционной графоаналитической методики временного прослеживания, которая в данном случае осуществляется в координатах удельного понижения от логарифма времени.

Пересчёт водопроводимости через установившиеся водопритоки справедлив лишь для условий, когда соотношение  $a_i^*/r_i^2$  горизонтов близко по значению или равно. В противном случае возможны существенные погрешности определения параметров.

### **Библиографические ссылки**

1. Боревский Б.В., Самсонов Б.Г., Язин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откаек. М.: Недра, 1973. 302 с.
2. Бочевер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчётов эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Недра, 1968. 325 с.
3. Гершанович И.М. Гидрогеологические исследования в скважинах методом расходометрии. М.: Недра, 1981. 295 с.
4. Каменский Г.Ю., Малков А.В. Определение гидродинамических параметров при совместном опробовании двух водоносных горизонтов с различными статическими напорами // Изв. вузов. Геология и разведка. Деп. ВИНТИ 20.02.84. 12 с.

УДК 658.512

**Р.А. Алиев**, д-р техн. наук, проф., **М.А. Ахмедов**, д-р техн. наук, проф.,  
**Дж.Ф. Мамедов**, канд. техн. наук, доц., **А.Г. Гусейнов**, канд. техн. наук, доц.  
(Азербайджанская государственная нефтяная академия, г. Баку)

cavan62@mail.ru

## **СОЗДАНИЕ ИНСТРУМЕНТА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИБКОЙ ПРОИЗОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

*В результате анализа методов проектирования на этапах разработки нестандартных элементов гибкой производственной системы (ГПС) применительно для металлургической промышленности определены основные требования и задачи создания инструмента автоматизированного проектирования нестандартных элементов. В зависимости от определённых требований и задач автоматизированного проектирования рассмотрен вопрос создания общей структуры инструмента автоматизированного проектирования нестандартных элементов ГПС.*

**Ключевые слова:** гибкая производственная система, автоматизированное проектирование.

*Principal requirements and tasks of the automatic projecting instrument creation of the nonstandard components are defined as a result of projecting methods analysis during development stages of the flexible production system nonstandard components for metallurgical industry. Creation question of the instrument general structure for nonstandard GPS (ГПС) components automatic projecting is considered depending on the specified requirements and tasks of the automatic projecting.*

**Key words:** flexible production system, automatic projecting.

Сложные технологические, функциональные производственные узлы, модули и участки ГПС, связанные со спецификой проектируемого производства применительно к металлургической промышленности, требуют специальных устройств, нестандартных механических и электронных частей, которые должны обеспечивать автоматическую и переналаживаемую работу при загрузочно-разгрузочных технологических операциях промышленных роботов (ПР), изменении стандартных узлов оборудования, а также переходе на выпуск новых изделий, техническом контроле, диагностировании и управлении ГПС [1].

Исследованием работ в области проектирования нестандартных механических и электронных узлов для производственных систем разных отраслей промышленности установлено, что разработанные модели технического, информационного, математического и программного обеспечения рассматривались как отдельный инструмент автоматизированного проектирования (ИАП) для разработок нестандартных элементов (НЭ), определялись спецификой того или иного производства [2]. При этом недостаточно обеспечивался комплексный подход решения задачи создания ИАП вероятных НЭ ГПС.

Решение задачи по созданию ИАП НЭ ГПС требует расширения области исследования на основе средств алгоритмического и математического обеспечения для более детального функционального, технологического и структурного исследования подлежащих разработке механических и электронных узлов НЭ. Поэтому наиболее важным вопросом является создание моделей информационных и программных средств для разработки НЭ на этапах технического предложения, эскизного и рабочего проектов и испытания на действующем производстве.

На этапе технического предложения проектировщики в качестве исходных параметров предлагают варианты компоновочных схем гибких автоматизированных участков (ГАУ<sub>I</sub>) ГПС. На основе заданных исходных позиций размещения стандартных активных элементов определяются координаты позиционирования, рабочие зоны и другие параметры нестандартных устройств и элементов, которые в соответствии с технологическими операциями проектируемого производства подлежат разработке. При этом можно выделить множество входных параметров, в соответствии с которыми выполняются проектные процедуры на этапе технического предложения:

$$D_p = \left\{ \begin{array}{l} M_{KC\_GAY_I} \\ M_{H\mathcal{E}\_C\mathcal{E}\_J}^{GAY_I} \\ M_{TO\_H\mathcal{E}\_K} \end{array} \right\};$$

$$\begin{aligned} M_{KC\_GAY_I} &\in \{M_{KC\_GAY_1}, M_{KC\_GAY_2}, \dots, \\ &M_{KC\_GAY_N}\}, I = \overline{1, N}; \\ M_{H\mathcal{E}\_C\mathcal{E}\_J}^{GAY_I} &\in \left\{ \begin{array}{l} \forall [M_{C\mathcal{E}\_1} \rightarrow M_{KC\_1}, M_{C\mathcal{E}\_2} \rightarrow \\ \rightarrow M_{KC\_1}, \dots, M_{C\mathcal{E}\_N} \rightarrow M_{KC\_1}] \in \\ \in \{M_{H\mathcal{E}\_I}^{GAY_I}\} \\ \forall [M_{C\mathcal{E}\_1} \rightarrow M_{KC\_2}, M_{C\mathcal{E}\_2} \rightarrow \\ \rightarrow M_{KC\_2}, \dots, M_{C\mathcal{E}\_M} \rightarrow M_{KC\_2}] \in \\ \in \{M_{H\mathcal{E}\_J}^{GAY_2}\} \\ \dots \\ \forall [M_{C\mathcal{E}\_1} \rightarrow M_{KC\_N}, M_{C\mathcal{E}\_2} \rightarrow \\ \rightarrow M_{KC\_N}, \dots, M_{C\mathcal{E}\_T} \rightarrow M_{KC\_N}] \in \\ \in \{M_{H\mathcal{E}\_S}^{GAY_N}\} \end{array} \right\}; \\ M_{TO\_H\mathcal{E}\_K} &= \left\{ \begin{array}{l} \forall M_{TO\_H\mathcal{E}\_I} \in \{M_{C\mathcal{E}\_GAY_1}\} \\ \forall M_{TO\_H\mathcal{E}\_J} \in \{M_{C\mathcal{E}\_GAY_2}\} \\ \dots \\ \forall M_{TO\_H\mathcal{E}\_K} \in \{M_{C\mathcal{E}\_GAY_N}\} \end{array} \right\}, \end{aligned}$$

где  $M_{KC\_GAY_I}$  – множество компоновочных схем (КС) рассматриваемых ГАУ<sub>I</sub> в ГПС;  $M_{H\mathcal{E}\_C\mathcal{E}\_J}^{GAY_I}$  – множество НЭ в компоновочных схемах ГАУ<sub>J</sub> ГПС, устанавливаемых на стандартных элементах (СЭ),

$J = \overline{1, N}, J = \overline{1, M}, J = \overline{1, T}$ ;  $M_{TO\_H\mathcal{E}\_K}$  – множество технологических операций (ТО) НЭ, применяемых на стандартных элементах каждого участка ГПС;  $M_{C\mathcal{E}\_GAY_I}$  – множество стандартных элементов каждого ГАУ<sub>I</sub> ГПС.

Учитывая, что в ГПС основные технологические операции (загрузка, разгрузка, позиционирование, переналадка) функционально изменяются в зависимости от специфики проектируемого производства, то для надёжного и точного выполнения этих работ требуются разработки новых специальных механических и электронных НЭ.

Этап эскизного проектирования, отличающийся более масштабными научно-исследовательскими работами, требует разработки множества моделей математического, информационного и программного назначения, которые должны обеспечивать выбор конструкционных параметров, материалов механических и электронных узлов НЭ; кинематического, функционального, динамического и структурного исследования НЭ, а также декларативных знаний для описания области их применения, функциональных и технологических связей со стандартными активными элементами ГПС; разработки средств специального программного обеспечения для конструкторского оформления эскизного проекта НЭ:

$$M_{H\mathcal{E}\_I} = \left[ \begin{array}{l} \{M_{H\mathcal{E}\_MO\_I}\} \rightarrow \text{модели МО} \\ \{M_{H\mathcal{E}\_IO\_J}\} \rightarrow \text{модели ИО} \\ \{M_{H\mathcal{E}\_PO\_S}\} \rightarrow \text{модели ПО} \end{array} \right],$$

где  $M_{H\mathcal{E}\_MO\_I}$  – модели математического обеспечения (МО) НЭ (конструкции НЭ и его деталей, механического исследования для выбора конструкционных материалов и параметров НЭ каждого производственного модуля участков ГПС, их кинематического, функционального, динамического и структурного анализа);  $M_{H\mathcal{E}\_IO\_J}$  – модели информационного обеспечения (ИО) НЭ (создания базы данных и знаний разработанных нестандартных элементов, поиска и выбора нестандартных узлов и частей);  $M_{H\mathcal{E}\_PO\_S}$  – модели программного обеспечения (ПО) НЭ (конструкторского оформления проектно-технической документации, программной реализации математических моделей).

Конструкторские чертежи НЭ и устройств, спецификации с техническими показателями, типами материалов, значениями обрабатываемых механических частей подготавливаются как исходные материалы для испытаний в лабораторных условиях и изготовления их на последующих этапах.

Сформированные на этапах проектирования НЭ ГПС проектные процедуры на основе множества моделей  $M_{НЭ\_I}$  информационного, математического и программного обеспечения являются базовыми ИАП.

Анализ вопросов по созданию ИАП НЭ ГПС на этапах технического предложения, эскизного проектирования показывает, что для решения данного вопроса необходимо выполнение следующих основных требований: определение специфики функционально-технологических данных активных элементов ГПС, в которых применяются НЭ и устройства; гибкость автоматизируемых производств при выпуске продукции разных типов и размеров; эффективность выбора типов НЭ, их механических, электронных узлов [3] и параметров на основе информационно-логических знаний, математических моделей и программных систем; интеллектуализация технологических функций НЭ за счёт повышения уровня надёжности системы управления и очувствления; точность определения кинематических, статических и динамических параметров НЭ на основе математических и алгоритмических моделей.

На основе приведённых выше требований определяются основные задачи ИАП НЭ ГПС:

обеспечение процесса автоматизации при разработке НЭ ГПС на базе прогрессивных инструментов программных средств, алгоритмических и математических моделей;

обеспечение эффективности выполнения инженерно-конструкторских работ, хранения и отображения проектно-графической информации НЭ ГПС при определении общей структуры ИАП НЭ ГПС;

обеспечение эффективности информационно-поисковых операций для выбора конструкционных типоразмеров, траектории движения, материала, структурных и электрических схем нестандартных мехатронных элементов в соответствии с требованиями проектируемой ГПС и активных элементов;

создание математических моделей, обеспечивающих определение функционально-технологических, механических и электрических расчёты данных НЭ в зависимости от специфики проектируемого ГПС.

В зависимости от определённых требований и задач автоматизированного проектирования рассмотрим создание общей структуры ИАП НЭ ГПС. При этом подсистемы общей структуры должны обеспечивать достоверность исследования НЭ на основе моделей математического и алгоритмического обеспечения, хранение, поиск и выбор НЭ и их стандартных соединительных частей на основе разработанных моделей информационного обеспечения; выполнение конструкторского проектирования НЭ на базе стандартных графических программных пакетов.

Общая структура ИАП НЭ ГПС (рис. 1) формируется в виде генерации комплекса подсистем: выбора нестандартных механических и электронных частей манипуляторов, ПР и технологического оборудования ГПС в соответствии с производственными требованиями; выбора траектории движения нестандартных устройств и деталей; выбора типа компоновки НЭ ГПС; выбора материала НЭ и манипуляционной техники в соответствии с данными прочностного расчёта.

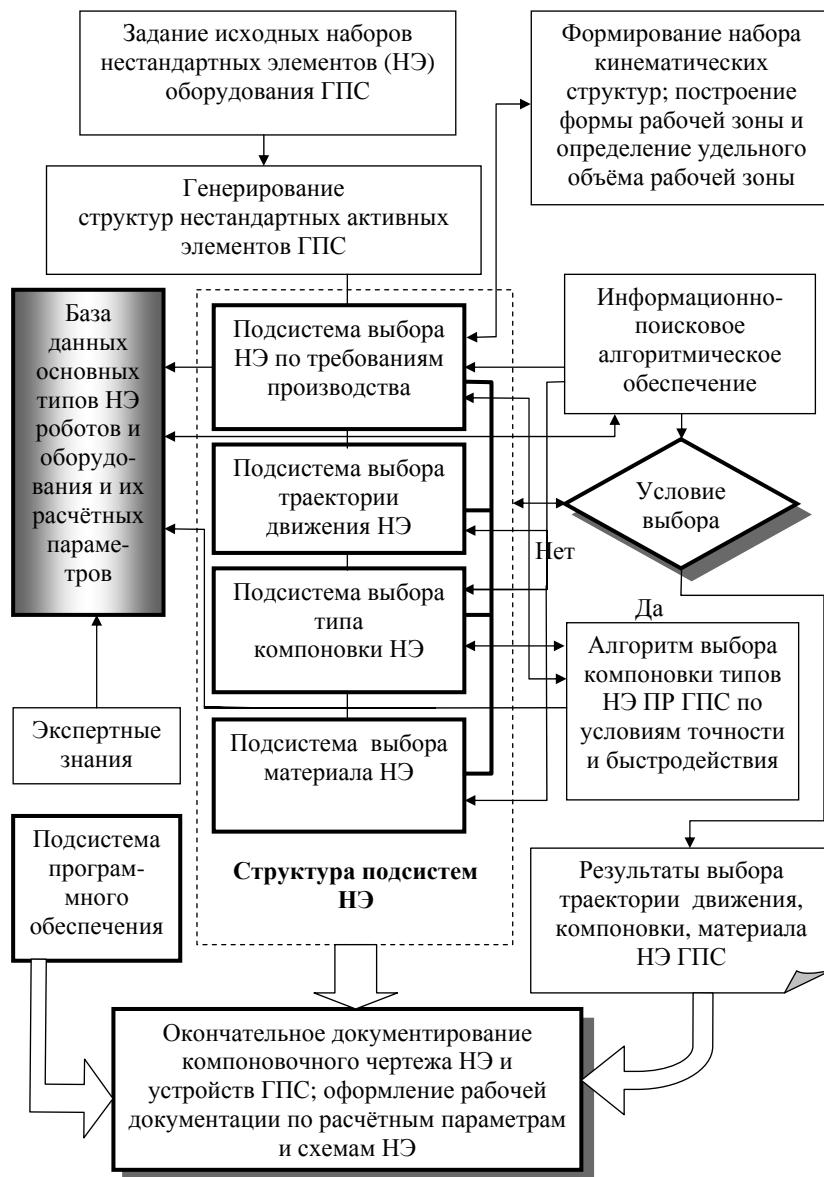
Подсистема проектирования, поиска и выбора НЭ ГПС, поддерживаемая математическим аппаратом и логическими алгоритмами выбора нестандартных механических и электронных устройств и узлов, представляется отдельной структурной схемой автоматизированного проектирования и выбора нестандартных узлов технологического оборудования ГПС с использованием конструкторских расчётов и выбора информационных данных НЭ, которая позволяет эффективно и ускоренно осуществлять их поиск и выбор [4].

Информационно-поисковое алгоритмическое обеспечение, являющееся базовой моделью подсистемы выбора НЭ согласно требованиям производства, формируется из знаний в виде логических утверждений и условий точности, быстродействия с применением расчётных показателей конструкционных форм, кинематических и компоновочных структур и рабочих зон НЭ. Расчётные данные, характеризующие оптимальную траекторию движения и прочностные характеристики, выбираются также в результате запросов в подсистему базы данных НЭ.

Основные типы НЭ ПР и технологического оборудования ГПС, а также расчётные параметры хранятся в базе данных, разработанной с помощью программного пакета Microsoft Access. При поиске и выборе типов НЭ из базы данных логически созданные условные запросы составляются в соответствии с требованиями их технологических операций. Запросы из базы данных в системе Microsoft Access представляются в виде логических операторов сравнений.

Выбор НЭ из готовой базы данных осуществляется после определения их типов в гибких автоматизированных участках (ГАУ) ГПС. Для этого отдельно на экран выводится наименование ГАУ. При этом из базы данных выбираются соответствующие типы НЭ и другие их технические показатели. Технические данные НЭ выводятся на экран при вводе типа или других требуемых технических показателей НЭ в диалоговой подсистеме.

Подсистема программного обеспечения (базовая подсистема общей структуры) является инструментом автоматизированного проектирования НЭ ГПС, а также блоком в виде оболочек архитектуры ИАП ГПС, функционирует на основе специальных инженерно-конструкторских про-



**Рис. 1. Общая структура инструмента автоматизированного проектирования нестандартных элементов ГПС**

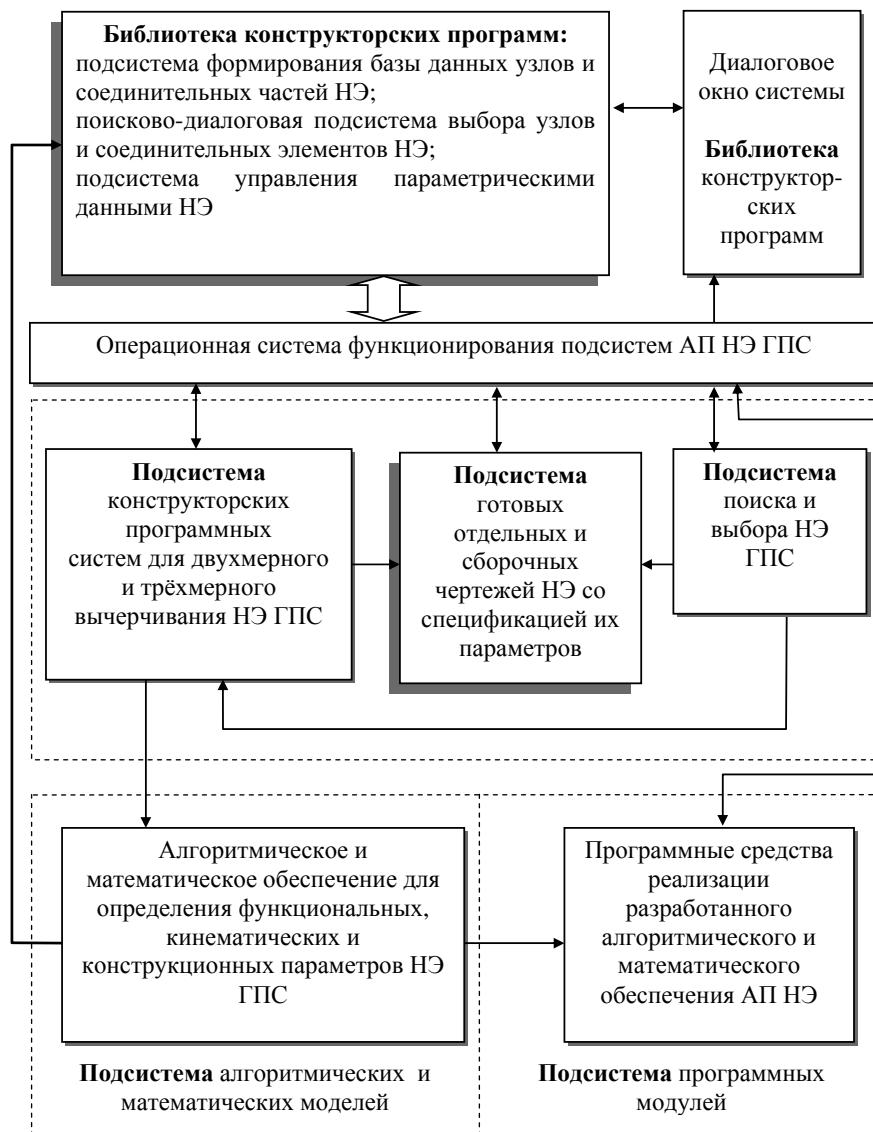
граммных пакетов AutoCAD, T-FLEX CAD и программируемой системы Delphi.

Представленная на рис. 2 структура подсистем графических программных пакетов позволяет выполнять конструкторское проектирование нестандартных активных элементов ГПС, организовать базу данных и управление их соединительными узлами, а также спецификаций технических характеристик элементов, осуществлять процесс конструкторского вычерчивания сборочных и отдельных чертежей нестандартных механических устройств, частей.

Подсистема базы данных библиотеки графических программных систем AutoCAD и T-FLEX CAD позволяет осуществлять поиск стандартных деталей необходимых соединительных узлов нестандартных механических и электронных уст-

ройств, вставлять их в чертежи сборочного чертежа разрабатываемой ГПС. Диалоговая среда подсистемы базы данных обеспечивает ввод результатов разработанных моделей математического, алгоритмического и программного обеспечения механических и электронных НЭ ГПС. Поиск графических изображений НЭ из библиотеки осуществляется в диалоговом режиме в соответствии с техническими требованиями ГПС.

Информация кинематического, двух- и трёхмерного компоновочного представления чертежей НЭ, текстовые и числовые данные в спецификациях, хранимые в библиотеке графических программных систем, а также в библиотеке Access, используются при последующем построении чертежей НЭ. При создании нового чертежа мехатронных частей НЭ требуются данные проектирования НЭ ГПС.



**Рис. 2. Структура подсистем программных пакетов конструкторского проектирования нестандартных элементов ГПС**

Общесистемная программная среда, где имеются готовые графические системы, позволяет осуществлять взаимодействие с подсистемами математического и алгоритмического обеспечения АП. При этом применяются экспертные знания в области разработки математических моделей для кинематического, динамического и конструкторского анализа стандартных элементов, которые вводятся в библиотеку графических систем.

Таким образом, в предлагаемой структуре ИАП НЭ ГПС подсистемы алгоритмического и программного инструмента, являющиеся базовыми подсистемами структуры, обеспечивают математический расчёт конструкторских, прочностных, статических и динамических параметров, моделирование технологических операций и конструирование НЭ ГПС, организацию базы данных и информационно-поисковых операций.

#### **Библиографические ссылки**

1. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. М.: Выш. шк., 1986. 264 с.
2. Гусейнов А.Г., Мамедов Дж. Ф. Компьютерная система выбора и проектирования элементов гибкого автоматизированного участка // Изв. Академии наук Азербайджана. Т. XVII. № 6. Баку, 1998. С. 55–60.
3. Фархадов З.И., Фархадов И.Д., Мамедов Дж. Ф. Бесконтактное устройство контроля предельного давления для систем управления гидравлических прессов // Механизация и автоматизация. 1990. № 10. С. 19–23.
4. Мамедов Дж. Ф. Математическая модель конструкторского проектирования захватного устройства промышленного робота // Изв. Академии наук Азербайджана. Т. XXV. № 3. Баку, 2005. С. 125–128.

УДК 658.26:681.5

**И.В. Долотовский, Е.А. Ларин**, канд. техн. наук, проф., **Н.В. Долотовская**, канд. техн. наук, доц.  
(Саратовский государственный технический университет)

dnw50@yandex.ru

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

*Предложены концепция и структура информационно-аналитической системы планирования, учёта и нормирования потребления и генерации энергетических ресурсов на предприятиях, перерабатывающих углеводородное сырьё. Приведены взаимосвязи информационно-расчётных блоков системы в иерархической структуре энергетического комплекса и технологических производств переработки газа, газового конденсата и нефти.*

**Ключевые слова:** информационно-аналитическая система, планирование, учёт, нормирование, топливно-энергетические ресурсы, нефтегазоперерабатывающие предприятия.

*Information-analytical system conception and structure of the planning, recording and rate setting of the energy resources consumption and generation for enterprises, which hydrocarbon raw treatment are proposed. Information-calculating system blocks interconnections are given for hierarchical structure of the energy complex and technological enterprises for gas condensate and petroleum treatment.*

**Key words:** Information-analytical system, planning, recording, rate setting, fuel-energy resources, petroleum processing plant.

**Введение.** На современном этапе технологического развития нефтегазохимических предприятий (НГХП), перерабатывающих гетерогенное углеводородное сырьё переменного состава, проблемы эффективности использования энергетических ресурсов (ЭР) и рационализации структуры энергетического комплекса (ЭК) имеют для этих предприятий стратегическое значение. При очевидности этого факта в информационные системы большинства НГХП не входят средства эффективного анализа, учёта и нормирования потребления и генерации ЭР, водопотребления и водоотведения. Это связано в первую очередь с тем, что действующие НГХП характеризуются сложной технологической структурой основных и вспомогательных производств, энергообеспечение которых осуществляется от внешних и внутривидовых производственных источников с многоуровневыми взаимосвязями с технологическими установками. Учесть режимные, климатические, конструктивные факторы, влияющие на потребление и генерацию ЭР, водопотребление и водоотведение в установках по переработке газа, газового конденсата и нефти, выполнить более точное планирование и анализ фактических показателей использования топлива, тепловой, электрической энергии, обосновать нормы потребления ЭР в отдельных технологических процессах, установках, аппаратах позволяет разработанная специализированная информационно-аналитическая система (ИАС) [1].

**Блочно-иерархическая структура ИАС** разработана в соответствии с методологией системного анализа и проектирования [2]. Её функционирование осуществляется в математически абстрактном координатном пространстве с четырьмя взаимосвязанными гранями:

структурированный объект – ЭК НГХП, где выделены уровни производств, установок и аппаратов;

комплекс решаемых задач повышения энергетической эффективности элементов и объекта в целом. Здесь выделены уровни задач для действующих и проектируемых НГХП – планирования, учёта и нормирования потребления (генерации) ЭР, водопотребления и водоотведения, оптимизации режимов эксплуатации и структуры ЭК НГХП;

методическое и программное обеспечение решения поставленных задач на всех уровнях объекта;

совокупность внешних влияющих факторов (режимных, экономических, эколого-климатических), обусловленных регионом расположения НГХП и его взаимодействием с источниками сырья и внешними системами энерго- и водообеспечения.

**Концептуальная база ИАС** включает следующие результаты исследований:

данные документального и инструментального анализа, выполненного в рамках энергетического аудита НГХП;

математические модели структурных элементов ЭК: энергетических балансов; расчёта энергетических характеристик аппаратов и установок основных технологических производств (технологических печей, аппаратов воздушного охлаждения, энергетических агрегатов и другого оборудования) [2];

результаты экспериментальных исследований, дополняющих математические модели и подтверждающие адекватность результатов имитационного моделирования;

нормы и нормативы потребления и генерации ЭР, водопотребления и водоотведения.

#### **Информационные и расчётные блоки ИАС:**

1 – структурированные данные (по установкам, производствам, видам ЭР) по основному энергопотребляющему технологическому оборудованию и генераторам тепловой энергии – энергетическим агрегатам и котлам-utiлизаторам;

2 – регламентные расходные нормы сырья, реагентов и энергии отдельных производств;

3 – фактические показатели удельного потребления (генерации) ЭР и водопотребления в технологических установках, полученные на основе статистической обработки результатов экспериментальных исследований и энергетического аудита;

4 – расчётные программы, структурированные по видам ЭР (топливо, электроэнергия, тепловая энергия, паровой конденсат, вода технологическая и обратная);

5 – утверждённые методики нормирования потребления ЭР, водопотребления и водоотведения на НГХП; расчётные методики составления балансов материальных технологических потоков, потребления ЭР, выхода вторичных ЭР, водопотребления и водоотведения. Все методики базируются на результатах экспериментальных исследований на типовых технологических установках НГХП и результатах исследова-

ний отраслевых научно-исследовательских организаций;

6 – нормативно-методические документы;

7 – инструкции пользователю информационно-программным обеспечением.

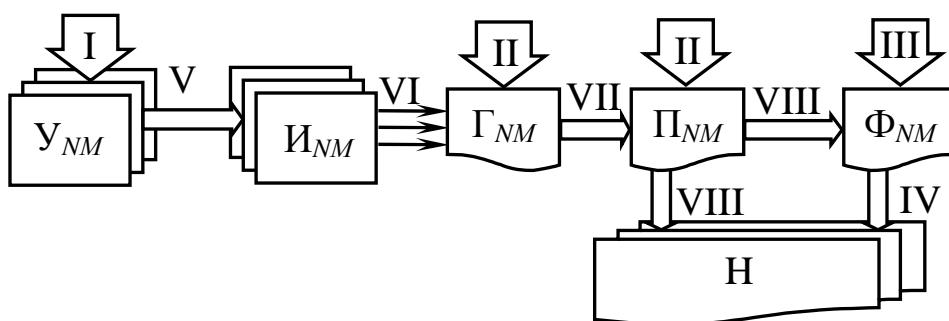
Реализация ИАС осуществляется на всех уровнях иерархии НГХП (аппараты, установки, производства, подсистемы энергообеспечения, предприятие в целом) для решения комплекса взаимосвязанных задач формирования энергетических балансов по видам ЭР, оценки показателей энергетической эффективности и нормирования энергопотребления.

**Расчётный четвёртый блок ИАС** представлен отдельными модулями, взаимосвязь между которыми осуществляется по активизируемым каналам связи (рис. 1). По каждому виду ЭР программные модули содержат результаты расчётов и исходную редактируемую информацию для установки  $N$  производства  $M$ .

Основные программные модули четвёртого блока содержат следующую информацию:

$Y_{NM}$  – данные по оборудованию установок производства. Структура этих модулей различна для каждого вида ЭР. Ввод информации осуществляется путём активизации канала I, когда пользователь получает доступ к структурированным данным по оборудованию установки и редактирует его характеристики (состав, продолжительность включения электродвигателей и парового привода, коэффициент загрузки теплообменников по нагреваемой или охлаждаемой среде, температуру, давление);

$I_{NM}$  – расчётные переменные на основе автоматически обновляемой по каналу связи V информации о часовом потреблении и генерации ЭР. Для каждого вида ЭР и воды информационный канал связи V содержит индивидуальные сведения. При необходимости в них могут быть включены дополнительные итоговые результаты;



**Рис. 1. Взаимосвязи модулей четвёртого блока информационно-аналитической системы**

$\Gamma_{NM}$  – расчётная и вводимая информация, позволяющая определить потребление и генерацию ЭР и водопотребление в соответствии с режимами работы оборудования установок. Модуль включает пять взаимосвязанных информационных элементов, обновляемых автоматически, в зависимости от режимных характеристик оборудования. Сведения о коэффициентах загрузки установок в течение расчётного периода при необходимости редактируются пользователем; эти данные входят в информационный канал II;

$\Pi_{NM}$  – автоматически формируемые планируемые показатели потребления и генерации ЭР и водопотребления за расчётный период эксплуатации – месяц, квартал, год. Исходные данные для выполнения расчёта поступают по каналу связи VII. Для определения удельных показателей потребления и генерации ЭР и водопотребления пользователю необходимо активизировать канал связи II, по которому обновляется информация о расходах планируемых технологических потоков (за квартал). Итоговые результаты модуля  $\Pi_{NM}$  по информационным каналам связи VIII обобщаются в модуле Н по данному виду ЭР;

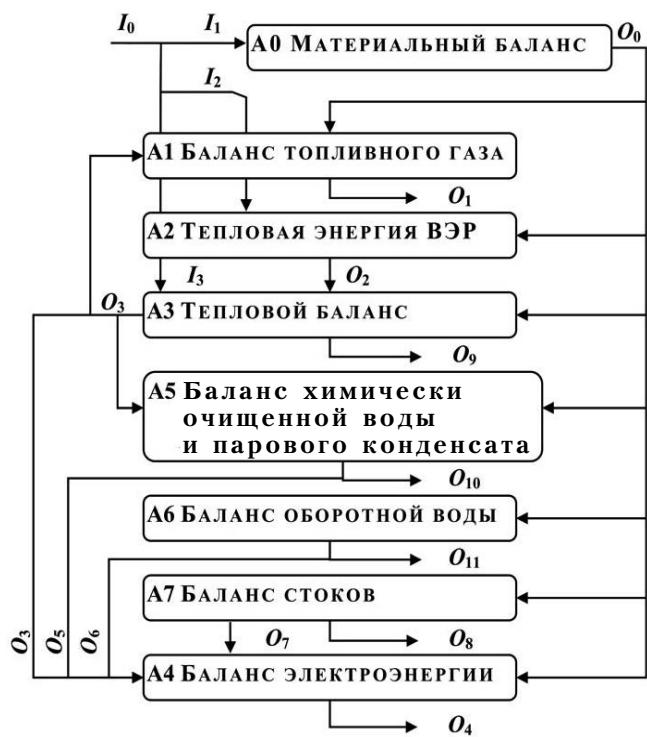
$\Phi_{NM}$  – формируемые по установкам производства, в соответствии с показаниями приборов учёта, фактические показатели потребления и генерации ЭР и водопотребления за расчётный период эксплуатации – месяц, квартал, год. После активизации канала связи III, по которому обновляется информация о расходах нормообразующих технологических потоков в модуле  $\Phi_N$ , автоматически осуществляется расчёт фактических показателей удельного потребления (генерации) ЭР и водопотребления. Определяется также построение диаграмм динамики планируемого и фактического потребления (генерации) ЭР и водопотребления на фоне динамики расхода или потребления технологического потока, по которому осуществляется нормирование.

Итоговые результаты модуля автоматически передаются по информационным каналам связи IV в обобщающий модуль Н по данному виду ЭР.

Следует отметить, что каналы связи II и III могут быть выходами других информационно-управляющих систем НГХП – АСУТП и АСУП.

При автономной работе с использованием ИАС ввод информации по каналам II и III может активироваться пользователем по мере необходимости для корректировки уже имеющейся информации за предыдущий период.

Взаимосвязь технологических и энергетических характеристик установок показана на организационной диаграмме (рис. 2), иллюстри-



$I_2$  (элемент А2) – данные для расчёта выхода тепловой энергии при утилизации вторичных энергоресурсов (ВЭР): расход сырья на теплогенерирующие энергетические установки, климатические данные, режимы теплового потребления на собственные нужды теплогенерирующих производств, производительность котлов-utiлизаторов за технологическими печами;

$I_3$  (элемент А3) – параметры паровых потоков: давление, температура, энталпия.

#### *Выходные дуги:*

$O_0$  (элемент А0) – материальные потоки основных производимых продуктов и полуфабрикатов, по которым осуществляется нормирование ЭР, водопотребление и водоотведение;

$O_1$  (элемент А1) – количество топливного газа, отбираемого из сети НГХП на собственные нужды установок для технологических печей, котельных агрегатов, факельных систем;

$O_2$  (элемент А2) – количество пара после энергетических установок и котлов-utiлизаторов (в том числе расходуемого на собственные нужды этих установок) и его теплота;

$O_3$  (элемент А3) – количество пара, вырабатываемого в замещающем источнике тепловой энергии – котельной НГХП, и его теплота, количество теплоты, потребляемой основными и вспомогательными установками с учётом тепловых потерь в окружающую среду и безвозвратных потерь пара;

$O_4$  (элемент А4) – количество электроэнергии, потребляемой установками основного и вспомогательного производства НГХП;

$O_5$  (элемент А5) – количество питательной воды и очищенного парового конденсата, потребляемого установками;

$O_6$  (элемент А6) – количество охлаждающей воды, подаваемой из систем оборотного водоснабжения на технологические установки и вспомогательные производства;

$O_7$  (элемент А7) – общее количество сточных вод, подаваемых от технологических установок и вспомогательных производств НГХП (в том числе в собственные установки очистки);

$O_8$  (элемент А7) – количество стоков, подаваемых НГХП в сторонние системы утилизации и хранения жидких отходов;

$O_9$  (элемент А3) – количество тепловой энергии, потребляемой от стороннего источника;

$O_{10}$  (элемент А5) – количество деминерализованной воды, подаваемой на НГХП от стороннего источника для восполнения потерь;

$O_{11}$  (элемент А6) – количество технической воды, подаваемой на НГХП от стороннего источ-

ника для восполнения потерь с уносом, испарением, продувкой.

В разработанных программах наряду с дугами входа–выхода предусмотрены дуги  $C-M$  (управление–механизм), модификация которых позволяет проводить анализ результатов расчёта каждого элемента, определять наиболее значимые факторы, влияющие на потребление энергоресурсов и воды. Сравнение расчётных (фактических) значений удельного потребления топливно-энергетических ресурсов и воды с нормализованными регламентными данными позволяет оценить эффективность использования того или иного вида ЭР по установкам и предприятию в целом.

Разработанная ИАС обладает свойством расширяемости – по мере увеличения функциональных возможностей НГХП (реконструкция или модернизация производств, изменение номенклатуры выпускаемой продукции) в блоках ИАС можно внести необходимые изменения и дополнения, что способствует её внедрению на предприятиях с различной технологической топологией. Кроме того, при увеличении решаемых задач (например, дополнительного решения технико-экономических задач) в ИАС добавляются соответствующие необходимые блоки и модули. В настоящее время разработанная ИАС успешно используется на Астраханском газоперерабатывающем заводе.

**Заключение.** Разработанная структура ИАС планирования, учёта и нормирования потребления и генерации энергоресурсов, водопотребления и водоотведения является новым подходом к построению информационной системы энергетического комплекса НГХП. Показаны взаимосвязи элементов системы, отражающие технологическую и энергетическую топологию и учитывающие режимные, климатические и экологические факторы, что позволяет использовать ИАС для повышения энергетической эффективности предприятий по переработке газа, газового конденсата и нефти с различными технологическими процессами и структурой энергетического комплекса.

#### *Библиографические ссылки*

1. Пат. № 63537 Российская Федерация, МПК G 06 Q 10/00; G 07 C 3/14. Система автоматизированного учёта и планирования на предприятии / Е.А. Ларин, Н.В. Долотовская, И.В. Долотовский. № 2007106539/22(007086); заявл. 20.02.07; опубл. 27.05.07. Бюл. № 15.

2. Ларин Е.А., Долотовский И.В., Долотовская Н.В. Энергетический комплекс газоперерабатывающих предприятий. Системный анализ, моделирование, нормирование. М.: Энергоатомиздат, 2008. 440 с.



УДК 65.9

А.П. Иванов, д-р экон. наук, проф. (Московский государственный университет путей сообщения), А.В. Минаков, канд. экон. наук, доц. (Академия экономической безопасности МВД России, г. Москва)

minakov-info@yandex.ru

## ФИНАНСОВАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Рассмотрены меры, способствующие преодолению кризисных ситуаций на предприятии в короткие сроки и с минимальными потерями. Устойчивое финансовое развитие предприятия достигается эффективным использованием его потенциала (прибыльности, ликвидности, платёжеспособности, инвестиционных возможностей и др.).*

**Ключевые слова:** финансовая стабильность, неплатёжеспособность, банкротство, антикризисное управление.

*Arrangements, which enable enterprise crisis situation overcoming in the short time and minimum loss are considered. Enterprise steady financial development is ensured through the efficient use its potential (profitability, liquidity, solvency, investment possibility).*

**Key words:** financial stabilization, insolvency, bankruptcy, crisis management.

Финансовая стабилизация деятельности промышленного предприятия включает превентивные меры (прогноз, профилактику возникновения кризисных ситуаций) и эффективную систему стабилизационных мероприятий по преодолению негативных явлений [1]. Кризисные ситуации возникают из-за несоответствия финансово-хозяйственных показателей деятельности предприятия параметрам окружающей среды. Кризис начинается по различным причинам, которые можно разделить на две основные группы (рис. 1):

*внешние*, не зависящие от деятельности предприятия (рост инфляции, политическая нестабильность, снижение ёмкости внутреннего рынка, падение спроса, увеличение стоимости заёмного капитала, государственная бюджетная и налоговая политика и т. д.). В общекономическом плане основные направления преодоления негативного влияния этих факторов включают макроэкономические мероприятия, направленные на расширение внутреннего рынка, стабилизацию ставок кредитования, формирование системы снабжения и сбыта, позволяющей получать большую часть доходов предприятия от реализации продукции и услуг;

*внутренние*, обусловленные деятельностью предприятия (неэффективное использование ос-

новных средств, рост дебиторской и кредиторской задолженности, неэффективный менеджмент, нерациональная инвестиционная политика и др.).

Основными группами субъектов, заинтересованных в получении подробной информации о финансовой ситуации на предприятии и характере его деятельности, являются: кредиторы (предоставляющие краткосрочные или долгосрочные кредиты), собственники (акционеры) и, наконец, руководство предприятия. Каждая группа имеет свою точку зрения и преследует отличные от других интересы при проведении финансового анализа. Чтобы понять интересы каждой группы и определить отвечающие им направления анализа, рассмотрим фазы развития кризисных ситуаций и специфику различий в оценке основных финансовых показателей. Безусловно, решающая роль в реализации интересов каждой группы принадлежит руководству предприятия.

Индивидуальность каждого предприятия требует разграничения стадий проявления кризисных признаков (несостоятельность, неплатёжеспособность, банкротство) с осуществлением мер превентивной санации. В этом отношении разграничение стадий кризиса требует проведения соответствующих антикризисных мероприятий [2].



**Рис. 1. Факторы, обуславливающие возникновение кризиса предприятий**

*Первая стадия кризиса* (часто скрытая) – это падение предельной эффективности капитала, показателей деловой активности, снижение рентабельности и объёмов прибыли. Вследствие этого ухудшается финансовое положение предприятия, сокращаются источники и резервы развития. Антикризисное решение проблем на этой стадии может заключаться в пересмотре тактики или реструктуризации долгов, а также в использовании мер, ведущих к снижению издержек, сокращению штата управленческого аппарата и рабочих мест, повышению производительности труда и т. п.

*Вторая стадия кризиса* – появление признаков несостоятельности и убыточности производства. Данная проблема решается методами оперативного управления и реализуется внутренней реструктуризацией капитала. Применяемые в этом слу-

чае методы финансового анализа и диагностики отличаются от других своей направленностью и требованиями к исходной информации.

*Третья стадия* (неплатёжеспособность) означает практическое отсутствие собственных средств и резервных фондов на предприятии. Это отрицательно влияет на перспективы развития, долгосрочное и среднесрочное планирование денежных потоков, рациональное бюджетирование и сопряжено со значительным сокращением объёмов производства, так как значительная часть оборотных средств направляется на погашение убытков и обслуживание возросшей кредиторской задолженности.

Программа стабилизации финансово-экономического состояния на этой стадии требует экстренных мер по нахождению средств для их осуществления. В случае непринятия оперативных

мер наступает кризис ликвидности и банкротство. Особенность диагностики на этой стадии заключается в оценке диагностической ценности признаков, характеризующих кризис и уровни риска при принятии управленческих решений для экстренного варианта нахождения оборотных средств. Например, реализация части производственных запасов, материалов, объёмов незавершенного производства в иной период была бы не оправдана, а в данной ситуации является действенной экстренной мерой.

*Четвёртая стадия* – состояние острой неплатёжеспособности, фактическое банкротство. Предприятие не может профинансировать даже сокращённое воспроизведение и продолжать платежи по предыдущим обязательствам. Возникает реальная угроза остановки или прекращения производства, а затем и банкротства. В этой ситуации диагностика с использованием коэффициентов ликвидности, обеспеченности собственными оборотными средствами, восстановления платёжеспособности позволяет установить наличие факта финансовой несостоятельности и возможностьнейтрализовать её процедурой банкротства.

Уточнение этапов кризиса и методов диагностики приводит к выводу, что первая, вторая и отчасти третья стадии составляют содержание кризиса для её инвесторов и кредиторов. Четвёртая стадия представляет собой угрозу для собственников и руководства компании. Введе-

ние в оборот стадий кризисности и обоснование мер по их преодолению требует специфических приёмов и методов финансового анализа. В зависимости от состояния (стадий кризиса) рассматривают внутренние и внешние причины анализа (рис. 2).

Внутренний финансовый анализ осуществляется на первой и второй стадиях кризиса. Он необходим для удовлетворения собственных потребностей компании, направлен на определение ликвидности фирмы или оценку её результатов в последнем отчётном периоде в том случае, когда руководству фирмы необходимо знать, можно ли выделить средства на планируемую производственную деятельность или расширение производства из собственных источников.

В результате финансового анализа на третьей и особенно на четвёртой стадии кризиса, инициатива которого часто уже не принадлежит руководству, определяются и оцениваются кредитоспособность и инвестиционные возможности предприятия. Например, представителя банка может заинтересовать вопрос о ликвидности или платёжеспособности, потенциальный инвестор захочет узнать, насколько рентабельно производство и какова степень доходности и риска при инвестировании. Для этого существуют методы [3], позволяющие с помощью анализа финансово-отчётной документации и различных финансовых показателей спрогнозировать возможность объяв-

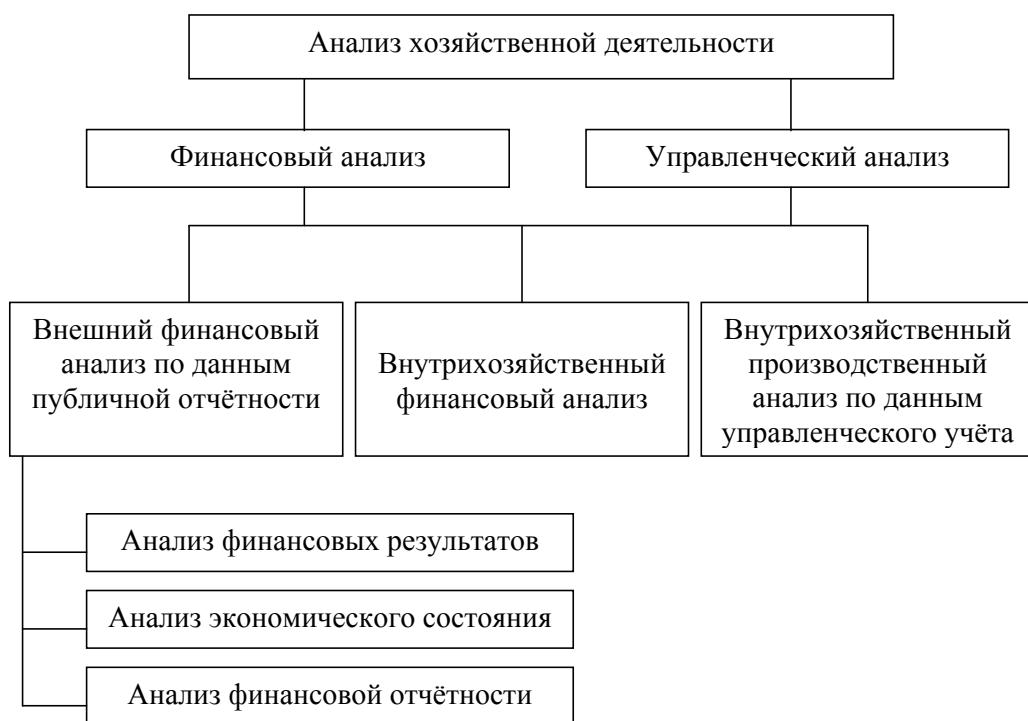


Рис. 2. Диагностика текущей деятельности предприятия

ления конкурсного управления, банкротства фирмы или убедиться в её надёжности.

Независимо от того, чем вызвана необходимость анализа, его приёмы, всегда одни и те же. Главный инструмент анализа – расчёт и интеграция различных коэффициентов, характеризующих степень экономической устойчивости предприятия [2].

Кризис приводит к достаточно ощутимым изменениям в финансово-хозяйственной деятельности и угрожает экономической безопасности предприятия. Если кризис приобретает затяжной характер, то он может завершиться банкротством предприятия и его ликвидацией.

Таким образом, финансовый кризис предприятия – это нарушение его финансового равновесия, которое отражает противоречия между фактическим состоянием финансовых возможностей предприятия и необходимым объёмом финансовых потребностей. Основная цель финансовой стабилизации предприятия – быстрое восстановление необходимого уровня платёжеспособности и финансовой устойчивости.

Для этого должна быть разработана и реализована политика финансовой стабилизации, которая представляет собой составную часть общей финансовой стратегии предприятия, включающей комплекс мер предварительной оценки вероятности возникновения кризиса и методов, направленных на финансовое оздоровление предприятия.

В международной практике существует несколько методов и моделей диагностики несостоятельности и банкротства предприятий. Объясняется это тем, что в условиях изменяющихся воздействий внешних и внутренних факторов на результаты деятельности предприятия меняется и направленность анализа. На практике большинство контролирующих органов используют подход, связанный с анализом хозяйственной деятельности (см. рис. 2).

Методы и приёмы анализа финансово-экономического состояния предприятия и последующего вывода о степени его финансовой устойчивости включают оценку:

состава и структуры баланса, что предполагает построение аналитического баланса вертикальный и горизонтальный анализ баланса, анализ качественных изменений имущественного состояния предприятия;

финансовой устойчивости на основе расчётов абсолютных показателей финансовой устойчивости, относительных показателей финансовой устойчивости;

ликвидности и платёжеспособности, определяемую в результате анализа ликвидности баланса, движения денежных средств;

деловой активности предприятия с учётом анализа качественных и количественных критериев.

Финансовая стабилизация предполагает целевой набор наиболее эффективных мероприятий финансовой политики, необходимых в конкретной ситуации на предприятии. Изучение опыта преодоления кризисных ситуаций позволяет сформулировать общие, обязательные процедуры политики финансовой стабилизации:

оценка финансово-экономического положения предприятия;

определение причин отклонения от нормального развития;

выбор стратегии и тактики финансового оздоровления;

реализацию первоочередных мероприятий по финансовому оздоровлению (восстановление платёжеспособности, повышение финансовой устойчивости, обеспечение прибыльности деятельности предприятия).

Сначала анализируются экономическое положение предприятия и финансовые результаты деятельности. Экономическое состояние предприятия выражается в сбалансированности отдельных показателей, структуры основных фондов и внеоборотных активов, источников финансирования, а также эффективности их использования.

В процессе анализа на основе оценки динамики и структуры абсолютных и относительных показателей текущей и перспективной деятельности выявляются основные задачи, которые необходимо решить для финансовой стабилизации, перечень которых определяется руководством предприятия, его менеджментом и может быть рекомендован аудиторами, но обязательно должны учитываться нормы закона «О несостоятельности (банкротстве)» [4].

Не зависимо от набора показателей анализ финансового состояния предприятия осуществляется оценкой и анализом следующих показателей:

структурь и динамики основных фондов и источников образования внеоборотных активов;

абсолютных и относительных показателей финансовой устойчивости, сравнения их с нормативными значениями;

платёжеспособности предприятия и ликвидности баланса.

Рассмотрим каждое направление аналитической работы по оздоровлению предприятия.

*Структурно-динамический анализ активов и пассивов.* В этом случае изучаются абсолютные значения показателей, их удельный вес по видам и в общей сумме активов предприятия; оценивается динамика абсолютных величин и их удельных весов в рассматриваемом периоде. Анализируется также динамика изменений удельных весов по каждому виду в общей сумме активов

предприятия. В процессе анализа выявляются активы (обязательства), которые в большей степени определяют источники финансирования предприятия.

На основании структуры внеоборотных активов определяется политика предприятия в отношении долгосрочных вложений. Например, высокая доля нематериальных активов и значительный темп их прироста характеризует инновационный характер стратегии предприятия. Подобная динамика по долгосрочным финансовым вложениям свидетельствует о финансово-инвестиционной направленности хозяйствования.

Аналогично анализируются источники финансирования. Детализированный анализ структуры собственных и заёмных средств (включая кредиторскую задолженность), источников финансирования выполняется отдельно по каждому укрупнённому виду пассивов. Далее оцениваются структура и динамика собственных и заёмных источников финансирования, анализируется соотношение долгосрочных и краткосрочных заёмных источников, банковских кредитов и кредиторской задолженности.

*Анализ финансовой устойчивости.* Оценивается величина и динамика собственного капитала (для акционерных обществ чистых активов), затем анализируется соотношение собственного и заёмного капитала, достаточность источников формирования оборотных активов.

Для оценки платёжеспособности предприятия традиционно применяются основные показатели, различающиеся суммой ликвидных активов, которые можно использовать для покрытия краткосрочных обязательств. Для прогноза изменения платёжеспособности устанавливается коэффициент восстановления (утраты) платёжеспособности. Комплексная оценка этих показателей позволяет не только более точно определить фактический уровень платёжеспособности, но и признать структуру баланса удовлетворительной или неудовлетворительной, а предприятие – платёжеспособным либо неплатёжеспособным.

*При анализе финансовых результатов рассматривается величина прибыли.* На основе данных отчёта о прибылях и убытках традиционно рассматриваются три направления анализа: структуры и динамики финансовых результатов; показателей рентабельности; показателей деловой активности.

*Выявление причин отклонения показателей от рекомендуемых нормативных значений.* На этом этапе планируются направления реализации первоочередных мероприятий по финансовой стабилизации, которые в зависимости от проблем конкретного предприятия могут включать комбинацию следующих мер:

усиление маркетинговой деятельности на предприятии, поиск более дешевого или качественного сырья, расширение географии продаж;

изменение условий реализации товаров, работ, услуг;

разработку более гибких схем получения и сбыта готовой продукции;

обоснование номенклатуры и объёма производства для снижения издержек;

ликвидацию нерентабельных производств;

улучшение использования оборудования и площадей;

улучшение качества продукции;

управление затратами и т. д.

*Выбор политики финансовой стабилизации.* Краткосрочная финансовая политика включает меры, которые дают быстрые результаты и направлены на участки работы наиболее отзывчивые на корректирующие мероприятия. Долгосрочная финансовая политика предполагает глубинные преобразования, обеспечивающие долговременное устойчивое развитие, запас прочности при колебаниях внешней конъюнктуры и нарушении равновесия по внутренним для предприятия причинам.

Таким образом, важно своевременно определить негативные изменения в деятельности предприятия, установить их масштаб и причины возникновения. Затем разработать комплекс мер, обеспечивающих преодоление кризисных ситуаций, позволяющих восстановить необходимый уровень финансовой устойчивости, платёжеспособности и эффективности хозяйствования. Правильно и своевременно обоснованная политика финансовой стабилизации деятельности предприятий позволит обеспечить устойчивое развитие производства на основе прогноза объёмов реализации, прозрачность финансовой отчётности и движения финансовых ресурсов, формирование наиболее выгодных вариантов финансовых планов, оперативного учёта фактической информации для контроля отклонений от плана развития предприятия.

#### **Библиографические ссылки**

1. **Антикризисное управление** / Под ред. Э.И. Короткова. М.: Инфра-М, 2000. 199 с.
2. **Иванов А.П.** Финансовые инвестиции на рынке ценных бумаг. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2009. 321 с.
3. **Брейли Р., Майерс С.** Принципы корпоративных финансов. М.: Олимп-бизнес, 2004. 174 с.
4. **Федеральный закон** от 26 октября 2002 г. № 127-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)» (с изм. от 22 августа, 29, 31 декабря 2004 г., 24 октября 2005 г., 18 июля, 18 декабря 2006 г., 5 февраля, 26 апреля, 19 июля, 2 октября, 1 декабря 2007 г., 23 июля, 3, 30 декабря 2008 г.).

УДК 519.866

**Л.В. Степанов**, канд. техн. наук, доц. (Институт менеджмента, маркетинга и финансов,  
г. Воронеж)

stepanovLV@yandex.ru

## МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ МОНОПОЛИСТИЧЕСКОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ

*Определены особенности монополистической конкуренции. На основе применения теории множеств предложена модель монополистического рынка как системы. Установлено, что переменными в данной модели являются параметры товара. Предложено для определения характеристик товара применить генетический алгоритм. Подробно описаны все этапы алгоритма применительно к монополистической конкуренции.*

**Ключевые слова:** монополистическая конкуренция, модель рынка, генетический алгоритм, ценовые характеристики, неценовые характеристики.

*Monopolistic competition features are defined. Monopolistic market model, as system, is proposed from a multitude theory application. It is established that goods characteristics are variable of this model. It is proposed to apply of the genetic algorithm for goods characteristics definition. All algorithm stage over the monopolistic competition has been described in some details.*

**Key words:** monopolistic competition, market model, genetic algorithm, price behavior, unpriced behavior.

**Введение.** Монополистическую конкуренцию можно охарактеризовать как тип рынка, на котором предприятия продают дифференциированную продукцию (уникальную и обладающую рядом качеств, которые наиболее ценят потребители), а также осуществляют ценовой контроль над товарами. Монополистическая конкуренция – наиболее близкий вид к совершенной конкуренции. Возможность для отдельного предприятия контролировать цену здесь незначительная. Рынки с монополистической конкуренцией имеют следующие отличительные характеристики: большое количество производителей и потребителей; ориентация потребителей на ценовые и неценовые различия между продуктами; малое количество барьеров для входа на рынок и выхода из него; незначительная возможность производителей влиять на цены, восприятие каждым предприятием цены других предприятий как заданной и регулирование только своей цены.

В данных условиях возникают две задачи:  
формализация рынка как системы;  
непосредственное моделирование рыночного процесса в условиях монополистической конкуренции.

В условиях монополистической конкуренции каждый производитель выпускает свой продукт, а все вместе – товары одной группы. Товары, выпускаемые разными предприятиями, не являются идентичными и отличаются качеством исполнения, дизайном, упаковкой, товарным знаком, послепродажным обслуживанием и почти все раз-

личаются ценой. Каждое предприятие в силу продуктовой дифференциации является единственным производителем своего товара и в этом смысле монополистом.

Для описания рынка как системы предлагается применить теоретико-множественный подход [1, 2]. Под математической моделью рынка в наиболее общей форме понимается совокупность элементов:

$$R = \left\langle \{pt_i\}_{i=1}^n, \{pr_j\}_{j=1}^m, G \right\rangle^{\{t_k\}_{k=1}^l, \{h_k^y\}_{y=1}^{w_k}}, \quad (1)$$

где  $\{pt_i\}$  – множество потребителей товара;  $\{pr_j\}$  – множество производителей товара;  $G$  – государство, как регулирующий механизм рынка;  $n$  – число потребителей;  $m$  – число производителей;  $t_k$  –  $k$ -й вид товара;  $l$  – число товаров;  $h_k^y$  –  $y$ -я характеристика  $k$ -го вида товара;  $w_k$  – число характеристик  $k$ -го вида товара.

Причём

$$\forall h_{jk}^y | h_{jk}^y \in C \vee h_{jk}^y \in NC,$$

где  $C$  – ценовые характеристики;  $NC$  – неценовые характеристики товара.

**Замечание 1.** Пусть  $\forall h_{jk}^y | h_{jk}^y \in C$ , если значение этой характеристики можно выразить количественно.

**Замечание 2.** Пусть  $\forall h_{jk}^y | h_{jk}^y \in NC$ , если значение этой характеристики можно выразить качественно.

Таким образом,  $C$  – множество (ценовых) количественных характеристик, а  $NC$  – множество (ненценовых) качественных характеристик товара. Из замечаний 1 и 2 следует, что множества  $C$  и  $NC$  не пересекаются.

Например, габаритный размер товара, являясь количественной характеристикой, не имеет денежного выражения, но может быть отнесён к множеству  $C$  в силу того, что на производство крупного товара требуется большое количество сырья, и, следовательно, это должно сказаться на цене данной продукции.

Роль государства заключается в законодательном регулировании отношений на рынке, и как участник конкурентных процессов оно не рассматривается.

Среди всех видов конкуренции монополистическая конкуренция – единственный вид рыночного взаимодействия, при котором одновременно учитываются ценовые и ненценовые характеристики товара. В силу того, что эти характеристики имеют различную природу, их следует рассматривать отдельно.

Из-за доступности информации о состоянии рынка могут быть собраны исчерпывающие данные и о товарах конкурентов. Поэтому для получения преимуществ необходимо определить такие параметры товара, которые бы превосходили другие предложения на рынке. Важно отметить, что конкурентоспособность товара определяется его характеристиками и не зависит от типа и вида конкретного товара.

Обозначим ценовые характеристики товара:

$$H^C = \{h^{Cy}\}, y = \overline{1, w'},$$

где  $w'$  – общее число характеристик товара, имеющих количественное выражение;  $h^{Cy}$  –  $y$ -я ценовая характеристика товара.

Таким образом, благодаря информированности участников (условия неинформированности, характерные для недобросовестной конкуренции, не рассматриваются) рынка монополистической конкуренции о свойствах товаров и услуг можно из количественных характеристик сформировать матрицу:

$$H^C = \{\{h_1^{Cy}\}_{y=1}^{w'}, \dots, \{h_k^{Cy}\}_{y=1}^{w'}, \dots, \{h_l^{Cy}\}_{y=1}^{w'}\}, \quad (2)$$

где  $h_k^{Cy}$  – значение  $y$ -го количественного параметра  $k$ -го товара на рынке  $R$ .

Все значения матрицы (2) определяются на основе спецификации товара и характеризуют его стоимость, внешний вид, форму, размер и т. д., т. е. те его параметры, которые заданы в числовой (количественной) форме. Будем полагать  $h_k^{Cy} = 0$ , если  $y$ -й параметр у  $k$ -го товара на рынке  $R$  отсутствует.

В силу большого размера матрицы (2) применение традиционных методов для решения данной задачи неэффективно, так как может потребовать существенного времени и вычислительных ресурсов. Это делает целесообразным применение генетического алгоритма.

Этапы генетического алгоритма:

*Этап 1. Инициализация популяции хромосом.* Исходной популяцией хромосом предлагается считать матрицу характеристик товаров  $H^C(2)$ . Значения  $h_k^{Cy}$  представляет собой  $y$ -ю количественную характеристику  $k$ -го товара на рынке  $R$ . Невзирая на то что все элементы матрицы  $H^C$  имеют численное значение, они выражают различные параметры товара. Шкалы и единицы измерения этих значений могут не совпадать. В то же время генетический алгоритм может работать только с однородными значениями. Для ликвидации этой неоднородности предлагается произвести нормализацию значений матрицы  $H^C$ .

Определим максимальное значение  $\hat{h}^{Cy}$   $y$ -го критерия:

$$\hat{h}^{Cy} = \max(h_k^{Cy}), k = \overline{1, l},$$

где  $k$  – номер товара на рынке.

Определим минимальное значение  $\check{h}^{Cy}$   $y$ -го критерия:

$$\check{h}^{Cy} = \min(h_k^{Cy}), k = \overline{1, l}.$$

В случае максимизации критериев (чем больше показатель, тем лучше) нормализованные оценки

$$h_k^{Cy} = \frac{h_k^{Cy} - \check{h}^{Cy}}{\hat{h}^{Cy} - \check{h}^{Cy}}. \quad (3)$$

В случае минимизации критериев (чем меньше показатель, тем лучше) нормализованные оценки

$$h_k^{Cy} = \frac{\hat{h}^{Cy} - h_k^{Cy}}{\hat{h}^{Cy} - \check{h}^{Cy}}. \quad (4)$$

Важно отметить, что минимизация и максимизация могут применяться одновременно в рамках одной задачи, но к разным критериям. В силу дифференцированности товаров  $\hat{h}^{Cy} \neq \check{h}^{Cy}$  для всех критерии.

Однако не все количественные характеристики будут способствовать получению конкурентных преимуществ. Так, например, цена товара, являясь важнейшей характеристикой, при возрастании будет понижать его привлекательность для потребителя. Если увеличение ценовой характеристики товара позитивно сказывается на его потребительских свойствах, то используется выражение (3), в противном случае (например, как с ценой товара) – выражение (4).

В результате исходная популяция представляет собой матрицу  $H^C$ , состоящую из нормализованных значений характеристик товара.

*Этап 2. Оценка приспособленности хромосом.* Приспособленность характеризует общее «качество» хромосомы. Для расчёта значения функции приспособленности хромосомы предлагаем использовать среднегеометрическую или среднедарифметическую зависимость

$$P_k = \sqrt[w]{\prod_{y=1}^{w'} h_k^{C_y}} \text{ или } P_k = \frac{\sum_{y=1}^{w'} h_k^{C_y}}{w'}, \quad (5)$$

где  $h_k^{C_y}$  – нормализованное значение  $y$ -й характеристики  $k$ -й хромосомы.

Рассчитываемое значение  $P_k$  будет учитывать равнозначность всех  $h_k^{C_y}$ .

Среднегеометрическая зависимость обеспечивает большую точность, но может применяться только при выполнении условия  $\forall h_k^{C_y} \neq 0$ .

*Этап 3. Проверка условия остановки алгоритма.* Выбор условия останова генетического алгоритма зависит от условий решаемой задачи. В данном случае максимальное (или минимальное) значение функции приспособленности заранее неизвестно. Нельзя использовать условие отсутствия улучшения решения задачи, а также остановку по истечении определённого времени или числа итераций. С учётом специфики задачи и способа селекции в качестве варианта остановки предлагается рассматривать тот момент, когда в родительском пуле останется одна пара хромосом. При этом осуществляется переход к выбору наилучшей хромосомы. В том случае, если данное состояние недостижено, выполняется переход к этапу селекции.

*Этап 4. Селекция хромосом.* С позиции генетического алгоритма этап селекции является одним из наиболее важных. Происходит формирование пар хромосом для последующего скрещивания. Для достижения лучшего соответствия разрабатываемой модели процессам в биологической системе предлагается осуществлять формирование родительского пула на основе применения

метода рулетки [3]. Это не противоречит особенностям монополистического конкурентного взаимодействия, так как все участники рынка действуют независимо и могут, с учётом дифференцированности товаров, равновероятно оказывать влияние на других субъектов.

*Этап 5. Применение генетического оператора скрещивания.* С целью повышения точности предлагается использовать многоточечное скрещивание:

выполнить генерацию случайного числа точек разрыва  $J$  из диапазона  $[1, L-1]$ , где  $L$  – число ген в хромосоме;

выполнить  $J$  генераций точек скрещивания  $z_J$  (указанная процедура выполняется для каждой пары родительского пула);

выполняется скрещивание.

Для каждой хромосомы-потомка рассчитывается новое значение функции приспособленности (5).

*Этап 6. Формирование новой популяции.* Стадия формирования новой популяции является завершающим этапом итерации алгоритма. Для реализации запланированного способа останова алгоритма на данной стадии предлагается реализовать вариант естественного отбора по максимуму функции приспособленности:

$$H^C \setminus \{h_k^{C_y}\} | P = \min_k(P_k).$$

В результате популяция потомков сокращается на одну «самую худшую» хромосому и выполняется переход к проверке условия остановки алгоритма.

*Этап 7. Выбор «наилучшей» хромосомы.* При достижении условия остановки генетического алгоритма выбор «наилучшей» хромосомы предлагается осуществлять по максимальному значению её приспособленности:

$$H_{\text{опт}}^C = \{h_k^{C_y}\} | P_{\text{опт}} = \max_k(P_k).$$

Данная хромосома представляет собой вектор нормализованных характеристик товара, обеспечивающих конкурентные преимущества предприятию с учётом текущей ситуации на рынке монополистической конкуренции. Для перехода к абсолютным значениям могут использоваться обратные выражения (3) или (4), в результате чего получим

$$H_{\text{опт}}^C = \{h_k^{C_y}\}. \quad (6)$$

С экономической точки зрения выражение (6) представляет собой вектор значений параметров товара (цена, масса, размер и т. д.), обеспечивающих предприятию преимущества по сравнению с

конкурентами. Важно отметить, что благодаря предложеному механизму переноса «непарных» хромосом в новые популяции уменьшается риск потери ценных для алгоритма значений характеристик товара.

Другим видом характеристики товаров являются показатели, выраженные качественно. Применить для их обработки предложенный алгоритм нельзя. Для решения задачи получения качественных характеристик конкурентоспособного товара его необходимо дополнить.

Обозначим неценовые характеристики товара

$$H^{NC} = \{h_k^{NCy}\}, y = \overline{1, w''},$$

где  $w''$  – общее число характеристик товара, имеющих качественное выражение;  $h_k^{NCy}$  –  $y$ -я неценовая характеристика товара.

Неценовая конкуренция является для монополистического рынка унаследованным признаком от монополий. Под качественно определённой величиной следует понимать показатель привлекательности товара, выраженный одним или множеством лингвистических конструкций (слово или словосочетание) естественного или искусственно го языка, принятого в той или иной предметной области, например, «Марка компании – известна», «Удобство доставки товара – среднее» и т. д.

Благодаря информированности участников рынка можно из качественных характеристик сформировать матрицу

$$H^{NC} = \{\{h_1^{NCy}\}_{y=1}^{w''}, \dots, \{h_k^{NCy}\}_{y=1}^{w''}, \dots, \{h_l^{NCy}\}_{y=1}^{w''}\}, \quad (7)$$

где  $h_k^{NCy}$  – значение  $y$ -й качественной характеристики  $k$ -го товара на рынке  $R$ .

Значения  $h_k^{NCy}$  в формуле (7) определяются экспертыным путём на основе результатов изучения рынка и опроса его участников. По аналогии с количественными характеристиками будем полагать, что  $h_k^{NCy} = \text{«нет»}$ , если  $y$ -й параметр у  $k$ -го товара на рынке  $R$  отсутствует.

Применительно к выражению (7) необходимо определить такой вектор характеристик, который бы обеспечивал конкурентные преимущества предприятию.

Базовые принципы формализации качественных характеристик рассмотрены в работах, посвящённых теории нечётких множеств [4, 5] и теории принятия решений [6, 7]. Применение этих моделей позволяет перейти от набора лингвистических конструкций к числовому представлению характеристик. Этот переход обязателен, так как разные параметры могут иметь различ-

ный набор терминов, используемых для их описания. Переход к числовой форме позволяет унифицировать параметры.

В результате может быть получена матрица  $H^{NC}$ , которую следует рассматривать, как исходную популяцию хромосом. Последующее применение генетического алгоритма позволит по достижении условия остановки получить вектор оптимальных характеристик

$$H_{\text{опт}}^{NC} = \{h_k^{NCy}\} | P_{\text{опт}} = \max_k(P_k). \quad (8)$$

Однако в отличие от выражения (7) элементы вектора (8) будут представлены в числовой форме. Для полного завершения генетического алгоритма требуется выполнить обратное преобразование к лингвистическим конструкциям, например, на основе шкал [4].

В результате получим

$$H_{\text{опт}}^{NC} = \{h_k^{NCy}\}. \quad (9)$$

Независимое применение генетического алгоритма к ценовым и неценовым параметрам товаров рынка монополистической конкуренции позволит получить два вектора оптимальных характеристик (6) и (9). Результирующий вектор представляет их объединение

$$H_{\text{опт}} = \langle H_{\text{опт}}^C; H_{\text{опт}}^{NC} \rangle. \quad (10)$$

Важно отметить, что выражение (10) фактически является моделью идеального товара с позиции потребительских (ценовых  $C$  и неценовых  $NC$ ) характеристик. Эти характеристики получены с учётом конкурентного взаимодействия, но без учёта потребностей субъектов другого сегмента рынка. Любые отклонения от данного эталона будут приводить к потере конкурентоспособности.

Для описания состояния рыночного процесса в условиях монополистической конкуренции необходимо определить не только параметры наиболее конкурентоспособного товара с позиции его производителей, но и характеристики того товара, который является наиболее ожидаемым с позиции его потребителей, т. е. нужно сформировать

$$\langle H_{\text{опт}}^{PR}; H_{\text{опт}}^{PT} \rangle, \quad (11)$$

где  $H_{\text{опт}}^{PR}$  – множество оптимальных характеристик конкурентоспособного товара, производимого на

рынке;  $H_{\text{опт}}^{PT}$  – множество оптимальных характеристик наиболее ожидаемого потребителями товара.

Достоинством предложенных моделей является универсальность, т. е. они могут независимо использоваться для определения как  $H_{\text{опт}}^{PR}$ , так и  $H_{\text{опт}}^{PT}$ . При этом матрицы (2) и (7) формируются на основе информации о характеристиках производимых и наиболее желаемых потребителями товаров. Эти данные могут быть получены путём опроса участников рынка. Применение указанных моделей позволит определить оба параметра состояния рынка (11).

При формировании множеств хромосом (2) и (7) необходимо, чтобы исходное множество характеристик товара, выпускаемого производителями, и множество характеристик товара, ожидаемого потребителями, совпадали по составу.

Для определения параметров товара, соответствующего потребностям всех участников рыночного процесса, предлагается применить тот же генетический алгоритм к выражению (11).

В силу того что исходное множество хромосом представлено только одной парой, в качестве условия остановки алгоритма следует использовать

$$|P_1 - P_2| \leq \Delta,$$

где  $\Delta$  – допустимая погрешность работы алгоритма, определяемая экспертыным путём.

Величина допустимой погрешности определяется исходя из следующих соображений. При  $\Delta \rightarrow 0$  возможно «зависание» алгоритма из-за недостижимости такой точности. В условиях допустимости большой погрешности уменьшается степень «смешивания» значений реальных и желаемых параметров товара.

В результате получим

$$\left\langle H_{\text{опт}}^{PR}; H_{\text{опт}}^{PT} \right\rangle \rightarrow H_{\text{опт}}^R.$$

Полученный вектор  $H_{\text{опт}}^R$  будет описывать состояние рынка в целом. Компоненты вектора будут учитывать не только условия монополистической конкуренции внутри производственного или потребительского сегмента рынка, но и потребности всех участников рыночного процесса в целом.

**Заключение.** Таким образом, рынок  $R$  (1) предлагается рассматривать как совокупность непересекающихся множеств потребителей  $\{pt_i\}$  и производителей  $\{pr_j\}$  товаров, взаимодействующих с учётом регулирующей функции государства  $G$ , с заданным на этой совокупности множеством уникальных производимых (потребляемых) товаров  $\{t_k\}$  с определёнными ценовыми и неценовыми характеристиками  $\{h_k^y\}$ .

Товары рынка при монополистической конкуренции характеризуются множествами ценовых и неценовых показателей. Для определения параметров конкурентоспособного товара предложено независимо применить генетический алгоритм ко множествам этих показателей сначала в производственном, а потом в потребительском сегменте рынка. Для нахождения оптимальных характеристик товара рынка в целом алгоритм применяется к характеристикам двух сегментов рынка.

Важным преимуществом предложенного подхода является последовательное применение одного и того же генетического алгоритма на разных стадиях решения задачи.

#### Библиографические ссылки

1. **Варпаховский Ф.Л., Соловьев А.С.** Алгебра. Элементы теории множеств. Линейные уравнения и неравенства. Матрицы и определители. М.: Просвещение, 1981. 168 с.
2. **Лавров И.А., Максимова Л.Л.** Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. М.: Наука, 2006. 256 с.
3. **Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 452 с.
4. **Кофман А., Хил Алуха Х.** Введение теории нечётких множеств в управлении предприятиями: Пер. с исп. Мин.: Высшая школа, 1992. 224 с.
5. **Заде Л.А.** Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. В кн.: Математика сегодня. М.: Знание, 1974. С. 5–49
6. **Айзерман М.А., Малишевский А.В.** Некоторые аспекты общей теории выбора лучших вариантов. Автоматика и телемеханика, 1982. С. 65–83.
7. **Беляев Л.С.** Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. Новосибирск: Наука, 1978. 128 с.



## ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

УДК 621.002.51

### По страницам журналов

#### **Моделирование процесса испарения жидкости с поверхности аварийного пролива. Безопасность жизнедеятельности.** 2009. № 6.

Рассмотрена математическая модель испарения жидкости с поверхности аварийного пролива. Проведено исследование влияния обвалования на процесс испарения жидкости на примере метанола и гексана.

#### **Моделирование рабочего процесса карьерных экскаваторов. Горное оборудование и электромеханика.** 2009. № 6.

Рассмотрен вопрос повышения эффективности работы карьерных экскаваторов. Разработана модель для проведения исследований рабочего процесса карьерных экскаваторов, предложена упрощённая модель для системы управления. Выполнен анализ влияния траекторий движения ковша на усилия напора и подъёма, построен график требуемой скорости напорного механизма. Рассмотрены два варианта траекторийкопания: по окружности и по прямой.

#### **Миниатюрный датчик давления для мониторинга и диагностики ракетно-космической техники в условиях механических и тепловых воздействий. Нано- и микросистемная техника.** 2009. № 6.

Построены связанные математические модели нестационарных тепловых процессов, термоупругого напряжённо-деформированного состояния и прочности миниатюрного датчика давления, применяемого для мониторинга и диагностики состояния ракетно-космической техники и функционирующего в условиях механических и тепловых ударов. Решены задачи расчёта и анализа нестационарных температурных полей датчика и его термоупругого напряжённо-деформированного состояния. Получены оценки прочности датчика при механических и тепловых воздействиях. Проведены компьютерные эксперименты, подтверждающие адекватность и работоспособность математического, алгоритмического и программного обеспечения, получены количественные оценки и выработаны рекомендации по обеспечению эффективного функционирования миниатюрного датчика давления.

#### **Проблемы группового управления роботами. Мехатроника, автоматизация, управление.** 2009. № 6.

Рассмотрены проблемы группового управления роботами в различных условиях, в том числе при

функционировании групп роботов в условиях динамически изменяющихся, недетерминированных ситуаций. Данна формальная постановка задачи группового управления роботами. Для решения данной задачи предложен метод коллективного управления, суть которого заключается в том, что каждый робот группы самостоятельно определяет свои очередные действия, направленные на достижение коллективной цели наилучшим в текущей ситуации образом. В основу предлагаемого подхода положены принципы коллективного взаимодействия, используемые коллективами людей, выполняющих общую работу без руководителя или командира.

#### **Автоматизированная система для моделирования газовых потоков методом ленточных адаптивных сеток. Информационные технологии.** 2009. № 6.

Предложен метод построения автоматизированной системы для моделирования течений многомерных нестационарных газовых потоков в областях сложной формы. Метод основан на использовании адаптивных регулярных сеток. В качестве примера представлены результаты моделирования газовых потоков в каналах воздухозаборников сверхзвуковых летательных аппаратов.

#### **Оптимизация расписаний параллельно-последовательных систем в календарном планировании. Информационные технологии.** 2009. № 6.

Предложены модели и алгоритм синтеза оптимальных расписаний параллельно-последовательных обслуживающих систем. Представленные модели синтеза расписаний принадлежат к классу линейных задач оптимизации с булевыми переменными либо редуцируются в него, ориентированы на практическое применение в календарном планировании и оперативном регулировании производственных процессов с дискретным характером.

#### **Применение вихревых кавитационных генераторов волн для очистки призабойных зон скважин. Инженерный журнал «Справочник».** 2009. № 6.

Экспериментально доказана эффективность волнового воздействия на пористые среды, насыщенные жидкостью. Описан эффект создания односторонних движений жидкости и включений в пористой среде с помощью волнового воздействия. В прикладном к нефтедобыче аспекте это означает, что волновая обработка эффективно очищает призабойную зону пласта от

загрязнений и восстанавливает проницаемость породы, оказывает влияние на значительные участки пласта, позволяет улучшить характеристики не только обрабатываемой скважины, но и соседних с ней скважин.

Приведены результаты расчётов трёхмерных осесимметричных турбулентных закрученных потоков с кавитацией в осесимметричных каналах с различной геометрией. Такие расчёты могут использоваться для оптимизации вихревых кавитационных генераторов волн, используемых для волновых обработок.

**Оптимизация конструктивных параметров автомобиля с использованием компьютерного моделирования.** Грузовик, строительно-дорожные машины, автобус, троллейбус, трамвай. 2009. № 6.

Самыми перспективными направлениями решения практических задач проектирования и доводки автомобильной техники оказались интенсивно развивающиеся вместе с ростом технических характеристик вычислительной техники методы математического моделирования процесса движения АТС при различных нагрузках и климатических условиях.

Рассказано о возможностях одной из таких программ и приведено сравнение результатов расчётов в данной программе с результатами дорожных испытаний.

**Семейство многопроцессорных вычислительных систем с динамически перестраиваемой архитектурой.** Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. № 6.

Приведены принципы построения и описание семейства многопроцессорных вычислительных систем с динамически перестраиваемой архитектурой на основе реконфигурируемой элементной базы производительностью до 6 Тфлопс, создаваемых в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработка по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы». В качестве основного вычислительного элемента в них использованы не универсальные микропроцессоры, а программируемые логические интегральные схемы сверхбольшой интеграции. Все представители семейства предназначены для решения вычислительно трудоёмких задач в различных предметных областях и обеспечивают реальную производительность не ниже 50 % от пиковой.

**Моделирование процессов внешнего трения в поступательных кинематических парах.** Трение и смазка в машинах и механизмах. 2009. № 6.

На основании анализа моделей трибологических систем и физических моделей пар трения разработан метод механического моделирования процессов внешнего трения в поступательных кинематических парах при различных способах передачи механической энергии от ведущего тела

к ведомому. При разработке механических моделей использован метод инверсии, который позволил заменить действие диссипативных сил в паре трения потенциальными силами в механической модели пары трения. Анализ механических моделей позволяет оценить расход мощности внешнего (-их) источника(-ов) механической энергии на контактных поверхностях тел пары трения в процессе её диссипации.

**Пассивно-активное относительное ориентирование в условиях автоматической сборки.** Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 6.

Представлено автоматическое оборудование для сборки цилиндрических соединений деталей с зазором, включающее устройства для пассивно-активного относительного ориентирования. Установлена зависимость для определения максимально допустимой контактной силы, действующей по направлению оси сборки, которую можно использовать для управления процессом. Проведены эксперименты, показывающие силовое взаимодействие деталей в процессе сборки.

**Автоматизация расчёта износа шатунной шейки коленчатого вала четырёхтактного рядного двигателя.** Вестник машиностроения. 2009. № 6.

Представлена методика автоматизированного расчёта износа шатунной шейки коленчатого вала с использованием программного обеспечения Mathcad. Особенностью методики является то, что расчётные зависимости записываются в рабочем поле Mathcad в виде операторов, близких к общепринятым математическим выражениям и являющихся в то же время вычислительной программой. На любом этапе проектирования можно изменить параметры, получить новые результаты, проанализировать их и выбрать оптимальное решение.

**Развитие автоматизированных средств электромагнитной дефектоскопии для поточного контроля массовой металлопродукции.** Контроль. Диагностика. 2009. № 6.

Рассмотрены вопросы развития автоматизированных вихревых дефектоскопов для контроля труб, проката и проволоки в условиях их производства. Приведены характеристики этой техники: область применения, основные достоинства и недостатки дефектоскопов. Изложены развитые в последние годы методы, направленные на устранение недостатков этих приборов: два метода повышения соотношения сигнал/шум с использованием металлических экранов специальной формы и дополнительного шумоподавляющего канала, метод повышения чувствительности к продольным дефектам с плавными заходными зонами, метод подавления импульсных помех с близким к информативным сигналам спектром. Приведены технические характеристики промышленного дефектоскопа ВД-41П, в котором описанные методы реализованы.