

ВЕСТНИК

**Магнитогорского государственного
технического университета им. Г. И. Носова**

**VIII Всероссийская школа-конференция молодых ученых
УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ**

2.2011

ВЕСТНИК

Магнитогорского государственного
технического университета им. Г. И. Носова

№ 2 (34) май 2011 г.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, а также в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ. Электронные версии журнала размещаются на сетевом ресурсе Научной Электронной Библиотеки в сети Интернет.

Издается с марта 2003 года

Редакционный совет:

Председатель редсовета:

В.М. Колокольцев – ректор ГОУ ВПО «МГТУ», проф.,
д-р техн. наук.

Члены редсовета:

А.В. Дуб – ген. директор ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»,
д-р техн. наук;
Д.Р. Каплунов – член-кор. РАН, проф. ИПКОН РАН,
д-р техн. наук;
В.Ф. Рашинов – Президент ООО "Управляющая ком-
пания ММК", проф., д-р техн. наук;
В.М. Счастливцев – зав. лабораторией ИФМ УрО РАН;
академик РАН, д-р техн. наук;
А.Б. Сычков – зам. директора по технической политике
Восточно-Европейского металлургического дивизиона
ОАО «МЕЧЕЛ» (Румыния), д-р техн. наук;
Ken-ichi Mori – Professor Department of Production
Systems Engineering, Toyohashi University of Technolo-
gy, Japan;
Maciej Pietrzyk – Professor Akademia Gorniczo-Hutnicza,
Krakow, Poland.

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

Г.С. Гун – проф., д-р техн. наук.

Заместитель:

М.В. Чукин – проф., д-р техн. наук
(отв. редактор).

Члены редколлегии:

Л.И. Антропова – проф., д-р фил. наук;
В.А. Бигеев – проф., д-р техн. наук;
К.Н. Вдовин – проф., д-р техн. наук;
С.Е. Гавришев – проф., д-р техн. наук;
В.Н. Калмыков – проф., д-р техн. наук;
С.Н. Павлов – канд. пед. наук;
М.Б. Пермяков – доц., канд. техн. наук;
А.М. Песин – проф., д-р техн. наук;
В.М. Салганик – проф., д-р техн. наук;
А.С. Сарваров – проф., д-р техн. наук.

Ответственные редакторы по научным направлениям экспертных советов ВАК РФ:

М.А. Полякова – доц., канд. техн. наук;
М.В. Шубина – доц., канд. техн. наук.

© ГОУ ВПО «МГТУ», 2011

На журнал можно подписаться в отделениях связи либо приобрести непосредственно в редакции.
Подписной индекс издания 48603 в объединенном каталоге «Пресса России», том 1.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС11-1157 от 18 апреля 2007 г.

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Тел.: (3519) 29-85-17
Факс (3519) 23-57-60
E-mail: vestnik@magtu.ru

Журнал подготовлен к печати Издательским центром
МГТУ им. Г.И.Носова.
Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ.
Подписано к печати 20.05.2011
Заказ 400. Тираж 500 экз. Цена свободная.



VESTNIK

**Magnitogorsk State Technical
University named after G. I. Nosov**

№ 2 (34) May 2011

The journal is included in the Abstract Journal and the database of All-Russian Institution of Scientific and Technical information, and also in the List of the leading reviewed scientific journals and publications. On recommendation of advisory committee in the development of mineral resource deposits and metallurgy, the scientific results of candidates for Ph.D. theses are to be published in the above-mentioned journals. Internet versions of the journal can be found on the Scientific Electronic Library site in the Internet.

PUBLISHED SINCE MARCH, 2003

Editorial committee

Chairman of editorial committee:

V. M. Kolokoltsev – rector of State Educational Institution of Higher Professional Education “Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov”, D. Sc

Members of the editorial committee:

A. V. Dub – general director of JSC Research and Production Association of Central Scientific Research Institution of Technical Mechanic Engineering, D.Sc.

D. R. Kaplunov – corresponding member of Russian Academy of Science, D.Sc.

V. Ph. Rashnikov – President of LTd “Magnitogorsk Steel and Iron Works managing company”, Prof., D. Sc.

V. M. Schastlivtsev – chief of laboratory in Russian Academy of Science, academician of Russian Academy of Science, D. Sc.

A. B. Sychkov – deputy director in technical politics of Eastern European metallurgical division JSC “MECHEL” (Romania), D. Sc.

Ken-ichiro Mori – Professor Department of Production Systems Engineering, Toyohashi University of Technology, Japan.

Maciej Pietrzyk – Professor Akademia Gorniczo-Hutnicza, Krakow, Poland.

Editorial staff

Editor-in-chief:

G. S. Gun – Prof., D. Sc.

Deputy chief editor:

M. V. Chukin – Prof., D.Sc.

Members of the editorial staff:

L.I. Antropova – Prof., D.Sc.

V. A. Bigeev – Prof., D.Sc.

K. N. Vdovin – Prof., D.Sc.

S. E. Gavrishev – Prof., D.Sc.

V. N. Kalmykov – Prof., D.Sc.

S.N. Pavlov – Ph.D.

M.B. Permyakov – Assoc. Prof., Ph.D.

A.M. Pesin – Prof., D.Sc.

V. M. Salganik – Prof., D.Sc.

A.S. Sarvarov – Prof., D.Sc.

Executive editors in scientific fields of advisory committee of Higher Certifying Commission in the Russian Federation:

M. A. Polyakova – Assoc. Prof., Ph.D.

M. V. Shubina – Assoc. Prof., Ph.D.

© State Educational Institution of Higher Professional Education
“Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov”, 2011

One can subscribe for the journal in the general publication catalogue of scientific-technical information, the subscription index of the journal 73849, or get the journal right in the editorial office.

Registration certificate ПИ № ФС11-1157 April 18, 2007 г.

Editorship address:

455000, city Magnitogorsk, Lenin Str. 38

Phone number: (3519)29-85-17

Fax: (3519)23-57-60

Email: vestnik@magtu.ru

Published by publishing center of MSTU named after G. I. Nosov.

Signed for press 20.05.2011.

Order 400. Circulation – 500 items. Free price.



СОДЕРЖАНИЕ

Разработка полезных ископаемых.....	5	Кинзин Д.И., Рычков С.С. Использование программного комплекса DEFORM-3D при моделировании процессов сортовой прокатки.....	45
✓ Рябчиков М.Ю., Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Логунова О.С., Рябчикова Е.С., Головкин Н.А., Полько П.Г. Достижение максимальной производительности оптимизируемого процесса измельчения руды при использовании принципов нечеткого экстремального управления.....	5	Транспорт.....	49
Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.....	10	Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А., Цыганов А.В., Пыталева О.А. Методика разработки маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта (на примере города Магнитогорска).....	49
Мельников И.Т., Суров А.И., Кутлубаев И.М., Мельников И.И., Манушин А.А. Опыт эксплуатации хвостового хозяйства горно-обогатительного производства ОАО «ММК».....	10	Энергетика и теплоэнергетика металлургической отрасли.....	59
Литейное производство.....	16	Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Моделирование показателей энергоэффективности вариантов электроприводов промышленных установок на основе применения традиционных компенсированных асинхронных двигателей.....	59
✓ Колокольцев В.М., Сеницкий Е.В., Волков С.Ю. Аналитические и инженерные критерии оценки абразивной износостойкости отливок как показатель их качества.....	16	Шабуров А.Д., Мирзаев Д.А., Смолко В.А. Теплообмен при охлаждении поковок в термосе.....	65
Колокольцев В.М., Гольцов А.С., Сеницкий Е.В. Влияние первичной литой структуры жароизносостойких железоуглеродистых сплавов на их коррозионную стойкость.....	18	Планирование, экономика, управление и рынок продукции.....	68
Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Ворошилов Д.С., Первухин М.В., Трифонов Л.П., Лопатина Е.С., Баранов В.Н., Галиев Р.И. Исследование структуры металла и оценка свойств опытных образцов из сплава системы Al–PZM, полученных совмещенными методами литья и обработки давлением.....	23	Иванов Е.Б. Экспертная система по управлению доменным процессом*.....	68
Стандартизация, сертификация и управление качеством.....	29	Карлик А.Е., Кобельков Г.В., Колокольцева Е.В. Оценка бизнеса и инвестиционная привлекательность предприятия.....	71
✓ Рубин Г.Ш. Функционально-целевой анализ качества изделий.....	29	✓ Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А., Чикишев Д.Н., Шмаков В.И. Новые подходы к производственному планированию.....	75
✓ Михайловский И.А. Практический опыт гармонизации требований к качеству металлопроката при производстве автокомпонентов для ведущих мировых автопроизводителей.....	30	✓ Асина А.Я., Баркалов С.А., Нильга О.С. Методика определения последовательности реализации технологически связанных работ проекта, дающей наибольший доход.....	76
✓ Елисеев А.С., Федосеев С.А., Гитман М.Б. К вопросу об устойчивости системы контроля качества на предприятии.....	34	✓ Сеньковская И.С., Сараев П.В. Автоматическая кластеризация в анализе данных на основе саморганизуемых карт кохонена.....	78
✓ Осипов Д.С. Система менеджмента качества как большая система.....	37	Экология металлургической отрасли.....	80
Автоматизация технологических процессов.....	39	Черчинцев В.Д., Валеев В.Х., Сомова Ю.В. Исследование замасленных шламов донных отложений металлургического производства.....	80
Довженко Н.Н., Сидельников С.Б., Пещанский А.С., Беляев С.В., Широков П.О., Лапаев И.И., Барков Н.А., Киселев А.Л. Автоматизация технологического процесса прессования профилей из сплавов алюминия и ее применение в производственных условиях.....	39	Филология.....	84
✓ Зверева М.С. Вопросы автоматизации процесса оптимального выбора с учетом риска.....	42	Рудакова С.В. Динамика изменений сознания лирического героя книги «Сумерки» Е.А. Боратынского.....	84
		Рефераты.....	87
		Reports.....	91
		Сведения об авторах.....	94
		The information about the authors.....	97

Редакция предлагает читателям, научной общественности ряд статей, присланных на VIII Всероссийскую школу-конференцию молодых ученых «Управление большими системами», а также относящиеся по тематике к основным научным направлениям, заявленным на школу-конференцию.

Для удобства пользования статьи размещены по традиционным рубрикам журнала и отмечены символом ✓.

CONTENT

Mining	5	Zvereva M.S. Some Issues of automation process of optimal choice making taking risk into account	42
<i>Ryabchikov M.Y., Parsunkin B.N., Andreev S.M., Logunova O.S., Ryabchikova E.S., Golovko N.A., Polyko P.G.</i> Milling process productivity maximization system based on principles of fuzzy logic and extremely control.....	5	Kinzin D.I., Rychkov S.S. Shape Rolling processes modelling using DEFORM-3D software environment	45
Processing and Utilization Technologies of Formations and Wastes	10	Transport	49
<i>Melnikov I.T., Surov A.I., Kutlubaev I.M., Melnikov I.I., Mannushin A.A.</i> Operating experience of a tailings storage of the mining – treatment plant of Open Joint Stock Company «Magnitogorsk Iron and Steel Works».....	10	<i>Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Osintsev A.V., Tsyganov A.V., Pytaleva O.A.</i> Urban civil transporting communication map working-out method (in term of Magnitogorsk City).....	49
Foundry Engineering	16	Power Supply and Heat Power of Metallurgy	59
<i>Kolokolov V.M., Sinitsky E.V., Volkov S.U.</i> Analytical and engineering criteria of abrasive wear resistance estimation of castings as their quality grade indicator.....	16	<i>Mugalimov R.G., Mugalimova A.R.</i> Modeling of energy efficiency indicators for variants of electric drives of industrial installations on the basis of traditional induction motor and compensated induction motor application.....	59
<i>Kolokolov V. M., Goltsov A. S., Sinitsky E.V.</i> Influence of the primary cast structure of heat-wear-resistant iron alloys on their corrosion resistance	18	<i>Shaburov A.D., Mirzayev D.A., Smolko V.A.</i> Heat exchange when cooling the forgings in a thermos.....	65
<i>Sidelnikov S.B., Dovzhenko N.N., Voroshilov D.S., Pervuhin M.V., Triphonov L.P., Lopatina E.S., Baranov V.N., Galiev R.I.</i> Research of the structure of metal and estimation of properties of test samples of the alloy system Al-REM (rare earth metals) obtained by combined methods of molding and forming.....	23	Planning, Economics, Management and Production Market	68
Standardization, Certification and Quality Management ..	29	<i>Ivanov E.B.</i> Expert system of the blast furnace process control.....	68
<i>Rubin G. Sh.</i> Functional-purposeful analysis of products quality.....	29	<i>Karlik A.E., Kobelkov G.V., Kolokolceva E.V.</i> Valuation of businesses and investment attractiveness of an enterprise	71
<i>Mikhailovsky I.A.</i> Practical experience of harmonization of quality metal-roll requirements in the process of spare parts production for world leading car manufacturers	30	<i>Pesin A.M., Salganik V.M., Bereznaya G.A., Chikishev D.N., Shmakov V.I.</i> Production Planning Development.....	75
<i>Eliseev A.S., Fedoseev S.A., Gitman M.B.</i> Some issues of stability of the quality control system at an enterprise	34	<i>Asnina A. Ya., Barkalov S.A., Nilga O.S.</i> Methods of sequence determination of carrying out technologically related project work giving the highest profit.....	76
<i>Osipov D.S.</i> The Quality Management System as a Large System.....	37	<i>Senkovskaya I.S., Saraev P.V.</i> Automatic clustering analysis of data based on Kohonen self-organizing maps....	78
Automation of Technological Processes	39	Ecology of Metal Industry	80
<i>Dovzhenko N.N., Sidelnikov S.B., Peschansky A.S., Belyaev S.V., Shirokov P.O., Lapaev I.I., Barkov N.A., Kisilev A.L.</i> Automation of the process of aluminum alloyed profiles extrusion and its application in production conditions.....	39	<i>Chertintsev V.D., Valeev V.Kh., Somova U.V.</i> Investigation of sludge greasy sediments of metal production.....	80
		Philology	84
		<i>Rudakova S.V.</i> Dynamics of consciousness change of the lyrical hero of «Twilight» of E.A. Boratynsky.....	84
		Рефераты	87
		Reports	91
		Сведения об авторах	94
		The information about the authors	97

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 52.45.15, 50.03.03

Рябчиков М.Ю., Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Логунова О.С., Рябчикова Е.С., Головкин Н.А., Полько П.Г.

ДОСТИЖЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОПТИМИЗИРУЕМОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИНЦИПОВ НЕЧЕТКОГО ЭКСТРЕМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ*

В промышленном производстве существуют технологические процессы, у которых статические характеристики, определяющие зависимости выходных параметров от входных управляющих воздействий имеют экстремальный унимодальный вид. Это является достаточным основанием для оптимизации управления такими процессами. В общем случае цель оптимизации управления может быть только одна из двух:

- достижение максимально возможной производительности процесса при безусловном выполнении всех качественных показателей выходного продукта;
- достижение минимальной себестоимости выходного продукта оптимизируемого процесса при безоговорочном выполнении задания по объему выходного продукта и соблюдении качественных показателей.

Статическая характеристика измельчительного агрегата барабанного типа (шаровой мельницы), работающего в замкнутом цикле, представлена на рис. 1.

В производственных условиях максимальная производительность агрегатов измельчения, работающих в замкнутом цикле, в зависимости от процентного содержания в исходном продукте руд различных месторождений изменяется от 70 до 110 т/ч. При значительном увеличении питания $G_{\text{пит}}(\tau)$ часть недоизмельченного материала в виде возврата (песков) из циклонов поступает на вход агрегата. Это приводит к быстрому «заваливанию» агрегата и резкому снижению производительности $G_{\text{вых}}(\tau)$ (см. рис. 1). Следовательно, целью синтезируемой системы автоматической оптимизации управления (САОУ) технологическим процессом измельчения является определение и поддержание максимально возможной текущей производительности $G_{\text{вых}}^{\text{max}}$ агрегата.

На технологический процесс мокрого измельчения материалов действует множество технологиче-

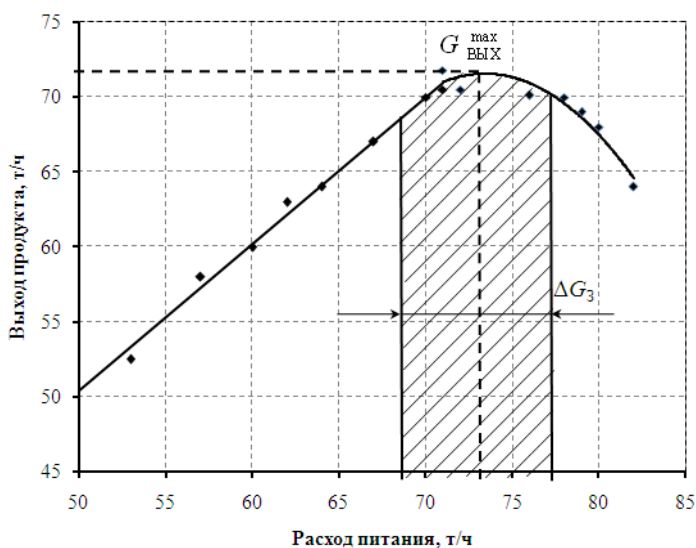


Рис. 1. Статическая характеристика шаровой мельницы Сибайского филиала ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (ГОК) при измельчении медно-цинковой руды одного месторождения:

ΔG_3 – зона работы оптимизирующего регулятора, т/ч; $G_{\text{вых}}^{\text{max}}$ – максимальное значение производительности, т/ч

ских факторов и случайных возмущений, учесть которые при разработке количественной математической модели процесса практически не удастся. Поэтому при синтезе САОУ процессом измельчения использованы два принципа: принцип функционирования поисковых систем экстремального регулирования и принцип систем нечеткой логики и нечетких выводов. Особенностью поисковых систем экстремального регулирования является их способность функционировать в отсутствии априорной информации об объекте управления и отсутствии количественной математической модели оптимизируемого процесса. Такие системы относятся к простейшему классу адаптивных систем. Экстремальное регулирование осуществляется в условиях неопределенности поведения объекта управления. Поэтому при экстремальном регулировании изучается реакция объекта управления на текущее управляющее воздействие и на последующий

* Работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009–2013 гг. по государственному контракту П2402 от 18.11.2009 и 14.740.11.0498 от 01.10.2010.

период выбирается такое управляющее воздействие, которое изменяет целевую функцию в нужном направлении для достижения $G_{\text{вых}}^{\text{max}}$.

В последние годы все более широкое распространение получили системы нечеткого управления, основанные на принципах нечетких множеств и нечетких логических выводов. Нечеткие системы управления также обладают способностью обеспечивать приемлемое по качеству управление в условиях неопределенности и отсутствии точной количественной модели управляемого процесса. В отличие от искусственных нейронных сетей, представляющих собой концепцию «черного ящика», когда об управляемом процессе известны только экспериментальные количественные данные в виде значений пар «вход–выход», в системах нечетких выводов с успехом могут использоваться и эвристические (качественные знания о процессе) знания экспертов-технологов, т.е. реализуется концепция «белого ящика». Благодаря использованию лингвистических представлений входных управляющих и выходных оптимизируемых параметров процесса они более доступны для понимания технологическому персоналу, поскольку используют опыт работы этого персонала по управлению процессом в динамике. Структурная схема САОУ процессом измельчения, синтезированной на принципах нечеткой логики и экстремального регулирования, представлена на рис. 2.

Объект управления (ОУ) аппроксимирован последовательным соединением трех звеньев: статическим звеном с характеристикой $Y=f(X_{\text{вых}})$, где Y – величина выхода $G_{\text{вых}}$ в установившемся режиме, и двух инерци-

онных звеньев первого порядка с постоянными времени $T_{\text{об}}$ и τ_z , характеризующими соответственно динамические свойства инерционности и запаздывания оптимизируемого процесса измельчения. Учитывая значительные величины инерционности ($T_{\text{об}} = 4-6$ мин) и запаздывания ($\tau_z = 1,0-1,5$ мин) при оптимизации управления процессом следует использовать дискретный принцип работы САОУ с периодом цикла $t_b \geq 6$ мин. На выходной параметр оказывают влияние различные возмущающие воздействия f . Поэтому целесообразно для уменьшения влияния этих помех использовать фильтр в виде инерционного звена первого порядка с постоянной времени $T_{\text{ф}}$. Статическая характеристика ОУ (см. рис. 1) имеет экстремальный вид. Причем в реальных условиях положение характеристики в пространстве координат « $G_{\text{пит}}(\tau) - G_{\text{вых}}(\tau)$ » и значение $G_{\text{вых}}^{\text{max}}(\tau)$ являются неизвестными. Определение значения $G_{\text{пит}}(\tau)$, при котором достигается величина $G_{\text{вых}}^{\text{max}}(\tau)$, является целью разрабатываемой системы.

Для рассматриваемого ОУ величина $\pm \Delta Y' / \Delta X$ будет иметь максимальное значение при величинах управляющего входного параметра $x = G_{\text{пит}}(\tau)$, значительно отличающихся от $x_{\text{опт}}$, при котором достигается величина $Y_{\text{max}} = G_{\text{вых}}^{\text{max}}(\tau)$. По мере движения САОУ к экстремуму величина $\Delta Y' / \Delta X$ уменьшается до нуля, а затем после прохождения экстремума будет снова увеличиваться с противоположным знаком по абсолютной величине. Здесь $\Delta Y'$ – величина приращения выходного параметра $\Delta G_{\text{вых}}$ с учетом действий неконтролируемых

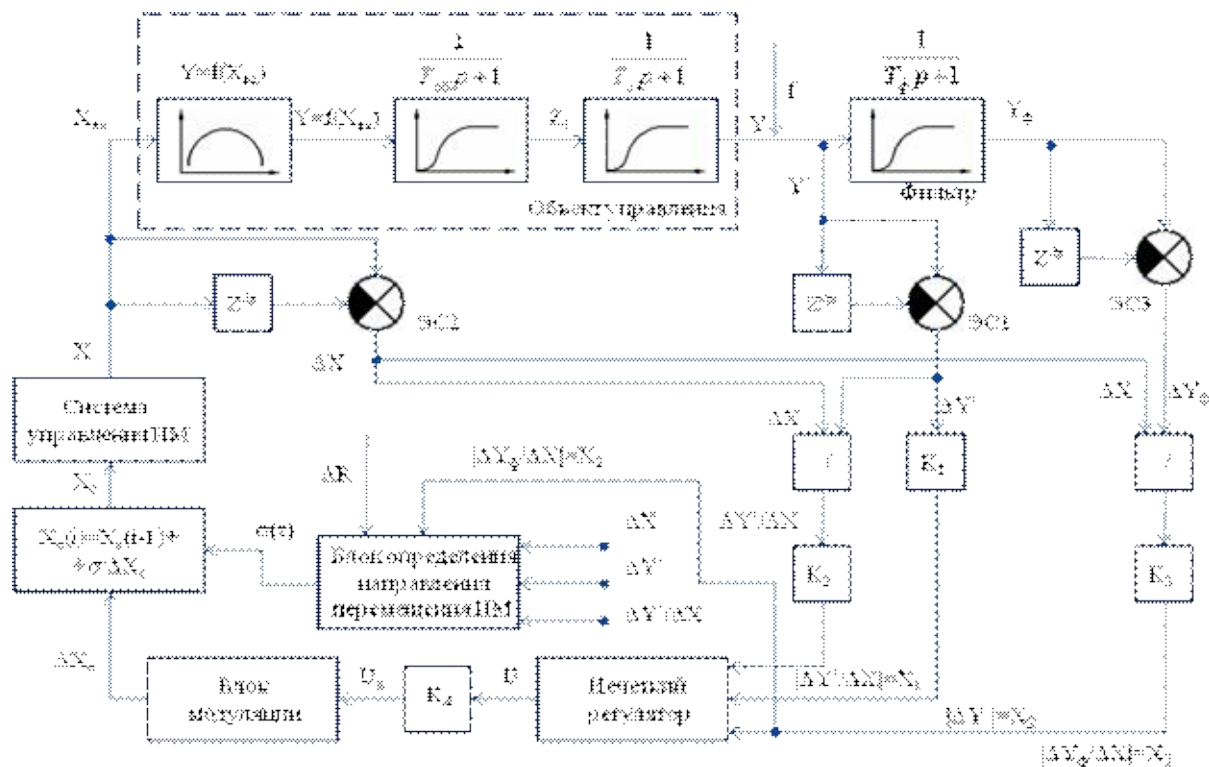


Рис. 2. Структурная схема САОУ процессом управления измельчения дискретного типа, синтезированная на принципах нечеткой логики и экстремального регулирования

технологических возмущений и случайных помех. Это означает, что входное управляющее воздействие на объект управления целесообразно формировать с учетом величины $|\Delta Y'/\Delta X|$. Если эта величина будет большой, значит выходной параметр находится далеко от экстремального значения и нужно подавать максимальное управляющее воздействие (расход питания агрегата измельчения. Если же $|\Delta Y'/\Delta X|$ будет малой величиной, сравнимой с нулем, то это свидетельствует о приближении выходного параметра к искомому экстремальному значению и нужно осторожно изменять величину входного воздействия.

Однако в отдельных состояниях процесса, не только в окрестности экстремума, величина $|\Delta Y'/\Delta X|$ может оказаться относительно малой. Это приведет к существенному влиянию на поисковый процесс различных помех. Поэтому для уменьшения негативного влияния помех целесообразно использовать фильтр. В то же время постоянное использование фильтра замедляет процесс оптимизирующего поиска и делает систему в целом более инерционной. Следовательно, целесообразно отказаться от использования фильтра при значительных величинах $|\Delta Y'/\Delta X|$, ускоряя тем самым поисковый процесс, а при малом значении $|\Delta Y'/\Delta X|$, величина которого директивно нормируется, управление целесообразно вести по анализу (см. рис. 2) отфильтрованной величины $|\Delta Y_\phi/\Delta X|$. Это означает, что для управления таким процессом необходимо составить логическую модель поведения САОУ в зависимости от текущего состояния процесса, характеризующегося величинами $|\Delta Y'/\Delta X|$ и $|\Delta Y_\phi/\Delta X|$. Это целесообразно сделать, используя принцип нечеткой логики. Система управления, основанная на принципе нечеткой логики, обладает явными достоинствами перед традиционными способами автоматизированного управления за счет замены, как правило, упрощенной количественной модели управляемого технологического процесса многосторонней качественной лингвистической логической моделью, составленной из определенных логических правил, задаваемых в форме «Если ..., тогда ...». При этом управляющая программа будет функционировать в диапазоне различных степеней истинности от 0,0 до 1,0 включительно вместо двоичных традиционных систем, отражающих только ложные и истинные события [1].

Для полученной величины $\Delta Y'$ выходной сигнал с ОУ поступает на элемент сравнения ЭС1 и одновременно на блок задержки сигнала на время $t_{\Delta}(Z^{-1})$. Тогда на выходе ЭС1 будет сформирован сигнал $\Delta Y' = Y'(t_{\Delta}) - Y'(t_{\Delta} - 1)$, где i – номер цикла итерации управления. Полученный сигнал $\Delta Y'$ нормируется и берется по модулю в блоке K_1 . Аналогично рассчитывается сигнал ΔX (величина X контролируется датчиком хода ИМ в системе управления ИМ). Для

получения величины $|\Delta Y'/\Delta X|$ сигналы $\Delta Y'$ и ΔX подаются на блок деления, после которого полученный сигнал $|\Delta Y'/\Delta X|$ нормируется и берется по модулю в блоке масштабирования K_2 . Аналогично рассчитывается и нормируется в блоке K_3 сигнал $|\Delta Y_\phi/\Delta X|$. Входные нормированные сигналы $|\Delta Y'|$, $|\Delta Y'/\Delta X|$ и $|\Delta Y_\phi/\Delta X|$ поступают на вход нечеткого регулятора, с выхода которого управляющий сигнал U подается на блок K_4 , где осуществляется его нормирование. В результате формируется значение управляющего входного воздействия в виде значения угла поворота ИМ, определяющего величину ΔX , на последующем шаге (итерации) управления.

Следует ограничить минимально допустимое перемещение ИМ за отдельный цикл $\Delta X_{\min}$ в связи с действием на процесс различных возмущений и ограничений возможностей исполнительных устройств. Одновременно это может привести к тому, что поисковый процесс, реализуемый САОУ, не достигнув экстремума, может остановиться в его окрестности. Для устранения этого нежелательного явления при малых величинах U_n производится интегрирование этой величины за несколько циклов. Как только интеграл становится больше заданного минимального $X_{\min}$ перемещения ИМ, это перемещение осуществляется на величину интеграла, затем этот интеграл обнуляется. Пусть и за большое время выходная величина постепенно достигает оптимального значения $G_{\text{вых}}^{\max}(\tau)$ с уменьшением размаха производимых в районе экстремума периодических колебаний, характерных для используемых ранее систем экстремального регулирования [2]. Указанные процедуры реализуются в блоке модуляции перемещения ИМ, структурно-функциональная схема которого представлена на рис. 3.

Работа блока, приведенного на рис. 3, происходит следующим образом. Если на очередном цикле, когда подходит момент перемещения ИМ (на входе нечеткого регулятора сформировывается сигнал U_n), оказывается, что требуемое перемещение меньше минимального $\Delta X_{\min}$, то перемещения не происходит (приращение перемещения ИМ $\Delta X_c = 0$). Но при этом рассчитанное значение перемещения ИМ U_n интегриру-

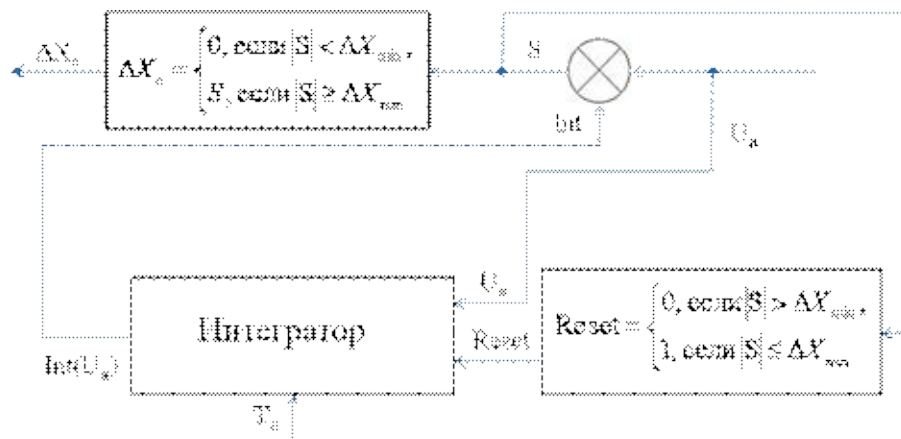


Рис. 3. Структурно-функциональная схема блока модуляции перемещения ИМ

ется в блоке интегратора, параметром настройки которого является время T_n .

При проверке возможности перемещения ИМ к моменту окончания следующего цикла выдержки, к выходу нечеткого регулятора U_n добавляется накопленное значение интеграла $Int(U_n)$, и если выполняется условие $|S| \geq \Delta X_{min}$, где $|S| = U_n + Int(U_n)$, то ИМ перемещается на величину $\Delta X_c = U_n + Int(U_n)$. При этом накопленный интеграл обнуляется (на его вход сброса Reset приходит логическая единица, обнуляя тем самым интеграл).

Логическая база правил, заданная в нечетком регуляторе, формирует на его выходе сигнал, пропорциональный требуемой величине перемещения ИМ для скорейшего достижения экстремума. Формирование направления перемещения ИМ вынесено в отдельный блок, выходом которого является знаковая функция σ , которая может принимать значения $+1$ и -1 , что будет соответствовать увеличению или уменьшению расхода руды на измельчение.

Для экстремальных систем существует базовый вариант определения направления перемещения ИМ, который можно выразить в виде следующих условий (1):

$$\sigma(\tau) = \begin{cases} +1, & \text{если } \Delta Y' < 0 \wedge \Delta X < 0 \vee \Delta Y' > 0 \wedge \\ & \Delta X > 0 \vee \Delta Y' / \Delta X > 0, \\ -1, & \text{если } \Delta Y' < 0 \wedge \Delta X > 0 \vee \Delta Y' > 0 \wedge \\ & \Delta X < 0 \vee \Delta Y' / \Delta X < 0. \end{cases} \quad (1)$$

Базовый вариант условий определения направления перемещения ИМ не учитывает, что при нисходящем дрейфе статической характеристики, например при увеличении твердости измельчаемого материала, любое перемещение ИМ приводит к продолжению уменьшения производительности агрегата (т.е. величина $\Delta Y'$ будет всегда отрицательной). В этом случае САОУ будет дезориентирована и будет совершать бесполезные непрерывные переключения, практически прекратив целенаправленный поисковый режим работы.

Для устранения этого нежелательного состояния САОУ технологическим процессом измельчения используется программно-реализованный «блок определения направления перемещения ИМ», принцип работы которого основан на использовании рейтинговой системы. Структурно-функциональная схема блока представлена на рис. 4.

Работа рейтинговой системы осуществляется следующим образом. Для выбора направления движения рассчитываются два рейтинга целесообразности: R^+ – рейтинг движе-

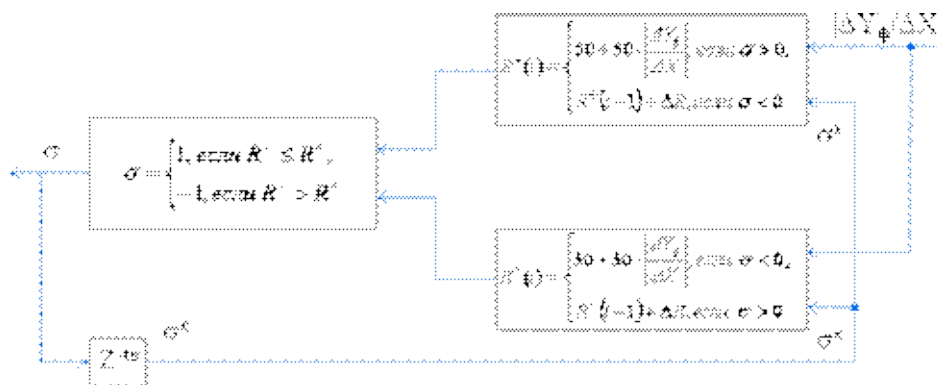


Рис. 4. Структурно-функциональная схема блока определения направления перемещения ИМ по рейтинговой системе

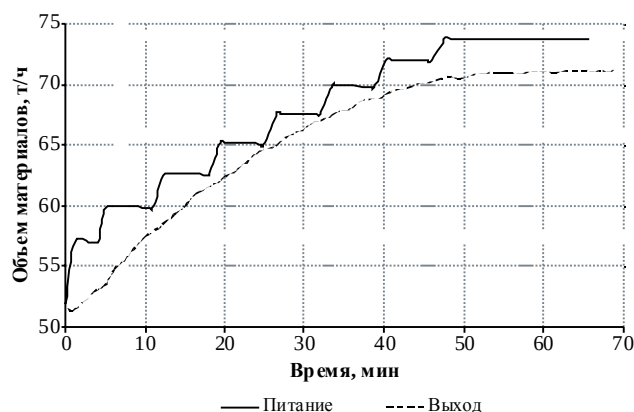


Рис. 5. Расчетные траектории изменения во времени выходного оптимизируемого параметра $G_{вых}(\tau)$ и входного управляющего воздействия $G_{пит}(\tau)$

ния на увеличение и R^- – рейтинг движения на уменьшение. Расчет рейтинга происходит по результату предыдущего цикла управления путем анализа текущего значения знаковой функции σ^x и текущего значения $|\Delta Y_f / \Delta X|$.

Допустим, что в начале управления ИМ перемещен в сторону увеличения $G_{пит}(\tau)$. При этом начальные значения рейтингов были следующими: $R^+ = 50$ и $R^- = 48$ (R^- меньше, так как направление движения было вы-

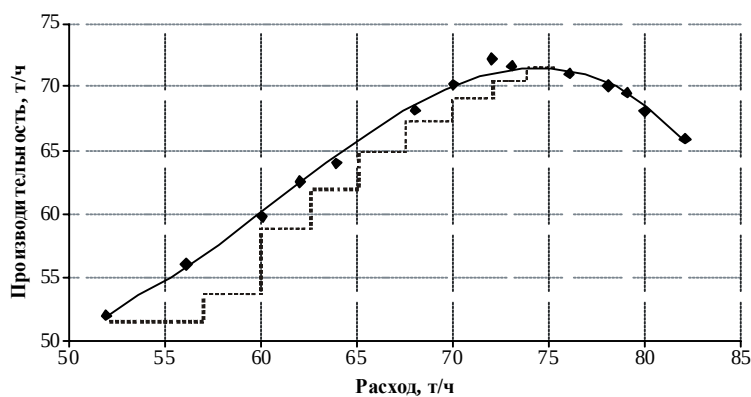


Рис. 6. Траектория поискового процесса, реализуемого предлагаемой САОУ процессом измельчения руды

брано положительным). Далее, после окончания времени выдержки t_b , необходимо произвести расчет рейтинга R^+ путем приведения величины $|\Delta Y_{\phi}/\Delta X|$ в диапазон $[0; 100]$. Масштабирование производится относительно уровня 50, который соответствует уровню $|\Delta Y_{\phi}/\Delta X|=0$ (т.е. $\Delta Y_{\phi}=0$), исходя из заданного максимального возможного значения $|\Delta Y_{\phi}/\Delta X|$.

В рейтинговой системе по сути сравниваются величины $|\Delta Y_{\phi}/\Delta X|$ при перемещениях в различных направлениях, где ΔR характеризует степень достоверности «правильного» выбора направления движения ИМ. Поэтому при увеличении ΔR САОУ вынуждена чаще проверять «правильность» выбранного направления перемещения ИМ для достижения $G_{\text{вых}}^{\max}(\tau)$.

Основная задача рейтинговой системы заключается в обеспечении частоты проведения поверочных реверсов к соотношению между полезностью движения в одну или другую стороны. Под полезностью понимается значение $|\Delta Y_{\phi}/\Delta X|$, приведенное к пределам $[0; 100]$. Если разница R^+ и R^- велика, то наименьший из рейтингов не скоро достигнет уровня другого и реверс произойдет через достаточно продолжительное время. Уменьшение частоты проведенных поверочных реверсов благоприятно сказывается на характеристиках надежности системы относительно механических элементов. После всех преобразований на вход системы управления ИМ поступит управляющий сигнал $\sigma(\tau)$, обеспечивающий текущее положение выходного вала ИМ (или текущий расход питания) в соответствии с выражением

$$X_c(\tau) = X_c(\tau - 1) + \sigma(\tau) \cdot \Delta X_c, \quad (2)$$

где $\Delta X_c = K_{\text{им}} \cdot \Delta \tau_{\text{им}}$ — характеризует величину шагового изменения управляющего воздействия; $K_{\text{им}}$ — скорость ИМ; продолжительность управляющего импульса $\Delta \tau_{\text{им}} = \tau_{\text{в}} - \Delta \tau_{\text{п}}$, $\Delta \tau_{\text{п}}$ — пауза между управляющими импульсами.

Предлагаемая САОУ технологическим процессом может быть использована при оптимизации управления в любой отрасли промышленного производства. При использовании САОУ ожидается увеличение текущей производительности средств и не требуется дополнительных больших капитальных денежных затрат на внедрение, поскольку система рассчитана на программную реализацию.

Для математического моделирования работы САОУ процессом дробления рудных материалов использовался метод Эйлера [2] при дискретности расчета $\Delta \tau = 1$ мин.

Уравнение статической характеристики оптими-

зируемого процесса $Y=f(x)$, полученное по экспериментальным данным, имеет (см. рис. 1) вид

$$G_{\text{вых}} = -0,001564 G_{\text{пит}}^3 + 0,272322 G_{\text{пит}}^2 - 14,604459 G_{\text{пит}} + 294,377061. \quad (3)$$

Принимаем $G_{\text{пит}}(\tau=0)=52$ т/ч, $T_0=6,1$ мин, $\tau_3=2$ мин, $\tau_b=6$ мин, $\Delta x=1$, $K_1=2,48$, $K_2=K_3=15$, $K_4=4$. Начальное значение $R^+=50$ и $R^-=48$.

Расчетные траектории изменения во времени выходного оптимизируемого параметра $G_{\text{вых}}(\tau)$ и входного управляющего воздействия $G_{\text{пит}}(\tau)$ в процессе оптимизирующего поиска при работе рассматриваемой САОУ процессом измельчения при стационарном процессе измельчения медно-цинковой руды одного месторождения представлены на рис. 5.

С учетом выбранной продолжительности цикла управления, определяемой значительной инерционностью оптимизируемого процесса, система вывела процесс на оптимальный режим при $G_{\text{пит}}(\tau=0)=72$ т/ч за 50 мин при 8 итерационных шагах управления. Траектория поискового процесса, реализуемого предлагаемой САОУ процессом измельчения руды, в системе координат « $G_{\text{пит}}$ » — « $G_{\text{вых}}$ » представлена на рис. 6.

Для удобства ориентации на рис. 6 приведена статическая характеристика процесса $G_{\text{вых}}=f(G_{\text{пит}})$.

Анализ результатов математического моделирования работы разрабатываемой САОУ процессом измельчения рудных материалов показывает устойчивую работу системы и высокую эффективность поиска максимальной производительности технологического агрегата. Предлагаемое техническое решение по оптимизации управления процессом измельчения рудных или любых других минералов позволяет ориентировочно увеличить производительность агрегатов на 1,5–2% при условии практически полного исключения вмешательства технологического персонала в режим управления.

Список литературы

1. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. 224 с.
2. Казакевич В.В., Родов А.Б. Системы автоматической оптимизации. М.: Энергия, 1977. 288 с.

Bibliography

1. Kruglov V.V., Dli M.I., Golunov R.Y. Fuzzy logic and neural networks. M.: Phizmatlit, 2001. 224 p.
2. Kazakevich V.V., Rodov A.B. Automatic optimization system. M.: Energy, 1977. 288 p.

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

УДК 622.794.2:622.341.1

Мельников И.Т., Суров А.И., Кутлубаев И.М., Мельников И.И., Манушин А.А.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ММК»

Производство любой продукции в мире сопровождается образованием большого количества отходов на всех этапах технологических процессов. При производстве 1 т чугуна и меди в отвалы складировается соответственно 15–25 и 180–200 т отходов перерабатывающих предприятий. В настоящее время в накопители жидких промышленных отходов горных и металлургических предприятий России складировано около 600 млрд м³ техногенных пород [1]. Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации хвостовых хозяйств показывает, что от их надёжной и устойчивой работы зависит эффективность работы всего горно-металлургического комплекса.

Хвостовому хозяйству ОАО «ММК» более 80 лет, оно является одним из старейших в России. В состав хвостового хозяйства горно-обогательного производства (ГОП) входят: две системы гидротранспорта хвостов и шламов, законсервированное шламохранилище № 1 и эксплуатируемое в настоящее время шламохранилище № 2 (хвостохранилище), система оборотного водоснабжения. Всё это является объектами промышленной гидротехники, а хвостохранилище – гидротехническим сооружением (ГТС).

Географическое положение территории расположения ГТС ГОП характеризуется резко континентальным климатом с большими колебаниями температуры воздуха в течение суток и года. Средняя годовая температура +1,2°C, минимальная приходится на декабрь (–41,7°C), а максимальная – на июль (+38,0°C). Глинистые грунты в зависимости от снежного покрова промерзают от 2 до 3 м, скальные – ещё глубже. Среднегодовая величина осадков – 386 мм, испарение с водной поверхности – 630 мм в год, испарение с поверхности суши – 300 мм.

Выведенное из эксплуатации шламохранилище № 1 (намывного типа) расположено в черте г. Магнитогорска, на косогоре горы Айдарлы. В эксплуатацию этот объект был введён в 1932 году как пруд-осветлитель горнорудного хозяйства ММК и предназначался для складирования хвостов рудообогастительных фабрик (РОФ). Ограждающая дамба комбинированной конструкции, возводилась из хвостов РОФ насыпным и намывным способом. На конец эксплуатации её длина составила 1140 м, максимальная высота – 27 м. Отсутствие опыта строительства намывных сооружений послужило

причиной того, что в первый же год эксплуатации произошла авария – в основании дамбы образовалась промоина, через которую утекла вода из прудка. В 1941–1942 гг. намыв производился по схеме инженера Куснировича М.М. – вручную отсыпались дамбочки высотой 0,8 м, намыв производился под горизонт воды, уровень воды поддерживался на 20–30 см ниже отметки гребня дамбы. В 1942 году, после проливного дождя, произошёл перелив воды через гребень дамбы и её прорыв. В теле дамбы образовалась промоина глубиной 10 м, шириной от 40 до 70 м и разрушился бетонный экран. С мая 1943 года, после заделки прорана, впервые при эксплуатации шламохранилища № 1 намыв стали производить с формированием сухого пляжа, а не под горизонт воды. С вводом в эксплуатацию шламохранилища № 2 шламохранилище № 1 было законсервировано и на его территории размещалась аварийная ёмкость системы гидротранспорта. В ночь с 1 на 2 ноября 1992 года, по причине неконтролируемых переливов воды из резервуаров оборотного водоснабжения, утечек пульпы из шламопроводов и продолжительных дождей, произошло наполнение и перелив воды через гребень дамбы. Водобросные колодцы находились в неработоспособном состоянии. Образовался проран, в который на прилегающую территорию вытекло 467 тыс. м³ воды и 156 тыс. м³ грунто-шламовой массы, а площадь затопления составила 250 га промышленной и городской территорий. В настоящее время дамба шламохранилища № 1 отремонтирована, а территория рекультивирована.

Шламохранилище № 2 (хвостохранилище) – наливного типа [2], на реке Сухая Речка. Хвостохранилище занимает площадь более 1300 га, расположенную вдоль гряды Узун-Зал Зауральского плато в 7 км к востоку от обогастительной фабрики. Введено в эксплуатацию в 1951 году и входит в состав хвостового хозяйства цеха РОФ ГОП. Динамика работы хвостового хозяйства приведена в **табл. 1**, а общий план ГТС и нижнего бьефа Сухой Речки представлен на **рис. 1**.

Хвостохранилище представляет собой ёмкость, образованную в русле и пойме р. Сухая Речка русловой плотиной и левобережной дамбой, являющимися основными подпорными сооружениями и удерживающими неконсолидированную составляющую подводного пляжа, освещённую и паводковую воды (см. **рис. 1**). Общая длина напорного фронта при максимальном

Таблица 1

Динамика работы хвостового хозяйства ДОФ-5 цеха РОФ ГОП

Год эксплуатации	Объём переработанного ЖРС, тыс. т	Среднее содержание Fe, %	Объём перекачиваемой пульпы, тыс. м ³	Консистенция пульпы, Т:Ж	Объём укладываемых хвостов, тыс. т	Среднее содержание Fe в хвостах, %
1990	2628,2	33,0	18409,0	1:25,6	1006,5	13,3
1991	2186,1	33,6	18250,0	1:33,0	796,4	12,6
1992	1980,7	37,6	23948,0	1:27,0	687,7	15,3
1993	2445,1	35,7	24725,0	1:25,3	808,4	14,3
1994	2693,9	34,6	24329,0	1:22,4	807,6	14,2
1995	2716,3	35,3	24758,0	1:24,1	861,7	14,3
1996	2922,6	33,9	28274,0	1:25,3	1046,9	12,8
1997	2642,7	33,1	31361,0	1:25,8	1014,7	13,3
1998	2875,5	32,4	26231,0	1:24,7	914,6	13,3
1999	2071,7	34,3	19790,0	1:27,7	655,3	12,8
2000	1639,6	33,1	16904,0	1:29,5	473,7	12,6
2001	1896,1	32,8	15126,0	1:22,7	532,1	13,2
2002	1811,8	33,8	15848,0	1:26,1	520,2	13,4
2003	2447,4	33,5	15168,0	1:22,1	569,1	14,0
2004	2658,3	34,6	16626,0	1:21,9	641,2	16,9
2005	2337,9	34,6	19269,0	1:22,5	758,2	16,6
2006	2232,8	33,55	18301,2	1:24,3	669,5	14,3
2007	2264,8	35,1	16429,0	1:23,6	670,1	15,8
2008	2171,6	34,4	17188,0	1:22,5	688,3	15,1
2009	2342,8	35,3	18631,2	1:22,7	751,5	15,5
2010	2512,4	36,4	21030,2	1:24,6	876,4	14,2

расчётном уровне воды в хвостохранилище – 3140 м, максимальный напор – 32,5 м. Сооружения возведены в три очереди и на всю высоту: 1 очередь – ёмкость накопителя составляет 9,2 млн м³; 2 очередь – увеличение ёмкости до 40,0 млн м³; 3 очередь – увеличение ёмкости до 96,0 млн м³.

Почти весь среднегодовой сток р. Сухая Речка формируется в период весеннего половодья. Уточнённые в 2000 году гидрологические (незарегулированные) стоковые характеристики в створе плотины составили: при обеспеченности $P=1\%$ (повторяемостью 1 раз в 100 лет) расход воды $Q_{1\%}=81,6$ м³/с, объём $W_{1\%}=15,6$ млн м³; при $P=0,1\%$ (повторяемостью 1 раз в 1000 лет) соответственно $Q_{0,1\%}=129,0$ м³/с и $W_{0,1\%}=24,6$ млн м³.

Пульпа, поступающая по двум независимым системам гидротранспорта, сбрасывается в северную часть хвостохранилища. Сброс, сосредоточенный на поверхность сухого пляжа, из торцов двух одновременно работающих труб. Способ заполнения – «от берега к дамбе» [3]. Длина надводного пляжа от места сброса и до уреза воды – 1520 м; уклон – 0,013.

В приплотинной зоне аккумулируется вода, образуя прудок-отстойник, на дно ко-

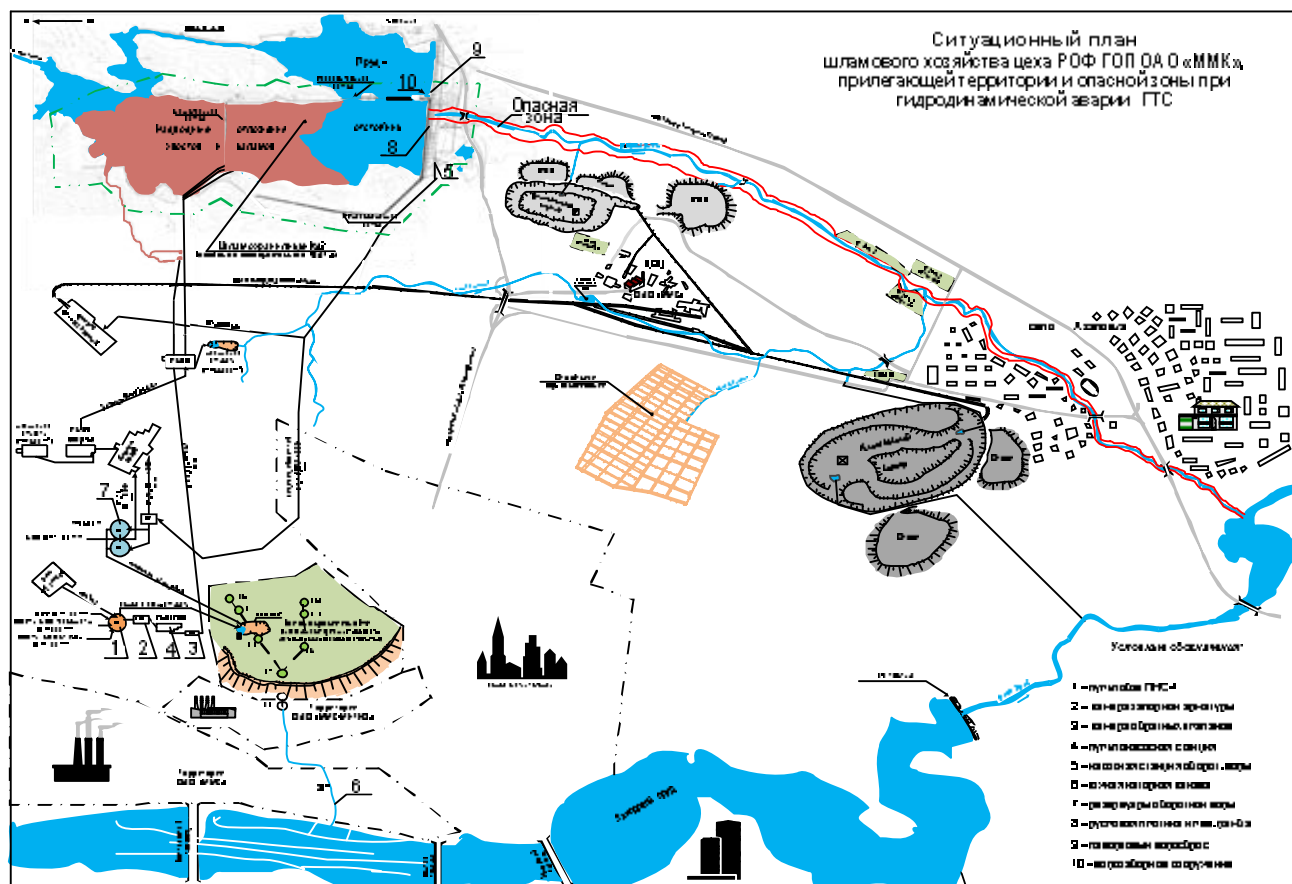


Рис. 1. Общий план хвостового хозяйства ГОП ОАО «ММК»

торого выпадают в осадок тонкие фракции от сбрасываемой пульпы – происходит естественное осветление воды. В этой зоне формируется слабопроницаемый экран из донных отложений тонких фракций, уплотнённый в нижних горизонтах и неконсолидированный (те-

Таблица 2

Химический состав отходов горно-металлургического комплекса ОАО «ММК», складываемых в хвостохранилище ГОП

№ п/п	Химический состав	Хвосты ММС ДОФ-5	Шламы ЭСПЦ	Шламы СУУ 2-4
1	Fe	15,5	47,8	–
2	FeO	4,98	3,17	–
3	Fe ₂ O ₃	16,6	64,9	0,24
4	Al ₂ O ₃	9,97	2,73	<0,10
5	CaO	14,8	11,37	52,0
6	P	0,115	0,04	–
7	S	1,59	0,13	–
8	MnO	0,28	0,5	–
9	TiO ₂	0,84	0,10	–
10	Zn	0,336	0,67	–
11	Cr	0,003	0,028	–
12	SiO ₂	37,46	2,12	0,18
13	MgO	4,03	2,49	3,15
14	ПМП	–	13,0	44,2

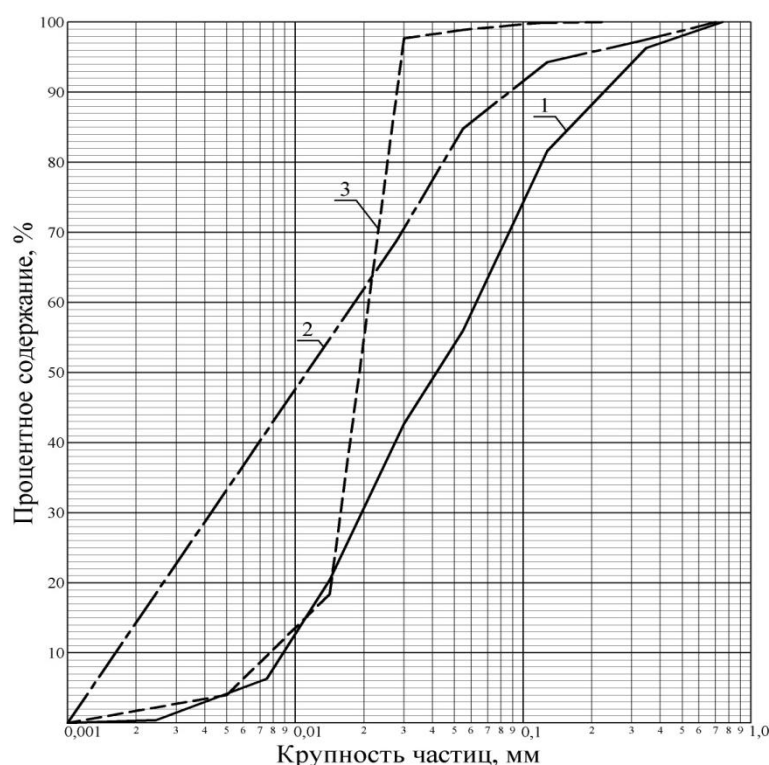


Рис. 2. Интегральные кривые грансостава отходов, складываемых в хвостохранилище № 2 ГОП ОАО «ММК»:

1 – хвосты мокрой магнитной сепарации (ММС) дробильно-обогатительной фабрики (ДОФ-5), $d_{ср.взв} = 0,12$ мм; 2 – шламы электросталеплавильного производства (ЭСПЦ), $d_{ср.взв} = 0,054$ мм; 3 – шламы сероулавливающих установок (ССУ 2-4), $d_{ср.взв} = 0,026$ мм

кучей консистенции) в верхних слоях. В ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» были проведены исследования этого материала, которые показали, что хвосты крупностью менее 0,05 мм имеют низкий коэффициент фильтрации $(1,2-4,3) \times 10^{-6}$ см/с и являются хорошим материалом для создания противофильтрационных экранов. Гидроизолирующие слои можно создавать с помощью гидронамыва как в основании внешних отвалов, так и в бортах отработанных карьеров, используемых для хранения отходов. Также донные отложения обладают низковязкими свойствами и пригодны для получения строительного материала с прочностью на сжатие до 10 МПа [4–6].

В настоящее время в хвостохранилище складировано 98,6 млн м³ хвостов и шламов, что составляет 102,7% от проектного заполнения, в связи с чем ведётся его реконструкция. В общем объёме складываемых отходов хвостохранилища хвосты мокрой магнитной сепарации (ММС ДОФ-5) составляют 94%, шламы сероулавливающих установок (СУУ № 2–4) – около 4% и шламы электросталеплавильного цеха (ЭСПЦ) – 2%. Количество донных отложений, к которым относится материал крупностью менее 0,071 мм, составляет 74 млн м³. Гранулометрический состав складываемых отходов представлен на рис. 2. Химический состав отходов, поступающих в хвостохранилище в виде пульпы от обогатительного и металлургического производства, приведён в табл. 2.

Для удаления мокрых отходов производства на комбинате функционируют две системы гидротранспорта. По первой системе удаляются мокрые хвосты дробильно-обогатительной фабрики № 5 (ДОФ-5). Железородное сырьё (ЖРС) перерабатывается и обогащается по технологии мокрой магнитной сепарации (ММС).

Средние технологические нагрузки: на мельницу – 85 т/ч, на ММС I стадии – 90 т/ч, на ММС II стадии – 60 т/ч, на фильтрацию – 55 т/ч.

Расход воды на одну тонну концентрата за последнее десятилетие изменялся в диапазоне от 7,5 до 17,6 м³/т. Без сгущения и химподготовки хвостовая пульпа от ММС расходом 1600 м³/ч и консистенцией 1:15–1:25 по лотку подаётся в зумпф пульпонасосной станции первого подъёма (ПНС-I) ДОФ-5. Удаление пульпы производится по рабочей нитке пульповода грунтовыми насосами ГрАТ-1800/67, установленными в ПНС первого и второго подъёмов и работающими по схеме «без разрыва струи» [6]. Всего установлено по три однотипных насосных агрегата на каждой ПНС, проложено три нитки пульповодов из стальных труб $\varnothing = 530$ мм (рабочая, резервная и ремонтная), протяжённость трассы – 8 км. Для опорожнения пульповодов на ПНС предусмотрены аварийные ёмкости.

По второй системе транспортируются отходы СУУ 2–4 аглоцеха, шламы газоочи-

стки мартеновской печи и машины непрерывного литья заготовок ЭСПЦ. Шламовая пульпа не подвергается предварительному сгущению, химподготовке и с консистенцией Т:Ж = 1:180–200, общим расходом 1800–2500 м³/ч по трём независимым пульповодам $\varnothing = 325$ и 426 мм сливается в пульпобак цеха РОФ. Пульпобак выполняет функции регулирующей ёмкости ПНС-I РОФ (отметка ПНС – 428,14 м). Для перекачки шламов в ПНС-I установлены два землесоса 20-Р-11 и один (с меньшей производительностью) – ГРАТ 1800/67 [7]. Каждый землесос работает на свою нитку. В постоянной работе находится один агрегат, подающий шламовую пульпу в хвостохранилище без помощи ПНС-II (отметка ПНС-II 432,54 м) на отметку пляжа 395,00 м ($H_r = -33,14$ м). Всего проложено три нитки из стальных труб $\varnothing = 820$ мм и длиной 8 км. Таким образом, шламы транспортируются в хвостохранилище по схеме с «разрывом струи», так как поток разрывается в пульпобаке.

Насосная станция оборотного водоснабжения (НСОВ), размещённая у низового откоса плотины, обеспечивает фабрику осветлённой водой из пруд-отстойника хвостохранилища. Оборудована тремя насосными агрегатами ЦН-3000/197, из которых один в постоянной работе. Из водозаборной камеры, самотёком по двум всасывающим водоводам $\varnothing = 1020$ мм, осветлённая вода поступает в НСОВ и далее расходом 3200 м³/ч по стальному водоводу $\varnothing = 1220$ мм подаётся потребителям: ЦПАШ и цех РОФ. Основной объём воды направляется на ММС ДОФ-5, а излишки воды поступают в уравнильные резервуары 7 (см. рис. 1). Общий объём воды в прудке – отстойнике (при нормальном подпорном уровне 386,50 м) составляет 30,2 млн м³, из которых только 19,9 млн м³ можно использовать для технологических нужд. Согласно нормативным документам [8] объём воды в прудке не должен превышать 20-суточной потребности в оборотной воде обогатительных фабрик, т.е. не более 3,0 млн м³. Таким образом, объём оборотной воды значительно превышает нормативные значения и ГТС по сути является одновременно водо- и хвостохранилищем, что приводит к снижению вместимости накопителя и возрастанию рисков возникновения аварий.

Анализ данных эксплуатации хвостового хозяйства за последние 10 лет показывает, что транспортирование пульпы с низким содержанием твердых частиц приводит к значительному перерасходу электроэнергии и увеличению металлоёмкости гидротранспортной системы. Излишние запасы воды в прудке–отстойнике снижают вместимость накопителя и увеличивают потенциальную опасность ГТС в случае возникновения гидродинамической аварии. Для повышения эффективности и надёжности работы гидротранспорта необходима модернизация всей системы хвост- и шламоудаления, с внедрением внутрифабричного сгущения до консистенции транспортируемой пульпы 1:10–1:20.

Для нормальной работы хвостового хозяйства потребовалось принятие технических решений, позволяющих увеличить вместимость существующего хвостохранилища без отторжения дополнительных площадей. С целью разработки различных вариантов реконструкции хвостохранилища и совершенствования технологии возведения намывных дамб, в 1999 году ОАО «ММК» совместно со специалистами ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО (г. Москва) были выполнены натурные и лабораторные исследования физико-механических, компрессионных и фильтрационных свойств хвостов, результаты которых представлены в табл. 3. Было установлено, что угол внутреннего трения хвостов в подводном состоянии для крупности 0,368–0,271 мм изменяется от 20°30' до 17°10'. Коэффициент консолидации хвостов крупностью 0,05 мм изменяется в пределах $C_v = 4,3–6,3 \times 10^5$ см²/год и зависит от плотности. Исследования показали, что наиболее интенсивное уплотнение образцов наблюдается до нагрузок 0,1–0,2 МПа. Для более крупных хвостов величина сжимаемости меньше, а модуль компрессионного сжатия больше и его величина в диапазоне исследованных нагрузок изменяется от 5,0 до 54,0 кг/см².

В 2007 году начаты работы по реконструкции хвостового хозяйства, цель которой является увеличение вместимости накопителя при минимальном увеличении земельного отвода. Реконструкция включает сооружение следующих объектов: строительства межотсечной, правобережной, разделительной и отсечной дамб, которые образуют три отсека – для складирования хвостов, шламов и приёма осветлённой оборотной воды, а также аккумуляции и пропуска паводковых вод Сухой Речки. Кроме того, проектом предусматривается строительство распределительных пульповодов, ПНС – III подъёма и дренажных насосных станций, устройство санитарно-защитной и прибрежной зон.

Стоимость строительно-монтажных работ по проекту, выполненному НИПЭЦ «Промгидротехника» (г. Белгород), составляет около 700 млн руб. В результате

Таблица 3

Физико-механические и фильтрационные свойства хвостов

№ п/п	Средне-взвешенный диаметр $d_{ср}$, мм	Плотность хвостов ρ_s , т/м ³		Сцепление C , кг/см ² (*0,1 = МПа)	Угол внутреннего трения φ , град	Пористость n	Коэффициент фильтрации K_f , см/с (*864 м/сут)
		сухих	минеральной части (уд. вес)				
1	0,368	1,79	3,875	0	31°30'	0,538	$1,78 \times 10^{-2}$
2	0,368	1,86	3,875	0	32°30'	0,520	$1,5 \times 10^{-2}$
3	0,368	2,03	3,875	0	34°15'	0,476	$1,3 \times 10^{-2}$
4	0,311	1,75	3,790	0	–	0,538	$1,1 \times 10^{-2}$
5	0,311	1,87	3,990	0	–	0,506	$0,6 \times 10^{-2}$
6	0,271	1,57	3,775	0	–	0,634	$1,42 \times 10^{-2}$
7	0,271	1,68	3,775	0	–	0,553	$1,03 \times 10^{-3}$
8	0,05	1,59	3,250	0,16	17°	–	$3,0 \times 10^{-5}$
9	0,05	1,65	3,250	0,16	17°	–	$4,3 \times 10^{-6}$
10	0,05	1,78	3,250	0,16	17°	–	$1,2 \times 10^{-6}$

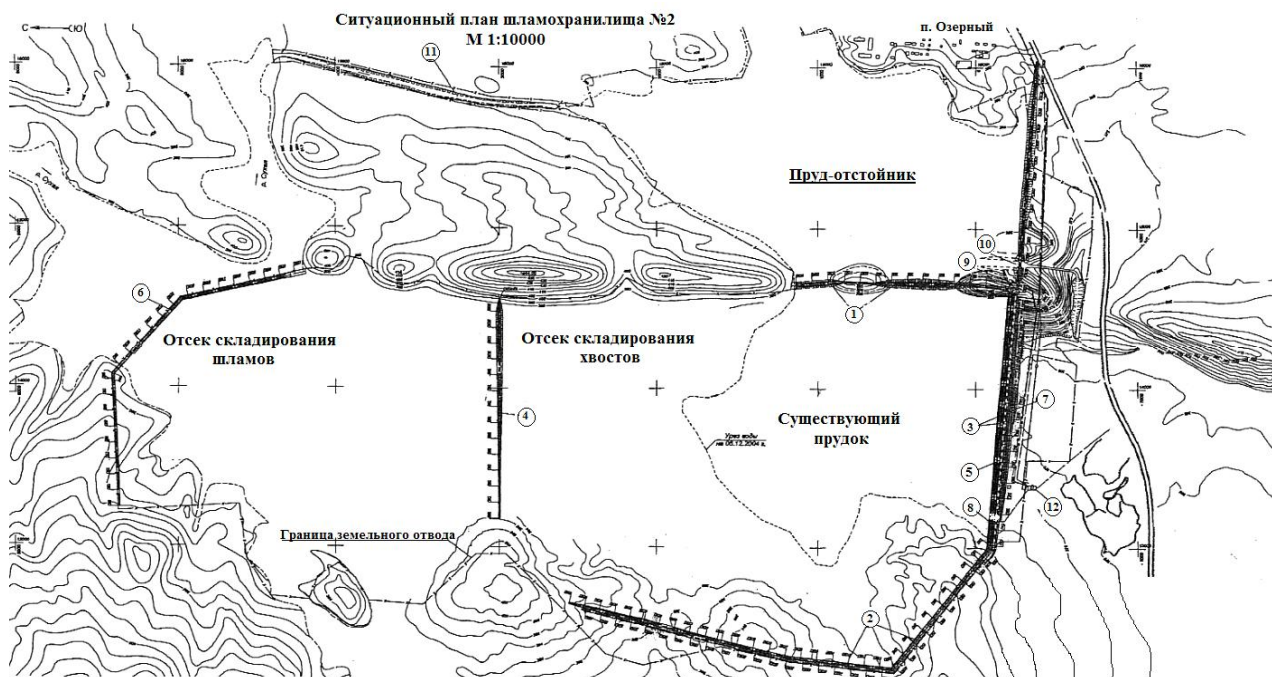


Рис. 3. Общий план реконструкции эксплуатируемого хвостохранилища № 2.

Проектируемые сооружения: 1 – разделительная дамба; 2 – правобережная дамба I и II очереди; 3 – дамба 1 и 2 яруса русловой плотины; 4 – межотсечная дамба; 6 – отсечная дамба.

Существующие сооружения: 7 – русловая плотина с отметкой гребня 390,00 м; 8 – водозаборная башня (выведена из эксплуатации); 9 – водозаборная камера (действующая); 10 – паводковый водосброс; 11 – обводной канал; 12 – насосная станция оборотного водоснабжения

тате осуществления реконструкции изменяется способ заполнения хвостохранилища «от дамбы к берегу». С 2011 г. из хвостов ММС ДОФ-5 будет производиться намыв упорной призмы, которая в дальнейшем станет основанием для намывных дамб. Реализация проекта реконструкции позволит продлить срок эксплуатации хвостохранилища на 49 лет. Ситуационный план реконструкции шламохранилища № 2 приведён на рис. 3.

В настоящее время построен и действует новый водозабор, межотсечная и правобережная дамбы, заканчивается строительство разделительной дамбы и распределительных пульповодов. Работы по реконструкции ГТС продолжаются.

Выводы

1. Сгущение шламовой пульпы до консистенции 1:10–1:20 позволит значительно снизить расход электроэнергии и материалоёмкость гидротранспортных систем.

2. Донные отложения прудковой зоны занимают большую часть ёмкости хвостохранилища. Их использование в качестве противοfiltrационного и строительного материалов позволит увеличить вместимость существующего накопителя и решать задачи комплексного использования природных ресурсов.

3. Шламы ЭСПЦ, содержащие до 65% Fe₂O₃, в количестве около 30 тыс. т/год смешиваются с другими отходами и безвозвратно теряются. Сгущение, сушка и брикетирование шламов ЭСПЦ позволит получить дополнительное сырьё для металлургического

производства.

4. Реконструкция хвостохранилища посредством раздельного складирования хвостов и шламов, замещения избытков оборотной воды хвостами ММС и перехода на намывной способ возведения ограждающих дамб позволит продлить срок эксплуатации накопителя на 49 лет.

Список литературы

1. Певзнер М.Е. Проблемы развития минерально-сырьевой базы и горнодобывающей промышленности России // Горный журнал. 1993. № 1. С. 9–12.
2. Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал. 1989. № 12. С. 6–9.
3. Гидравлическое складирование хвостов обогащения: справочник. М.: Недра, 1991. С. 206.
4. Опыт эксплуатации хвостового хозяйства Качканарского ГОКа / Мельников Т.И., Мельников И.Т., Еремин Н.Я. и др. // Горный журнал. 1979. № 1. С. 25–29.
5. Мельников И.Т., Шишкин В.И., Суков А.И. Донные отложения хвостохранилища ГОПОАО «ММК» – источник цементующего материала для производства строительных изделий // Труды по материалам междунар. науч.-техн. конференции «Развитие физико-химических способов добычи». Магнитогорск; Сибай, 2009. С. 156–163.
6. Мельников И.Т., Суков А.И., Шелковникова А.А. Полевые исследования донных отложений прудковой зоны хвостохранилища ОАО «Ванадий» (Качканарский ГОК) // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010, № 3. С. 7–11.
7. Чуянов Г.Г. Хвостохранилища и очистка сточных вод. Екате-

ринбург, 1998. С. 244.

8. Водное хозяйство: справочник. М.: Агропромиздат, 1998. С. 398.

Bibliography

1. Pevzner M.E. Development problems of mineral and raw-material base and mining industry of Russia // Mining magazine. 1993. № 1. P. 9–12.
2. Trubetskoj K.N., Umanets V.N., Nikitin M.B. Classification of technogenic deposits, basic categories and concepts // Mining magazine. 1989. № 12. P. 6–9.
3. Hydraulic warehousing of mill tailings: the reference book. M.: Depths, 1991. 206 p.
4. Operating experience of tail processing of Kachkanarsk mining-and-processing integrated works / Melnikov T.I., Melnikov I.T., Er-emin N.J., etc. // Mining magazine. 1979. № 1. P. 25–29.
5. Melnikov I.T., Shishkin V.I., Surov A.I. Deposit of bottom mining-treatment plant of tail-storing of Open Joint Stock Company «Magnitogorsk Iron and Steel Works» – a source of cementing material for construction products manufacture // Scientific articles of the international scientific and technical conference «Development of physical-chemical ways of mining». Magnitogorsk; Sibai, 2009. P. 156–163.
6. Melnikov I.T., Surov A.I., Shelkovnikova A.A. Field research of bottom sediments of Open Joint Stock Company «Vanadium» tailing pond (Kachkanarsk mining-treatment plant) / Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2010. № 3. P. 7–11.
7. Chujanov G.G. Tail-storing and sewage water treatment. Yekaterinburg, 1998. 244 p.
8. Water management reference book. M.: Agropromizdat, 1998. 398 p.

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 658.6

Колокольников В.М., Синицкий Е.В., Волков С.Ю.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОТЛИВОК КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ КАЧЕСТВЕННОСТИ*

Проблема повышения качества и эксплуатационных свойств отливок актуальна для всех сфер их применения. Особо остро данная проблема стоит для отливок горно-металлургической, нефтегазовой отрасли и машиностроения, работающих в условиях абразивного износа, высоких температур и агрессивных сред. Повышение качества и конкурентоспособности выпускаемых изделий и оборудования напрямую связано с необходимостью улучшения качества металла, а также с созданием новых конструкционных материалов. Повышение качества можно достичь путем создания новых износостойких сплавов, принципов их легирования, совершенствованием технологии производства. Для этого широко применяется метод прогнозирования свойств сплавов по диаграммам состояния с использованием зависимостей типа «состав–свойство». Однако для ряда важных специальных или служебных свойств данные зависимости неизвестны.

Теоретические и экспериментальные работы, выполненные с целью изучения абразивной износостойкости, показывают на взаимосвязь химического состава, технологии изготовления, структуры и износостойкости литейных сплавов и отливок, но не позволяют однозначно определить критерии ее оценки и численные характеристики [1]. Формирование специальных свойств отливок обусловлено действием ряда факторов, таких как: химический состав, механические свойства, характеристики технологических процессов, получаемые микро- и макроструктуры, а также их свойства. Применение подобных подходов к вопросам формирования качественных изделий не позволяет получить продукцию, отвечающую современным требованиям, так как не учитывает специфические для каждого вида литья условия.

Большинство исследователей, работающих в области абразивного изнашивания металлов и сплавов, предлагают свои критерии износостойкости. Такие критерии зачастую отражают трактовку теорий изнашивания. Ввиду этого, применение подобных критериев на практике сильно затруднено из-за специфичности и трудности получения физико-механических характеристик, входящих в эти критерии [2].

* Работа выполнена в рамках государственного контракта № ГК-873п реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

По мнению М.М. Хрущева, относительная износостойкость сталей после закалки линейно увеличивается при повышении твердости.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + b'(H - H_0), \quad (1)$$

где b' – коэффициент, зависящий от химического состава сталей; H_0 , H – твердость стали в отожженном и закаленном состояниях.

М.М. Тененбаум также оперирует твердостью, хотя им были получены данные, противоречащие этому. И.В. Крагельский в разное время предлагал различные аналитические зависимости для оценки износостойкости материалов. При попытке определить эмпирическим способом фактическую площадь при упругом контакте взаимодействующих пар трения он использует обобщенную упругую константу Кирхгофа.

$$\theta = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}, \quad (2)$$

где μ_1 , μ_2 и E_1 , E_2 – коэффициенты Пуассона и модули упругости контактирующих тел 1 и 2.

Входящие в данный критерий характеристики структурно нечувствительны. Другой критерий – интенсивность износа, включающий характеристики, которые не учитывают свойств ни испытуемого материала, ни контактирующего с ним.

Много внимания уделяется энергетической теории изнашивания. Вариантов энергетического подхода к механизму изнашивания много, но почти в каждом из них использовано понятие «объем изношенного материала».

$$i_T = \frac{W_T}{V_{изн}}, \quad (3)$$

где i_T – мнимая плотность энергии трения; W_T – работа трения; $V_{изн}$ – объем изношенного материала.

При этом работа трения:

$$W_T = f N L_T, \quad (4)$$

где f – коэффициент трения; N – нагрузка; L_T – путь трения.

Для инженерных расчетов и прогнозирования выбора более износостойких материалов использовать

«объем изношенного материала» нельзя, так как для получения численных значений необходимо знать трудноопределяемые или вообще не определяемые в реальных условиях характеристики.

Г.Я. Ямпольский в качестве критерия оценки износостойкости при скольжении по абразивной прослойке предложил «комплекс механических и трибологических свойств» – отношение твердости к коэффициенту стружкообразования. Однако возможность определения для реальных пар трения коэффициента стружкообразования затруднена.

В.Н. Кашеев допускает возможность применения в качестве критерия оценки износостойкости металлических материалов при скольжении по абразиву «коэффициента жесткости кристаллической решетки», однако для реальных сплавов раздельная оценка жесткости кристаллической решетки каждой фазы невозможна.

$$K = 4\pi^2 \frac{K^2}{h^2} m \theta^2, \quad (5)$$

где K – постоянная Больцмана; h – постоянная Планка; m – масса электрона; θ – характеристическая температура Дебая.

Р.Кохл предложил критерий «плотности энергии изменения формы»; в данном критерии не учтено, что не для каждого сплава при его высокой твердости и хрупкости фиксируются предел прочности, предел текучести и относительное удлинение.

$$E = \frac{\sigma_{0.2} + \sigma_e}{2} \varepsilon_d, \quad (6)$$

где $\sigma_{0.2}$ – предел текучести; σ_e – предел прочности; ε_d – относительное удлинение при разрушении.

А.И. Лаврентьев в качестве критерия предлагает «объемную энергию разрушения». Высокотвердые материалы, а они наиболее износостойки при абразивном изнашивании, предлагаемой оценке не поддаются по причине высокой хрупкости.

$$a_p = \frac{S_k^2}{\sigma_T}, \quad (7)$$

где S_k – истинное сопротивление разрушению; σ_T – предел текучести.

И.В. Южанов для скольжения металлических материалов по грунту в качестве критерия предлагает «работу разрушения металла». Для применения этого критерия необходимо провести испытания материалов разной твердости во всех условиях изнашивания, т.е. определить износостойкость экспериментальным путем.

П.Н. Львов в качестве оценки износостойкости наплавленных сплавов при скольжении и ударе по абразиву и металлу предложил «работу выдавливания канавки». При этом в критерии замер показателей трудно реализуем.

И.Ш. Белингер для условий абразивного и ударно-абразивного изнашивания в качестве критерия оценки износостойкости предложил «напряжение ца-

рапання». В этом критерии идея сопротивления изнашиванию сводится к попытке полностью считать ее адекватной резанию металла, что не может моделировать полностью механику абразивного изнашивания в условиях хрупкого и усталостного износа.

Флейшер при выборе критерия износостойкости совмещает в одном критерии условия скольжения по абразиву и металлу, обобщив это понятием «мнимой плотности энергии трения». Данный критерий вызывает сомнения в возможности получения.

$$e_R = e_r \frac{n_k}{v [\zeta_R (n_k - 1) - 1]}, \quad (8)$$

где e_r – средняя плотность энергии разрушения, определяемая по данным механических испытаний; n_k – число контактов до разрушения; ζ_R – коэффициент аккумуляции энергии; v – число износа.

Beckman G. и Kleis V. считают допустимым в качестве критерия оценки износостойкости материалов при скольжении по абразиву и при газоабразивном изнашивании принять отношение энергоемкости материала при сдвиге к прочности единичного контакта на срез. При этом энергоемкость материала при сдвиге – характеристика, наиболее тесно связанная с реальным механизмом изнашивания, но методика ее определения достаточно сложна.

Для условий трения скольжения по абразиву при высоком контактом давлении В.С. Попов предлагает в качестве критерия оценки износостойкости использовать энергоемкость металла. Однако ни одна механическая характеристика не может учитывать всю сложную гамму внешнего силового воздействия на поверхность металла единичной абразивной частицы при ее скольжении по монолитному абразиву.

Л.И. Погодаев в качестве критерия оценки износостойкости материалов при гидроабразивном износе предлагает использовать скрытую энергию наклепа. В этом критерии учитывается скрытая энергия наклепа по сумме микротвердостей до и после испытания.

$$W = E_{уд} * V_{KP}, \quad (9)$$

где $E_{уд}$ – удельная энергоемкость металла; V_{KP} – критическая скорость удара, постоянная для данного материала.

Однако и этот критерий не освобождает от испытаний материалов на изнашивание, чтобы получить наклеп, а уже потом его зафиксировать.

Анализ указанных критериев позволяет сделать заключение, что аналитический путь описания изнашивания и оценки износостойкости весьма сложен и мало достоверен. В ряде рассмотренных примеров использованы не критерии износостойкости, а некая трактовка предполагаемого механизма изнашивания [2].

Наиболее адекватный критерий предложили В.Н. Виноградов и Г.И. Сорокин. Для прогнозирования износостойкости сталей – произведение предела прочности на относительное сужение – $(\sigma_e \psi)$. Данный критерий может использоваться для прогнозирования износостойкости сталей, у которых нет четкого проявления порога хрупкости или он отсутствует.

Таким образом, существующие критерии износостойкости на текущем этапе не могут применяться для достоверного прогнозирования эксплуатационных свойств и качества литых изделий.

Для формирования критериев износостойкости, наиболее полно отвечающих предъявляемым требованиям, возможно применение методов квалиметрии, когда внешние факторы, существенно влияющие на исход операции (свойства сплавов), могут принимать одно из нескольких возможных состояний $Q=\{Q_1, Q_2, \dots, Q_j\}$, для которых известна вероятность их проявления $S(Q_j)=S_j$.

В качестве внешних факторов Q могут выступать: химический состав сплава, содержание легирующих компонентов, наличие и механизм действия модификаторов, характеристики технологических процессов, существенно влияющие на конечный результат (например, теплофизические характеристики литейных форм и сплавов), характеристики, описывающие макро- и микроструктуру сплавов, внешние характеристики, описывающие условия работы изделий, а так-

же комбинации всех перечисленных факторов.

Список литературы

1. Абразивная износостойкость литых металлов и сплавов / В.М. Колокольцев, Н.М. Мулявко, К.Н. Вдовин, Е.В. Синецкий; под ред. проф. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 228 с.
2. Аналитические и инженерные критерии оценки абразивной износостойкости белых легированных чугунов / В.М. Колокольцев, Е.В. Синецкий, П.А. Молочков, П.С. Лимарев, О.А. Миронов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2004. № 1.

Bibliography

1. Abrasive wear resistance of cast metals and alloys / V.M. Kolokoltsev, N.M. Mulyavko, K.N. Vdovin, E.V. Sinitsky; under the editorship of Professor V.M. Kolokoltsev. Magnitogorsk: MSTU, 2004. 228 p.
2. Analytical and engineering criteria of abrasive wear resistance estimation of white alloyed cast irons / V.M. Kolokoltsev, E.V. Sinitsky, P.A. Molochkov, P.S. Limarev, O.A. Mironov // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2004. № 1.

УДК 669.14.018.8-14:669.15-196

Колокольцев В.М., Гольцов А.С., Синецкий Е.В.

ВЛИЯНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ЛИТОЙ СТРУКТУРЫ ЖАРОИЗНОСОСТОЙКИХ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ НА ИХ КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ*

В мировой практике накоплен значительный опыт применения в качестве износостойких материалов, работающих в условиях коррозионных сред, высоколегированных железоуглеродистых сплавов – сталей и чугунов.

Технологическая пульпа предприятий черной и цветной металлургии, угольной и других отраслей промышленности имеет заметную коррозионную активность. В процессе переработки сырья в оборотной воде накапливаются сульфаты, нитраты, хлориды, свободные кислоты, реагенты, улучшающие процессы измельчения и флотации. В сочетании с растворенным в воде кислородом такая пульпа оказывает разрушительное воздействие как в целом на оборудование, так и на отдельные ее части.

Разрушение металлов происходит в результате химического (химическая коррозия), электрохимического (электрохимическая коррозия) и механического воздействия внешней среды. Механическое разрушение (истирание) деталей, изготовленных из сплавов, называется эрозией. Процессы коррозии и эрозии при эксплуатации деталей могут протекать одновременно, например при работе насосов [1]. Высокохромистые железоуглеродистые сплавы относятся к самопассивирующимся кислотостойким сплавам. Из них главным обра-

зом применяются высоколегированные стали, относящиеся к мартенситно-ферритному классу – 15X13Л, 12X17Л, ферритному классу – 15X25ТЛ, 75X24ТЛ, аустенитно-ферритному классу – 40X24Н12СЛ, 35X23Н7СЛ, аустенитному – 10X18Н9Л, 15X23Н18Л и др. Данные марки сталей применяются для деталей оборудования при добыче и обогащении разных руд, угля, цементного сырья, работающих в условиях высоких температур, испытывающих воздействие абразива, во многих случаях, когда абразивная масса находится в виде суспензий и износ сопровождается коррозионным воздействием.

Чем ниже pH среды и меньше содержание абразивных примесей, тем существеннее роль антикоррозионных свойств металла.

При абразивном изнашивании кварцевым песком в 30%-ных растворах фосфорной, серной и азотной кислот интенсивность изнашивания нержавеющей сталей и наплавов возрастает в 3–8 раз, углеродистой стали – в 14–80 раз [2]. Необходимый компромисс должен достигаться в зависимости от соотношения воздействия абразивного и коррозионного факторов.

Как известно, при концентрации хрома в железе свыше 12% сплав становится коррозионностойким в нейтральных, кислых и окислительных средах из-за пассивации при образовании пленки оксидов хрома. Благодаря легированию на поверхности металла образуется плотная пленка продуктов коррозии, вследствие чего металл переходит в пассивное состояние.

* Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 8286р/12626 от 30.06.2010 по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.»).

При легировании хромом железоуглеродистого сплава образуются специальные карбиды хрома $(Fe, Cr)_7C_3$, придающие сплаву высокую износостойкость в нейтральной среде. При образовании карбидов $(Fe, Cr)_{23}C_6$ концентрация хрома в твердом растворе уменьшается и коррозионная стойкость сплава снижается.

Коррозионную стойкость железоуглеродистых сплавов оценивали весовым методом по ГОСТ 9.914-91. Этот метод является простым и наиболее надежным, так как непосредственно указывает на количество металла, разрушенного коррозией.

Экспериментальные сплавы для изучения структуры и свойств выплавляли в индукционной печи ИСТ-006 с основной футеровкой. После выплавки опытных образцов проводили раскисление расплава в ковше и заливку его в песчано-глинистые формы (ПГФ). Испытания проводили на специальных образцах с размерами $35 \times 35 \times 10$ мм. В качестве показателя коррозионной стойкости использовали значения глубины пораженного слоя K_r (мм/год) или K_m (г/м²ч), которые связаны соотношением:

$$K_r = \frac{K_m}{\rho},$$

Таблица 1

Плотность сплавов

Марка сплава	Плотность ρ , г/см ³
75Х24ТЛ	7,45
40Х24Н12СЛ	7,60
12Х17Л	7,56

где ρ – плотность металла, г/см³ (табл. 1); K_m – потеря массы образца, г/м²ч.

Исследуемые образцы были помещены в пробирку с коррозионной средой (концентрированная соляная кислота). Для удаления продуктов коррозии через

Таблица 2

Фазовый состав металлической основы исследуемых сталей, %

Марка стали	Феррит	Аустенит	$(Fe, Cr)_3C$
12Х17Л	84,57	10,28	5,15
75Х24ТЛ	89,8	2,9	7,3
40Х24Н12СЛ	10,87	82,4	6,73

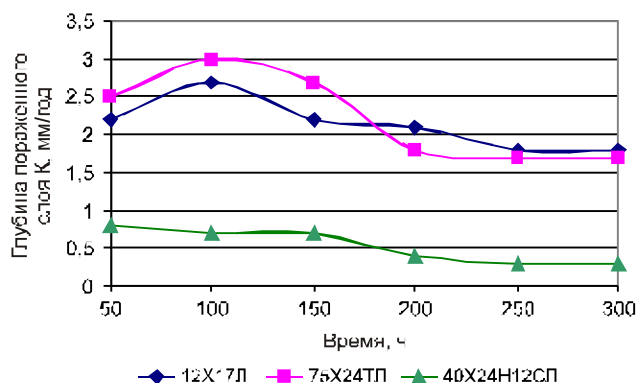


Рис. 1. Изменения глубины пораженного слоя сталей в литом состоянии от времени

каждые 50 ч выдержки использовали 10%-ный раствор лимонной кислоты, нагретый до 60°C.

Первичная литая структура исследованных сталей состоит в основном из феррита или аустенита и карбидов. Данные рентгеноструктурного анализа указывают на наличие в структуре сталей карбидов $(Fe, Cr)_3C$. Фазовый состав металлической основы представлен в табл. 2.

Исследованные стали обладают хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и слабоагрессивных средах (рис. 1).

Снижение скорости коррозии происходит после 150-часовой выдержки, что обусловлено пассивирующим действием образующегося оксидного слоя, в результате чего на поверхности образцов создается тончайшая (20–30 Å) защитная оксидная пленка, которая снижает доступ агрессивных реагентов к химически нестойким узлам кристаллической решетки [3].

В стали марки 40Х24Н12СЛ значение K_r равно 0,3 мм/год, что в 4,5 раза меньше коэффициента глубины пораженного слоя сталей марки 12Х17Л и 75Х24ТЛ. Это связано с большим и более устойчивым количеством аустенита, легированного никелем, имеющего большую коррозионную стойкость по сравнению с ферритом (рис. 2). Аустенитные стали имеют низкую склонность к коррозии из выбранных экспериментальных жаростойких сталей, однако они сложны по химическому составу, а также в них наблюдается большое количество сульфидных включений хрома по границам зерен (рис. 3). Это особенно опасно при межкристаллитной коррозии (МКК), которая проявляется в разрушении сталей по границам зерен, что приводит к резкому снижению прочности и пластичности и может вызвать преждевременное старение отливки. Неметаллические включения дают с железом достаточную для развития процесса коррозии разность потенциалов.

В отличие от изнoso- и коррозионностойких сталей, в комплексно-легированных белых чугунах (КЛБЧ) кристаллизуется большое количество карбидных фаз. Чугуны чаще всего подвержены электрохимической коррозии вследствие образования микрогальванических пар между фазами, что приводит к снижению коэффициента коррозионной стойкости [3].

На кафедре ЭМ и ЛП МГТУ им. Г.И. Носова проводятся обширные исследования комплексно-легированных белых чугунов (КЛБЧ), в результате которых разработаны и имеют охранный документ новые составы жароизносостойких чугунов (табл. 3).

КЛБЧ представляют собой многокомпонентные системы с целым набором структурных составляющих. Определено, что исследуемые чугуны представляют собой доэвтектические сплавы. После завершения кристаллизации во всех типах форм в них формируется структура, состоящая из избыточных дендритов аустенита и аустенитокарбидной эвтектики розеточного строения (рис. 4).

Во всех исследуемых образцах КЛБЧ наблюдается интенсивное окисление в первые 50 ч выдержки образцов. Это предположительно связано как с преобладанием процесса обезуглероживания над окислением металлической матрицы, так и хемосорбцией окислителя (кислорода) на поверхности металла,

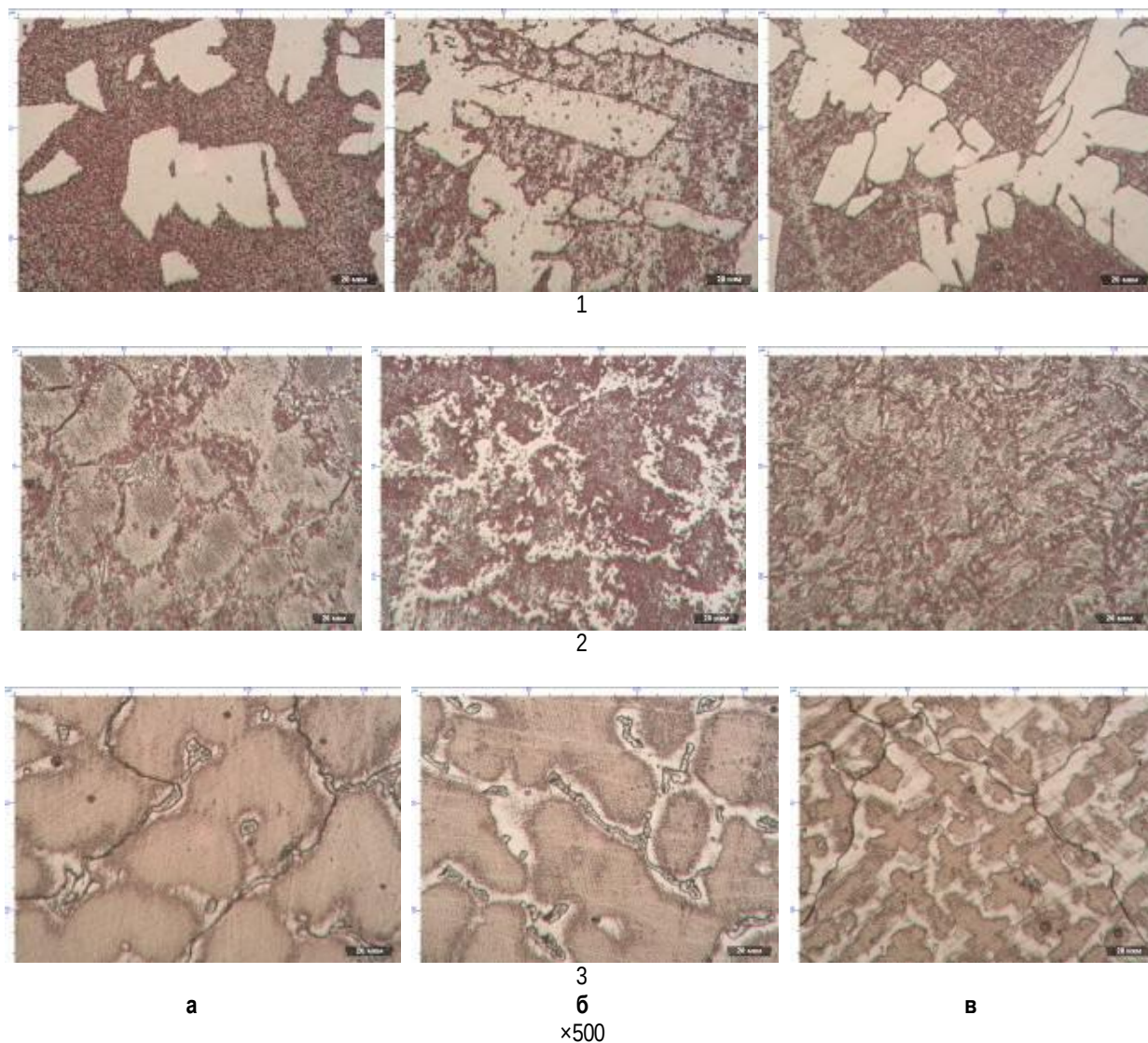


Рис. 2. Микроструктура стали 12Х17Л (1), 75Х24ТЛ (2), 40Х24Н12СЛ (3) в литом состоянии, залитой в ПГФ: а – сухую; б – сырую; в – кокиль после травления

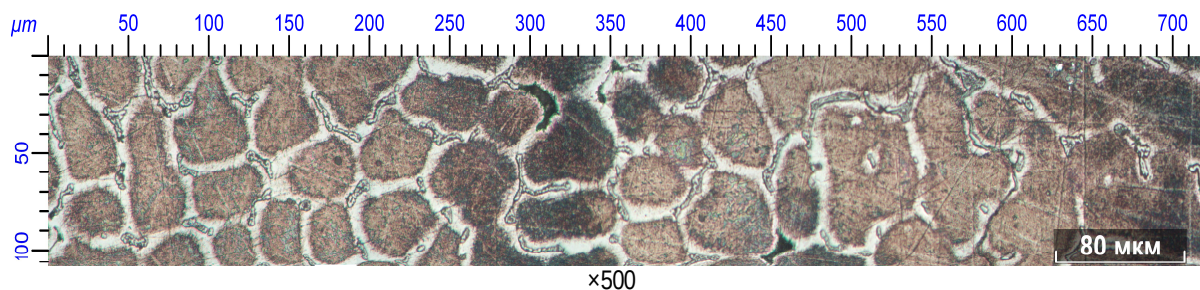


Рис. 3. Микроструктура стали 40Х24Н12СЛ, залитой в сырую ПГФ

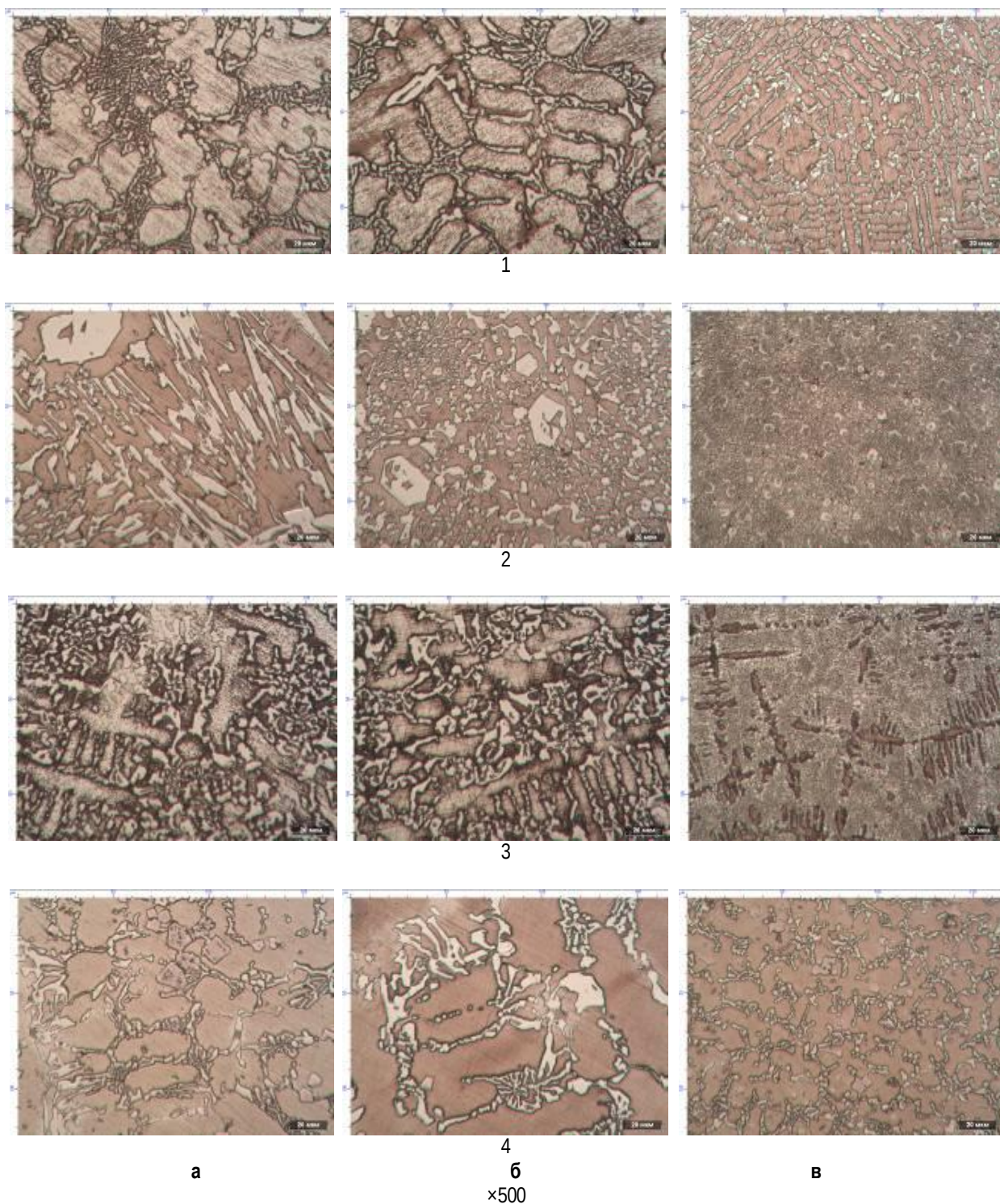


Рис. 4. Микроструктура чугуна в литом состоянии ИЧ220Х18Г4НТ (1); ИЧХ28Н2 (2); ИЧ270Х24НТБР (3); ИЧ220Х18Г4Ю2Б2НТ (4), залитой в ПГФ: а – сухую; б – сырую; в – кокиль после травления

Таблица 3

Фазовый состав металлической основы исследуемых чугунов, %

Марка чугуна	Феррит	Аустенит	(Fe,Cr) ₂₃ C ₆	(Fe,Cr) ₇ C ₃	NbC
ИЧ220Х18Г4НТ	2,86	75,66	–	21,48	–
ИЧХ28Н2	43,24	30,57	26,2	–	–
ИЧ270Х24НТБР	13,78	71,32	–	14,59	0,31
ИЧ220Х18Г4Ю2БНТ	4,35	82,1	–	12,15	1,4
ИЧ220Х18Г4Ю2Б2НТ	4,81	86,44	–	6,35	2,4

Таблица 4

Плотность сплавов

Марка сплава	Плотность ρ , г/см ³
ИЧ220Х18Г4НТ	7,36
ИЧХ28Н2	7,47
ИЧ270Х24НТБР	7,55
ИЧ220Х18Г4Ю2БНТ	7,07
ИЧ220Х18Г4Ю2Б2НТ	7,27

Таблица 5

Показатели коррозионной стойкости исследуемых сплавов

Марка сплава	K _r , мм/год	
	100% HCl	38% HCl
12Х17Л	1,5	0,5
75Х24ТЛ	1,3	0,8
40Х24Н12СЛ	0,3	0,01
ИЧ220Х18Г4НТ	1,3	0,1
ИЧХ28Н2	0,8	0,1
ИЧ270Х24НТБР	0,6	0,1
ИЧ220Х18Г4Ю2БНТ	1,7	0,5
ИЧ220Х18Г4Ю2Б2НТ	1,6	0,3

когда химическая реакция преобладает над диффузией компонентов сплава. Дальнейшая выдержка приводит к затуханию скорости процессов окисления, так как образуется защитный оксидный слой, и скорость коррозионных процессов определяется преимущественно диффузией через оксидный слой металла (рис. 5).

Лучшие показатели коррозионной стойкости обнаружены у чугуна состава ИЧ270Х24НТБР с плотностью 7,55 г/см³ (табл. 4). Значения K_r равно 0,6 мм/год.

Проведенные исследования показали, что коррозионная стойкость исследуемых КЛБЧ зависит не столько от количества и размера карбидных частиц, сколько от среднего расстояния между карбидами и от состава высокоуглеродистых фаз, что способствует образованию защитного оксидного слоя (рис. 6).

Результаты исследования, представленные в табл. 5, демонстрируют сопоставимые коэффициенты коррозионной стойкости КЛБЧ со сталями, несмотря на различие в количестве карбидной фазы.

При низкой концентрации азотной и серной кислоты чугуны пассивируются легче, чем низкоуглеродистые стали, кроме стали 40Х24Н12СЛ, после

150-часовой выдержки образцов, залитых в сырую ПГФ. В зависимости от скорости коррозии металлы и сплавы разбиты на группы по 10-балльной шкале. Исходя из значений, приведенных в работе [5], выбранные сплавы относятся к 4 группе стойкости, которая является пониженно-стойкой.

Из этих данных следует, что КЛБЧ с содержанием хрома 18% и выше имеют сопоставимые показатели коррозионной стойкости, несмотря на образования в легированных белых чугунах гальванических пар между карбидами (Fe,Cr)₇C₃ и

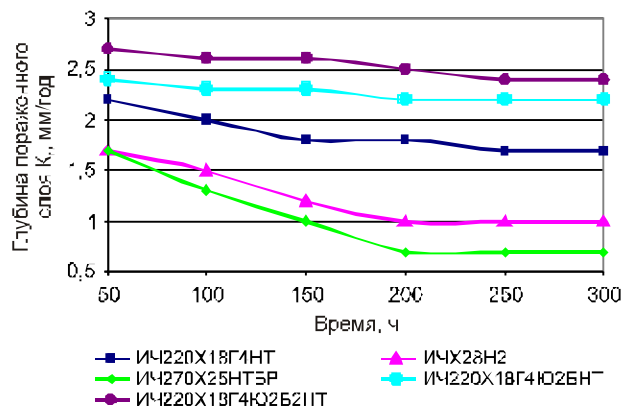


Рис. 5. Кинетика окисления исследуемых чугунов

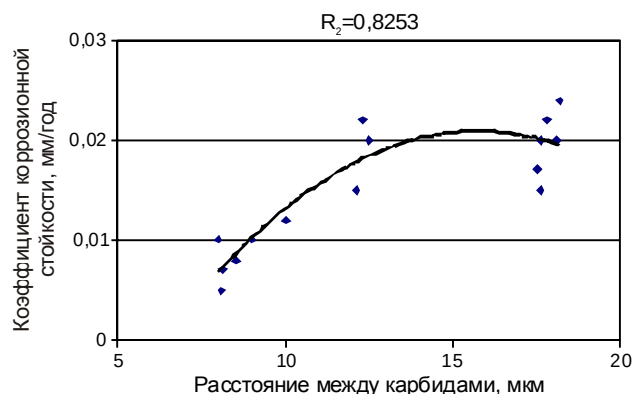


Рис. 6. Влияние среднего расстояния между карбидами исследованных сплавов, залитых в сырую ПГФ, на их коррозионностойкость

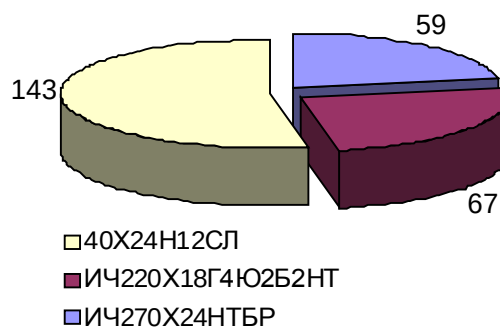


Рис. 7. Затраты на ферросплавы для получения 1 т расплава заданной марки, тыс. руб.

Таблица 6

Свойства железоуглеродистых сплавов

Марка сплава	K _и , ед.	K _г , мм/год	HRC, ед.
ИЧ270Х24НТБР	2,31	0,6	53,9
40Х24Н12СЛ	1,85	0,3	10

металлической основой. В КЛБЧ выбранных составов образуется большое количество карбидных фаз, и эффект влияния количества, среднего расстояния между карбидами на коррозионную стойкость становится более ощутимым и преобладающим, несмотря на повышение способности пассивироваться.

Чугун состава ИЧ270Х24НТБР обладает максимальной износостойкостью (K_и, ед.) и твердостью (HRC) в литом состоянии. Коэффициент износостойкости ИЧ270Х25НТБР составляет 2,31 ед. при значениях твердости для сырой ПГФ 53,9 ед. HRC (табл. 6).

По результатам сравнительной оценки выбранных марок сталей и КЛБЧ установлены сопоставимые показатели коррозионной стойкости в среде соляной кислоты. Выявлена большая на 30%, чем у сталей сопротивляемость КЛБЧ истиранию за счет большей твердости и износостойкости.

Меньшая износостойкость стали, по сравнению с чугунами, объясняется тем, что меньшее содержание углерода не обеспечивает образование достаточного количества карбидов и при износе на матрицу переносятся большая часть воздействия абразивных частиц [6].

Кроме того, согласно мировым ценам на ферросплавы цена легирующего комплекса КЛБЧ, необходимого для производства 1 т расплава, более чем в 2 раза ниже в сравнении с производством исследованной высоколегированной стали (рис. 7).

Таким образом, проведенные исследования показывают эффективность замены литейных сталей на белые комплексно-легированные чугуны для изготовления отливок, работающих в условиях износа и коррозионных сред.

Список литературы

1. Ри Хосен, Ри Э.Х. Комплексно-легированные чугуны специального назначения. Владивосток: Дальнаука, 2000. 287 с.
2. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. М.: Металлургия, 1983. 176 с.
3. Биркс Н., Майер Дж. Введение в высокотемпературное окис-

ление металлов. М.: Металлургия, 1987. 184 с.

4. Влияние легирующих элементов на жаро- и коррозионную стойкость низкоуглеродистого белого чугуна / Э.Х. Ри, А.С. Рабзина, В.М. Колокольников, Е.Б. Кухаренко, С.В. Дорофеев // Литейное производство. 2006. № 7. С. 5–8.
5. Специальные чугуны. Литье, термическая обработка, механические свойства: учеб. пособие / В.М. Колокольников, Е.В. Петровиченко, В.П. Соловьев, С.В. Цыбров; под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 187 с.
6. Брялин М.Ф., Колокольников В.М., Гольцов А.С. Повышение эксплуатационных свойств отливок из жароизносостойких хромомарганцевых чугунов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. № 4. С. 22–26.

Bibliography

1. Ri Khosen, E. Kh. Ri. Complex-alloying cast irons of special purpose. Vladivostok: Dalnauka, 2000. 287 p.
2. Tsylin I.I. White wear resistance cast iron. M.: Metallurgy, 1983. 176 p.
3. Birks N., Mayer J. Introduction to high-temperature oxidation of metals. M.: Metallurgy, 1987. 184 p.
4. Influence of alloying elements on the heat and corrosion resistance of low carbon white cast iron / E. Kh. Ri, A. S. Rabzina, V. M. Kolokol'tsev, E. B. Kukharensko, S. V. Dorofeev // Foundry. 2006. № 7. P. 5–8.
5. A Specially cast irons. Casting, heat treatment, mechanical properties: the manual / Kolokol'tsev V. M., Petrochenko E. V., Solovov V. P., Tsybrov S. V.; Edited by V. M. Kolokol'tsev. Magnitogorsk: SEI HPE Magnitogorsk State Technical University, 2009. 187 p.
6. Bryalin M. F., Kolokol'tsev V. M., Goltsev A. S. The improvement of heat and wear – resisting Cr–Mn iron casting properties. Vestnik MSTU named after G. I. Nosov. 2007. № 4. P. 22–26.

УДК 621.777:621.771.22

Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Ворошилов Д.С., Первухин М.В., Трифоненков Л.П., Лопатина Е.С., Баранов В.Н., Галиев Р.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛА И ОЦЕНКА СВОЙСТВ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СПЛАВА СИСТЕМЫ AL–PЗМ, ПОЛУЧЕННЫХ СОВМЕЩЕННЫМИ МЕТОДАМИ ЛИТЯ И ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

Для производства электропроводов, работающих при повышенных температурах, широко применяются сплавы алюминия с различным содержанием редкоземельных металлов (РЗМ). Технология производства длинномерных изделий из таких сплавов характеризуется высокой энерго- и трудоемкостью. При этом на различных этапах деформации металла возможно обра-

зование дефектов, которые приводят к нарушению технологического режима, что не позволяет производить такие деформированные полуфабрикаты с высокой производительностью. В то же время разработаны технологии непрерывной обработки алюминиевых сплавов, основанные на совмещении операций литья, прокатки и прессования [1, 2], и проведены исследования

режимов нагрева и деформации металла, а также конструкций прессового инструмента [3, 4]. В данной работе приведены результаты использования таких технологий на установках совмещенной обработки для получения длинномерных изделий из сплава системы Al–РЗМ.

Для проведения опытов по получению прутков из экспериментального сплава, содержащего в мас. %: 5,0 РЗМ; 0,12 меди; 0,22 железа; 0,01 марганца; 0,24 кремния; алюминий – остальное, была использована экспериментальная установка совмещенной обработки (рис. 1), параметры которой приведены в табл. 1.

Спроектированная установка обеспечила проведение ряда экспериментов по изучению влияния раз-

меров поперечного сечения калибра на силовые условия процесса при варьировании параметров обработки. Рабочая клеть установки представляла собой две стальные станины закрытого типа, скрепленные между собой стяжными болтами и смонтированные на общем основании с двигателем, коробкой передач, редуктором и шестеренной клетью. В подушках на бронзовых подшипниках скольжения были установлены валы, на которых смонтированы рабочие валки с закрытым ящичным калибром, имеющим размеры в наименьшем сечении 14×7 мм. Рабочий инструмент был изготовлен из стали 5ХНМ с твердостью HRC 48–52. Установка зазора между валками производилась с помощью шестерни через систему зубчатых передач, позволяющую производить совместное и раздельное вращение нажимных винтов.

Исследования проводили на опытных образцах, изготовленных по двум вариантам технологии совмещенной обработки:

– из литой заготовки, полученной с помощью электромагнитного кристаллизатора, с применением способа совмещенной прокатки-прессования (СПП);

– из расплава металла с применением способа совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛИПП).

Для литых заготовок, полученных с помощью электромагнитного кристаллизатора (ЭМК), проводили исследования микроструктуры и оценку уровня механических свойств, варьируя при этом скорость литья и диаметр заготовки.

Во всех образцах (рис. 2, 3) микроструктура представляет собой дендриты алюминиевого твердого раствора (светлый фон) и эвтектику (α +Al₄M) (темный фон); М – мишметалл, в состав которого входят церий и лантан. Проводили микроструктурный анализ слитков диаметрами 17, 10 и 5 мм при скорости литья 7 мм/с (см. рис. 2), при этом наблюдается тенденция к уменьшению размеров дендритных ячеек и получению более равномерной структуры с уменьшением диаметра слитков.

Структура литого прутка диаметром 5 мм наиболее однородная и дисперсная (рис. 2, в), при этом достигаются наиболее высокие прочностные характеристики. С уменьшением диаметра слитка возрастают прочностные свойства, снижаются пластические, а микротвердость изменяется в небольших пределах (табл. 2).

На следующем этапе исследовали влияние скорости литья на структуру и свойства слитков диаметром 13 мм, ко-

Таблица 1

Технические характеристики установки

Параметры	Единицы измерения	Значения
Диаметр валка	мм	200
Диаметр шейки вала	мм	100
Количество оборотов валка:	об/мин	
минимальное		4
максимальное		14
Передаточное число редуктора		40
Мощность электродвигателя	кВт	40
Длина бочки валка	мм	240

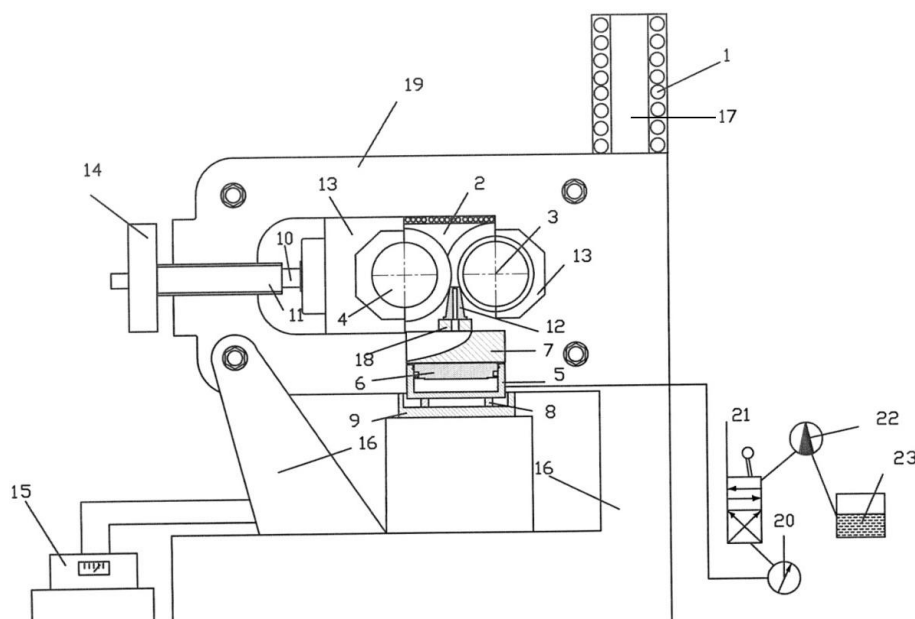


Рис. 1. Схема установки совмещенной обработки:

- 1 – печь для нагрева заготовок или получения расплава; 2 – заливочное устройство; 3 – валок с выступом; 4 – валок с канавкой; 5 – гидроцилиндр; 6 – плунжер; 7 – подставка; 8 – месдоза под матричным блоком; 9 – опора матричного блока; 10 – месдозы под нажимными винтами; 11 – нажимной винт; 12 – матрица; 13 – подшипники скольжения; 14 – штурвал-шестерня; 15 – тензометрическая аппаратура; 16 – опоры; 17 – расплав металла; 18 – матрицедержатель; 19 – станина; 20 – манометр; 21 – двухпозиционный гидрораспределитель с ручным управлением; 22 – ручной насос МР01/1; 23 – емкость с маслом

торые получали со скоростями 4,8, 7, 8,5 мм/с. Установлено, что увеличение скорости литья в меньшей степени влияет на размер дендритной структуры, но при этом наблюдается некоторое ее измельчение (см. рис. 3). Наиболее однородное и мелкое дендритное строение наблюдается в слитке, полученном со скоростью 8,5 мм/с (рис. 3, в). С увеличением скорости литья при получении слитков возрастают прочностные свойства, несколько снижаются пластические, а микротвердость остается примерно на одном уровне (см. табл. 2).

Таким образом, исследования показали, что качество структуры и уровень свойств зависит от диаметра слитков и скорости их получения. Уменьшение диаметра слитка и увеличение скорости литья должны привести к улучшению структуры металла, повышению прочностных свойств и обеспечить достаточные пластические свойства и твердость.

Для проведения опытов по первому варианту технологии с использованием литой заготовки была разработана следующая методика. В электрической печи сопро-

тивления одновременно нагревались несколько заготовок до нужной температуры (480–550°C) и выдерживались 10–15 мин. Температуру нагрева заготовок контролировали хромель-алюмелевой термопарой и потенциометром КСП-3. Одновременно осуществляли нагрев валков до максимальной температуры 80–100°C при помощи специальной печи 2 (см. рис. 1), выполненной в виде кожуха по форме валков и снабженной нихромовыми нагревателями. После нагрева заготовок и валков до необходимой температуры приводили во вращение валки установки со скоростью 4 или 8 об/мин.

Эксперименты проводили в следующей последовательности. После того, как произошел захват заготовки валком с выступом 3 (см. рис. 1) и валком с канавкой 4, тензометрическая аппаратура 15 фиксировала силу, оказываемую металлом на валки с помощью месдоз 10. Далее металл попадал в калибр и достигал матрицы 12, смонтированной на матрицедержателе 18. С помощью гидроцилиндра 5 матрица была плотно поджата к валкам, при этом металл заготовки, заполнив калибр, выдавливался через калибрующее отверстие матрицы в виде прутка диаметром 5,7 и 9 мм. Сила на матрице фиксировалась тензометрической аппаратурой с использованием месдозы 8. После того, как процесс прокатки-прессования заканчивался, его повторяли, изменяя при этом скорость прокатки.

Тарировку месдоз осуществляли на вертикальном гидравлическом прессе усилием 0,3 МН. На основе полученного тарировочного графика при помощи средств графического пакета AUTOCAD был создан программный модуль, который позволял расшифровать полученные осциллограммы.

Таблица 2

Свойства слитков из экспериментального сплава

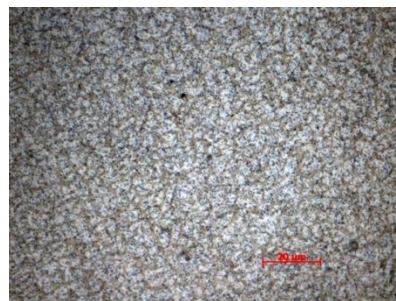
Параметр		σ_v , МПа	δ , %	Ψ , %	HV, кгс/мм ²
Диаметр слитка, мм	17	205,31	9,24	10,15	54,28
	10	211,96	5,64	6,15	61,26
	5	235,90	4,69	5,8	56,36
Скорость литья, мм/с	4,8	198,75	11,1	8,27	56,20
	7	216,28	10,58	10,95	58,22
	8,5	226,36	9,19	16,19	55,80



а



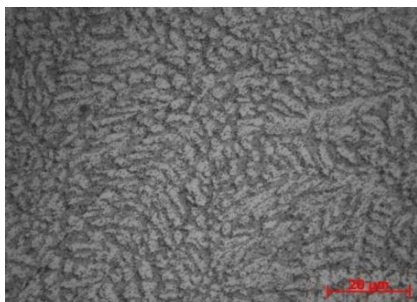
б



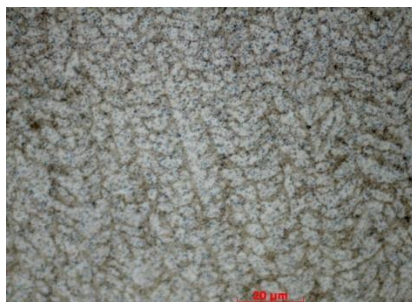
в

Рис. 2. Микроструктура слитков из экспериментального сплава:

а – диаметр 17 мм; б – 10 мм; в – 5 мм



а



б



б

Рис. 3. Микроструктура слитков из экспериментального сплава, полученных со скоростью литья:

а – 4,8 мм/с; б – 7 мм/с; в – 8,5 мм/с

Для проведения опытов по второму варианту технологии с использованием заливки расплава металла в калибр валков была разработана следующая методика. В печи-миксере 1 приготавливался расплав при температуре 750 и 780°C. Температуру нагрева расплава контролировали хромель-алюмелевой термопарой и потенциометром КСП-3. Затем приводили во вращение валки установки со скоростью 4 или 8 об/мин и заливали расплав в калибр валков. Далее металл заполнял калибр валков, кристаллизовался, распрессовывался и выдавливался в виде прутка диаметром 5, 7 и 9 мм. Энергосиловые параметры процесса (сила, действующая на валки $P_{\text{вал}}$, и сила, действующая на матрицу $P_{\text{матр}}$) приведены в табл. 3. Варьируемыми параметрами являлись температура нагрева заготовки T , коэффициент вытяж-

Таблица 3

Результаты исследований энергосиловых параметров экспериментального сплава по первому варианту технологии

Параметры		T=480°C			T=550°C		
		$\mu=6,8$	$\mu=8$	$\mu=15,7$	$\mu=6,8$	$\mu=8$	$\mu=15,7$
$\xi=0,74 \text{ c}^{-1}$	$P_{\text{вал}}, \text{ кН}$	452,34	484,02	539,28	339,85	368,84	371,37
	$P_{\text{матр}}, \text{ кН}$	267,07	298,02	367,42	230,9	254,15	315,17
$\xi=1,49 \text{ c}^{-1}$	$P_{\text{вал}}, \text{ кН}$	410,21	453,79	502,54	311,87	346,59	350,15
	$P_{\text{матр}}, \text{ кН}$	225,17	255,65	333,11	187,51	215,69	269,46

Таблица 4

Механические свойства горячепрессованных прутков

Параметры		T=480°C			T=550°C		
		9 мм	7 мм	5 мм	9 мм	7 мм	5 мм
$\xi=0,74 \text{ c}^{-1}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	142,43	160,82	167,82	154,59	156,95	169,3
	$\delta, \%$	19,75	18,38	14,84	27,56	18,73	15,38
$\xi=1,49 \text{ c}^{-1}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	136,03	149,07	153,36	146,62	153,86	165,35
	$\delta, \%$	26,67	22,86	16,35	29,03	22,12	17,67

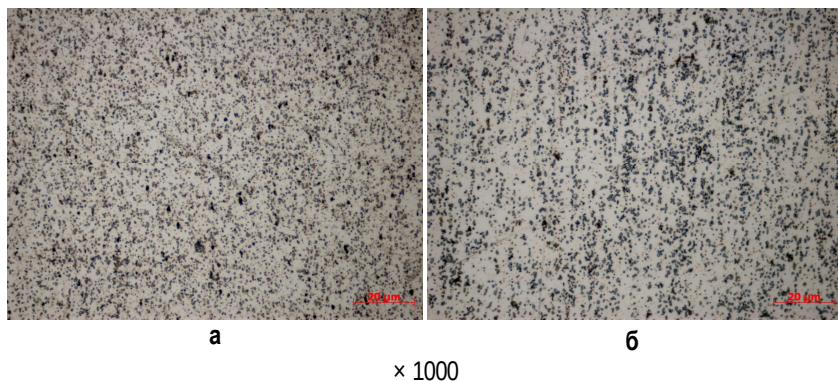


Рис. 5. Микроструктура полуфабрикатов при температуре заготовки 550°C и скорости деформации $\xi=0,74 \text{ c}^{-1}$, диаметры: а – 9 мм; б – 5 мм

ки при прессовании μ и скорость деформации ξ .

Как видно из экспериментальных данных силы на валках и матрице увеличиваются с ростом коэффициента вытяжки, что является результатом увеличения объема деформируемого металла с повышением степени деформации по мере заполнения пространства металлом между валками и матрицей. Анализ зависимостей энергосиловых параметров показал, что с увеличением температуры нагрева заготовки силы на валках и матрице уменьшаются, что соответствует общепринятым законам теории ОМД. Также было установлено, что с ростом скорости деформации, силы на валках и матрице снижаются, что объясняется тем, что процессы разупрочнения с ростом температуры деформационного разогрева являются преобладающими по сравнению со скоростным упрочнением.

Микроструктура деформированных образцов приведена на рис. 5. Следует отметить, что в структуре деформированного образца сохраняется дендритное строение, но наблюдается определенная направленность структурных составляющих.

Механические свойства горячепрессованных прутков (временное сопротивление разрыву $\sigma_{\text{в}}$ и относительное удлинение δ) приведены в табл. 4.

Из таблицы видно, что изменение технологических параметров сказалось на механических свойствах. С увеличением скорости деформации увеличивается пластичность прутков. Также пластические характеристики увеличиваются с ростом температуры заготовки, что соответствует общепринятым законам ОМД. В среднем временное сопротивление разрыву горячепрессованных прутков составляет в среднем 140–170 МПа, относительное удлинение 15–30 %.

Было изучено также влияние температуры и скорости деформации на структуру и свойства горячепрессованных прутков, полученных по второму варианту методом совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛИПП). Прутки получали при температурах расплава 750 и 780°C и скоростях деформации $\xi=0,74$ и $1,49 \text{ c}^{-1}$. Структуры полуфабрикатов представлены на рис. 6 и 7.

Полученная структура неоднородна. Деформация при температуре 750°C с разными скоростями приводит к формированию сильно отличающийся структуры в крайних зонах прутков и центральных частей. В крайних зонах наблюдается однородное распределение мелких частиц по твердому раствору (см. рис. 6). В центральных зонах наблюдаются светлые участки α твердого раствора и темные участки эвтектики ($\alpha + \text{Al}_4\text{M}$).

При температуре 780°C неоднородность в различных слоях прутков менее выражена (см. рис. 7). В прутках диаметром 5 мм наблюдаются крупные частицы с размерами от 9×3 до $15 \times 7 \text{ мкм}$. Скорее всего, это связано с большими скоростями охлаждения металла и высокими степенями

деформации. Наиболее оптимальная структура прутков получается при температуре деформации 780°C и скорости $1,49 \text{ c}^{-1}$.

Энергосиловые параметры процесса СЛИПП приведены в табл. 5.

Механические свойства горячепрессованных прутков диаметром $d=5, 7$ и 9 мм , полученных методом СЛИПП при различной скорости деформации и температуре расплава $T=750^{\circ}\text{C}$ и $T=780^{\circ}\text{C}$, приведены в табл. 6.

Из таблицы видно, что временное сопротивление

разрыву прутков, полученных по методу СЛИПП, составляет в среднем $190\text{--}250 \text{ МПа}$, а относительное удлинение – $9\text{--}14 \%$.

При сравнении механических свойств пресс-изделий, полученных по разным вариантам технологии, установлено, что более пластичны прутки, полученные методом СПП. Это может быть объяснено тем, что однородное мелкозернистое строение заготовки из ЭМК благоприятно сказывается на пластичности на более поздних этапах деформирования. При реализации процесса СЛИПП полученные пресс-изделия имеют меньшую

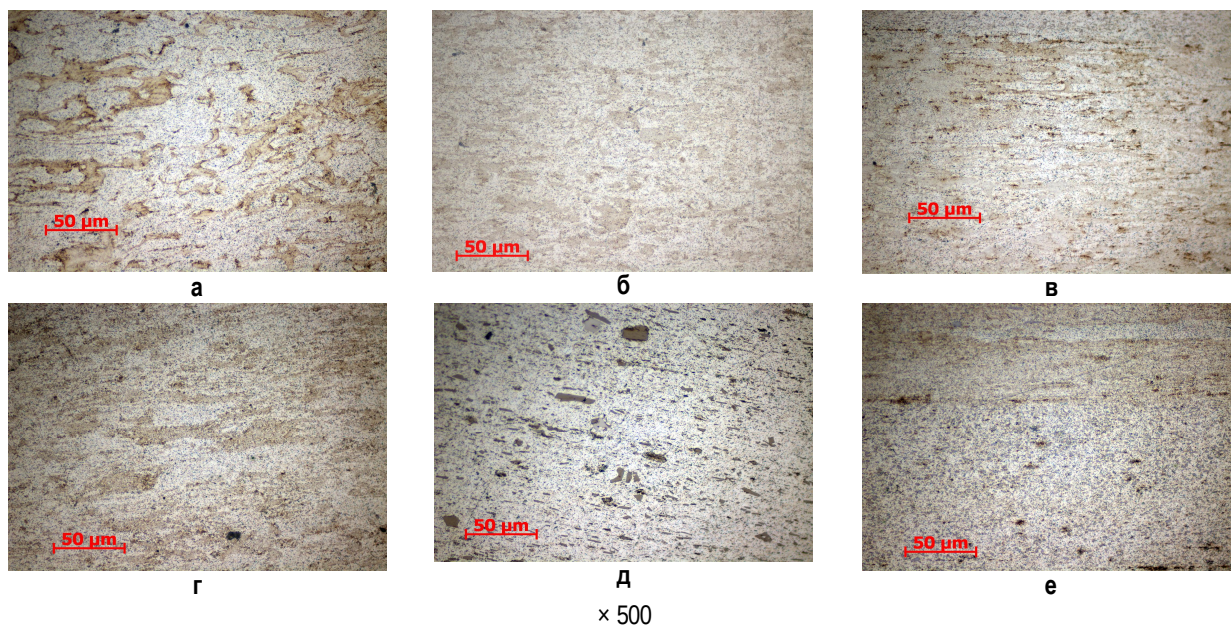


Рис. 6. Микроструктура прутков, полученных методом СЛИПП при температуре 750°C , диаметры: а, б – 9 мм ; в, г – 7 мм ; д, е – 5 мм ; скорость деформации: а, в, д – $0,74 \text{ c}^{-1}$; б, г, е – $1,49 \text{ c}^{-1}$

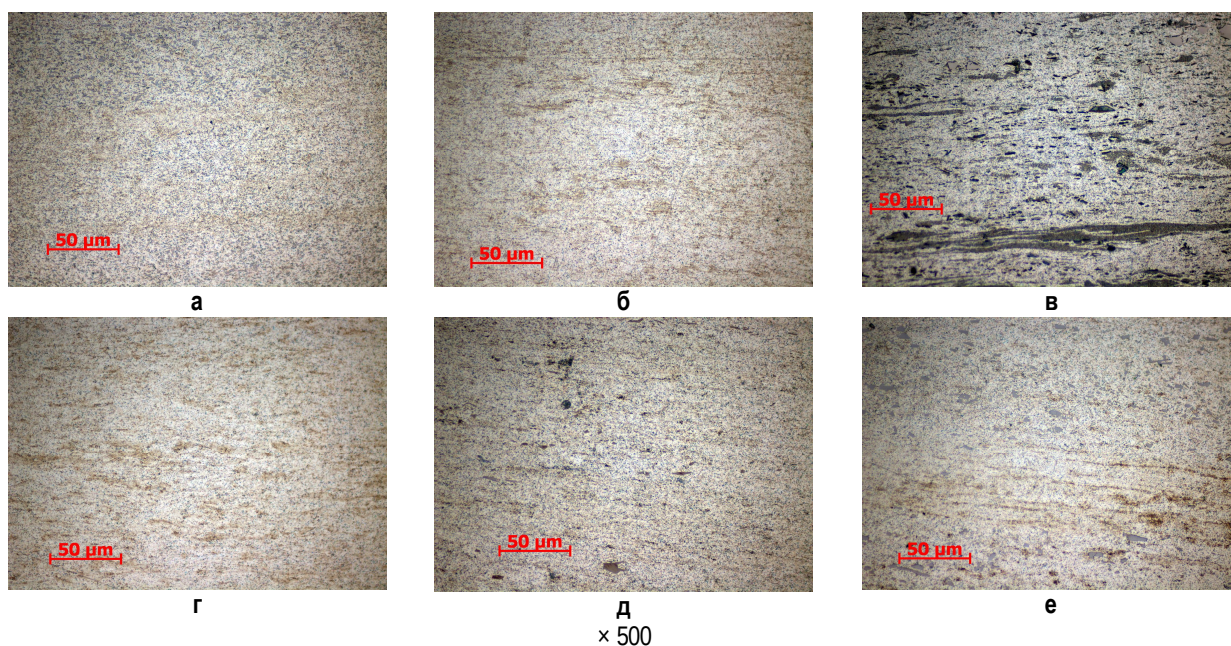


Рис. 7. Микроструктура полуфабрикатов, полученных методом СЛИПП при температуре 780°C , диаметры: а, б – 9 мм ; в, г – 7 мм ; д, е – 5 мм , скорость деформации: а, в, д – $\xi=0,74 \text{ c}^{-1}$; б, г, д – $\xi=1,49 \text{ c}^{-1}$

пластичность, однако их прочностные характеристики выше. Это позволяет с помощью последующей холодной деформации при производстве, например проволоки, получить достаточно высокий уровень прочностных свойств (временное сопротивление разрыву может достигать 270–300 МПа).

Замеры электросопротивления на горячепрессованных прутках, полученных по различным технологиям, показали, что значения этого параметра находятся в пределах 0,031–0,033 Ом м/мм².

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено влияние режимов совмещенной обработки на свойства и структуру пресс-изделий из сплава системы Al–PЗМ. Полученные количественные оценки механических свойств, энергосиловых характеристик и закономерности их изменения в зависимости от параметров обработки использованы при создании конструкций оборудования и разработке технологических режимов получения длинномерных изделий из исследуемых алюминиевых сплавов.

Работа выполнена в рамках реализации государственной поддержки развития кооперации и использования субсидий ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» и ООО «РУСАЛ ИГЦ», совместно выполняющих в рамках договора с Минобрнауки России комплексный проект по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии получения алюминиевых сплавов с редкоземельными, переходными металлами и высокоэффективного оборудования для производства электротехнической катанки».

Список литературы

1. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография. М.: МАКС Пресс, 2005. 344 с.
2. Повышение эффективности производства профилей из алюминиевых сплавов на основе управления тепловыми условиями процесса прессования / Беляев С.В., Довженко Н.Н., Сидельников С.Б. и др. // Журнал Сиб. фед. ун-та. 2009. № 4. С. 418–426.
3. Разработка устройств и технологии для получения проволоки из труднодеформируемых алюминиевых сплавов с применением методов совмещенной обработки / Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Соколов Р.Е. и др. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 4. С. 30–34.
4. Выбор оптимальных зазоров в калибре при совмещенной прокатке-прессовании / Беляев С.В., Довженко Н.Н., Сидельников С.Б. и др. // Журнал Сиб. фед. ун-та. 2010. № 3. С. 411–420.

Таблица 5

Результаты исследований энергосиловых параметров экспериментального сплава по методу СЛИПП

Параметры		T=750°C			T=780°C		
		$\mu=6,8$	$\mu=8$	$\mu=15,7$	$\mu=6,8$	$\mu=8$	$\mu=15,7$
$\xi=0,74 \text{ c}^{-1}$	$R_{\text{вал}}, \text{ кН}$	372,5	384,3	397,28	339,85	368,84	371,37
	$R_{\text{матр}}, \text{ кН}$	387,07	445,84	559,36	358,9	402,15	493,17
$\xi=1,49 \text{ c}^{-1}$	$R_{\text{вал}}, \text{ кН}$	350,21	376,79	382,54	311,87	346,59	350,15
	$R_{\text{матр}}, \text{ кН}$	377,6	425,65	539,11	339,51	368,36	469,46

Таблица 6

Механические свойства прутков, полученных методом СЛИПП

Параметры		T=750°C			T=780°C		
		d=9 мм	d=7 мм	d=5 мм	d=9 мм	d=7 мм	d=5 мм
$\xi=0,74 \text{ c}^{-1}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	212,37	237,92	253,27	212,78	232,55	241,92
	$\delta, \%$	13,34	13,49	12,82	13,53	12,8	11,86
$\xi=1,49 \text{ c}^{-1}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	198,58	226,01	246,78	191,56	218,45	231,72
	$\delta, \%$	10,2	10,52	9,64	11,72	10,62	10,29

Bibliography

1. Sidelnikov S.B., Dovjenko N.N., Zagirov N.N. Combined and complex methods of forming of non-ferrous metals and alloys: monograph. M.: MAX Press, 2005. 344 p.
2. Increasing production efficiency of profiles made of aluminum alloys based on control the thermal conditions of extruding process / Belyaev S.V., Dovjenko N.N., Sidelnikov S.B. etc. // Magazine of Siberian Federal University. 2009. № 4. P. 418–426.
3. Development of devices and technology for receipt wire made of hardly deformed aluminum alloys using methods of combined treatment / Sidelnikov S.B., Dovjenko N.N., Sokolov R.E. etc. // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2009. № 4. P. 30–34.
4. Choosing the best clearance in the calibers during combined rolling-extruding / Belyaev S.V., Dovjenko N.N., Sidelnikov S.B. etc. // Magazine of Siberian Federal University. 2010. № 3. P. 411–420.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 62-503.57

Рубин Г.Ш.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЦЕЛЕВОЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

Несмотря на многолетние и обширные исследования в области комплексной оценки качества изделий (квалиметрии) практически не уделялось внимание определению периода времени, в который рассматривается оцениваемое изделие. Одни авторы исследуют особенности технологии, имея в виду при этом конкретный физический объект, другие – изделие как объект рыночных отношений, включая в оценку экономические и другие параметры рыночной природы. Существуют и другие подходы.

Ниже мы рассмотрим некоторые особенности метизов промышленного назначения, хотя основные положения статьи могут быть распространены на более широкий круг изделий.

Для конкретизации периода изучения качества изделия будем опираться на классическое понятие – «Жизненный цикл изделия». **Жизненный цикл изделия (ЖЦИ)**, как определяет его стандарт ISO 9004[1], – это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта. Таким образом, жизненный цикл – весь временной период, когда вообще существует понятие данного изделия.

В квалиметрии изделие исследуется в более короткий период времени, чем весь жизненный цикл. Поэтому необходимо однозначно определить этот период. В исследованиях [2,3] выделяют более мелкие периоды времени, чем жизненный цикл, называя их стадиями жизненного цикла. Мы будем придерживаться этой терминологии. Для того чтобы определить стадии жизненного цикла, на которых происходит оценивание, необходимо обратиться к самой цели оценивания. Вначале целесообразно привести формулировку ГОСТ 15467-79 [4]: «Качество – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением». Здесь важнейшим положением является вторая часть определения – «...пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением». Эта же формулировка приведена и в известной книге [5]. Удовлетворять потребность в соответствии с назначением изделие способно только на определенных стадиях жизненного цикла. Каких именно, становится ясно, если обратиться к действующим законам и стандартам. основополагающим в области стандартизации является закон «О техническом регули-

ровании» [6]. Закон определяет одним из принципов стандартизации принцип «...максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц...». В законе не конкретизируется, кого следует относить к заинтересованным лицам. Одним из таких лиц далее в тексте закона неоднократно упоминается изготовитель продукции (ст. 38, 39). Он является одним из главных действующих лиц во всех процедурах сертификации и других регламентных процедурах. Поставщик и заказчик, под которыми, в частности, понимаются изготовитель и потребитель, присутствуют в качестве сторон процесса во всех стандартах на метизы, например [7]. Упомянутый закон также определяет два вида стандартов: национальный стандарт и стандарт предприятий. Роль стандартов предприятий в системе стандартизации РФ не явна, но однозначно определяет изготовителя как одно из основных заинтересованных лиц в оценке качества продукции. Таким образом, определяется начальный момент времени в жизненном цикле продукции, с которого происходит собственно оценка качества изделия – момент изготовления. Этот достаточно очевидный факт явно нигде не указывается. Однако во всех стандартах на изделия и смежных, регламентирующих правила приёмки, испытания и прочее речь идёт о свойствах изделия, приобретаемых после завершения технологического процесса.

Для целей нашего исследования необходимо рассматривать промежуток времени, начинающийся с обретением изделия всех характерных для него свойств. Это происходит в момент завершения изготовления и упаковки. То есть в момент, когда прекращается активное воздействие на продукт с целью изменения его свойств. Окончанием временного отрезка оценивания мы будем считать момент достижения состояния, когда в результате износа невозможна эксплуатация изделия в соответствии с его назначением, т.е. изделие бесполезно для потребителя.

Назовём этот период времени потребительской фазой изделия. Итак, потребительская фаза – это промежуток времени, начинающийся с обретением изделия всех характерных для него свойств и заканчивающийся моментом достижения состояния, когда в результате износа невозможна эксплуатация изделия в соответствии с его назначением.

Потребительская фаза изделия неоднородна и включает несколько стадий (этапов) жизненного цикла изделия. Мы выделяем эти стадии, придерживаясь

функционального принципа. Само понятие функции изделия требует дополнительного исследования и определения. Однако в целях настоящей статьи достаточно интуитивно понятного определения. В соответствии с этим первой стадией является транспортировка изделия к месту потребления. Это определяет, в частности, требования к упаковке, защите от окружающей среды, габаритам контейнера, бунта или другой погрузочной единицы, как, например, в ГОСТ 10618-80 [8]. Таким образом, первая стадия потребительской фазы – **транспортная**. Следующая фаза – приведение изделия в рабочее состояние: завинчивание болтов, винтов, гаек, навеска каната, установка сетки в рабочее устройство и т.д. Эту фазу мы назвали **монтажной**. Она определяет требования к форме головки болта, граней гайки, механические требования по скручиванию и др. И третья стадия потребительской фазы – **эксплуатационная**. В этой стадии реализуются основные потребительские свойства изделия – прочность на разрыв крепежа, абразивная стойкость канатов в скважинах, дифференцирование вещества (сетка), упругие свойства метизов и др.

Теперь можно ввести конструктивное определение качества метизов: **качество – это степень выполнения трёх функций изделия – транспортной, монтажной и эксплуатационной**. Мы называем это определение конструктивным, т.к. указание конкретных функций определяет путь дальнейшего исследования структуры качества, т.е. свойств, обеспечивающих выполнение соответствующих функций. Следует отметить, что, в отличие от ставшей классической древовидной структуры комплексного качества изделия, при предложенном подходе возможна сетевая структура, поскольку одно и то же свойство может обеспечивать несколько функций. Эти же связи можно изобразить в виде матрицы, где строка соответствует функциям, столбцы – свойствам. Элементы матрицы, принимая значения 1 или 0, фиксируют наличие или отсутствие связи между свойством и функцией. Возможно рассмотрение функций второго уровня, т.е. обеспечивающих выполнение трёх рассмотренных выше. Кроме того, количество функций, на которые влияет данное свойство, мы предлагаем считать его важностью. Поэтому исчезает потребность определять количественную оценку важности – весомость. Она определяется самой структурой комплексного качества.

Совокупность методов анализа качества метизов на основе исследования функций изделия на протяжении его потребительской фазы предлагается назвать **функционально-целевым анализом**.

Список литературы

1. ИСО 9004:2009. Менеджмент с целью достижения устойчивого успеха организации. Подход с позиции менеджмента качества.
2. Смелянский В.М., Блюменштейн В.Ю. Информационная поддержка жизненного цикла упрочненных ппд деталей машин. Функциональная модель механики технологического наследования // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 1.
3. Блюменштейн В.Ю. Информационная поддержка жизненного цикла упрочненных ппд деталей машин. Модель процесса истощения запаса пластичности металла на стадиях жизненного цикла детали. Продолжение. Функциональная модель механики технологического наследования // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 2.
4. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
5. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. М.: Изд-во стандартов, 1972. 172 с.
6. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ.
7. ГОСТ 17769-83. Изделия крепежные. Правила приемки.
8. ГОСТ 10618-80. Винты самонарезающие для металла и пластмасс.

Bibliography

1. ISO 9004:2009. Management for a sustained success of an organization. A quality management approach.
2. Smelyanskiy V.M., Blumenstein V.U. Information support for the strengthened ppd machine elements lifecycle. The functional model of the technological inheritance mechanics // Hardening technologies and coatings. 2005. № 1.
3. Blumenstein V.U. Information support for the strengthened ppd machine elements lifecycle. Continuation. The model of the process of metal plasticity resource exhaust at the stages of the component lifecycle. Continuation. The functional model of the technological inheritance mechanics // Hardening technologies and coatings. 2005. № 2.
4. GOST 15467-79. Product quality control. Basic concepts. Terms and definitions.
5. Azgaldov G.G., Raihman E.P. Qualimetry. Moscow: Standards Publishing House, 1972. 172 p.
6. Federal law «About technical regulating» 27.12.2002 № 184-FL.
7. GOST 17769-83. Fastening components. The rules of acceptance.
8. GOST 10618-80. Self-tapping screws for metals and plastics.

УДК 629.11.012.8

Михайловский И.А.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ГАРМОНИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ МЕТАЛЛОПРОКАТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОКОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ АВТОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В настоящее время, когда наблюдается устойчивый рост числа сборочных предприятий ведущих мировых производителей на территории России, сопровождаемый увеличением на них выпуска автомобилей

иностранного происхождения, происходит ужесточение требований, предъявляемых российскими потребителями к качеству отечественных автомобилей и их компонентов. Одновременно с этим, принимая во внимание

постановления Правительства Российской Федерации, направленные на увеличение в собираемых на территории государства автомобилях доли комплектующих изделий отечественного производства, неизбежен постепенный переход отечественной автомобильной промышленности к принятию современных международных требований к уровню качества автокомпонентов и стандартов, регламентирующих как свойства готовых изделий, так и материалов, используемых при их изготовлении.

В данных условиях перед российскими предприятиями-производителями автокомпонентов и их смежниками встает задача модернизации собственного производства, повышения эффективности технологических процессов производства комплектующих изделий и узлов автомобилей с одновременным повышением качества выпускаемой продукции, а также разработки нормативной базы для освоения производства новых материалов, отвечающих требованиям иностранных заказчиков.

Среднеуглеродистые хромосодержащие стали являются наиболее употребляемыми при производстве шаровых пальцев легковых автомобилей как в России, так и в целом в мире. За рубежом, в частности в Северной Америке, наибольшее применение получили стали SAE 5140 и SAE 5140H, в Западной Европе – 41Cr4 и 41CrS4, изготавливаемые согласно требованиям германского стандарта DIN 17200.

Отечественные марки углеродистых хромосодержащих сталей, такие как 40X, 38ХГНМ, в силу различий по содержанию легирующих элементов, не могут являться полноценными заменителями сталей SAE 5140, SAE 5140H, 41Cr4 и 41CrS4.

Опыт работы по организации в России производства деталей передней подвески и рулевого управления автомобилей для поставок на сборочные конвейеры ведущих иностранных производителей показывает необходимость пересмотра и актуализации нормативно-технической базы всей технологической цепи – начиная от выплавки стали для изготовления металлических комплектующих узлов и заканчивая проведением испытаний изделий в сборе.

Примером реализации подобных проектов на территории Российской Федерации служит сотрудничество отечественного производителя шаровых шарниров передней подвески и рулевого управления ЗАО НПО «БелМаг» (г. Магнитогорск, Челябинская обл.) с одним из крупнейших производителей тормозных систем, систем подвески и рулевого управления для конвейеров таких автогигантов, как «Форд», «Дженерал Моторс», «Крайслер», «Рено» и др.

Производство шаровых пальцев для шарниров подвесок автомобилей включает: подготовку отожженного проката (как правило, в мотках) к холодной объемной штамповке путем удаления поверхностных дефектов обточкой, нанесения подмазочного слоя (травление, фосфатирование, нейтрализация), калибрования на диаметр под высадку; объемную штамповку заготовок пальцев на многопозиционных холодновысадочных автоматах; термическую обработку

заготовок пальцев; их механическую обработку.

Невозможность использования отечественных марок сталей при изготовлении из них шаровых пальцев для зарубежных заказчиков либо для сборочных производств иностранных концернов, размещенных на территории Российской Федерации, существенно замедляет как выход продукции отечественного машиностроения на зарубежные рынки сбыта, так и локализацию производства компонентов для целого ряда сборочных производств автомобилей иностранных марок на территории России.

С целью решения данной проблемы необходимо на базе существующих требований к среднеуглеродистым хромосодержащим сталям, предъявляемым в Северной Америке и Западной Европе, создать их максимально полные аналоги, руководствуясь действующими в настоящее время на территории Российской Федерации техническими нормами. При этом создание полных аналогов сталей по содержанию легирующих элементов явилось бы полумерой, поскольку ведущие мировые производители автокомпонентов регламентируют, помимо требований к химическому составу сталей, целый ряд обязательств и к металлопрокату из них.

Необходимость в создании марки стали, полностью отвечающей требованиям, предъявляемым к 5140H, возникла при разработке и реализации сквозной технологии производства шаровых пальцев для шарниров рулевого управления автомобилей марки «Додж Рэм», выпускаемых американским автопроизводителем «Крайслер».

Анализ требований к данным изделиям показал потребность в разработке нормативно-технической документации на новую марку стали и прокат из нее. При этом в разработку документации были вовлечены все предприятия, участвующие в его переработке: ОАО «ОЭМК» (г. Старый Оскол, Белгородская обл.), ОАО «БелЗАН» (г. Белебей, Республика Башкортостан) и ЗАО НПО «БелМаг».

Разработка требований к металлопрокату касалась следующих направлений:

- требования к исходному металлопрокату (химические свойства, механические свойства, микро- и макроструктура, обезуглероженный слой, геометрические размеры);
- требования к отожженному металлопрокату (механические свойства, микро- и макроструктура; обезуглероженный слой);
- требования по контролю и испытаниям металлопроката как исходного, так и отожженного (методики контроля и испытаний, объемы, аналитичность и совместимость российских и зарубежных методов).

Согласно условиям заказчика основной для данных шаровых пальцев являлась сталь марки 5140H. На основе анализа требований к химическому составу (табл. 1) и сопоставления требований ГОСТ 4543-71, ASTM A304, EN 18300 была предложена для производства модификация хромистой конструкционной стали 40X – 40X Селект. ЗАО НПО «БелМаг» совместно с ОАО

«ОЭМК» и ОАО «БелЗАН» были разработаны и реализованы технические соглашения ТС 0187895-109-2004 и ТС 0187895-118-1-2003 на металлопрокат из стали 40X Селект, соответствующей требованиям иностранного заказчика (табл. 2).

Было отмечено, что требования к качеству поверхности металлопроката российских и зарубежных стандартов совпадают. В соответствии с требованиями иностранного заказчика сталь в отожженном состоянии подвергается испытаниям на холодную осадку на 2 диаметра горячекатаной заготовки. Требования российских стандартов – прокат стали должен выдержать испытания на осадку 1/3 от длины образца по ГОСТ 10702-78 (группа на осадку 66Т) без появления указанных в данном стандарте дефектов. Проведенные испытания образцов, изготовленных из проката стали 40X Селект, показали, что они выдерживают испытания на холодную осадку по группе 75Т.

Прокаливаемость в соответствии со стандартом SAE J1268 определяется методом торцевой закалки (по Джомини) (российский аналог ГОСТ 5657-69). При проведении испытаний проката стали 40X Селект была получена прокаливаемость по Джомини, соответствующая требованиям, предъявляемым к 5140H (табл. 3).

Требования американского стандарта ASTM 112

к размеру зерна – 8 балл. Учитывая опыт по штамповке аналогичных шаровых пальцев в ОАО «БелЗАН», было установлено требование по размеру ферритно-перлитного зерна – не крупнее 5 балла. Загрязненность неметаллическими включениями для проката американского производства определяется по стандарту ASTM E45, метод А (максимальный балл – 3), что соответствует требованиям ГОСТ 1778-70 (3 балла по каждому виду включений – сульфидам, оксидам, силикатам, нитридам) [1]. Фактически в прокате стали 40X Селект было подтверждено содержание неметаллических включений на уровне 0,5–1 балл.

Требования к глубине обезуглероженного слоя у американского стандарта SAE J419 и российского ГОСТ 1763-68 схожи – не более 0,5 мм на сторону металлопроката.

Шаровые пальцы, изготовленные для американского потребителя из стали 40X Селект, успешно прошли испытания и получили одобрение заказчика.

С целью унификации марки стали, применяемой для изготовления шаровых пальцев как на внутренний, так и на внешний рынки, было принято решение об изготовлении опытных партий заготовок шаровых пальцев передней подвески для заднеприводных автомобилей ВАЗ из стали 40X Селект. Опытные пар-

Таблица 1

Химический состав сталей для изготовления шаровых пальцев

Марка стали	Стандарт	Массовая доля элементов, %								
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo max	Cu	S max	P max
38ХГНМ	ТУ 14-1-2527-90	0,37–0,43	0,17–0,37	0,70–1,00	0,40–0,60	0,40–0,70	0,15–0,25	–	0,035	0,035
5140H	SAE J1268	0,37–0,44	0,15–0,35	0,60–1,00	0,60–1,10	max 0,25	0,06	0,30 max	0,04	0,035
40X	ГОСТ 4543-71	0,36–0,44	0,17–0,37	0,50–0,80	0,80–1,10	–	0,15	0,35 max	0,035	0,035
40X Селект	ТС 0187895-109-2004 ТС 0187895-118-1-2003	0,37–0,44	0,15–0,30	0,60–1,00	0,60–1,10	Не более				
						0,25	0,06	0,30	0,040	0,035
41X1	ТС 00187895-059-2005	0,38–0,45	max 0,40	0,60–0,90	0,90–1,20	max 0,30	–	–	0,020–0,040	0,035
41Cr4	DIN 17200	0,38–0,45	0,15–0,40	0,50–0,80	0,90–1,20	–	–	–	0,035	0,035
41CrS4	DIN 17200	0,38–0,45	0,15–0,40	0,50–0,80	0,90–1,20	–	–	–	0,02–0,035	0,035

Таблица 2

Механические свойства проката для штамповки шаровых пальцев

Марка стали	Стандарт	σв, Н/мм2	δ ₅ , %	ψ, %	Содержание зернистого перлита, %
			Не менее		
40X	ГОСТ 4543-71	Не менее 980	10	45	
После сфероидизирующего отжига					
38XГНМ	ТУ 14-1-2527-90	490–590	18	60	~80
40X	ГОСТ Р 4543-71	440–560	20	60	–
40X Селект	ТС 0187895-118-1-2003	Не более 637	18	55	~80 (55–60)*
41X1	ТС 0187895-153-2005	Не более 590 (540–550)**	18 (30)*	55 (60–65)*	Не менее 65 (80)*
Термически обработанный+нагартованный					
38XГНМ **	–	Не более 640	18	55	Не менее 65

* Фактические значения.

** Фактические значения после волочения с обжатием 4–6%.

Таблица 3

Требуемые показатели прокаливаемости
по Джомини (HRC)

Расстояние от торца, мм	SAE 5140H	40X Селект по ТС 0187895-109- 2004	40X по ГОСТ 4543-71	41X1 по ТС 0187895- 059-2005
1,5	53–60	max 60	51–58,5	53–61
5	50–58	max 58	–	50–60
6	–	–	45–55,5	–
9	40–55	min 40	39–52,5	41–58

тии пальцев шаровых были изготовлены ОАО «БелЗАН». Испытания шаровых пальцев на твердость и ударную прочность показали, что механические свойства шаровых пальцев, произведенных из стали 40X Селект, не уступают свойствам шаровых пальцев, изготовленных из стали 38ХГНМ, широко применявшейся для производства данных изделий.

При проработке запросов на изготовление шаровых пальцев со стороны европейских заказчиков было установлено, что, как и в случае с заказом для американского автопроизводителя, полных аналогов применяемым в Западной Европе для данных изделий маркам стали (41Cr4, 41CrS4) в России нет, а ближайшие – 40X и 40X Селект отличаются по химическому составу основных компонентов, а именно C, Si, Cr (см. табл. 1). Освоение производства шаровых пальцев для европейских потребителей потребовало создания специальной марки стали, удовлетворяющей требованиям, указанным в чертежах заказчика. Совместно с ОАО «ОЭМК» и ОАО «БелЗАН» была разработана новая сталь марки 41X1 и техническое соглашение ТС 0187895-059-2005 (см. табл. 1, 3) на изготовление и поставку круглого сортового проката для производства шаровых пальцев [2]. Образцы шаровых пальцев, изготовленных из данной марки стали, прошли испытания со стороны европейского потребителя и были одобрены для серийных поставок.

Для унификации марки стали, применяемой для изготовления шаровых пальцев как на внутренний, так и на внешний рынки, было принято решение о переводе производства шаровых пальцев для вторичного рынка с дорогостоящей стали 38ХГНМ на сталь 41X1. Специальными ЗАО НПО «БелМаг» и ОАО «БелЗАН» была разработана конструкторская и технологическая документация на производство заготовок шаровых пальцев передней подвески автомобилей ВАЗ из стали 41X1.

Для того чтобы еще более снизить затраты на подготовку металла к высадке, совместно со специалистами ОАО «ОЭМК» было разработано техническое соглашение ТС 0187895-153-2005 (см. табл. 2) на прокат горячекатаный (горячекалиброванный), термообработанный из стали марки 41X1. Применение отожженного горячекалиброванного проката позво-

лило исключить из технологии подготовки металла к высадке одну операцию отжига и операцию предварительного волочения.

Разработка нового вида проката из стали 41X1 позволила выполнить требования иностранных заказчиков, предъявляемые к материалам шаровых пальцев, при этом используя, в основном, российские государственные нормативные документы.

Помимо этого прокат из стали 41X1 способен полностью исключить использование дорогостоящей стали 38ХГНМ, широко применяемой в отечественной промышленности при производстве шаровых пальцев передней подвески.

С целью проверки соответствия качества шаровых пальцев, изготовленных из проката стали марки 41X1 и предназначенных для применения в шаровых шарнирах передней подвески автомобилей производства ОАО «АВТОВАЗ» и ЗАО «Джи Эм – АВТОВАЗ», были проведены испытания данных комплектующих изделий. Результаты испытаний показали, что шаровые пальцы передней подвески, изготовленные из разработанного нового вида проката стали 41X1, полностью удовлетворяют требованиям конструкторской документации и могут быть использованы в качестве комплектующих изделий шаровых шарниров, предназначенных для установки на легковые автомобили производства ОАО «АВТОВАЗ» и ЗАО «Джи Эм – АВТОВАЗ».

Список литературы

1. Применение детектора дефектов при оценке качества штампованных стержневых металлоизделий / И.Г. Гун, И.А. Михайловский, А.С. Долженков и др. // Современные достижения в теории и технологии пластической обработки металлов: тр. междунар. науч.-техн. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. С. 240–243.
2. Сортовой прокат круглый для производства шаровых пальцев: пат. 2368672 РФ, МПК⁷ C21D 8/06, C22C 38/60, C22C 38/40, C22C 38/18 / Артукхин В.В., Гун И.Г., Михайловский И.А. и др. Оpubл. 27.09.2009. Бюл. № 27.
3. Применение логики антонимов для комплексного анализа качества автомобильного крепежа / Закиров Д.М., Осипов Д.С., Гун И.Г. и др. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 4. С. 57–62.

Bibliography

1. Application of damage detector for the estimation of the stamped metalware quality / I.G. Gun, I.A. Mikhailovsky, A.S. Dolgenkov, etc. // Contemporary achievements in theory and technology of metal shaping: articles of the international scientific and technical conference. St Petersburg: Publishing house of the Polytechnical university. 2005. P. 240–243.
2. Rolled round bar stock for ball pins production: pat. 2368672 Russian Federation, IPK7 C21D 8/06, C22C 38/60, C22C 38/40, C22C 38/18 / V.V. Artukhin, I.G. Gun, I.A. Mikhailovsky, etc. Published 27.09.2009. Bulletin № 27.
3. The usage of antonym logic for the complex quality of automotive fasteners / Zakirov D.M., Osipov D.S., Gun I.G., etc. // Vestnik MSTU named after G.I. Nosov. 2010. № 4. P. 57–62.

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Современные рыночные условия усиливают и ожесточают внутриотраслевую конкуренцию предприятий, повышают требования к качеству продукции. В свою очередь, уровень качества напрямую зависит от обеспечения на производстве соответствующей системы контроля качества (СКК), позволяющей эффективно отслеживать уровень брака.

Необходимость наличия СКК на предприятии, как правило, не вызывает сомнений, однако выбор из множества возможных вариантов организации системы должен производиться на основании множества критериев, удовлетворяющих потребности и клиентов, и самого предприятия, а также иметь четкую логическую и математическую основу. В связи с тем, что проблема контроля качества не является новой, существует достаточное количество подходов для организации этого процесса. Так, в ГОСТ Р 50779.70-99 [3] даны основные рекомендации по организации процесса контроля качества и выбора параметров СКК.

Обычно выделяют следующие элементы СКК:

- планирование;
- приемочный контроль;
- стимулирование к ответственности субъектов контроля качества.

Так как полное и всеобъемлющее исследование всех перечисленных элементов является довольно громоздкой и сложной задачей, в данной работе ограничимся лишь рассмотрением приемочного контроля при помощи статистических методов. Одним из важных понятий при организации СКК является понятие *засоренности* дефектными изделиями при нормальном ходе производства, когда основные требования технологии производства соблюдены. По сути, это реальный процент брака, который присутствует всегда. Засоренность дефектными изделиями при нормальном ходе производства, как правило, невелика, но реально она всегда существует, а в случае нарушения технологии может возрасти. Таким образом, задача статистических методов контроля качества продукции состоит в том, чтобы большинство партий продукции, выпущенных при нормальном ходе производства, принимались, а большинство партий, выпущенных при разлаженном ходе производства, браковались.

Для организации выборочного контроля следует задать систему правил, именуемых планом контроля, в котором указывается порядок отбора изделий для проверки и их количество, достаточное для принятия решения о браковке или приемке партий в целом, или о дальнейшем продолжении контроля. Наибольшее распространение получили три типа планов выборочного контроля по альтернативным признакам.

1. Планы однократной выборки

Из партии объема N отбираются случайным образом n ($n \leq N$) изделий, которые подвергаются про-

верке. Если число обнаруженных дефектных изделий среди n элементов равно $d(n) \leq c$ ($c \in N$), то партия принимается. Если же $d(n) > c$, то партия бракуется.

Число c называется *приёмочным числом*.

2. Планы двукратной выборки

Из партии объема N случайным образом формируется первая выборка из n_1 элементов. Если число обнаруженных дефектных изделий $d(n_1) \leq c_1$, то партия принимается, а если $c_1 < c_2 < d(n_1)$, то бракуется, если же $c_1 < d(n_1) < c_2$, то берется вторая выборка из n_2 элементов. Если общее число обнаруженных в двух выборках дефектных элементов $d(n_1 + n_2)$ меньше либо равно c_3 , то партия принимается, в противном случае партия бракуется. Иногда используются усеченными планами, в которых $c_2 = c_3$.

3. Планы последовательного анализа

При использовании таких планов задаются объёмы последовательных выборок n_i ($i = 1, 2, \dots$), $n_i < N$, $n_i + n_{i+1} < N$. Для каждой выборки задаются пары целых чисел c_{i1} и c_{i2} . Вначале берется выборка объема n_1 . Если $d(n_1) \leq c_{11}$, то партия принимается, если $c_{12} < d(n_1)$ – бракуется, если же $c_{11} < d(n_1) \leq c_{12}$, то берется выборка объема n_2 и т.д. На i -м шаге, если $d(n_i) \leq c_{i1}$, то партия принимается, если $c_{i2} < d(n_i)$ – бракуется, если $c_{i1} < d(n_i) \leq c_{i2}$, то берется выборка объема n_{i+1} и т.д. [1].

Каждый из рассмотренных планов СКК имеет как преимущества, так и недостатки. С точки зрения организации контроля, планы однократной выборки значительно проще. В планах двукратной выборки и последовательного анализа можно при том же среднем объёме выборки получить большее соответствие между принимаемыми решениями о качестве партии и истинной ситуацией. С другой стороны, им присуще большее число случаев с чрезмерным объёмом выборки, сложность оценки качества и организации процесса контроля. Исходя из этого, в данной работе ограничимся рассмотрением планов типа однократной выборки.

Основным показателем эффективности СКК является его *рабочая характеристика*, или способность различать дефектные и годные партии изделий. Исходя из этого, идеальной бы была такая СКК, которая бы точно (с вероятностью 1) пропускала бы партии с приемлемым процентом брака и точно не пропускала (с вероятностью 0) партии с превышенным процентом брака. График рабочей характеристики идеальной СКК представлена на **рис. 1**, где D – процент дефектных из-

делий в партии; P – вероятность принятия партии, содержащей долю дефектных изделий D , если приемка производится в соответствии с системой правил, определяющих исходный план контроля; AQL – допустимый уровень качества (*Acceptable Quality Level*), т.е. максимальный процент дефектных изделий, который может считаться приемлемым для процесса в среднем при осуществлении выборочного контроля.

Разумеется, на практике рабочая характеристика реальных СКК отличается от представленной выше. На рис. 2 приведен пример рабочей характеристики однократного выборочного контроля, где LTPD – допустимый процент дефектных изделий в партии (*Lot Tolerance Percent Defective*), т.е. доля дефектных изделий, которая соответствует требованиям и довольно малой вероятности приемки бракованной продукции.

Таким образом, рабочая характеристика плана – это некоторая функция $\pi(D)$, определяющая вероятность принятия партии, содержащей долю дефектных изделий, равную D и представляющую собой зависимость вероятности приемки партии от общего числа дефектов в партии.

Традиционно, при рассмотрении проблемы контроля качества также выделяются два типа ошибок: α -ошибки (ошибки первого рода), определяющие *риск поставщика*, т.е. вероятность забраковать партию с приемлемым уровнем брака, и β -ошибки (ошибки второго рода), определяющие *риск покупателя*, т.е. вероятность пропустить партию с высоким уровнем брака.

Рассмотрим теперь задачу однократного выборочного контроля качества с точки зрения вероятностной устойчивости. Планы СКК типа однократной выборки однозначно определяются тремя параметрами: N , n , c .

Будем считать СКК P_α -устойчивой, если вероятность P_α найти более чем c бракованных деталей в выборке из n элементов, сделанной из партии в N элементов с реальным процентом брака $p \leq p_\alpha$, не превосходит некоторого критического значения α , где p_α – максимально допустимая доля брака, с точки зрения поставщика, AQL; α – соответствующая p_α вероятность ошибки 1-го рода.

Будем считать СКК P_β -устойчивой, если вероятность P_β найти менее чем c бракованных деталей в выборке из n элементов, сделанной из партии в N

элементов с реальным процентом брака $p \geq p_\beta$, не превосходит некоторого критического значения β , где p_β – максимально допустимая доля брака, с точки зрения покупателя, LTPD; β – соответствующая p_β вероятность ошибки 2-го рода.

Таким образом, сформулированное выше определение P_α -устойчивости СКК есть устойчивость с точки зрения поставщика, т.е. способность системы принимать «хорошие» партии с заданной вероятностью. Тогда P_β -устойчивость определяет систему, способную не пропустить «плохую» партию с точки зрения покупателя, с заданной вероятностью.

Такая формулировка вероятностной устойчивости, по сути, является частным случаем определения, данного в работе [2], согласно которому, для вероятностного пространства (Ω, F, P) , если для любых значений вероятности P^* найдется такое значение вероятности $P^{**}(P^*)$, что для любого числа $\varepsilon > 0$ найдется число $\delta(\varepsilon) > 0$, такое, что при выполнении условия

$$\forall t P(\|A - A^*\| < \delta) \geq P^{**},$$

для любого $t > t_0$ выполняется неравенство

$$P(\|x - x^*\| < \varepsilon) \geq P^*,$$

где A – оператор, характеризующий процесс; A^* – оператор, характеризующий возмущенный процесс; x – вектор параметров процесса; x^* – вектор возмущенных параметров процесса,

то невозмущенный процесс P -устойчив. В противном случае невозмущенный процесс P -неустойчив. Аналогичный вариант P_β -устойчивости можно определить следующим образом: если при заданных β и p_β для любых $p > p_\beta$ удастся найти $n \in [n_1, n_2]$, $n \in N$, $c \in [c_1, c_2]$, $c \in N$, такие, что $P(d(n, p) \leq c) \leq \beta$, то СКК является P_β -устойчивой. На рис. 3 приведен пример кривых рабочих характеристик, соответствующих P_β -устойчивым СКК.

Из графика видно, что P_β -устойчивыми являются все СКК, рабочая характеристика которых при $p > p_\beta$ лежит ниже $P = \beta$. В данном случае параметры β и p_β задают аналогичные ε -окрестности, используемые в

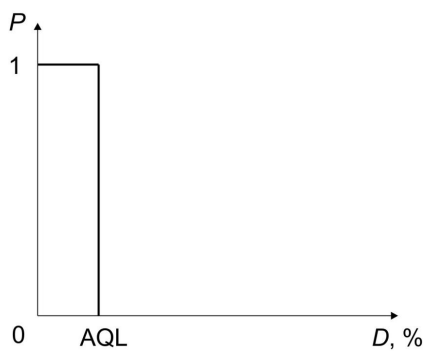


Рис. 1. Рабочая характеристика идеальной СКК

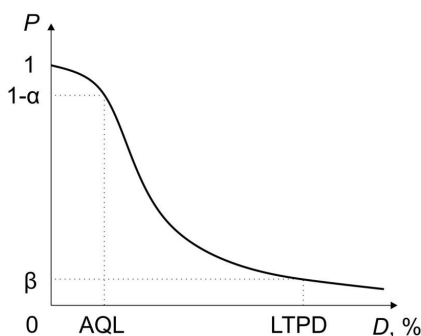


Рис. 2. Пример рабочей характеристики СКК

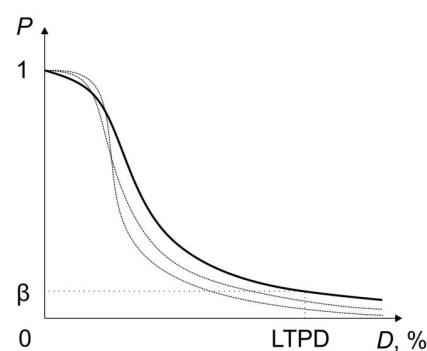


Рис. 3. Графическое представление P_β -устойчивых СКК

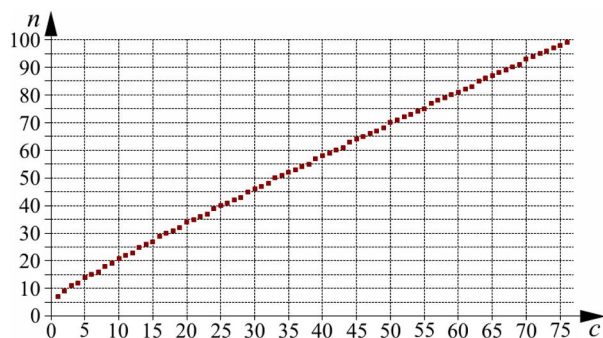


Рис. 4. Моделирование зависимости $n(c)$

приведенном выше определении вероятностной устойчивости, определяющие интервалы устойчивости.

Следует отметить, что такая формулировка вероятностной устойчивости не является устойчивостью самой операции как таковой, а есть устойчивость в смысле надежности СКК.

Разумеется, в реальной ситуации всегда существует вероятность пропустить «плохую» партию или не пропустить «хорошую». Задача предприятия – выбрать такие параметры плана выборочного контроля, при которых при минимальной выборке из партии будет достигаться приемлемая вероятность α - и β -ошибок в совокупности с устойчивостью самой системы контроля.

Таким образом, может быть поставлена задача оптимизации параметров СКК. Минимизация объема выборки представляется наиболее целесообразной, так как именно от нее зависит как время контроля партии, так и стоимость проведения контроля: чем больше объем, тем больше изделий необходимо проверить, что влечет дополнительные расходы при использовании разрушающего контроля.

Пусть нахождения бракованных деталей в партии есть события, происходящие с некоторой фиксированной средней интенсивностью и не зависящие друг от друга, тогда для моделирования распределения бракованных деталей может быть использован закон распределения Пуассона. Таким образом, вероятность найти c бракованных деталей определяется как

$$P(c) = \sum_{n=0}^c P(\lambda) = \sum_{n=0}^c \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!},$$

где $\lambda = np$.

Постановка задачи оптимизации для β задач может быть сформулирована следующим образом:

- параметры управления: β, p_β, N, c ;
- ограничения: $P_\beta(p > p_\beta) < \beta, 1 \leq n \leq n^*, c \leq n, N = \text{const}$;
- критерий: $F(n): n(c) \rightarrow \min$.

То есть для заданных параметров СКК (LTPD и β ,

общий объем партии) найти такие минимальные значение n при заданном c , которые являются параметрами P_β -устойчивого плана СКК.

Пусть для дискретизации используются следующие параметры:

$N = 1000$;

$n \in [n_0, n_k]$ с шагом n_s , при $n_0 = 1, n_k = 100, n_s = 1$;

$c \in [c_0, c_k]$ с шагом c_s , при $c_0 = 1, c_s = 1$;

$p_\beta = 90\%$;

$\beta = 0,01$.

На рис. 4 представлены результаты моделирования зависимости $n(c)$.

Так, для процесса с критическим уровнем брака 90% и критической вероятностью обнаружения 0.01 оптимальными будут являться параметры $n = 7, c = 1$.

Выводы

В статье рассмотрены основные подходы к СКК продукции. Основное внимание было уделено однократным выборочным статистическим подходам в связи с их относительной простотой организации и возможностью с требуемой степенью достоверности и надежности отслеживать бракованные партии с учетом требований поставщиков и клиентов. Были сформулированы определения вероятностной устойчивости СКК как характеристики надежности плана выборочного контроля.

В процессе исследования был разработан ряд инструментов, позволяющих моделировать основные характеристики плана СКК. Была поставлена и решена задача оптимизации параметров системы контроля качества, а именно минимизация объема контрольной выборки, при которой сохраняется устойчивость плана контроля. Данные результаты и инструменты могут быть полезны предприятиям, стремящимся улучшить качество своей продукции при помощи организации соответствующей современным требованиям системы контроля качества.

Список литературы

1. Гэлловэй Л. Операционный менеджмент (Принципы и практика). СПб.: Питер, 2001. 320 с. (Сер. Теория и практика менеджмента.)
2. Гитман М.Б. Введение в стохастическую оптимизацию: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2000. 96 с.
3. ГОСТ Р 50779.70-99. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку.

Bibliography

1. Galloway Les. Principles of Operations Management. SPb.: Piter, 2001. 320 p. (Series Theory and practice of management.)
2. Gitman M.B. Introduction in stochastic optimization: study manual. Perm: Publisher of Perm State Technical University, 2000. 96 p.
3. GOST R 50779.70-99. Statistical methods. Selective control procedures according to an alternative sign.

УДК 658. 562, 65.012.3, 65.014

Осипов Д.С.

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА КАК БОЛЬШАЯ СИСТЕМА

На переднем крае теоретических разработок, имеющих большую практическую значимость, в настоящее время оказались направления, которые в наибольшей мере отражают изменившиеся условия функционирования организаций. Это вызвано и ориентацией на новейшие технологии, и проблемой рискованных инвестиций, и способами высокопродуктивного ведения хозяйства, и прогнозированием потребительского спроса и поведения конкурентов, и господством стратегического подхода в управлении. Среди основных направлений теоретических обобщений и разработок на сегодняшний день одним из наиболее перспективных является изучение механизмов управления и функционирования организаций, с точки зрения понятия качества и ориентировавшись на принципы всеобщего управления качеством и стандарты на системы менеджмента качества (СМК). Это связано с тем, что в текущей рыночной ситуации конкурируют не предприятия и их продукция, а их системы менеджмента, причем чаще всего в цепочке «поставщик-организация». Современная философия качества – это управление организацией на основе качества. В понятие качества в данном случае закладывается смысл в двух аспектах – «делать вещи правильно» и

«делать правильные вещи».

Рассмотрим основные определения в отношении СМК, такие как [1]:

1. Система – совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов.
2. Система менеджмента – система для установления политики и целей и достижения этих целей.
3. Система менеджмента качества – система менеджмента для того, чтобы направлять и управлять организацией применительно к качеству.
4. Качество – степень, в какой совокупность собственных (присущих) характеристик соответствует требованиям.
5. Требование – потребность или ожидание, которое установлено (официально сформулировано), обычно предполагается или является обязательным.
6. Характеристика качества – собственная (присущая) характеристика продукции, процесса или системы, относящаяся к требованию.

Также рассмотрим определение «большая система» – комплекс большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов. Образуя особое единство, она обеспечивает выполнение сложных функций [2].

Из вышесказанных определений можно увидеть практически однозначное соответствие СМК определению большой системы.

Большой системе присущи четыре характерных качества, которым полностью соответствует СМК:

Первое: любая большая система представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных элементов. СМК состоит из множества элементов-подсистем и их взаимосвязей (такие подсистемы в рамках СМК можно установить по функциональному признаку, рис. 1).

Второе: любая большая система образует собой единство с внешней средой (в рамках СМК происходит постоянный обмен информационный и материальный обмен с внешними организациями).

Третье: любая большая система представляет собой элемент системы более высокого порядка (система менедж-

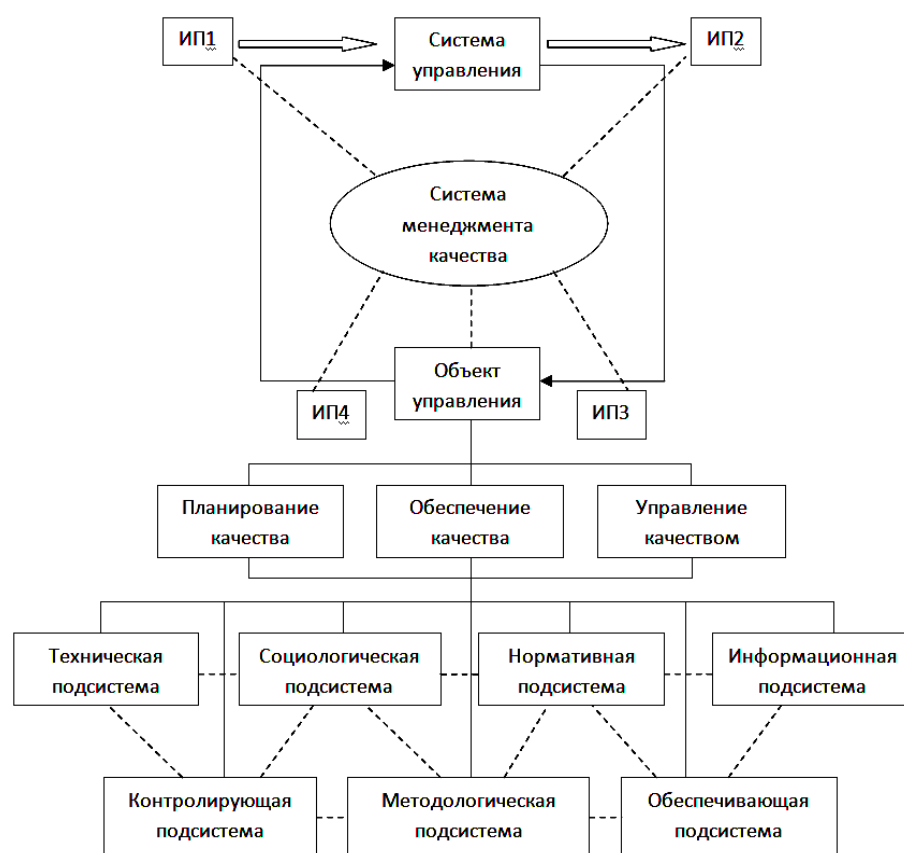


Рис. 1. Структура подсистем СМК, выделенных по функциональному признаку

мента качества может быть рассмотрена как часть общего менеджмента организации).

Четвертое: элементы, составляющие большую систему, выступают как системы более низкого порядка (все подсистемы СМК могут быть рассмотрены как системы, обладающие соответствующими признаками, но функционирующие и взаимодействующие как единое целое в рамках организации, которая рассматривается как системы более высокого порядка).

В качестве объекта управления рассматривается качество во всем его многообразии в отношении продукции процессов и систем. Система менеджмента качества должна обеспечивать реализацию трех основных функций: планирование качества, обеспечение качества и управление качеством, причем под обеспечением понимается и контроль уровня качества, а под управлением – постановка целей и разработка подходов по улучшению качества.

Современные стандарты на системы менеджмента качества ИСО 9000 и прочие отраслевые стандарты предлагают готовые модели систем и требования к ним для осуществления наиболее рационального проектирования и внедрения систем менеджмента, но они не в полной мере позволяют решить организации следующие основные задачи таких систем:

- обеспечение гармоничной работой этих систем;
- определение текущего этапа жизненного цикла СМК и необходимости эволюционного изменения системы в целом;
- отслеживание и оценка необходимых и достаточных взаимосвязей, а также формирование сложных зависимостей свойств, входящих в нее элементов и подсистем (система может обладать свойствами, не присущими ее элементам, и может не иметь свойств своих элементов).
- различать или выделять в ней различные логические уровни или системные срезы.

Таким образом, как любая система управления, СМК имеет собственный жизненный цикл функционирования и эволюции (рис. 2). Поэтому главной и сложной задачей представляется создание наиболее адекватной модели функционирования СМК, определение и разработка концепции и критериев оценки функционирования СМК для отслеживания этапов ее жизненного цикла и внутренней целостности ее эле-

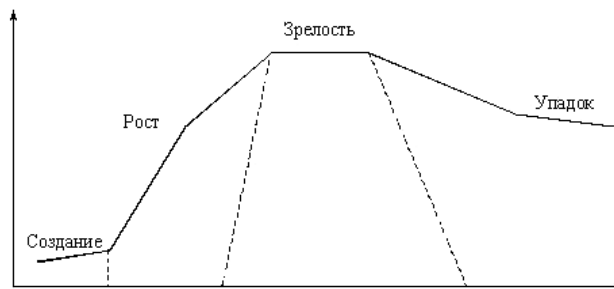


Рис. 2. Жизненный цикл систем менеджмента качества

ментов, чтобы обеспечить максимальную результативность и эффективность таких систем. Это позволит проводить необходимые изменения в подсистемах СМК своевременно и сохранить целостность системы как большой системы, тем самым не снижая положительный эффект и не увеличивая отрицательный от основных свойств большой системы: эмерджентности, синергичности и мультипликативности [2].

Для изучения большой системы может быть построена специальная модель. Когда большую систему необходимо рассматривать как семиотическую – содержательную, для её анализа можно применять семиотические модели и ситуационное управление. Надо заметить, что такое моделирование и изучение моделей в значительной степени связано с решением диагностических задач больших и сложных систем, т.к. именно от модели диагностируемой большой системы зависит эффективность диагностики.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2005. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления: учеб. пособие для вузов. Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. 288 с.

Bibliography

1. GOST R ISO 9000-2005. Quality management systems. Fundamentals and vocabulary.
2. Denisov A.A., Kolesnikov D.N. The Theory of Large Management Systems: Tutorial for High Schools. L.: Energoizdat Leningrad branch, 1982. 288 p.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.777

Довженко Н.Н., Сидельников С.Б., Пещанский А.С., Беляев С.В., Широков П.О.,
Лапаев И.И., Барков Н.А., Киселев А.Л.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ ИЗ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Разработанные технические решения по созданию элементов АСУ ТП для полунепрерывного и непрерывного прессования профилей из алюминиевых сплавов защищены патентами РФ [1, 2].

Применение данных технических решений предусматривает создание комплексных моделей по расчету технологических и энергосиловых параметров прессования. Одним из важных направлений исследования является получение пресс-изделий для электротехнических целей из новых сплавов алюминия с переходными и редкоземельными металлами, в том числе методами совмещенной обработки [3].

АСУ ТП полунепрерывного прессования [1] включает в себя:

- управляющую ЭВМ;
- датчики и регуляторы температуры нагрева;
- датчик и регулятор температуры нагрева заготовки;
- датчик и регулятор температуры нагрева прессового инструмента;
- датчик и регулятор скорости прессования;
- пирометр;
- датчик и регулятор скорости охлаждения прессового инструмента;
- дефектоскоп;
- блок реологии;
- датчик давления в главном цилиндре;
- датчик положения пресс-штемпеля.

Управляющая ЭВМ реализует следующий набор моделей:

- модель изменения усилия прессования и выходной температуры в зависимости от основных технологических параметров прессования;
- модель определения оптимальной скорости прессования.

Одним из ключевых отличий представленной схемы АСУ ТП от аналогов является наличие блока реологии. В нем на основе показаний сигналов, поступающих с датчиков, регистрирующих изменение давления в главном цилиндре пресса в зависимости от текущего положения пресс-штемпеля, вычисляется текущее сопротивление деформации прессуемого металла.

Для этого используют формулу И.Л. Перлина для

расчета усилия прессования [4], по которой можно найти напряжение трения на поверхности контейнера:

$$\tau_{кр} = \frac{(P_{max} - P_x)}{\pi \cdot D_K \cdot \Delta L},$$

где D_K – диаметр контейнера; $\Delta L = L_{max} - L_x$.

С другой стороны, по закону Зибеля напряжение трения равно

$$\tau_{кр} = \mu_{кр} \cdot \sigma_s,$$

где σ_s – сопротивление металла деформации; $\mu_{кр}$ – коэффициент трения.

Тогда

$$\sigma_s = \frac{(P_{max} - P_x)}{(\mu_{кр} \cdot \pi \cdot D_K \cdot \Delta L)}.$$

Таким образом, значение сопротивления деформации прессуемого металла во время прессования постоянно уточняется с помощью данных, непрерывно поступающих в управляющую ЭВМ.

Структурная схема управления системы представлена на **рис. 1**, при этом ее можно отнести к схемам управления с активной обратной связью.

Система функционирует следующим образом. Перед началом прессования нового профиля в управляющую ЭВМ технологом или оператором пресса вводится исходный массив технологических параметров $X(t)$.

Управляющая ЭВМ с учетом статистической базы данных ранее освоенных профилей определяет оптимальную скорость прессования для данного профиля ($v_{опт}$). Данное значение оптимальной скорости прессования передается в блок интерфейса и отображается на АРМ оператора гидравлического пресса. Значение скорости прессования $v_{пресс}$ может устанавливаться оператором пресса вручную или определяется автоматически, как $0,8 v_{опт}$.

Управляющая ЭВМ с помощью датчиков и регуляторов температур нагрева заготовки и прессового инструмента (см. **рис. 1**) обеспечивает их нагрев до требуемых температур, после достижения которых нагретая заготовка подается к гидравлическому прессу. Далее

включается регулятор принудительного охлаждения прессового инструмента и начинается процесс прессования. В ходе прессования сигналы с датчиков давления в главном цилиндре пресса $P(t)$ и текущего положения

пресс-штемпеля $h(t)$ поступают в блок реологии, в котором вычисляется текущее сопротивление деформации прессуемого металла σ_s^3 . Данное значение во время прессования в режиме реального времени непрерывно

передается в управляющую ЭВМ, где сравнивается со значением сопротивления деформации σ_s^T , рассчитанным по уравнению реологии. В случае расхождения значений σ_s^3 и σ_s^T корректируется реологический коэффициент A для того, чтобы полностью устранить это расхождение, а затем уточняется оптимальная скорость прессования $v_{опт}$.

В ходе процесса прессования корректируется скорость прессования $v_{пресс}$ по выходной температуре профиля на выходе из канала матрицы. Сигнал с датчика выходной температуры профиля $\Theta_{изд}(t)$ во время прессования в режиме реального времени непрерывно передается в управляющую ЭВМ и сравнивается с рассчитанной температурой профиля [5, 6]. Величина расхождения температур пресс-изделия $\Delta\Theta_{изд}$ передается в модель принятия решений, где в случае существенного расхождения вырабатывается управляющее воздействие $U(t)$ для изменения скорости прессования или режима принудительного охлаждения прессового инструмента, чтобы полностью устранить это расхождение.

Во время прессования дефектоскоп непрерывно сканирует выходящие пресс-изделие и при возникновении дефектов $\rho(s)$ посылает сигнал в управляющую ЭВМ и на пульт опе-

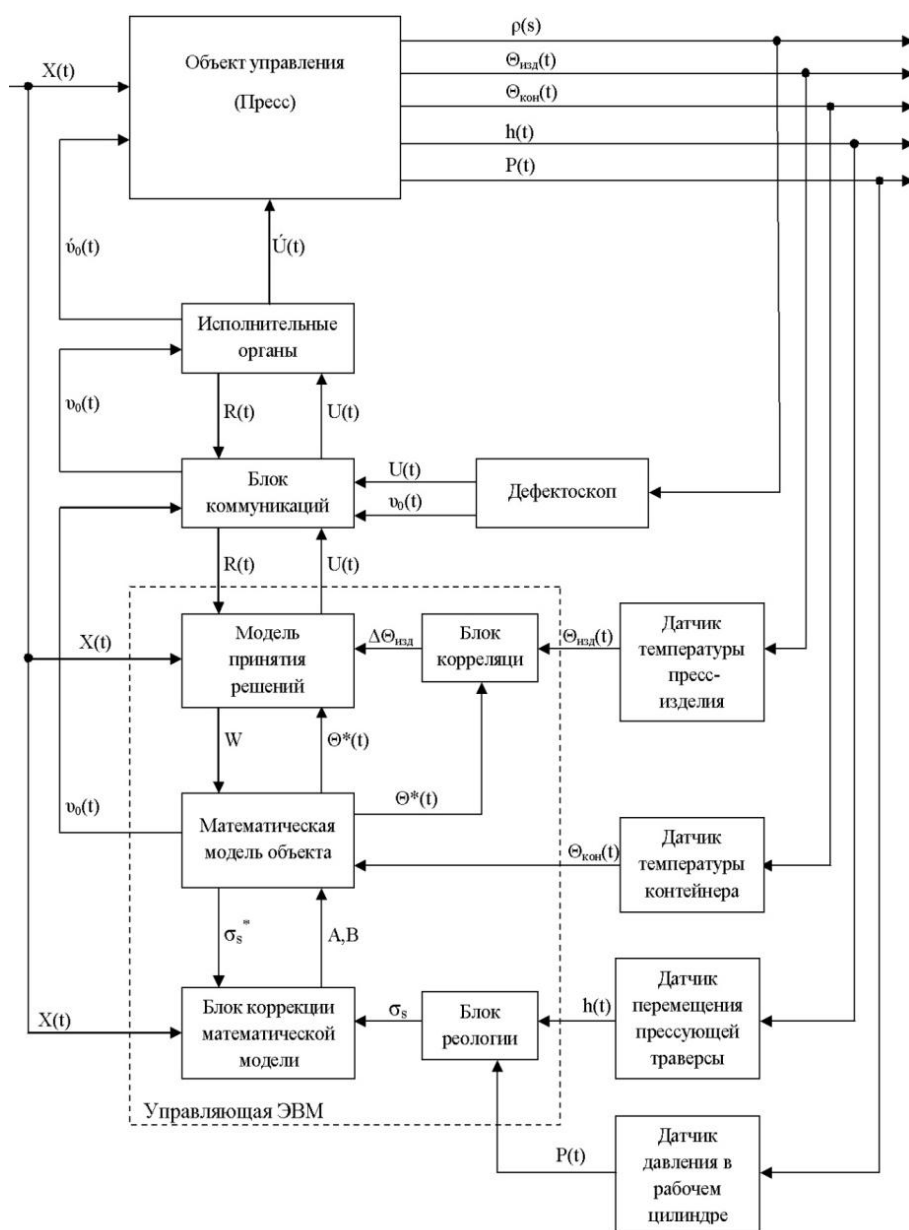


Рис. 1. Структурная схема управления системы

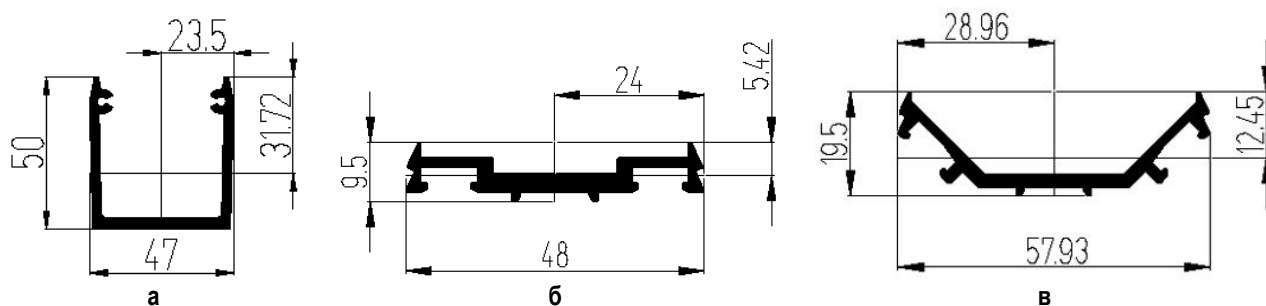


Рис. 2. Эскизы нормалей профилей КП 1336 (а), КП 45313-1(б), КП 45360 (в)

ратора. Принцип действия дефектоскопа основан на методе вихревых токов, заключающемся в возбуждении вихревых токов в локальной зоне контроля и регистрации изменений электромагнитного поля вихревых токов, обусловленных дефектом и электрофизическими свойствами объекта контроля.

Аналогичную структуру и схему управления имеет устройство для непрерывной прокатки и прессования [2], которое целесообразно использовать для получения длинномерных пресс-изделий из алюминиевых сплавов в непрерывном режиме.

Элементы АСУ ТП, описанной выше, прошли промышленную апробацию на Красноярском литейно-прессовом заводе (ООО «ЛПЗ «Сегал»), при этом были выбраны три типовых системных профиля: КП 1336, КП 45313-1, КП 45360 (рис. 2). Все представленные профили изготавливают из сплава АД31, они входят в систему профилей и используются в качестве элементов светопрозрачных конструкций.

Для отработки технологических режимов данные профили прессовали на прессе усилием 25 МН с диаметром контейнера 225 мм (рис. 3, а). Перед началом промышленной апробации пресс был оснащен опти-

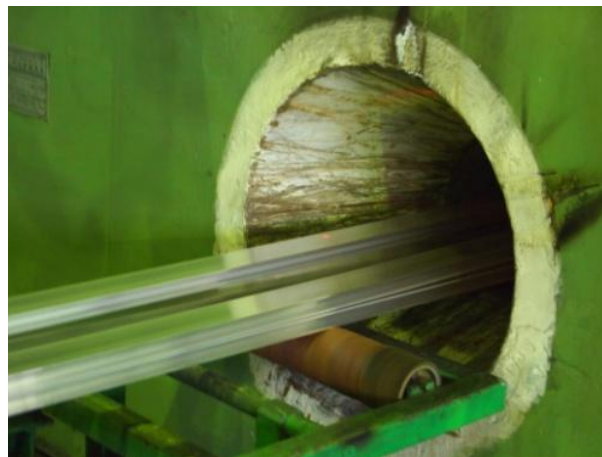
ческим пирометром, контролирующим температуру выходящего профиля (рис. 3, б).

Для каждого из приведенных выше профилей были рассчитаны максимально возможные скорости прессования [5], обеспечивающие требуемое качество пресс-изделий. Рассчитанные максимальные скорости были сопоставлены с текущими скоростями прессования, которые рекомендованы технологическими инструкциями. Результаты сопоставления представлены в таблице.

Как видно из таблицы, текущая скорость прессования значительно ниже рассчитанной максимальной скорости. Для каждого профиля в зависимости от класса сложности была выбрана новая скорость прессования, составляющая 75–85% от максимальной, и проведен ряд опытных прессовок. В ходе опытных прессовок на пульте пресса фиксировалась скорость (рис. 4, а) и температура выходящего пресс-изделия (рис. 4, б). После окончания опытной прессовки температура профиля, замеренная с помощью пирометра, сопоставлялась с температурой, рассчитанной по модели. Качество полученных пресс-изделий оценивалось заводским ОТК.



а



б

Рис. 3. Гидропрессовая установка усилием 25 МН (а) и прессуемые профили (б)



а



б

Рис. 4. Фиксация скорости прессования (а) и температуры выходящего пресс-изделия (б)

Сопоставление максимальной и текущей скорости прессования

Шифр профиля	Максимальная скорость прессования, мм/с	Текущая скорость прессования, мм/с	Отклонение Δ , %
КП 1336	6,3	4,5	28,5
КП 45313-1	8,1	5,4	32,1
КП 45360	5,6	3,2	42,8

В результате опытных прессовок на повышенных скоростях доля брака не выросла, полученные пресс-изделия соответствовали всем техническим условиям, при этом длительность цикла прессования снизилась в среднем на 6,4%. По итогам промышленной апробации было принято решение внедрить элементы АСУ ТП, описанной выше, в производственный процесс, что позволило увеличить производительность прессового оборудования в среднем на 5% и выход годного на 0,2%.

Результаты исследований используются при разработке технологии прессования прутков для производства электропроводов с заданным уровнем механических и электрофизических свойств в соответствии с договором Минобрнауки России № 13.G25.31.0083 по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии получения алюминиевых сплавов с редкоземельными, переходными металлами и высокоэффективного оборудования для производства электротехнической катанки».

Список литературы

1. Пат. 71570 РФ. Устройство для прямого прессования профилей / Беляев С.В., Сидельников С.Б., Довженко И.Н. и др. Опубликовано. 20.03.2008. Бюл. № 8.

2. Пат. 101390 РФ. Устройство для непрерывной прокатки и прессования / Беляев С.В., Сидельников С.Б., Довженко И.Н. и др. Опубликовано. 20.01.2011. Бюл. № 2.
3. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография. М.: МАКС Пресс, 2005. 344 с.
4. Перлин И. Л., Райтбарг Л.Х. Теория прессования металлов. М.: Металлургия, 1995. 336 с.
5. Прессование алюминиевых сплавов: моделирование и управление тепловыми процессами / Довженко Н.Н., Беляев С.В., Сидельников С.Б. и др. Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2009. 208 с.
6. Повышение эффективности производства профилей из алюминиевых сплавов на основе управления тепловыми условиями процесса прессования / Беляев С.В., Довженко Н.Н., Сидельников С.Б. и др. // Журнал Сиб. фед. ун-та. 2009. № 4. С. 418–426.

Bibliography

1. Russian federation patent № 71570 RF. Device for direct extrusion / Belyaev S.V., Sidelnikov S.B., Dovzhenko I.N., etc. Published 20.03.2008. Newsletter № 8.
2. Russian federation patent № 101390 RF. Device for direct extrusion / Belyaev S.V., Sidelnikov S.B., Dovzhenko I.N., etc. Published 20.01.2011. Newsletter № 2.
3. Sidelnikov S.B., Dovzhenko N.N., Zagirov N.N. Combined and complex methods of forming of non-ferrous metals and alloys: monograph. M.: MAX Press, 2005. 344 p.
4. Perlin I.L., Raytbarg L.H. Theory of metal extrusion. M.: Metallurgy, 1995. 336 c.
5. Extrusion of aluminium alloys: Modelling and control of thermal processes / Dovzhenko N.N., Belyaev S.V., Sidelnikov S.B., etc. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2009. 208 p.
6. Improving the efficiency of production of aluminium alloys on the basis of control of thermal conditions of compaction process / Belyaev S.V., Dovzhenko N.N., Sidelnikov S.B., etc. // Journal of Siberian Federal University. 2009. № 4. P. 418-426.

УДК 681.3.06:330.4

Зверева М.С.

ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА С УЧЕТОМ РИСКА

В последнее время деятельность, связанная с управлением риском, стала новым направлением профессиональной деятельности, суть которой сводится к выявлению ситуаций риска, возникающих в процессе деятельности, выбору подходящей оценки риска, разработке и реализации мер по снижению уровня риска.

Понятие «ситуация риска» можно определить как сочетание, совокупность различных обстоятельств и условий, создающих определенную обстановку для возникновения того или иного неблагоприятного события [1]. Возникновение неблагоприятного события может привести к тому, что система не достигнет ожидаемого результата своей деятельности. Поэтому в основе выбора оценки риска возникновения такого события лежит выбор меры, определяющей возможные потери или ущерб в виде некоторой функции

ущерба или потерь. Управляющее воздействие на риск представляет собой такую стратегию системы, которая приводит к уменьшению ущерба или потерь, т.е. риска. Стремление получить желаемую прибыль, минимизируя при этом риск, связано с обработкой различного рода информации, связанной, например, с ценой на товар, спросом и др.

Лица, принимающие решения (ЛПР), избегающие риска, при нахождении своего оптимального набора товаров, как правило, затрудняются в выборе типа модели, учитывающей как эффективность, так и риск. Рассмотрим и проанализируем две возможные модели выбора оптимального набора товаров, описывающие коррелированные случайные процессы. Например, при выпуске бензина разных марок на одном предприятии неблагоприятное случайное событие (в эко-

номике или на предприятии) отразится на производстве сразу всех марок.

Для решения данной задачи требуется: 1) с помощью статистических данных определить ожидаемые эффективности (например, доходы) и средние квадратические отклонения эффективности каждого отдельного товара; 2) подобрать предпочтительную модель управления риском для решения поставленной задачи; 3) найти решение оптимизационной задачи.

Предупреждение рискованных ситуаций при принятии решения стало бы наиболее ясным и доступным способом с помощью специально разработанной программы, которая могла бы с учетом задаваемых критериев выдавать искомый показатель эффективности (прибыль, доход, доходность) и составлять оптимальную структуру набора товаров.

В данной статье будем описывать математические модели выбора оптимального портфеля ценных бумаг, доходности которых являются коррелированными случайными величинами.

Пусть x_i – доля начальной стоимости портфеля, инвестированная в ценную бумагу i ; $\bar{r}_i$ – ожидаемая доходность ценной бумаги i ; σ_{ij} – ковариация доходностей ценных бумаг i и j ; N – количество ценных бумаг в портфеле.

Модель 1, основанная на линейной свертке типа суммы критериев ожидаемой доходности портфеля и дисперсии с весовым коэффициентом $\alpha > 0$ при дисперсии: $\sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i - \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}$ (модель Г. Марковица [1]). Для нахождения оптимальной структуры портфеля $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$ решается следующая задача на экстремум:

$$\sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i - \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij} \rightarrow \max_{x \in X}, \quad (1)$$

$$X = \left\{ x_i \geq 0, i = 1, \dots, N, \sum_{i=1}^N x_i = 1 \right\}.$$

Необходимые и достаточные условия экстремума задачи (1) для ненулевых x_i имеют вид

$$\bar{r}_i - \alpha \sum_{j=1}^N x_j^0 \sigma_{ij} - \lambda = 0, \quad i = 1, \dots, N, \quad \sum_{i=1}^N x_i^0 = 1. \quad (2)$$

Если некоторые $x_i = 0$, то система (2) становится меньшего порядка.

В приведенных ниже примерах использовано прикладное программное обеспечение MathCAD.

Пример 1. Рассмотрим три ценные бумаги с доходностями 16%, 32% и 22%, среднеквадратическими отклонениями $\sigma_1=10\%$, $\sigma_2=15\%$ и $\sigma_3=12\%$ и $\sigma_{12}=140$, $\sigma_{23}=175$, $\sigma_{13}=115$. Примем $\alpha=1$. Учитывая (2), и используя функции Given, Find, находим оптимальную структуру портфеля: (0,754, 0,059, 0,187). Причем $\bar{r}_p=18,066\%$, а $\sigma=10,321\%$. При $\alpha=15$ (инвестор, больше избегающий риск), портфель формируется так: (0,823, 0,05, 0,126), доходность – 17,54%, СКО со-

ставляет 10,186%.

Таким образом, при $\alpha=1$ и $\alpha=15$ доходность портфеля уменьшается на 2,91%, а σ – на 1,31%. Получаем, что даже для сравнительно небольшого снижения риска инвестор согласен на сравнительно большее снижение доходности.

Модель 2, в которой минимизируется риск при заданном уровне доходности r_p^* [2]:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij} \rightarrow \min_{x \in X}, \quad (3)$$

$$X = \left\{ x_i \geq 0, i = 1, \dots, N, \sum_{i=1}^N x_i = 1, \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i = r_p^* \right\}.$$

Необходимые и достаточные условия задачи (3) имеют вид

$$\sum_{j=1}^N x_j^0 \sigma_{ij} - \lambda_1 - \lambda_2 \bar{r}_i = 0, \quad i = 1, \dots, N, \quad \sum_{i=1}^N x_i^0 = 1,$$

$$\sum_{i=1}^N x_i^0 \bar{r}_i = r_p^*. \quad (4)$$

Если некоторые $x_i=0$, то система (4) становится меньшего порядка.

Пример 2. Рассмотрим те же три ценные бумаги, что и в примере. Используя условия (4) и функции Given, Find, для желаемой доходности $r_p^*=18,066\%$, получаем структуру оптимального портфеля (0,766, 0,066, 0,167) и $\sigma=10,168\%$. При $r_p^*=22\%$ (равной доходности третьей ценной бумаги), структура примет вид (0,321, 0,193, 0,486), а σ равна 8,55% (меньше СКО третьей ценной бумаги). Значит, вкладывая средства в разные бумаги, мы снижаем риск при том же уровне доходности. Меньшее (на 1,4%) среднеквадратическое отклонение при доходности 18,066% по сравнению с решением задачи (1) при $\alpha=1$ указывает на то, что решение задачи (3) предлагает в данном случае менее рискованный портфель.

Отметим, что в задаче (3) не требуется введения весового коэффициента α , определяющего отношение инвестора к риску, и можно задавать желаемый доход, для которого формировать портфель с минимальным риском. Однако отношение к риску у инвесторов различное, и это обстоятельство учитывает только задача (1), которая при этом является более подходящей для инвесторов с неопределенной для них желаемой доходностью.

Использование приведенных выше математических моделей позволяет ЛПР собрать портфель ценных бумаг или с желаемой доходностью, или с желаемым отношением к риску.

Использование каждый раз в качестве программного обеспечения MathCad, как и расчеты вручную, не совсем удобно для широкого круга пользователей – участников фондового рынка. К сожалению, существующие в настоящее время программные продукты [3], решающие подобные задачи, не дают полной инфор-

мации об используемых математических моделях и данных, входящих и используемых в них. Предлагаю специализированное программное обеспечение с удобным интерфейсом, которое по статистическим данным, задаваемым пользователем, рассчитывает структуру портфеля с помощью математической модели, задаваемой ЛПР, и дает возможность эффективно принимать решение руководителям разного уровня, что актуально на сегодняшнем рынке. Для этого от пользователя потребуется только ввод необходимой информации (например, статистических данных) и выбор предпочтительной модели. Использование данного программного продукта позволит быстро оценить ожидаемую доходность и риск, составит оптимальную структуру портфеля ценных бумаг.

Стоит отметить, что разработка описываемой программы уже ведется. Был получен первый опытный образец, использующий математическую модель 2, минимизирующую риск при желаемой доходности.

Пока программа составлена для портфелей из двух, трех и четырех бумаг, в дальнейшем планируется увеличение числа бумаг в портфеле до восьми. Так как наиболее эффективным считается наличие в портфеле не больше восьми разных активов (т.е. видов ценных бумаг), дальнейшее увеличение их количества не обеспечивает значительного снижения портфельного риска [4].

Также чрезмерное увеличение количества разных ценных бумаг может вызвать эффект чрезмерной диверсификации, отрицательные следствия которого проявляются в:

- отсутствия качественного управления портфелем;
- высоких расходах на поиск ценных бумаг (расхода на предыдущий анализ и т.п.) и куплю небольших партий ценных бумаг;
- купли недостаточно качественных ценных бумаг (низкий уровень надежности, прибыльности и ликвидности ценных бумаг) и т.п.

Входными данными в разработанной программе являются цены бумаг в определенный период времени. Количество цен не ограничено. После чего в программе проводятся необходимые расчеты (дисперсий, доходностей и т.п.), задается желаемая доходность и выводится структура с минимальным риском.

Используемый, на данный момент, интерфейс представлен на **рис. 1** и **2**. На **рис. 1** показан первоначальный вид программы, а на **рис. 2** – программа в работе.

В дальнейшем планируется усовершенствование интерфейса.

Таким образом, решение вопросов составления оптимальной структуры набора ценных бумаг вручную занимает неоправданно много времени, трудоемко и требует безошибочных вычислений, что с учетом человеческого фактора маловероятно. К сожалению, существующие в настоящее время программные продукты [3], решающие подобные задачи, не дают полной информации об используемых математических моделях и данных, входящих и используемых в них.

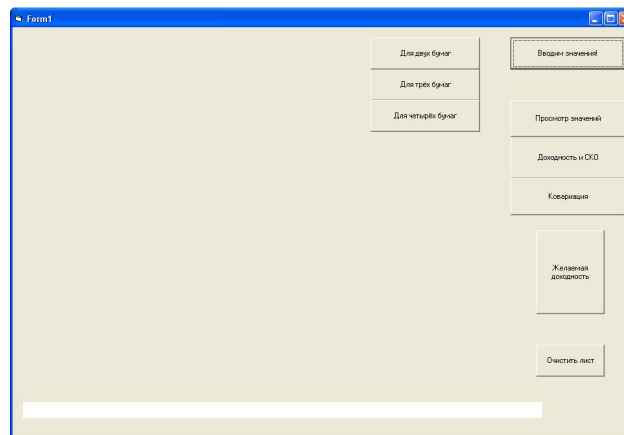


Рис. 1. Первоначальный вид программы

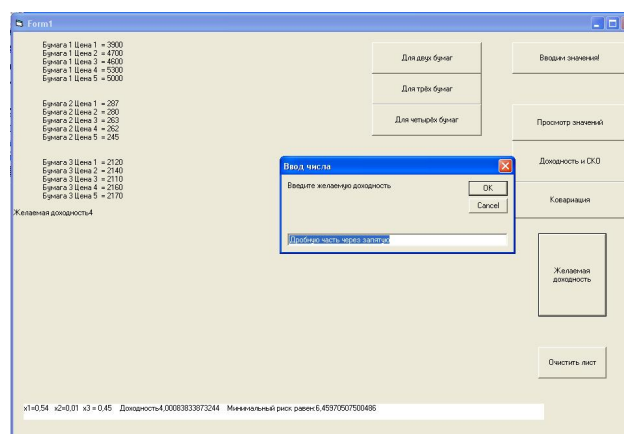


Рис. 2. Программа в работе

Список литературы

1. Золотова Т.В. Управление риском при выборе оптимального плана развития сложных производственных систем // Управление развитием крупномасштабных систем: материалы Третьей междунар. конференции. Т. 1. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 296–299.
2. Зверева М.С. О некоторых моделях управления портфелем ценных бумаг // Научно-техническое творчество студентов и аспирантов. 2010. № 1. С. 72–73.
3. Markowitz H.M. Portfolio selection // Journal of Finance. 1952. № 7. P. 77–91.
4. <http://fin-result.ru/mezhdunarodnye-investicii14.html>.

Bibliography

1. Zolotova T.V. Risk management in selecting the optimal plan for the development of complex production systems // Management of large-scale systems development: Proceedings of the Third International Conference. V. 1. Moscow: ISP RAS, 2009. P. 296–299.
2. Zvereva M.S. Some models of portfolio management // Scientific and technical creativity of students and postgraduates. 2010. № 1. P. 72–73.
3. Markowitz H.M. Portfolio selection // Journal of Finance. 1952. № 7. P. 77–91.
4. <http://fin-result.ru/mezhdunarodnye-investicii14.html>.

УДК 621.771

Кинзин Д.И., Рычков С.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM-3D ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

Калибровка прокатных валков – ключевой элемент технологии сортовой прокатки. Точность расчета калибровки влияет на технико-экономические показатели производства и качество продукции [1].

Отсутствие четких критериев расчета калибровки приводит к тому, что один и тот же профиль можно получать фактически бесконечным количеством способов (рис. 1), каждый из которых имеет свое влияние на качество выпускаемой продукции, на энерго- и ресурсоемкость производства. Таким образом, задача проектирования калибровки, позволяющей снизить потребление электроэнергии, затрачиваемой на прокатку, и уменьшить вероятность образования внутренних и поверхностных дефектов, является актуальной.

Данная работа направлена на решение этой задачи с помощью оценки суммарного коэффициента эффективности различных вариантов калибровки, обеспечивающих получение одного и того же профиля и вычисления работы деформации, затрачиваемой на прокатку. Кроме этого используется программный комплекс DEFORM-3D, что позволит выявить влияние изменившейся формы калибров на вероятность образования дефектов при прокатке.

Коэффициент эффективности калибровки определяется как отношение смещенных объемов металла:

$$K_{\varepsilon} = \frac{V_{np}}{V_h}, \quad (1)$$

где V_{np} – объем, смещенный в продольном направлении; V_h – объем, смещенный в направлении обжатия.

Таким образом, различные калибры обладают различной вытяжной способностью. Калибры, обеспечивающие больший коэффициент вытяжки, более эффективны.

Проведенные ранее исследования показывают, что лучшая по критерию максимума коэффициента эффективности калибровка валков обеспечивает также меньшую работу деформации и степень использования запаса пластичности [2]. Ниже показано, как можно использовать данные результаты для совершенствования калибровки профилей на примере стана 370 ОАО «ММК».

Если проанализировать калибровки валков стана 370 ОАО «ММК», то видно, что все «семейство» калибров можно разделить на пары неравноосное сечение – равноосное сечение. При всем многообразии калибровок и получаемых на стане профилей первые десять калибров неизменны для всего сортамента [3], поэтому они были выбраны для исследования. Таким образом, изменяя всего 5 пар калибров, была произведена оценка большей части калибровки (рис. 2).

Изменениям подвергались только неравноосные калибры, при этом некоторые параметры оставались неизменными, чтобы ограничить число возможных вариантов форм калибров, а именно: ширина калибра по врезу B_0 , катающий диаметр $D_{кат}$, межвалковый зазор t .

Первая пара калибров стана 370 ОАО «ММК» представляет собой ящичную систему. Учитывая, что определенные размеры калибра должны оставаться неизменными, было решено варьировать ширину калибра B и радиусы притупления R по дну для первого прохода. При этом необходимым условием подбора формы калибров является возможность получения на выходе из равноосного сечения профиля одной и той же формы (ширины). Поэтому изменению также подвергалась и глубина вреза H калибра в валки, соответственно менялась и высота калибра h .

Изначально планировалось провести исследование 3-х вариантов B : 155,5; 135,5 и 115,5 мм и 4-х вариантов R : 12; 22; 32 и 42 мм. Таким образом, получалось 12 вариантов неравноосного калибра. Однако, проводя

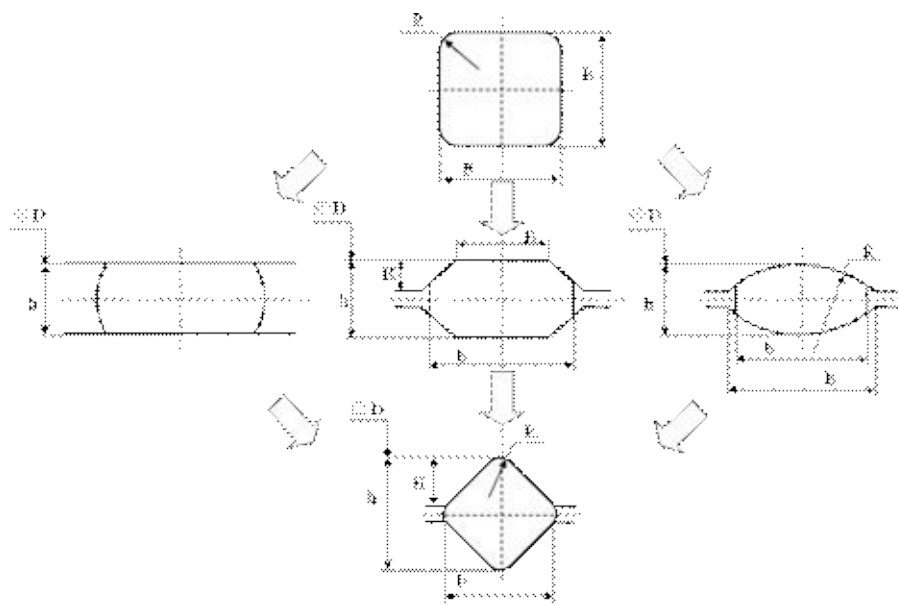


Рис. 1. Различные варианты калибровки, позволяющие получить профиль квадратного сечения

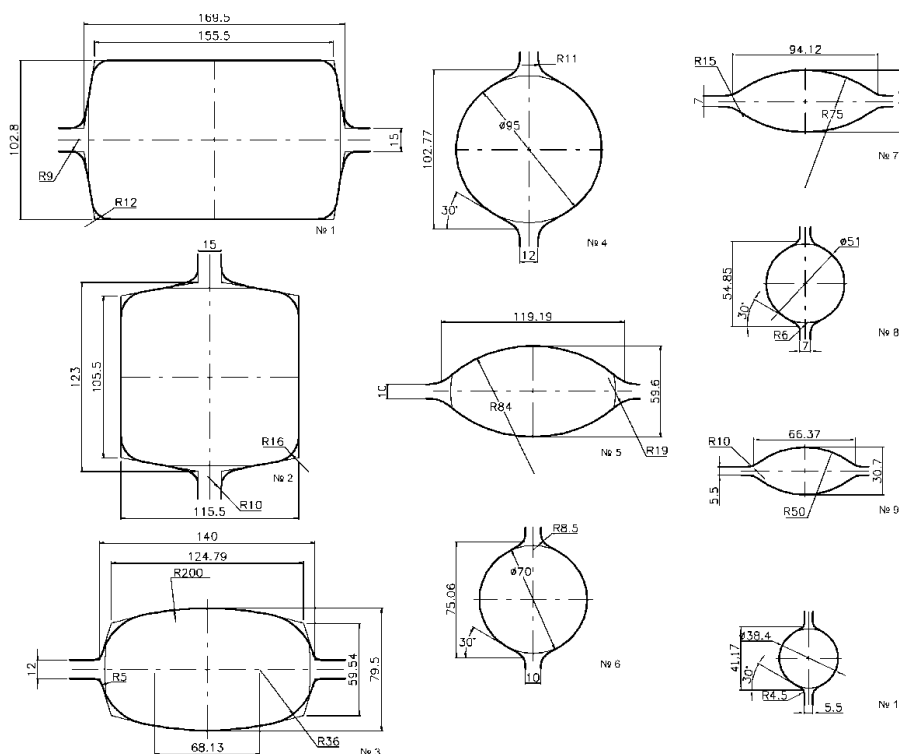


Рис. 2. Исходная калибровка валков клетей № 1–10 стана 370 ОАО «ММК»

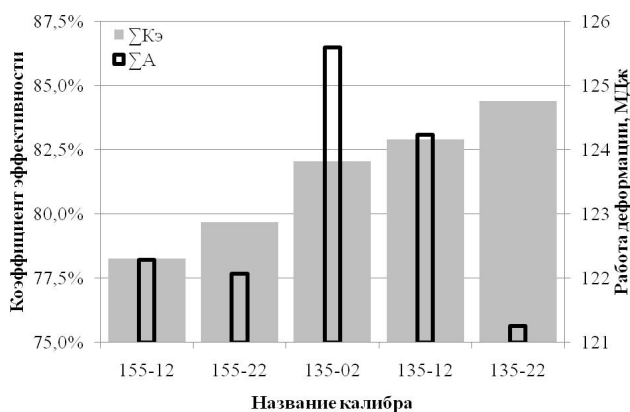


Рис. 3. Суммарный коэффициент эффективности и общая работа деформации для системы ящичных калибров в клетях № 1–2 стана 370 ОАО «ММК»

Таблица 1

Результаты расчета по всем группам калибров

Клеть	Коэффициент эффективности системы калибров, %		Работа деформации, МДж	
	Исходный вариант калибровки		Предлагаемый вариант калибровки	
№ 1–2	78,3	84,4	122,3	121,3
№ 3–4	74,6	81,0	140,5	130,6
№ 5–6	75,9	77,8	140,4	135,0
№ 7–8	70,1	72,9	161,4	153,7
№ 9–10	68,9	71,0	145,1	141,1
Итого	73,4	77,0	709,7	681,7

Таблица 2

Параметры моделирования

Клеть	Число элементов	Число узлов	Размер элемента, мм
№ 1–2	160750	33289	3,0
№ 3–4	167968	35345	2,3
№ 5–6	152757	32529	1,7
№ 7–8	227028	46749	1,2
№ 9–10	242060	57238	1,0

расчет уширения после прокатки в первой и во второй клетях, установили, что варианты с шириной 115,5 мм и радиусами 32 и 42 мм не позволяют получить необходимый профиль на выходе из второй клетки, поэтому они были отброшены, и окончательные расчеты проводились для 4-х вариантов, предложенных первоначально, плюс $R = 2$ мм при $B = 135,5$ мм (калибры «155-12», «155-22», «135-02», «135-12», «135-22»).

Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Для остальных пар калибров данные были получены аналогичным способом, а основные результаты представлены в табл. 1.

Далее рассматривали влияние формы калибра на распределение степени использования запаса пластичности по сечению раската.

Степень использования запаса пластичности является

одним из факторов, определяющих количество поверхностных и внутренних дефектов при прокатке.

В программе DEFORM-3D это критерий Кокрофта-Лэтэма (Damage), который рассчитывается по формуле

$$D = \int_0^{\bar{\epsilon}} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon}, \quad (2)$$

где $\bar{\epsilon}$ – накопленная пластическая деформация; $d\bar{\epsilon}$ – приращение накопленной деформации; σ^* – максимальное главное растягивающее напряжение; $\bar{\sigma}$ – интенсивность напряжений.

Моделирование формоизменения проводили методом конечных элементов с использованием программного комплекса DEFORM-3D (операции подготовки данных для моделирования сортовой прокатки реализованы в препроцессоре – подпрограмме Shape Rolling). При этом были приняты следующие допущения: рассматриваемый процесс является симметричным (проводили прокатку четверти поперечного сечения заготовки), изо-

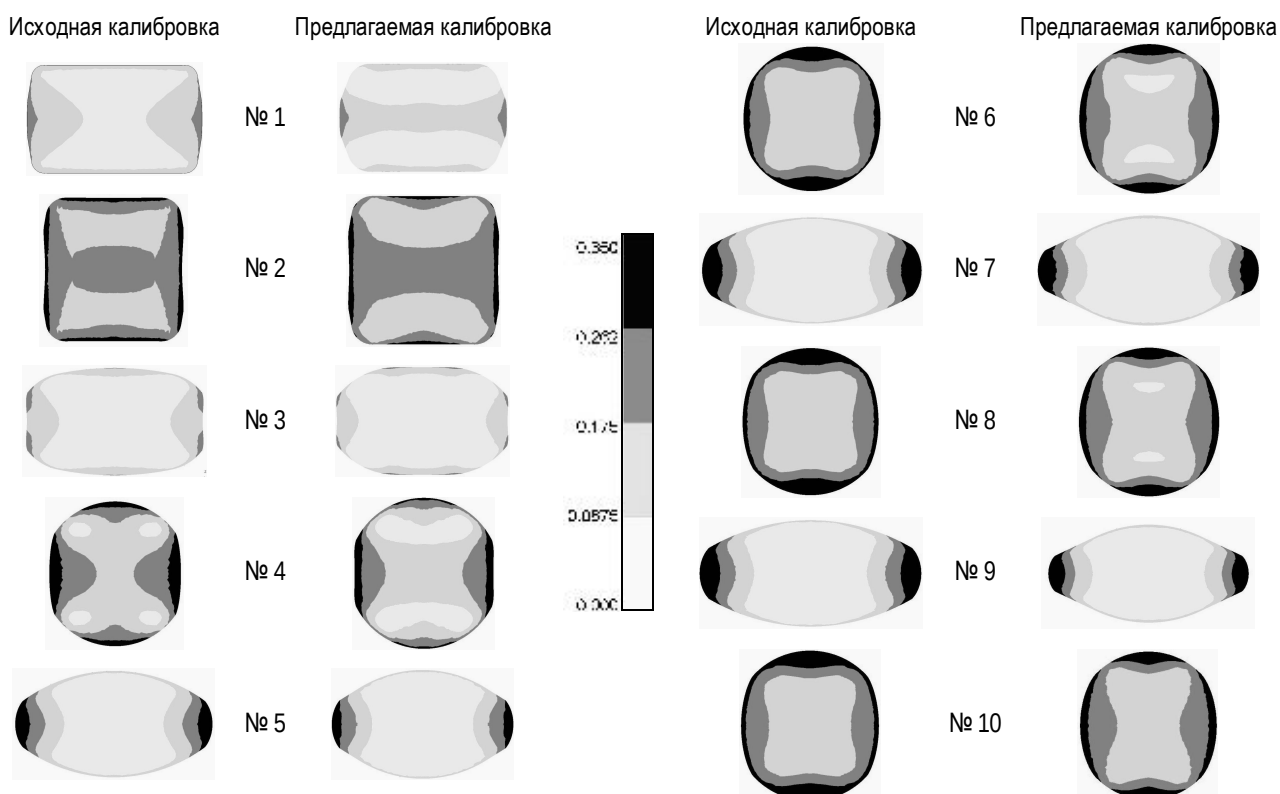


Рис. 4. Распределение степени использования запаса пластичности по поперечному сечению раската в клетях № 1–10 стана 370 ОАО «ММК»

термическим (теплообмен раската со средой отсутствовал); валки несжимаемые; материал полосы считается однородным, изотропным; деформируемая среда – вязкопластическая. Трение описывали по закону Зибеля. Показатель трения задавали постоянным и равным 0,7. Из стандартной библиотеки материалов была выбрана сталь AISI-1015 (аналог стали 15). Температура заготовки – 1000°C.

Прокатку заготовки сечением 150×150 мм вели со скоростью вращения 10 рад/с в вертикальных валках с кантовкой после прокатки в неравноосном калибре, что моделировало чередование горизонтальных и вертикальных клетей стана 370. При прокатке в системах калибров овал-круг в клетях № 3–8 стана 370 конечно-элементная модель такая же, как при моделировании предыдущих проходов, кроме параметров, приведенных в табл. 2.

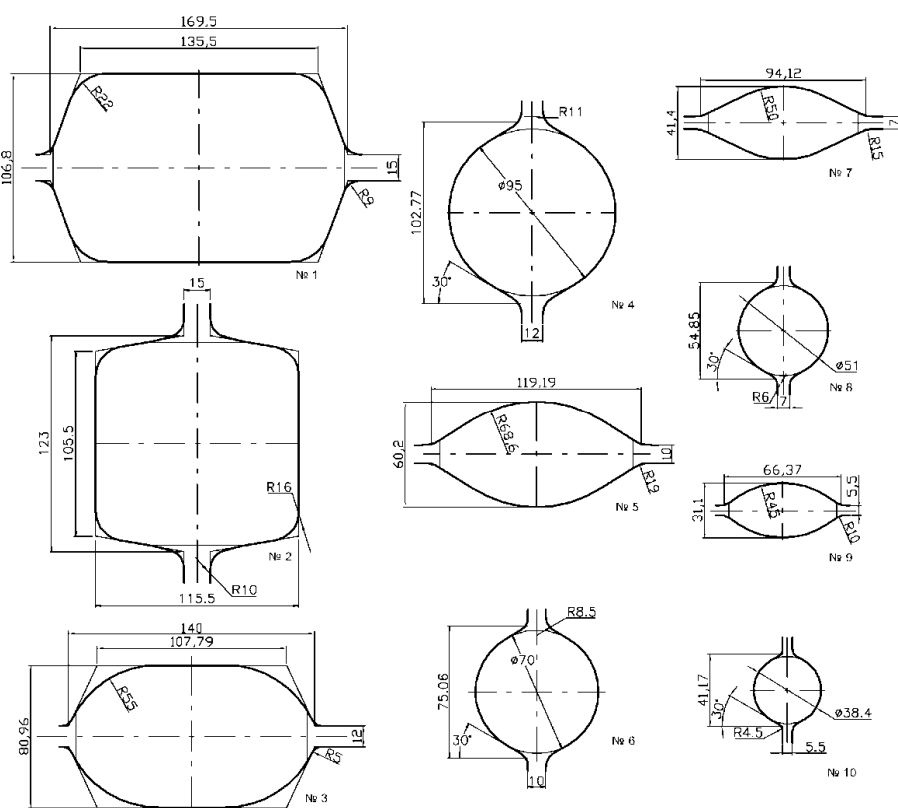


Рис. 5. Предлагаемая калибровка валков клетей № 1–10 стана 370 ОАО «ММК»

После прокатки во второй клетке было произведено принудительное перестроение сетки при сохранении геометрии профиля, а после четвертого прохода и далее производилась замена раската на заготовку такого же сечения, но меньшей длины, для снижения времени расчета.

На рис. 4 представлено распределение степени использования запаса пластичности по поперечному сечению раската в первых восьми клетках стана 370, из которого видно, что предлагаемый вариант калибровки способствует меньшему образованию дефектов при прокатке.

По результатам расчетов можно говорить о том, что на всех этапах прокатки, предлагаемая калибровка демонстрирует лучшее распределение степени использования запаса пластичности по сечению раската по сравнению с исходной калибровкой. Можно утверждать, что разработанная калибровка меньше способствует образованию дефектов как на поверхности раската, так и в его объеме.

На основе проделанной работы была спроектирована новая калибровка (рис. 5), отличающаяся:

- меньшей работой деформации, затрачиваемой на прокатку (экономический эффект – 805 тыс. руб. в год);
- повышенной стойкостью валков 1-й клетки за счет увеличения выпуска калибра (экономиче-

ский эффект – 470 тыс. руб. в год);

- меньшей вероятностью образования поверхностных и внутренних дефектов.

Список литературы

1. Совершенствование методики определения показателей формоизменения металла для управления качеством профилей при прокатке в калибрах / Кинзин Д.И., Левандовский С.А., Наливайко А.В., Завьялов К.А. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 4. С. 54–56.
2. Кинзин Д.И., Рычков С.С. Исследование эффективности калибровки сортовых профилей с помощью программы DEFORM-3D // Инженерные системы. 2010. С. 133–135.
3. ВТИ-101-П-Ц-21-2007 (тех. инструкция стана 370). 2007. 148 с.

Bibliography

1. Perfection of the method of determination metal deformation indexes for shape quality control at the section rolling / Kinzin D.I., Levandovskiy S.A., Nalivaiko A.V., Zav'yalov K.A. // Vestnik MSTU named after G.I.Nosov. No. 4. P. 54–56.
2. Kinzin D.I., Rychkov S.S. Research of roll pass design effectiveness using DEFORM-3D // Inzhenernye sistemy. 2010. P. 133–135.
3. VTI-101-P-SC-21-2007 (mill 370'stech. instruction, OJSC «MMK»). 148 p.

ТРАНСПОРТ

УДК 656.025.2:629.046

Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А., Цыганов А.В., Пыталева О.А.

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА)

В системах городских пассажирских перевозок большинства российских городов в период с 2000 по 2010 годы можно выделить два ярко выраженных этапа. На первом этапе наблюдалось постепенное снижение эффективности работы предприятий муниципального пассажирского транспорта, сопровождавшееся уменьшением доходности перевозок, сокращением числа транспортных средств и ухудшением качества транспортного обслуживания населения (рис. 1).

На втором этапе, начавшемся в 2004–2006 гг., рынок городских пассажирских перевозок стали интен-

сивно осваивать частные перевозчики, парк транспортных средств которых формировался, преимущественно, автобусами особо малой вместимости. Рост потребности пассажиров в качественных перевозках (по критерию минимума времени на поездку) стимулировал увеличение числа пассажирских транспортных средств особо малой вместимости на городских маршрутах. Это привело к снижению резервов пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) и, как следствие, к увеличению числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) (рис. 2).

Особенностью частных пассажирских перевозок в ряде российских городов является низкий уровень их организации, что связано, в частности, с неупорядоченным планированием маршрутов движения пассажирских автотранспортных средств преимущественно по тем участкам УДС, на которых сосредоточены массовые пассажиропотоки. Остальные участки остаются либо совсем не охваченными пассажирскими перевозками, либо движение пассажирских транспортных средств по ним осуществляется крайне нерегулярно.

Задача упорядочивания маршрутов движения пассажирских транспортных средств становится особо актуальной в условиях повышения уровня автомобилизации населения на фоне недостаточных темпов развития УДС.

Такая задача дважды ставилась администрацией города Магнитогорска перед кафедрой промышленного транспорта ГОУ ВПО «МГТУ» – в 2004 и в 2009 гг. В процессе ее решения были усовершенствованы существующая методика разработки маршрутной сети [1], а также методика прогнозирования пассажиропотоков, основанная на закономерностях пассажирообразования и пассажиропоглощения.

Основу усовершенствованной методики составляет математическая модель, минимизирующая численность транспортных средств на маршрутах при соблюдении ограничений на расчетный объем перевозок и пропускную способность участков УДС, по которым проходят маршруты движения пассажирских транспортных средств.

Целевая функция математической модели (1) минимизирует суммарное количество транспортных средств, используемых на пассажирских перевозках по всем или по отдельному маршруту:

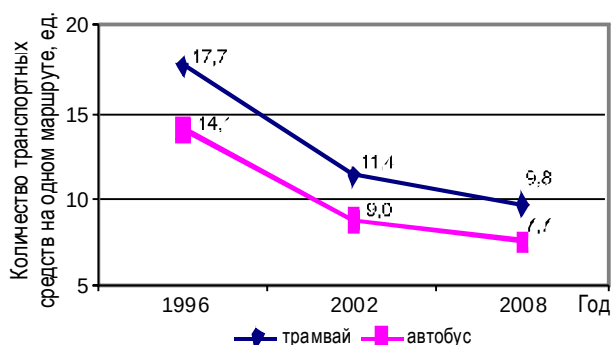


Рис. 1. Среднее количество транспортных средств, приходящихся на один маршрут (на примере г. Магнитогорска)

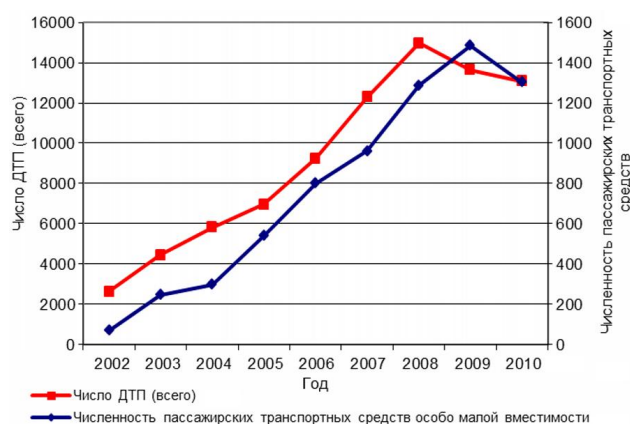


Рис. 2. Динамика численности пассажирских транспортных средств особо малой вместимости и числа ДТП (на примере г. Магнитогорска)

$$F = \sum_{k=1}^{K} (x_k^B + x_k^C + x_k^M) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где x_k^B , x_k^C , x_k^M – количество транспортных средств соответственно большой, средней и особо малой вместимости, обслуживающих каждый k -й маршрут варианта схемы, состоящей из K маршрутов, ед.

Условие обеспечения перевозки существующего пассажиропотока имеет вид

$$Q_k^B x_k^B + Q_k^C x_k^C + Q_k^M x_k^M \geq Q(i, j)_k, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (2)$$

где $Q_k^{B,C,M}$ – количество пассажиров, перевозимых транспортными средствами соответственно большой, средней и особо малой вместимости, при движении по k -му маршруту, чел.; $Q(i, j)_k$ – мощность пассажиропотока на дуге (i, j) , принадлежащей k -му маршруту, чел.

Величина $Q_k^{B,C,M}$ определяется по формуле

$$Q_k^{B,C,M} = \frac{q^{B,C,M}}{N_k^{B,C,M}}, \quad (3)$$

где $q^{B,C,M}$ – вместимость транспортного средства соответственно большой, средней или особо малой вместимости, обеспечивающая перевозку пассажиров для участков улично-дорожной сети, входящих в состав расчетных маршрутов, чел.; $N_k^{B,C,M}$ – количество оборотов одного автотранспортного средства на маршруте, об., то есть

$$N_k^{B,C,M} = \frac{t_k^{B,C,M}}{24} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} [i, j]}{24V^{B,C,M}}, \quad (4)$$

где $V^{B,C,M}$ – нормативная (эксплуатационная) скорость движения транспортных средств различной вместимости, км/ч; $t_k^{B,C,M}$ – время оборота транспортного средства соответственно большой, средней и особо малой вместимости на k -м маршруте, ч; $\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} [i, j]$ – длина маршрута, км.

Ограничение на пропускную способность участков УДС имеет вид

$$D_k^B x_k^B + D_k^C x_k^C + D_k^M x_k^M \leq D(i, j)_k, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (5)$$

где $D_k^{B,C,M}$ – коэффициент использования пропускной способности транспортным средством большой, средней и особо малой вместимости; $D(i, j)_k$ – суммарный резерв пропускной способности участков УДС $(i, j)_k$, входящий в маршрут k движения транспортного средства, авто.

Величина $D_k^{B,C,M}$ определяется по формуле

$$D_k^{B,C,M} = N_k^{B,C,M} \times K_k^{B,C,M}, \quad (6)$$

где $K_k^{B,C,M}$ – коэффициент приведения пропускной способности, используемой при движении транспортного средства разной вместимости, к величине пропускной способности, используемой при движении одного легкового автомобиля.

Исходными данными для расчетов по разработанной модели являются:

- часовой расчетный пассажиропоток, осваиваемый пассажирским транспортом;
- резервы пропускной способности участков УДС;
- параметры маршрутов (длина, время оборота);
- данные об используемых на маршрутах транспортных средствах.

Для определения величины расчетного пассажиропотока для каждого часа суток, а также резервов пропускной способности участков УДС разработаны соответствующие методики, основанные на использовании методов теории графов. В частности, улично-дорожная сеть города представляется в виде топологической схемы – транспортной сети, состоящей из дуг – участков УДС и вершин – перекрестков. Дуги транспортной сети характеризуются расстоянием (временем сообщения), а вершины – величиной пассажирообразования и пассажиропоглощения в течение часа. Эти значения для вершин целесообразно определять расчетно-аналитическим методом с использованием статистических данных о численности населения в микрорайонах города, исходя из пешеходной доступности каждой вершины для жителей микрорайона.

Для повышения точности расчетно-аналитического метода предлагается группировать пассажиропотоки по следующим признакам:

- признаки первого уровня – категория занятости пассажиров: работающие, учащиеся, пенсионеры и прочие (не вошедшие в перечисленные категории);
- признаки второго уровня – распределение пассажиропотоков по часам суток;
- признаки третьего уровня – движение пассажиров по определенному маршруту.

Весь пассажиропоток разделяется на поток, осваиваемый городским пассажирским транспортом, и поток, использующий личные или служебные автомобили. Пассажиропоток, осваиваемый городским пассажирским транспортом, разделяется на четыре подпотока, в зависимости от выделенных категорий занятости пассажиров: работающие, учащиеся, пенсионеры, прочие. К категории «работающие» отнесено население, занятое в материальном производстве, в бюджетной сфере и в сфере малого предпринимательства. К категории «учащиеся» – студенты, школьники, дошкольники. К категории «пенсионеры» – пенсионеры. К категории «прочие» – безработные и неучтенная часть населения (разность между общей численностью населения и суммарной численностью учтенных категорий населения). В соответствии с признаками пассажиропотока второго уровня определяется количество пассажиров каждой категории занятости населения по часам суток для каждой i -й вершины пассажирообразования. Такое

разделение необходимо для определения процентного соотношения каждой категории занятости по каждому часу работы городского пассажирского транспорта, поскольку разные категории занятости населения обладают специфическими особенностями движения с распределением по часам суток.

Вершины пассажиропоглощения наносятся на

транспортную сеть, исходя из расположения крупных и средних предприятий города, числа рабочих мест на них, учебных заведений и дошкольных учреждений с количеством учащихся, а также социальных, культурно-бытовых объектов и объектов торговли. Интенсивность пассажиропоглощения в этих вершинах определяется на основе данных о численности рабо-

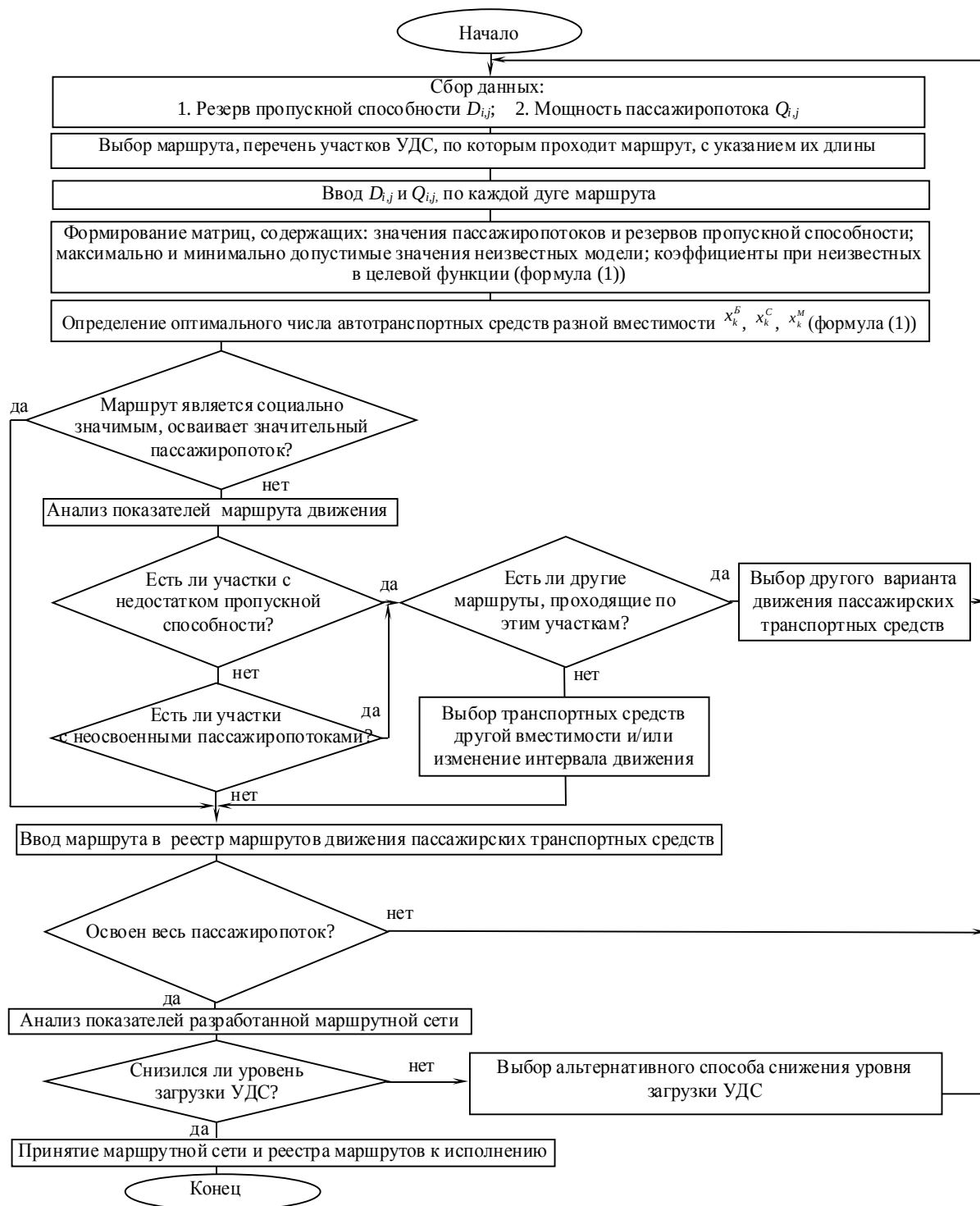


Рис. 3. Алгоритм разработки маршрутной сети городского пассажирского транспорта

тающих (учащихся) или среднесуточном количестве обслуживаемого этими объектами населения.

Расчет мощности пассажиропотоков предлагается производить для рабочих и учащихся по формуле

$$H_i = \sum_{i=1}^{i=N-1} \frac{P}{СП} \cdot P_i, \quad (7)$$

где H_i – количество работников (учащихся), перевозимых в заданную вершину i , чел.; P – потребность в работниках (учащихся) в заданной вершине, чел.; $СП$ – суммарная потребность в работниках (учащихся) во всех вершинах, чел.; P_i – количество работников (учащихся), отправляющихся из i -й вершины в заданную, чел.; N – количество вершин транспортной сети, ед.

В связи с тем, что для категорий «пенсионеры» и «прочие» невозможно с необходимой точностью оп-

ределить вероятные маршруты следования, для них разрабатывается другая топологическая схема, которая разделяет транспортную сеть на укрупненные зоны. Расчет пассажиропотоков между этими зонами, а также внутри зон производится по формуле

$$R_i = \sum_{i=1}^{i=N-1} \frac{r_i}{k_i n}, \quad (8)$$

где R_i – количество пенсионеров и прочих категорий населения, приходящееся на каждую вершину заданной зоны, чел./ч; r_i – количество пенсионеров и прочих категорий населения в i -й зоне, чел.; k_i – количество вершин в i -й зоне, ед.; n – количество часов, за которые совершается поездка в течение суток, ч.

Определение маршрутов движения работающих и учащихся (признак группировки третьего уровня) от каждой вершины пассажирообразования ко всем остальным вершинам производится по известной методике построения таблиц оптимальных путей (ТОП) [2]. Такие таблицы содержат описание кратчайших маршрутов от одной или нескольких заданных начальных вершин транспортной сети до всех остальных вершин. ТОП строятся для каждой вершины пассажирообразования транспортной сети. С использованием полученных оптимальных маршрутов суммируются рассчитанные по формулам (7), (8) пассажиропотоки для каждой дуги всех ТОП.

После расчета отдельных струй пассажиропотока мощности струй, проходящих по одним и тем же участкам УДС в течение одинакового периода времени, суммируются по формуле

$$Q(i, j) = \sum_{i=1}^{i=N-1} H_{ij} + \sum_{i=1}^{i=N-1} R_{ij}. \quad (9)$$

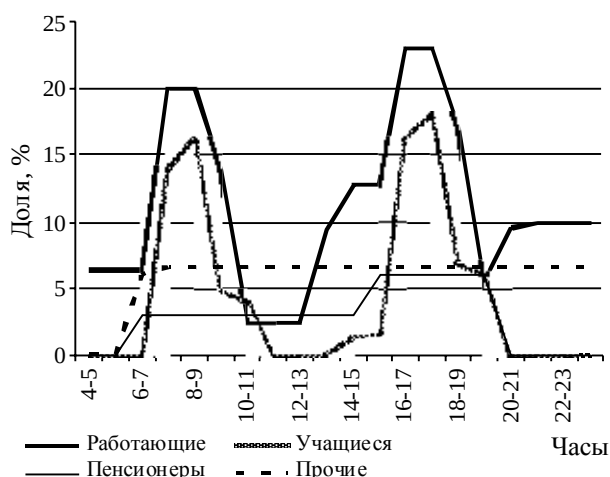


Рис. 4. Распределение мощности пассажиропотоков разных категорий по часам суток (для условий г. Магнитогорска)

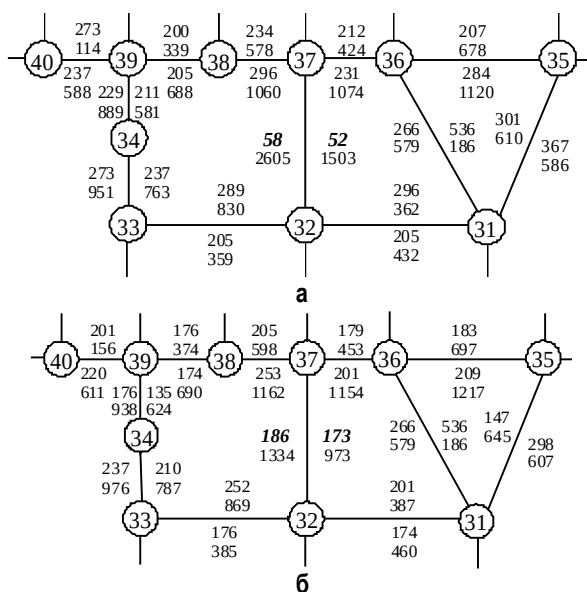


Рис. 5. Данные существующей (а) и расчетной (б) маршрутной схемы

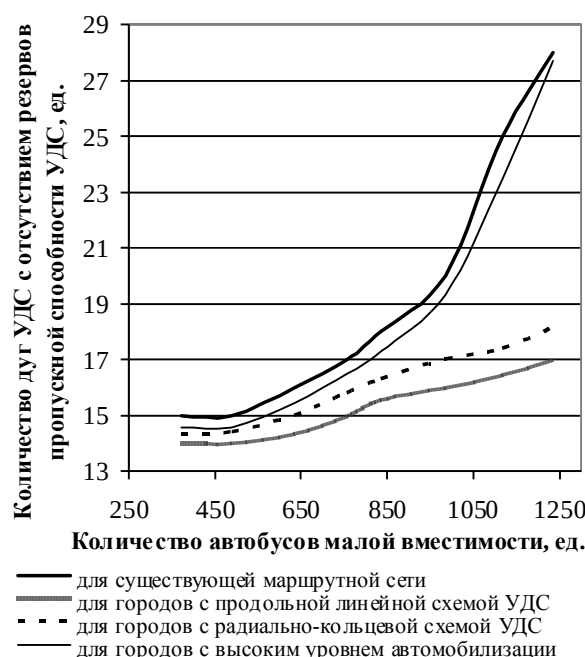


Рис. 6. Зависимость уровня загрузки УДС от числа автобусов малой и особо малой вместимости

Предложенный метод позволяет определить потребности в перевозке пассажиров городским пассажирским транспортом по каждому участку УДС в течение определенных часов суток с учетом детализации по времени для разных категорий населения.

Методика определения для участков УДС резервов пропускной способности, которые могут быть использованы для движения пассажирских транспортных средств, основана на расчете разности между максимальной пропускной способностью каждого

Таблица 1

Скорректированные маршруты движения пассажирских автотранспортных средств в г. Магнитогорске

Номер маршрута	Маршрут движения	Примечание
2	Вокзал – Ленина – Металлургов – Центральный переход – Проходные ММК 5, 6, 7 – Кирова – пл. Комсомольская – пл. Победы – Самстрой	6 автобусов б/в с 5:30 до 10:30 и с 13:30 до 19:00; интервал движения 19 мин
3	Зеленый лог – Советская – Завенягина – К.Маркса – Южный переход – Кирова – пл. Комсомольская – пл. Победы – Казачья переправа – К.Маркса – 50 лет Магнитки – Зеленый лог	9 автобусов б/в с 05:30 до 9:30 и с 15:50 до 18:30; интервал движения 8 мин; 4 автобуса с 9:30 до 15:50; интервал движения 15–20 мин
4	Вокзал – Ленина – Московская – Цемзавод – УПТК – Су-пряк – Московская – Советская – Вокзальная – Вокзал	3 автобуса б/в с 6:00 до 23:00; интервал движения 25–30 мин
5	Бестужева – Енисейская – Гагарина – Лесопарковая – Грязнова – Суворова – Гагарина – Ленина – Вокзал	5 автобусов м/в с 6:00 до 22:00; интервал движения 10–15 мин
6	Товарная – Димитрова – Кирова – пл. Комсомольская – Пушкина – пл. Победы – Самстрой	1 автобус м/в с 6:00 до 19:00
7	Зеленый лог – Советская – Завенягина – К. Маркса – Гагарина – Ленина – Вокзал	8 автобусов б/в с 7:30 до 10:30 и с 14:30 до 18:30; интервал движения 10 мин; 5 автобусов 10:30 до 14:30 и с 18:30 до 22:00; интервал движения 15–20 мин
9	Зеленый лог – Советская – 50 лет Магнитки – К.Маркса – Казачья переправа – пл. Победы – пл. Комсомольская – Кирова – Южный переход – К.Маркса – Завенягина – Советская – Зеленый лог	10 автобусов б/в с 05:30 до 9:30 интервал движения 7 мин; и 10 автобусов с/в с 15:30 до 18:30; интервал движения 15 мин
10	Зеленый лог – Советская – Труда – К.Маркса – Казачья переправа – пл. Победы – Самстрой	9 автобусов б/в с 7:00 до 9:30 и с 13:00 до 17:00; 9 автобусов с/в с 9:30 до 13:00 и с 17:00 до 21:30; интервал движения 8 мин
16	Коробова – Сиреневый – Калмыкова – Труда – Советская – Московская – ККЦ – ЛПЦ	10 автобусов б/в с 5:30 до 9:30 и с 15:00 до 18:30; интервал движения 10 мин
17	Зеленый лог – 50 лет Магнитки – К.Маркса – Труда – Ленина – Вокзал – Вокзальная (АЗС «Шурави») – обратно	7 автобусов б/в с 7:00 до 10:00 и с 14:30 до 18:00; интервал движения 10–12 мин; 5 автобусов с 10:00 до 14:30 и с 18:00 до 21:00; интервал движения 15–20 мин
18	Зеленый Лог – Советская – Завенягина – К.Маркса – Гагарина – пл. Свердлова – Н.Шишка – Северный переход – ККЦ – МКЗ (Товарная).	10 автобусов б/в с 5:30 до 9:30 и с 14:00 до 18:30; 10 автобусов с/в с 9:30 до 14:00; интервал движения 10 мин
20	Гагарина (АЗС «Красная») – Лесопарковая – Советская – Сов. Армии – К. Маркса – Южный переход – Кирова – пл. Комсомольская – пл. Победы	6 автобусов б/в с 5:30 до 10:30 и с 13:30 до 18:50; 6 автобусов с/в с 10:30 до 13:30; интервал движения 17 мин
21	Коробова – Сиреневый – Калмыкова – Труда – Ленина – Вокзал	10 автобусов б/в с 6:40 до 22:00; интервал движения 7 мин
24	Коробова – Сиреневый – Калмыкова – Труда – Ленина – Южный переход – Кирова – пл. Комсомольская – пл. Победы – Чкалова – Полевая – Самстрой	14 автобусов б/в с 5:30 до 9:30 и с 14:00 до 18:30; интервал движения 7–8 мин; 5 автобусов с 9:30 до 14:30 и с 18:30 до 21:30; интервал движения 15–20 мин
31	Зеленый лог – Советская – Завенягина – К. Маркса – Гагарина – пл. Свердлова – Строителей – Вокзал	8 автобусов б/в с 7:30 до 10:30 и с 13:00 до 18:30; интервал движения 10 мин; 5 автобусов с/в с 10:30 до 13:00; интервал движения 10 мин
44	Зеленый лог – Тевосьяна – Труда – К.Маркса – Грязнова – Южный переход – Проходные ММК № 7, 6, 5	8 автобусов б/в с 5:30 до 9:30 и с 15:00 до 18:30; интервал движения 7–8 мин; 4 автобуса с 9:30 до 15:00; интервал движения 15 мин
59	Жемчужная – п. Радужный – Молжив – Калмыкова – Труда – К. Маркса – пл. Мира – Вокзал	3 автобуса м/в с 6:00 до 21:00
61	Зеленый лог – Советская – Доменщиков – Галиуллина – Советская – Вокзальная – Вокзал	6 автобусов б/в с 7:00 до 10:30 и с 14:30 до 18:30; интервал движения 10 мин; 3 автобуса с 10:30 до 14:30 и с 18:30 до 22:00; интервал движения 20 мин

участка и фактической интенсивностью движения личного и грузового транспорта на этом участке. Расчет предлагается производить по формуле

$$N(i, j)_k = N_{i,j}^n - (N_{i,j}^a + N_{i,j}^p \cdot k_{np}^p + N_{i,j}^{a/\delta} \cdot k_{np}^{a/\delta}), \quad (10)$$

где $N(i, j)_k$ – суммарный резерв пропускной способности участка УДС $(i, j)_k$, авт./ч; $N_{i,j}^n$ – максимальная пропускная способность участка, авт./ч; $N_{i,j}^a$ – интенсивность движения легковых автомобилей, авт./ч; $N_{i,j}^p$ – интенсивность движения грузовых автомобилей, авт./ч; k_{np}^p – коэффициент приведения интенсивности грузового транспортного средства к эквивалентному количеству легковых автомобилей; $N_{i,j}^{a/\delta}$ – интенсивность движения автобусов, авт./ч; $k_{np}^{a/\delta}$ – коэффициент приведения интенсивности движения автобусов к эквивалентному количеству легковых автомобилей.

На транспортную сеть города наносятся картограмма пассажиропотоков, приходящихся на городские пассажирские перевозки, а также картограмма резервов пропускной способности. Таким образом, каждая дуга расчетной схемы УДС характеризуется двумя параметрами – мощностью пассажиропотока и резервом пропускной способности.

После нахождения в результате расчета на математической модели числа пассажирских транспортных средств различной вместимости X_k^B , X_k^C и X_k^M для каждого маршрута k и для каждого периода суток определяются показатели отдельных маршрутов и всего множества маршрутов, образующих маршрутную сеть. Выбор рационального варианта маршрутной сети осуществляется на основе анализа значений этих показателей. В частности, если на маршруте движения существуют участки с превышением допустимого резерва пропускной способности, то необходимо рассмотреть возможность корректировки схемы маршрутов, проложив

Таблица 2

Предлагаемые маршруты движения пассажирских автотранспортных средств в г. Магнитогорске

Номер маршрута	Маршрут движения	Примечание
101	Тевосяна – Зеленый лог – 50 лет Магнитки – К.Маркса – Труда – Калмыкова – Сиреневый – 50 лет Магнитки – К.Маркса – Труда – Зеленый лог – Тевосяна	3 автобуса м/в, интервал движения 10 мин, длина 9,9 км
102	Коробова – Труда – К.Маркса – 50 лет Магнитки – Советская – Труда – К.Маркса – 50 лет Магнитки – Сиреневый – Коробова	2 автобуса м/в, интервал движения 10 мин, длина 7,7 км
103	Коробова – Ленина – Грязнова – пл.Мира – К.Маркса – Вокзал – К.Маркса – пл. Мира – Грязнова – пр. Ленина – Сиреневый	10 автобусов б/м, интервал движения 10 мин, длина 20,2 км
104	Завенягина (кольцо) – Галиуллина – Советская – Вокзальная – АЗС «Шурави» – Вокзальная – Вокзал – К.Маркса – Грязнова – Советская – Галиуллина – Завенягина (кольцо)	3 автобуса м/в, интервал движения 10 мин, длина 17,3 км
105	Вокзал – Вокзальная – Советская – Гагарина – К.Маркса – Грязнова – Советская – Галиуллина – Завенягина (кольцо) – обратно	4 автобуса м/в, интервал движения 10 мин, длина 19,5 км
106	Сиреневый – Ленина – Завенягина – К.Маркса – Грязнова – Суворова – Московская – К.Маркса – Завенягина – Ленина – Сиреневый	5 автобусов м/в, интервал движения 10 мин, длина 20,5 км
107	Пос. Западный – Гагарина – Октябрьская – Строителей – Комсомольская – Советская – Гагарина – пос. Западный	2 автобуса м/в, интервал движения 15 мин, длина 11,3 км
108	Тевосяна – Труда – Советская – Доменичкиков – Галиуллина – Советская – Ленинградская – Октябрьская – Центральный переход – Проходные № 5, 6, 7 – Профсоюзная – Кировая – Магнитная – Казачий переход – Завенягина – Ленина – Труда – Тевосяна	7 автобусов м/в, интервал движения 10 мин, длина 29,1 км
109	Пл. Победы – Маяковского – Трамвайная – Шоссейная – к-т «Спутник» – Рис – обратно	1 автобус м/в, интервал движения 20 мин, длина 5,9 км
110	Сурикова – Комсомольская – Советская – Вокзальная – Химчистка (Бехтерева) – Московская – Северный переход – Бахметьева – 12-й участок – Элеватор	5 автобусов м/в, интервал движения 10 мин, длина 20,2 км
111	Крольчатник – Вокзальная – К.Маркса – Грязнова – Южный переход – Профсоюзная – пл. Победы – Полевая – ЯВ 48/18	8 автобусов м/в, интервал движения 10 мин, длина 31,6 км
112	Пл. Победы – Поля Орошения	1 автобус м/в, интервал движения 20 мин, длина 6,3 км
113	Пл. Победы – пос. Агаповка	3 автобуса м/в, интервал движения 10 мин, длина 12,2 км
114	Пл. Мира – пос. Нежный	2 автобуса м/в, интервал движения 10 мин, длина 8,6 км
115	ВКХ – Птицефабрика – Калмыкова	1 автобус м/в, интервал движения 12 мин, длина 2,2 км

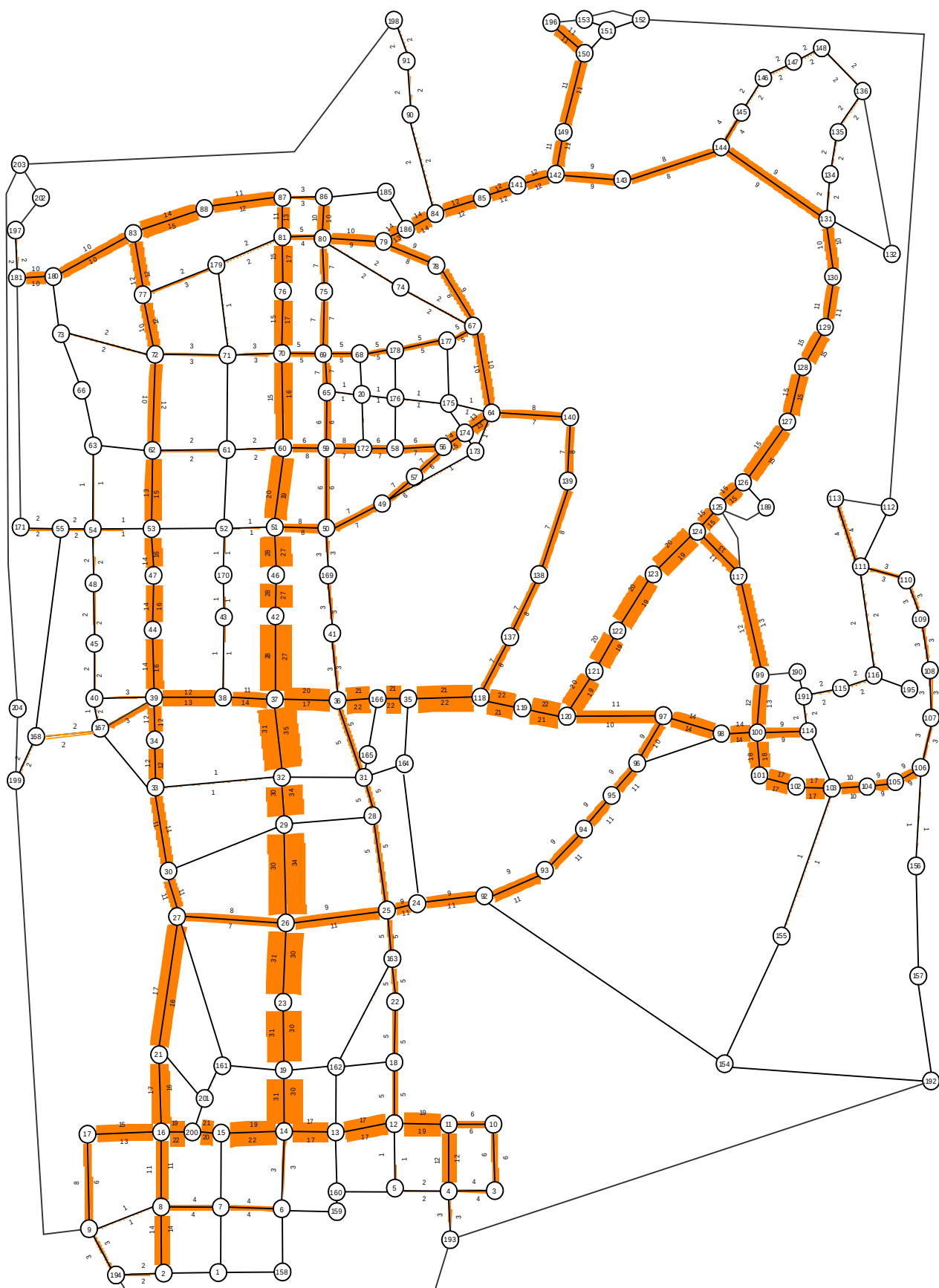


Рис. 7. Картограмма числа существующих маршрутов движения городского пассажирского транспорта г. Магнитогорска

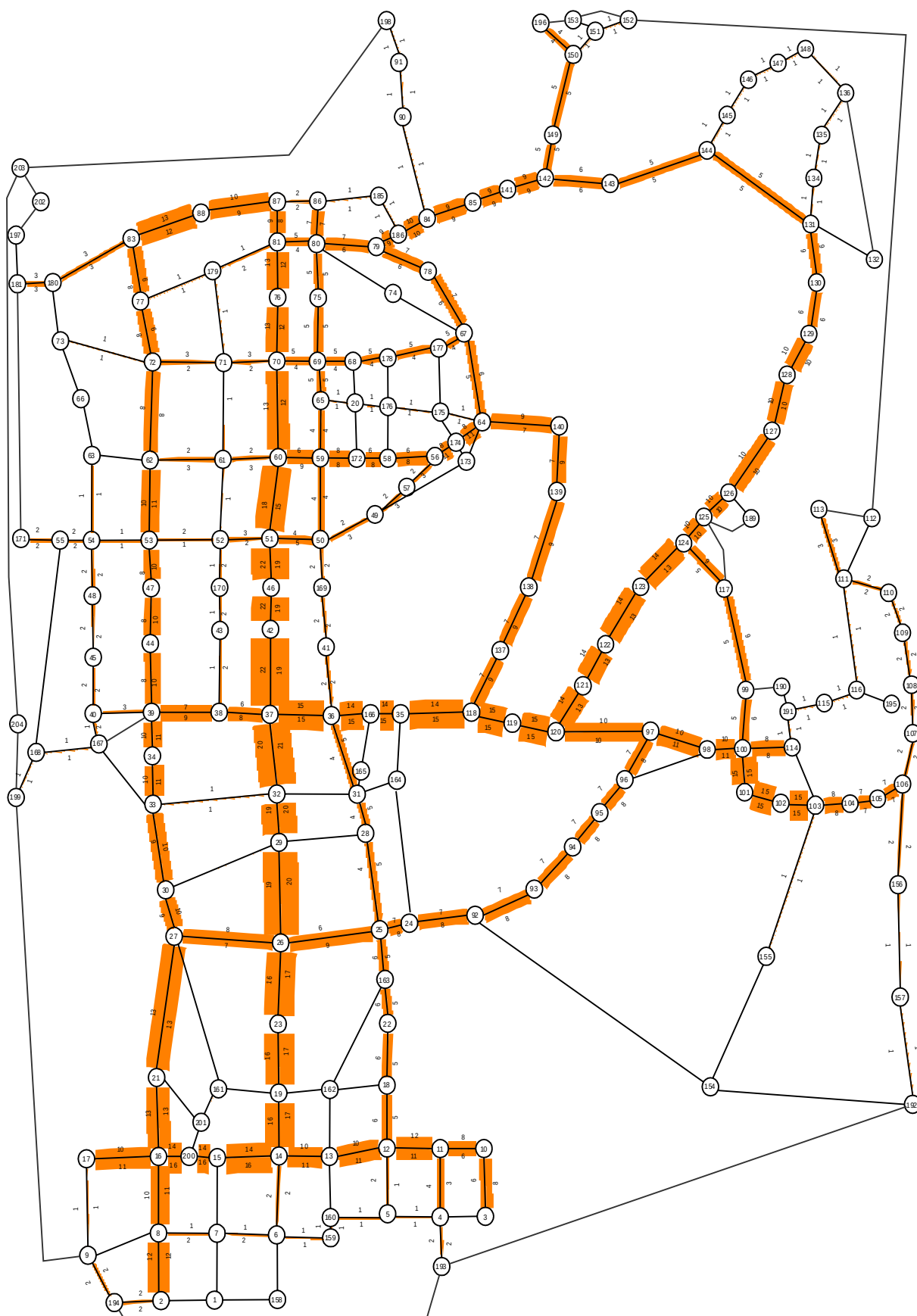


Рис. 8. Картограмма числа предлагаемых маршрутов движения городского пассажирского транспорта г. Магнитогорска

маршрут по менее загруженным участкам. Аналогичные корректировки осуществляются в случае недостаточного удовлетворения потребности в пассажирских перевозках по участкам УДС.

Маршрут движения, показатели которого соответствуют предъявляемым требованиям, вносится в реестр маршрутов с указанием необходимого количества транспортных средств соответствующей вместимости и интервала движения для каждого часа суток.

Выбор вариантов маршрутов и внесение их в реестр осуществляется до тех пор, пока маршрутная сеть не будет обеспечивать перевозку расчетного пассажиропотока. Алгоритм разработанной методики составления маршрутной схемы городского наземного пассажирского транспорта приведен на **рис. 3** [3].

Представленная методика была апробирована при разработке маршрутной сети города Магнитогорска (население – 409 тыс. чел., схема УДС – прямоугольная).

В результате натурного обследования пассажиропотоков и статистического анализа численности населения были определены расчетные пассажиропотоки. На **рис. 4** представлено процентное соотношение числа пассажиров каждой категории населения по часам суток работы городского пассажирского транспорта города Магнитогорска.

По результатам натурных наблюдений интенсивности движения транспортных средств были определены расчетные значения резервов пропускной способности всех участков УДС города.

На **рис. 5, а** представлен фрагмент расчетной транспортной сети с нанесенными на каждую дугу данными о резервах пропускной способности (верхнее число) и величине пассажиропотока (нижнее число).

В результате проведения экспериментов с описанной в статье моделью было определено оптимальное количество пассажирских транспортных средств, сформирован перечень перегруженных участков УДС, а также участков с неудовлетворенной потребностью в пассажирских перевозках. На **рис. 5, б** представлен фрагмент транспортной сети, полученной в результате моделирования. Для каждого участка УДС показан резерв пропускной способности (верхнее число) и число перевезенных пассажиров (нижнее число) после моделирования всех маршрутов движения пассажирских транспортных средств.

По результатам моделирования выявлено, что при достижении суммарного числа пассажирских авто-транспортных средств на всех маршрутах порядка 1000 автомобилей уровень загрузки УДС города резко увеличивается (**рис. 6**).

По результатам проведенных исследований были выработаны следующие рекомендации по изменению маршрутной сети для условий города Магнитогорска:

- долю перевозок автобусами большой и средней вместимости увеличить с 5 до 23%;
- долю перевозок автобусами особо малой вместимости сократить с 22 до 4%;
- маршруты движения автобусов особо малой вместимости проложить по поперечным и периферийным улицам города;

- по центральным улицам города направить маршруты с автобусами большой вместимости с интервалом не более 5 мин в часы пик;
- перевозки рельсовым транспортом оставить неизменными;
- для обеспечения необходимого качества перевозок по критерию их регулярности необходимо организовать движение транспортных средств маршрутов по разработанному расписанию, учитывающему изменение мощности пассажиропотоков в разные периоды суток.

В результате расчетов по алгоритму (см. **рис. 3**) были внесены изменения в существующую маршрутную сеть – уменьшено общее число маршрутов, скорректирована численность транспортных средств большой и особо малой вместимости. Параметры измененных маршрутов приведены в **табл. 1**.

Разработаны дополнительные маршруты, осваивающие пассажиропотоки на поперечных и периферийных участках улично-дорожной сети. Предлагаемые маршруты движения пассажирского авто-транспорта представлены в **табл. 2**. Новым маршрутам присвоены условные номера, начиная с 101.

Предлагаемая схема маршрутов обеспечивает их равномерное распределение по транспортной сети города. Результатом этого является освоение пассажиропотока большого объема при одновременном снижении уровня загрузки центральных улиц города (пр. Карла Маркса и пр. Ленина). Картограммы числа маршрутов движения транспортных средств по существующей и предлагаемой схемам маршрутов представлены соответственно на **рис. 7** и **8**. Сравнение показателей существующей и предлагаемой маршрутных сетей города Магнитогорска представлено в **табл. 3**.

Таблица 3
Сравнение показателей существующей и предлагаемой маршрутной сети для г. Магнитогорска

Показатели	Существующая сеть	Предлагаемая сеть
Общее число маршрутов	102	77
Количество автобусов средней и большой вместимости, ед.	97	144
Количество автобусов особо малой вместимости, ед.	995	100
Осваиваемый пассажиропоток, чел./сут	267456	267456
Суммарный резерв пропускной способности всей УДС, авт./ч	210137	226797
Число элементов УДС с превышением резерва пропускной способности	94	12
Коэффициент загрузки основных дорог движением в часы пик	0,9	0,7
Средняя скорость движения на маршруте, км/ч	16	24
Интервал движения на маршруте в часы пик, ч	–	0,07

Внедрение разработанной маршрутной сети для условий г. Магнитогорска позволит снизить суммарную загрузку всей УДС города более чем на 8%, увеличить пропускную способность основных перекрестков на 23%, что, при прочих равных условиях, приведет к снижению уровня аварийности на 6%. Прогнозируется повышение качества городских пассажирских перевозок в результате снижения уровня загрузки магистральных улиц города и освоения пассажиропотока в полном объеме.

Список литературы

1. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / Гудков В.А., Миротин Л.Б., Вельможин А.В., Ширяев С.А.; под ред. В.А. Гудкова. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 448 с.
2. Рахмангулов А.Н. Методы оптимизации транспортных про-

цессов: учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 1999. 114 с.

3. Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Пыталева О.А. Повышение безопасности и качества пассажирских перевозок в г. Магнитогорске // Автотранспортное предприятие. 2009. № 6. С. 41–44.

Bibliography

1. Passenger transportation by motor vehicles: Textbook for universities / Gudkov V.A., Miroitin L.B., Velmojin A.V., Shiriaev S.A.; under the editorship of V.A. Gudkov. M.: Hot Line-Telekom, 2006. 448 p.
2. Rakhmangulov A.N. Methods of transportation procedures optimization: textbook. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University, 1999. 114 p.
3. Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Pytaleva O.A. Public transportation safety and service improvement in Magnitogorsk // Motor transport enterprise. 2009. № 6. P. 41–44.

ЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.313

Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ И КОМПЕНСИРОВАННЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Реализация федеральной целевой программы «Энергосбережение» невозможна без создания новых и модернизации существующих технологических процессов, рабочих машин, агрегатов и их электроприводов. Электроприводы промышленных установок на 85% созданы на основе применения традиционных асинхронных двигателей (ТАД), обладающих высокой надежностью, но сравнительно невысокой энергоэффективностью. Их номинальный электрический КПД (η_n) составляет 70–92%, коэффициент мощности ($\cos\varphi_n$) не превышает 0,8–0,92, энергетический КПД ($\eta_{\text{э}} = \eta_n \cdot \cos\varphi_n$) находится в диапазоне 56–82%, то есть 18–44% потребляемой ТАД электрической энергии превращается в теплоту и рассеивается в окружающей среде.

В настоящее время повышение энергоэффективности асинхронных электроприводов промышленных установок осуществляется преимущественно путем создания систем «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ–АД) или «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель» (ТРН–АД). Однако в этих регулируемых и нерегулируемых системах электроприводов используются ТАД с невысокой энергоэффективностью.

В ГОУ ВПО «МГТУ» разработан, исследован и создан новый вариант асинхронного двигателя, обладающий повышенными показателями энергоэффективности. В отличие от ТАД, энергоэффективный асинхронный двигатель (ЭАД), мощность которого равна мощности ТАД, за счет индивидуальной компенсации реактивного тока индуктивного характера током емкостного характера и явления феррорезонанса токов потребляет от источника питания на 10–15% меньший ток, имеет номинальные электрический КПД $\eta_n = 85\text{--}93\%$, коэффициент мощности $\cos\varphi_n = 1,0$, энергетический КПД $\eta_{\text{э}} = 85\text{--}93\%$ [1–3].

При создании новых или модернизации действующих асинхронных электроприводов приходится исследовать альтернативные варианты, удовлетворяющие главным требованиям рабочих машин и оценивать их показатели энергоэффективности. С разработкой ЭАД число исследуемых вариантов значительно увеличивается, что усложняет выбор оптимального варианта электропривода. Известные методы и алгоритмы, при-

меняемые для оценки показателей энергоэффективности асинхронных электроприводов, ориентированные на применение ТАД, не могут без соответствующих доработок применяться для оценки показателей энергоэффективности электроприводов, создаваемых на основе ЭАД. Они не учитывают их конструктивные особенности, новые зависимости, описывающие энергетические процессы в ЭАД, а также технические средства, используемые для компенсации реактивной мощности.

В данной работе поставлена задача создания методики моделирования показателей энергоэффективности для различных вариантов регулируемых и нерегулируемых электроприводов с применением как ТАД, так и ЭАД с учетом технологической нагрузки рабочей машины. Задача решается при следующих условиях, требованиях и допущениях:

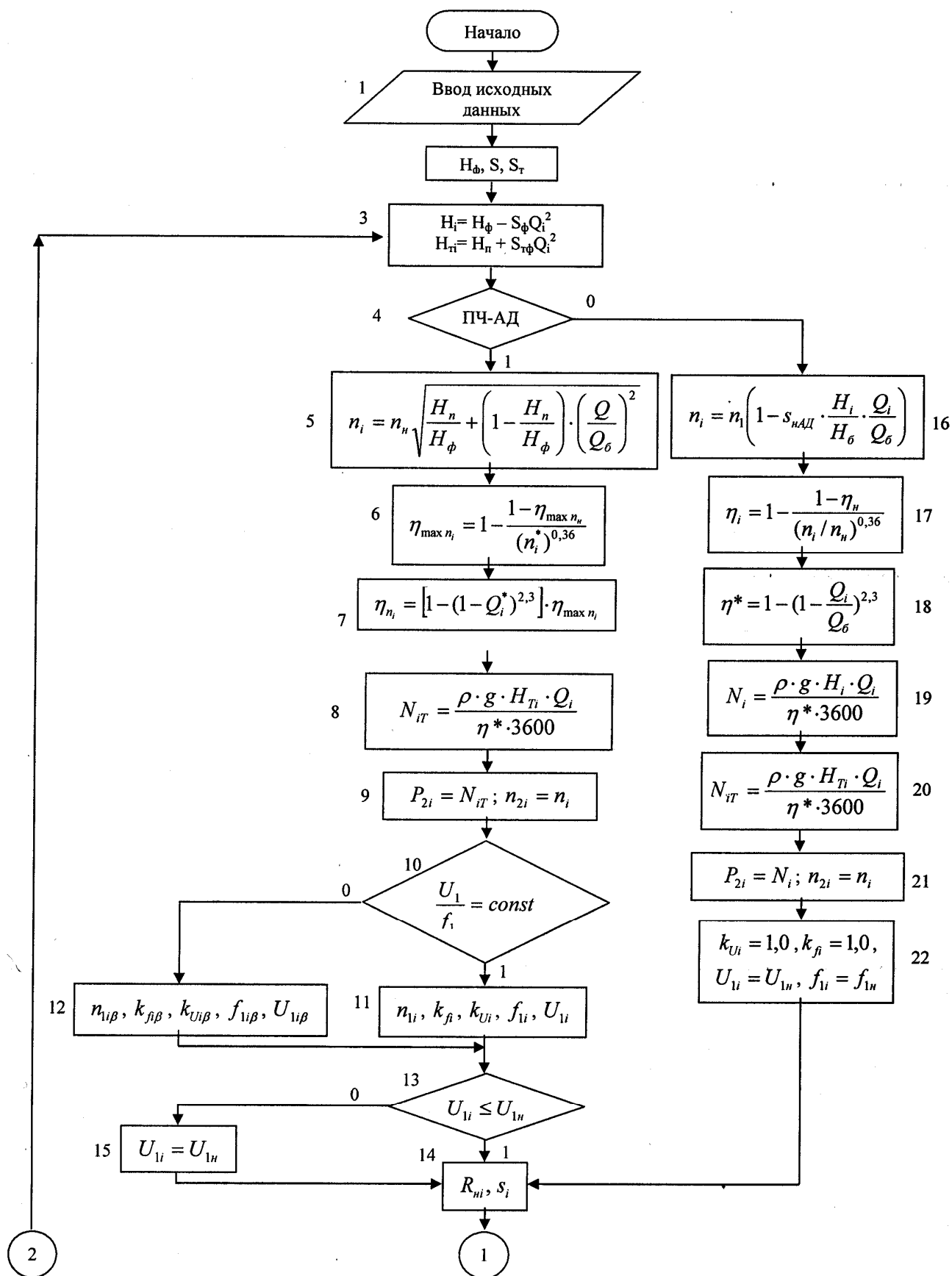
1) нагрузочная $M(t)$ и скоростная $\omega(t)$ диаграммы рабочей машины задаются в аналитической или графической форме в функции времени за полный технологический цикл рабочей машины или за определенный промежуток времени ее работы (час, сутки и т.д.); задается КПД рабочей машины в функции от технологической нагрузки;

2) показатели энергоэффективности вариантов систем электроприводов определяются: для регулируемых электроприводов ПЧ–ТАД, ПЧ–ЭАД, ТРН–ТАД, ТРН–ЭАД, ТАД с фазным ротором, ЭАД с фазным ротором; для нерегулируемых электроприводов на основе применения ТАД или ЭАД с короткозамкнутым ротором;

3) для систем ПЧ–ТАД, ПЧ–ЭАД задаются законы изменения отношения: или $U_{1i}/f_{1i} = \text{const}$, или $U_{1i}^{\beta}/f_{1i}^{\beta} = \text{const}$; для систем ТРН–ТАД, ТРН–ЭАД задаются законы изменения напряжения от угла регулирования ТРН;

4) моделирование энергетических показателей электроприводов осуществляется по электрическим схемам замещения ТАД или ЭАД с учетом потерь электрической энергии в преобразователях и системе электроснабжения;

5) технологическая нагрузка $P_2(t) = M(t) \cdot \omega(t)$ эквивалентруется активным сопротивлением $R_{\text{эл}}$, включаемым последовательно в ветвь ротора электрической схемы замещения ТАД или ЭАД;



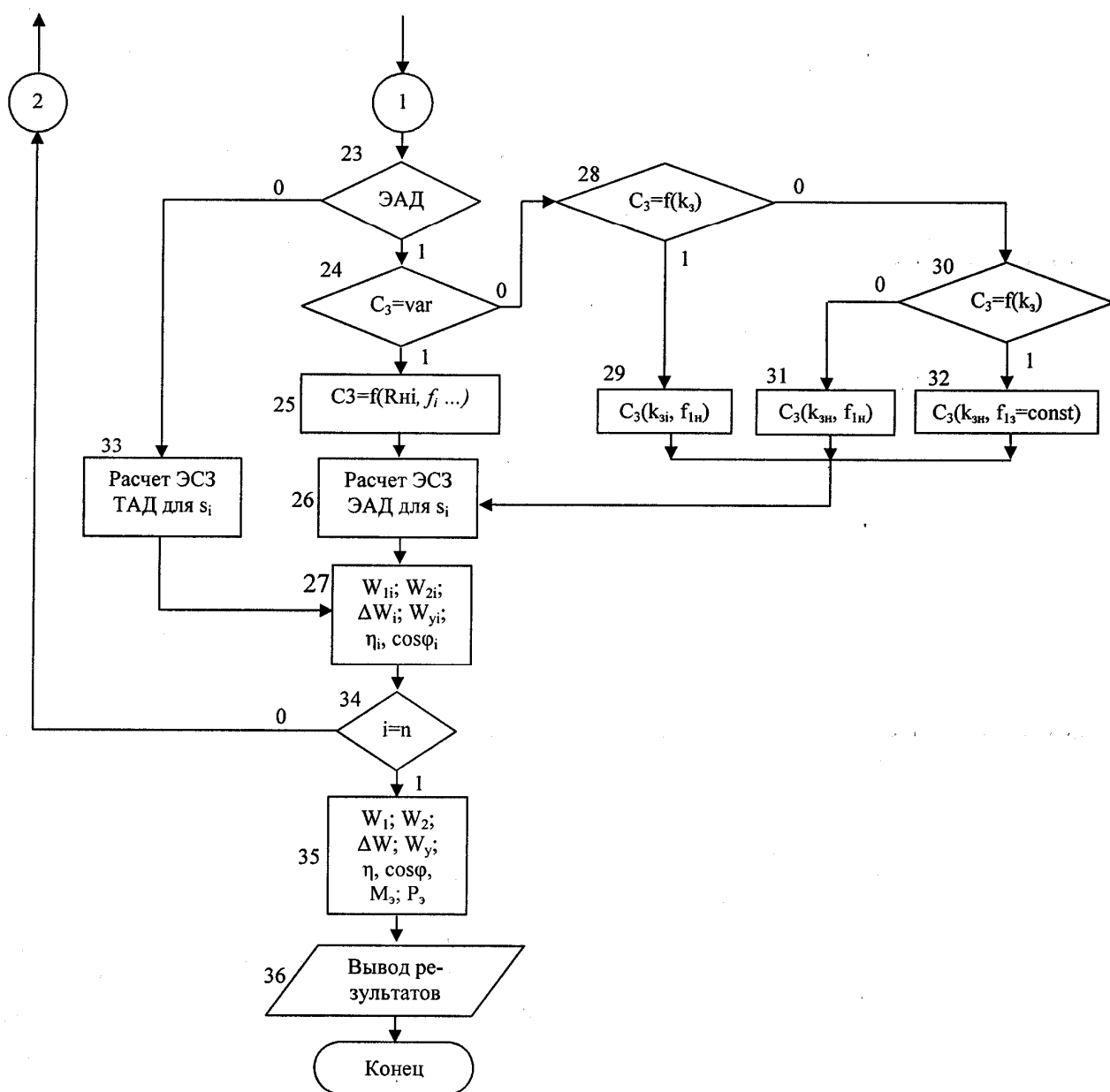


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

б) для электроприводов на основе применения ЭАД емкость компенсирующего конденсатора C_3 может изменяться: или в функции от коэффициента загрузки k_3 электродвигателя при частоте тока $f_1 = \text{const}$, или в функции f_1 при $k_3 = \text{const}$, или для $C_3 = \text{const}$, рассчитанных при $U_1 = U_{1н}$, $f_1 = f_{1н}$, $k_3 = 1,0$, или $U_1 = U_{1н}$, $f_1 = f_{1н}$, $0 < k_3 < 1,0$;

7) главными показателями энергоэффективности являются: потребляемый ток I_1 , коэффициент мощности $\cos\varphi$, электрический и энергетический КПД, потребляемая от источника питания электрическая энергия W_1 , электрическая энергия W_2 , преобразованная в полезную механическую работу, потребляемые полная S и реактивная Q мощности, потери активной мощности ΔP и электрической энергии ΔW , эквивалентные мощность и момент двигателей, удельный расход электрической энергии w_y ;

8) электрические схемы замещения ТАД и ЭАД приняты линейными и их расчет осуществляется для первой гармоники тока; электрические потери от токов высших гармоник в системах ПЧ–АД и ТРН–АД учитываются по рекомендациям, опубликованным в [4, 5].

Сущность разработанной методики рассмотрим на примере моделирования показателей энергоэффективности одного из самых распространенных электроприводов – электропривода насосного агрегата системы водоснабжения. На рис. 1 изображена блок-схема алгоритма, реализующая методику расчета показателей энергоэффективности вариантов электроприводов насосных агрегатов.

Математические уравнения, описывающие технологическую нагрузку, гидравлическую часть насоса и трубопровода, приняты по [4]. Зависимости, описывающие работу электрической части основаны на публикациях [5, 6].

Методика расчета показателей энергоэффективности электроприводов реализуется в следующей последовательности. В блоке 1 исходными данными являются: графики подачи жидкости $Q_i(\Delta t_i)$; статическая составляющая напора или противодавления $H_{ст}$, м; экспериментальные или аналитические напорно-расходные характеристики насоса $H_i(Q_i)$ и трубопровода $H_{тр}(Q_i)$; наибольшие значения подачи и напора насоса $Q_{б}$, м³/ч, $H_{б}$, м; максимальный КПД насоса при номинальной частоте вращения $\eta_{\max,н}$, о.е.; плотность жидкости ρ , кг/м³; ускорение свободного падения g , м/с²; тип и номинальные данные асинхронного двигателя ТАД или ЭАД: $P_{2н}$, $U_{1н}$, $f_{1н}$, р; параметры электрической схемы замещения ТАД, ЭАД; коэффициент загрузки двигателя по мощности k_3 , о.е.; коэффициент перегрузки двигателя по вращающему моменту, λ , о.е.; тип электропривода: ПЧ–АД регулируемый – (1) или нерегулируемый – (0); закон регулирования отношения напряжения и частоты ПЧ: $U_1/f_1 = \text{const}$ (1) или $(U_1/f_1)^\beta = \text{const}$ (0); значение коэффициента β , о.е. ($\beta = 1,5 \div 3,0$); для ЭАД задаются варианты определения емкости компенсирующего конденсатора: $C_3 = f(R_{нi}, f_{1i})$; $C_3 = f(k_{3i}, f_{1и})$; $C_3 = f(k_{3н}, f_{1и})$; $C_3 = f(k_{3н}, f_{13})$.

В блоках 2, 3 вычисляются фиктивный напор $H_{ф}$ и фиктивные гидравлические сопротивления насоса $S_{ф}$ и трубопровода $S_{тф}$, напор насоса H_i и напор в трубо-

проводе $H_{тп}$ при подаче Q_i в интервале времени t_i .

В блоке 4 осуществляется проверка варианта системы электропривода. Если ПЧ–АД=1, то электропривод регулируемый, если ПЧ–АД=0, то электропривод нерегулируемый. Если электропривод по системе ПЧ–АД, то в блоке 5 вычисляется частота вращения рабочего колеса n_i , соответствующая подаче Q_i . В блоках 6, 7 вычисляются КПД насоса η_i , в функции от частоты вращения рабочего колеса насоса, КПД насоса η^* , в функции от подачи Q_i . В блоках 8, 9 определяются: мощность насоса N_{Ti} , необходимая для транспортирования жидкости с подачей Q_i – без превышения напора, при этом H_{Ti} определяется по уравнению напорно-расходной характеристики трубопровода; полезная мощность на валу асинхронного двигателя P_{2i} и частота его вращения n_{2i} принимаются равными мощности и частоте вращения насоса, т.е. $P_{2i} = N_{Ti}$; $n_{2i} = n_i$.

В блоке 10 осуществляется проверка задания закона регулирования отношения напряжения U_1/f_1 ПЧ. Если отношение $U_1/f_1 = \text{const}$ (1), то в блоке 11 определяются: частота вращения магнитного поля статора n_{1i} , соответствующая частоте вращения ротора n_{2i} , коэффициенты изменения частоты тока k_{fi} , напряжения k_{Ui} , вычисляются f_{1i} , U_{1i} . Если отношение U_1/f_1 изменяется по другому закону (0), например, $(U_1/f_1)^\beta = \text{const}$, то в блоке 12 определяются: частота вращения магнитного поля статора n_{1i} и напряжение U_{1i} двигателя.

В блоке 13 проверяется условие, не превышает ли напряжение U_{1i} на выходе ПЧ номинального напряжения $U_{1н}$ асинхронного двигателя. Если U_{1i} ПЧ меньше или равно $U_{1н}$, в блоке 14 осуществляется расчет сопротивления $R_{нi}$, пропорционального мощности насоса, для схем замещения асинхронного двигателя; величина скольжения двигателя, соответствующая его нагрузке, определяется по формуле $s_i = R_{2i}/(R_{нi} - R_{2i})$. Если U_{1i} ПЧ больше номинального напряжения $U_{1н}$ двигателя, то в блоке 15 принимается $U_{1i} = U_{1н}$ и в блоке 14 определяются величины $R_{нi}$ и s_i с учетом принятого напряжения.

Если электропривод нерегулируемый, ПЧ–АД (0), то в блоках 16–20 определяются: частота вращения насоса n_{2i} при подаче Q_i и напоре H_i по формуле $n_{2i} = n_{1i} \cdot (1 - s_{нi} \cdot P_{2i}/P_{2н})$, где n_{1i} определяется отношением $n_{1i} = 60f_{1i}/p$; КПД насоса η_i , в функции от частоты вращения рабочего колеса насоса; КПД насоса η^* , в функции от подачи Q_i ; мощность насоса N_i , необходимая для транспортирования жидкости с подачей Q_i с превышением напора в трубопроводе, при этом напор насоса H_i определяют по его напорно-расходной характеристике; мощность N_{Ti} , необходимая для транспортирования жидкости при подаче Q_i без избыточного превышения напора в трубопроводе, напор $H_{Ti} = H_i$ в трубопроводе для подачи Q_i определяют по его напорно-расходной характеристике.

В блоках 21, 22: полезная мощность на валу асинхронного двигателя P_{2i} и частота его вращения n_{2i} принимаются равными мощности и частоте вращения насоса, т.е. $P_{2i} = N_{Ti}$; $n_{2i} = n_i$; коэффициенты изменения напряжения и частоты источника питания (электросети) принимаются $k_{Ui} = 1,0$, $k_{fi} = 1,0$, $U_{1i} = U_{1н}$, $f_{1i} = f_{1н}$.

В блоке 14 для вычисленного значения P_{2i} при U_{1n} , f_{1n} вычисляются R_{ni} и s_i по формуле

$$R_{ni} = \frac{m_1 \cdot U_{1i}^2}{2P_{2i}} - R_k + \sqrt{\left(\frac{m_1 \cdot U_{1i}^2}{2P_{2i}} - R_k \right)^2 - Z_k^2},$$

где $Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{R_k^2 + (2\pi f_{1i}(L_1 + L_2'))^2}$ – модуль полного сопротивления короткого замыкания; L_1 , L_2' – индуктивности обмоток статора, ротора при $f_1=f_{1n}$.

В блоке 23 осуществляется проверка варианта двигателя – ЭАД или ТАД. Если ЭАД (1), то в блоке 24 проверяется условие – по какому закону изменяется C_3 , то есть адаптируется ли она к нагрузке P_{2i} , и к частоте тока f_{1i} двигателя. Если емкость компенсирующего конденсатора адаптируется и к нагрузке P_{2i} , и к частоте тока f_{1i} , то в блоке 25 определяется C_3 по [7]. В блоке 26 для известных параметров электрической схемы замещения ЭАД и вычисленных R_{ni} , s_i , k_{fi} , k_{U_i} , C_3 осуществляется расчет электрических, рабочих и механических характеристик ЭАД по [8].

В блоке 27 по известным зависимостям вычисляются: электрическая энергия, потребляемая электроприводом от источника питания W_{1i} ; энергия, необходимая для транспортирования жидкости без превышения напора W_{2i} ; потеря энергии ΔW_i ; удельный расход энергии W_{yi} ; КПД системы «насос–трубопровод»; коэффициент мощности $\cos\phi_i$ электропривода.

В блоке 28 проверяется условие, будет ли емкость

компенсирующего конденсатора C_3 изменяться только от коэффициента загрузки электродвигателя. Если условие выполняется (1), то в блоке 29 расчет емкости компенсирующего конденсатора вычисляется при $R_{ni}=k_{zi}P_{2n}$, $f_1=f_{1n}$. В блоке 30 проверяется условие, будет ли емкость компенсирующего конденсатора C_3 изменяться только от частоты тока. Если условие не выполняется (0), то в блоке 31 расчет емкости компенсирующего конденсатора C_3 осуществляется при номинальных f_1 , $R_n=P_{2n}$. Если условие выполняется (1), то в блоке 32 расчет емкости компенсирующего конденсатора осуществляется при f_{1i} и R_{ni} , соответствующему номинальному коэффициенту загрузки двигателя по мощности, т.е. $P_{2i}=P_{2n}$.

Если условие блока 23 соответствует (0), т.е. в электроприводе используется ТАД, то для известных параметров электрической схемы замещения ТАД и вычисленных R_{ni} , s_i , k_{fi} , k_{U_i} , C_3 в блоке 33 осуществляется расчет электрических, рабочих и механических характеристик ТАД [8]. В блоке 34 осуществляется проверка выполнения расчетов всех i -х поджидкости с расходом Q_i , т.е. реализация графика $Q(t)$. В блоке 35 вычисляются: электрическая энергия, потребляемая электроприводом от источника питания W_1 ; энергия, затраченная на реализацию графика подачи жидкости $Q(t)$; энергия на транспортирование жидкости без превышения напора W_2 ; потеря энергии ΔW ; КПД η , $\cos\phi$, эквивалентные момент и мощность электропривода за время T . В блоке 36 осуществляется вывод результатов моделирования электропотребления и показателей энергоэффективности электропривода насосного агрегата.

С использованием разработанной методики моделирования и компьютерной программы выполнены исследования режимов электропотребления вариантов регулируемых и нерегулируемых электроприводов насосных агрегатов при использовании ТАД и ЭАД, ПЧ–ТАД и ПЧ–ЭАД. Исследовались показатели энергоэффективности электроприводов на основе ТАД и ЭАД в установившихся режимах работы насосной установки типа АНУЗ АЦМС 90 (производитель «ЛИНАС», г. Москва) теплового пункта МП трест «Теплофикация» (г. Магнитогорск), реализующий суточный график подачи воды, представленный на рис. 2. При этом для привода насосов использовались асинхронные двигатели: ТАД – АИР 180S2 УЗ, $P_{2n}=22$ кВт; $U_{1n}=220$ В; $\eta_n=0,88$; $\cos\phi_n=0,91$; $I_n=41,6$ А;

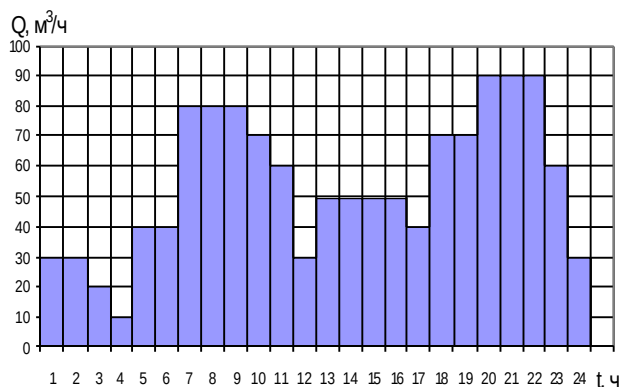


Рис. 2. Суточный график подачи воды

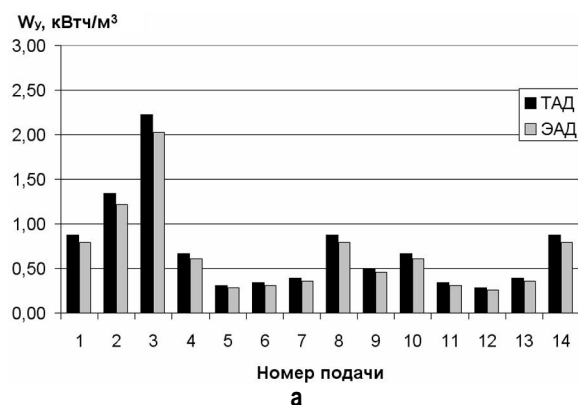
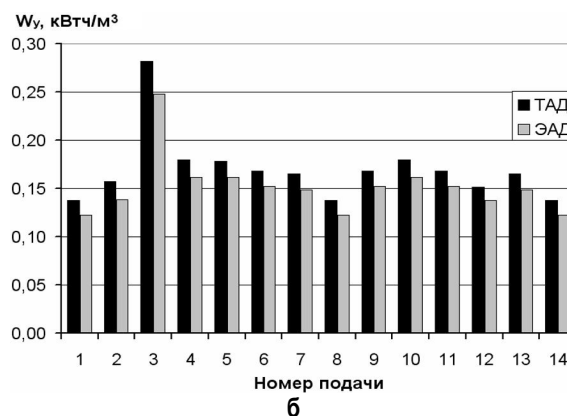


Рис. 3. Зависимости удельных расходов энергии от подачи:

а – нерегулируемый электропривод; б – регулируемый электропривод



ЭАД – АИР 180S2 УЗ, $P_{2н}=22$ кВт; $U_{1н}=220$ В; $\eta_{1н}=0,92$; $\cos\varphi_{1н}=1,0$; $I_{1н}=36,2$ А.

Результаты моделирования показателей энергоэффективности электроприводов насосной установки в полном объеме опубликованы в [9]. На рис. 3 приведены главные показатели энергоэффективности – удельные расходы электрической энергии при различных подачах жидкости для вариантов нерегулируемых и регулируемых электроприводов, созданных на основе ТАД и ЭАД, ПЧ–ТАД и ПЧ–ЭАД.

Из диаграмм видно, что в электроприводах, созданных на основе ЭАД, удельный расход электроэнергии на 9,5–9,7% ниже, чем в электроприводах на основе ТАД.

Анализ результатов математического моделирования, полученных с помощью разработанной методики определения электропотребления и показателей энергоэффективности электроприводов насосных агрегатов, позволяет утверждать:

1) электроприводы насосных агрегатов, созданных на основе ЭАД, энергоэффективнее электроприводов насосных агрегатов на основе ТАД на 9,5–9,7%;

2) среднее потребление тока нерегулируемыми электроприводами на основе ЭАД (34,68 А) ниже, чем среднее потребление тока электроприводами на основе ТАД (42,19 А) на 17%;

3) среднее потребление тока регулируемыми электроприводами на основе ПЧ–ЭАД (16,46 А) ниже, чем среднее потребление тока электроприводами на основе ПЧ–ТАД (23,5 А) на 29%;

4) снижение потребляемых токов электроприводами на основе ЭАД позволяет разгрузить силовые трансформаторы насосных станций по току и реактивной мощности.

Исследование показало также, что каждый киловатт установленной мощности ЭАД для электропривода насосного агрегата позволяет экономить электрической энергии: в нерегулируемом электроприводе 956,3 кВт·ч; при частотном регулировании – 347,7 кВт·ч.

Изложенная методика может быть адаптирована для исследования показателей энергоэффективности асинхронных электроприводов других рабочих машин, агрегатов и промышленных установок, в том числе электроприводов, создаваемых по системе ТРН–ТАД, ТРН–ЭАД.

Список литературы

1. Пат. 2112307 RU, МКИ⁶ H02 к 17/28. Асинхронная компенсированная электрическая машина / Савицкий А.Л., Мугалимов Р.Г., Савицкая Л.Д. // Открытия. Изобретения. 1998. № 15.
2. Мугалимова А.Р., Мугалимов Р.Г. Энергосберегающий электропривод нефтяного станка-качалки на основе асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности // Электромеханические преобразователи энергии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 20–22 октября 2005 г. Томск: ТПУ, 2005. С. 196–199.
3. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р., Губайдуллин А.Р. Экспериментальные исследования электроприводов волоочильного стана на основе энергосберегающих асинхронных двигателей // Изв. вузов. Электромеханика. 2009. № 1. С. 43–47.
4. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006.
5. Мугалимова А.Р., Мугалимова М.Р., Мугалимов Р.Г. Электриче-

6. ская схема замещения энергосберегающего асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности // Молодежь. Наука. Будущее. Вып. 2: сб. науч. тр. студентов / под ред. Л.В. Радионой. Магнитогорск: МГТУ, 2004. С. 239–245.
7. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. К проектированию энергосберегающего асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности // Электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии и управляемые энергомеханические системы: труды III Междунар. науч.-техн. конференции. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. С. 77–80.
8. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Определение емкости компенсирующего конденсатора асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3: в 5 ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. Ч. 4. С. 115–120.
9. Мугалимова А.Р., Мугалимова М.Р., Мугалимов Р.Г. Исследование рабочих, механических характеристик и энергосберегающих свойств асинхронного электропривода // Молодежь. Наука. Будущее. Вып. 2: сб. науч. тр. студентов / под ред. Л.В. Радионой. Магнитогорск: МГТУ, 2004. С. 245–249.
10. Мугалимов Р.Г., Косматов В.И., Мугалимова А.Р. Исследование электропотребления и энергоэффективности насосных агрегатов на основе энергосберегающих асинхронных двигателей // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3: в 5 ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. Ч. 4. С. 65–71.

Bibliography

1. Patent 2112307 RU, MKI⁶ H02 to 17/28. Asynchronous compensated electrical machine / Savitsky A.L., Mugalimov R.G., Savitskaya L.D. // Discoveries. Inventions. 1998. № 15.
2. Mugalimova A.R., Mugalimov R.G. Energy-saving electric drive of an oil pumping installation on the basis of the induction motor with individual compensation of reactive power // Electromechanical energy converters: Proceedings of the International Scientific and Technical. Conf. 20–22 October 2005. Tomsk: TPU, 2005. P. 196–199.
3. Mugalimov R.G., Mugalimova A.R., Gubaidullin A.R. Experimental studies of electric drives of a drawing mill based on energy-efficient induction motors // Proceedings of universities. Electromechanics. 2009. № 1. P. 43–47.
4. Leznov B.S. Energy saving and controlled electric drive in pumping plants and blower installations. M.: Energoatomizdat, 2006.
5. Mugalimova A.R., Mugalimova M.R., Mugalimov R.G. Electrical equivalent circuit of energy-efficient induction motor with individual compensation of reactive power // Youth. Science. Future. Issue 2: collected scientific papers of university students / under the editorship of L.V. Radionova. Magnitogorsk: MSTU, 2004. P. 239–245.
6. Mugalimov R.G., Mugalimova A.R. Design of energy-saving induction motor with individual compensation of reactive power // Electromechanical and electromagnetic energy converters and controlled electromechanical systems: proceedings of the III International Scientific Conference. Yekaterinburg: Ural State Technical University, 2007. P. 77–80.
7. Mugalimov R.G., Mugalimova A.R. Determination of capacity of a compensating capacitor of an induction motor with individual compensation of reactive power // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. Issue 3: in 5 Volumes. Tula: Publishing house of Tula State University, 2010. V. 4. P. 115–120.
8. Mugalimova A.R., Mugalimova M.R., Mugalimov R.G. Investigation of operating, mechanical characteristics and energy saving properties of an induction motor // Youth. Science. Future. Issue 2: collected scientific papers of university students / under the editorship of L.V. Radionova. Magnitogorsk: MSTU, 2004. P. 245–249.
9. Mugalimov R.G., Kosmatov V.I., Mugalimova A.R. Study of electric power consumption and energy efficiency of pumping units on the basis of energy-efficient induction motors // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. Issue 3: in 5 Volumes. Tula: Publishing house of Tula State University, 2010. V. 4. P. 65–71.

УДК 669.14: 621.78: 621.036.2

Шабуров А.Д., Мирзаев Д.А., Смолко В.А.

ТЕПЛООБМЕН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ПОКОВОК В ТЕРМОСЕ

Введение

Как известно [1], поковки, производимые на металлургических предприятиях, непосредственно после окончанияковки подвергаются противоблоксной термообработке, причем самой длительной операцией является отжиг при температуре $A_{c1} - (20...40)^\circ\text{C}$. Он необходим для диффузионного выделения водорода, а длительность его зависит от диаметра поковок и может составлять более 100 ч. В силу нехватки нагревательных печей для многих предприятий именно необходимость проведения отжига является узким местом производства и существенно тормозит производительность кузнечно-прессовых цехов. Возникла ясная необходимость сокращения длительности печного нагрева, которую можно решать несколькими путями. Один из них – уменьшение концентрации водорода в ходе выплавки, например с применением вакуумирования, но в этом случае далеко не всегда удастся получить безопасную концентрацию водорода, поэтому отжиг во многих случаях все-таки приходится проводить.

Другой способ, который начинает использоваться в ОАО «Уральская кузница», заключается в уменьшении длительности изотермической выдержки в печи за счет последующего замедленного охлаждения в термосах, или колпаках. В этом случае значительная часть водорода выделяется из поковок в процессе замедленного охлаждения в термосе после отжига. По существу, этот вариант в значительной мере повторяет существовавший до 1950-х годов метод замедленного охлаждения поковок в колодцах под слоем песка, гравия, шлаковаты и т.д. без использования изотермических выдержек. Позднее от этого метода отказались, но не в силу его малой эффективности, а потому, что он приводил к транспортным и экологическим проблемам в цехах.

В настоящее время используют не колодцы или ямы, а теплоизолированные колпаки, которые просто надевают на принесенные из печи и уложенные в бугеля заготовки. Здесь для количественной оценки степени сокращения изотермической выдержки при использовании термоса необходимо рассмотреть теплотехническую проблему охлаждения поковок в термосе, чему и посвящена данная работа.

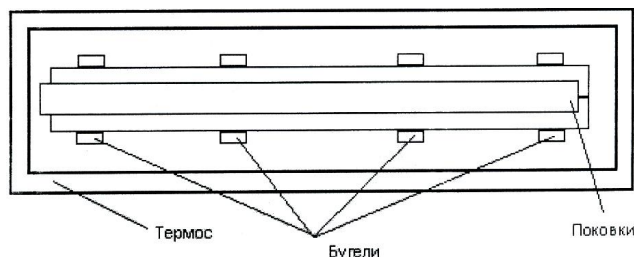


Рис. 1. Схема экспериментального термоса

Расчетная часть

Будем считать, что поковки перенесены из печи на площадку с теплоизолированным полом, уложены в бугеля и закрываются крышкой. Начинается теплообмен (рис. 1). В силу малой скорости охлаждения вскоре в термосе устанавливается стационарный режим теплообмена [2], при котором потоки тепла от нагретого металла через различные среды равны между собой:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4. \quad (1)$$

Здесь Q_1 – количество теплоты, переходящее в единицу времени от поковок к воздуху внутри термоса; Q_2 – количество теплоты, передающееся от воздуха к внутренней поверхности крышки; Q_3 реализуется в форме теплопроводности через крышку термоса толщиной h и, наконец, поток Q_4 отводит тепло от внешней крышки термоса в окружающую атмосферу. Запишем выражения для тепловых потоков:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \alpha_1 S_m (T_m - T_g); \\ Q_2 &= \alpha_2 S_t (T_g - T_{n,1}); \\ Q_3 &= \frac{\lambda_t}{h} S_t (T_{n,1} - T_{n,2}); \\ Q_4 &= \alpha_3 S_t (T_{n,2} - T_a), \end{aligned} \quad (2)$$

где α_1 , α_2 и α_3 – коэффициенты теплоотдачи на границах металл–воздух, воздух–внутренняя поверхность крышки термоса и наружная крышка–атмосфера цеха соответственно; λ_t – коэффициент теплопроводности теплоизолирующего материала крышки; S_m и S_t – площади поверхности раздела металл – воздух и внешней поверхности термоса. Обозначения температур в выражении (2) имеют следующий смысл: T_m – зависящая от времени температура поверхности металла, T_g – температура воздуха внутри термоса, $T_{n,1}$ и $T_{n,2}$ – температуры внутренней и наружной поверхностей теплоизолирующей крышки а, T_a – температура воздуха в цехе.

Почередно приравнявая потоки, можно последовательно выражать одну температуру через другую. Например, приравняем поток теплоты от поверхности термоса в атмосферу к потоку, переносимому за счет теплопроводности через стенку термоса:

$$\lambda_t S_t \frac{T_{n,1} - T_{n,2}}{h} = \alpha_3 S_t (T_{n,2} - T_a), \quad (3)$$

откуда следует связь $T_{n,1}$ с $T_{n,2}$ и T_a :

$$T_{n,1} = T_{n,2} \left(1 + \frac{\alpha_3 h}{\lambda_t} \right) - \frac{\alpha_3 h}{\lambda_t} T_a. \quad (4)$$

Продолжая эту цепочку рассуждений, удастся вы-

разить $T_{n,2}$ через температуру поверхности поковок и записать выражение для теплового потока от металла к атмосфере в форме

$$Q = \alpha_{эфф} S_t (T_m - T_a), \quad (5)$$

очень напоминающей закон охлаждения поковок на воздухе [2, 3], но вместо соответствующего коэффициента теплообмена в нашей формуле стоит эффективный коэффициент теплообмена:

$$\alpha_{эфф} = \frac{1}{\frac{S_t}{S_m} \cdot \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{h}{\lambda_t}}. \quad (6)$$

Как и следовало ожидать, эффективный коэффициент теплообмена зависит от всех теплофизических параметров сред и уменьшается с ростом толщины стенки термоса. Чтобы оценить $\alpha_{эфф}$, примем, что теплоизолирующая стенка изготовлена из муллитокремнеземистого войлока МКРВ-200, для которого $\lambda = 0,15$ Вт/м·К и $h = 0,212$ м. Остальные теплофизические характеристики взяты по литературным данным [2–4]: $\alpha_1 = 28$ Вт/м²·К, $\alpha_2 = 23$ Вт/м²·К, $\alpha_3 = 14$ Вт/м²·К. Площади внешних поверхностей термоса и металла $S_t = 93,05$ м², $S_m = 38$ м². Найдем:

$$\alpha_{эфф} = \frac{1}{\frac{93,05}{38} \cdot \frac{1}{28} + \frac{1}{23} + \frac{1}{14} + \frac{0,212}{0,15}} \cong 0,619 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Сравнивая величины $\frac{1}{\alpha_i}$ и $\frac{h_k}{\lambda_k}$, можно прийти к

выводу, что на величину $\alpha_{эфф}$ основное влияние оказывают теплопроводность через стенку термоса и в гораздо меньшей степени конвективный теплообмен внутри термоса, а также теплообмен внешней поверхности термоса с атмосферой.

Далее рассмотрим закон охлаждения поковок. За время охлаждения $d\tau$ поковка отдает количество теплоты $dQ = \alpha_{эфф} S_t (T_m - T_a) d\tau$, и при этом внутренняя энергия поковок понижается на величину $C_p M dT_m$, равную количеству отданного поковками тепла, где C_p – теплоемкость единицы массы, M – общая масса поковок. Приравняв эти выражения:

$$\alpha_{эфф} (T_m - T_a) S_t d\tau = -C_p M dT_m,$$

получим дифференциальное уравнение охлаждения всей массы поковок:

$$\frac{dT_m}{d\tau} = -\frac{\alpha_{эфф} S_t}{C_p M} (T_m - T_a). \quad (7)$$

Его решение имеет вид, типичный для регулярного режима охлаждения:

$$T_m = T_a + (T_n - T_a) e^{-pt}, \quad (8)$$

где $p = \frac{\alpha_{эфф} S_t}{C_p M}$, T_n – начальная температура металла,

выгруженного из печи, перед его помещением в термос, а T_a – температура атмосферы цеха.

М.А. Михеев отметил, что в выражении для p следует добавить множитель ψ , представляющий отношение средней температуры поверхности поковок к средней температуре по объему поковок. Величина ψ является функцией от критерия Био [2, с. 161]. При использовании метода расчета нагрева и охлаждения неоднородных, пористых тел Г.П. Иванцова необходимо ввести эквивалентный коэффициент теплопроводности λ_3 , вычисляемых по формуле (ХП-3) работы [2], в которую входят толщины и коэффициенты теплопроводности твердофазных слоев, а также толщина, коэффициент теплопроводности воздушного промежутка между металлом и крышкой термоса и коэффициент теплообмена α_1 . Расчет усложняется тем, что даже при плотнейшей укладке поковок между ними сохраняются воздушные промежутки, так что коэффициент теплопроводности металла следует рассчитывать по теории Г.П. Иванцова. Не останавливаясь на деталях расчета, отметим, что окончательная величина критерия $Bi = \left(\frac{\alpha_{эфф}}{\lambda_3} \right) \cdot H$, где H – полувысота

термоса ($H = 1,17$ м), оказалось равной $(1,86/14,3) \cdot 1,17 = 0,152$ м, откуда на основании графика рис. 77 [2] значение ψ принято равным 0,94.

Экспериментальная часть

Для проверки правильности полученного решения в условиях цеха КППЦ были проведены эксперименты по охлаждению поковок*. Для проведения эксперимента был подготовлен опытный термос-накопитель. В качестве первичных измерительных датчиков при определении температур применялись четыре хромель-алюмелевые термопары с диаметром электродов 3,2 мм, из которых одна фиксировала интересующую нас температуру металла. Исследование было выполнено методом непрерывного термометрирования поверхностной температуры поковок. Чтобы сравнить экспериментальные результаты с полученным уравнением, кривые охлаждения были представлены в координатах $-\ln \frac{T_m - T_a}{T_n - T_a}$ – время (τ). Преобразуя урав-

нение (7), найдем: $pt = -\ln \frac{T_m - T_a}{T_n - T_a}$. В случае правильности экспериментальные точки должны укладываться на прямую за исключением начального периода, когда регулярный режим охлаждения ещё не установился (рис. 2).

Как видно из рис. 2, линейная зависимость дейст-

* Исследования были проведены под руководством А.В. Верещагина.

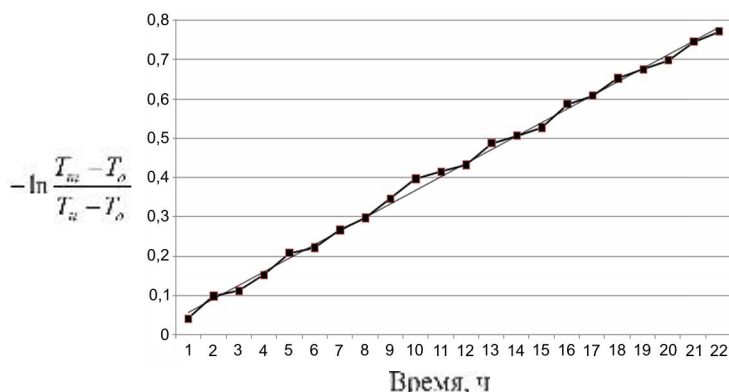


Рис. 2. Кривая охлаждения поковок

вительно проявляется, что свидетельствует о справедливости формул (7) и (8), определяющих дифференциальный и интегральный закон охлаждения поковок. При этом для первого эксперимента $p_1 = 0,035278$, а для второго $p_2 = 0,034529$ 1/ч. Значения p позволяют на основе выражения (8) найти экспериментальную величину эффективного коэффициента теплообмена:

$$\alpha_{эфф}^{экс.} = \frac{p \cdot C_p M}{\psi \cdot S_t}; \quad (9a)$$

$$\alpha_{эфф}^{экс.} = \frac{0,0349 \cdot 600 \cdot 26 \cdot 10^3}{0,94 \cdot 93,05 \cdot 3600} = 1,806 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}.$$

Оно приблизительно в три раза выше, чем расчетное значение. Безусловно, часть тепла теряется при переносе поковок из печи в термос. Но, в действительности, в использованной конструкции стенки термоса, между которыми заложен теплоизолятор, укреплены стальными поперечниками из двутавров, через которые также переносится тепло, что не было учтено в расчете.

Как известно [3], термическая проводимость стальной стенки равна сумме проводимостей слоев.

Поэтому в формуле (2) нужно $\frac{\lambda_t}{h}$ заменить на

$\frac{\lambda_t}{h} f_1 + \frac{\lambda_d}{h} f_2$, где λ_d – коэффициент теплопроводности металла; f_1 – доля общей поверхности термоса, занятая теплоизолятором, а f_2 – металлическими двутаврами.

В использованной для опытов конструкции $f_1 = 0,989$, $f_2 = 0,011$. Приняв для λ_d значение 44 Вт/м К, получим:

$$\alpha_{эфф} = \frac{1}{\frac{S_t}{S_m} \cdot \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{h}{\lambda_t f_1 + \lambda_d f_2}}. \quad (9б)$$

$$\alpha_{эфф} = 1 / \left[\frac{93,05}{38} \cdot \frac{1}{28} + \frac{1}{23} + \frac{1}{14} + \frac{0,14}{0,15 \cdot 0,989 + 44 \cdot 0,011} \right] \cong 1,860 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{С}}.$$

В этом случае согласие между теоретическим и экспериментальными коэффициентами теплообмена наиболее полное. Наибольшие потери тепла происходят из-за теплопроводности вдоль металлического короба у стенок термоса, который удерживает теплоизоляционный войлок. Вероятно, можно изменить конструкцию термоса так, чтобы уменьшить и эти потери тепла.

Выводы

Получены выражение для эффективного коэффициента теплообмена при охлаждении поковок в термосе и закон охлаждения поковок, который, во-первых, хорошо согласуется с экспериментальным, а во-вторых, позволяет рассчитывать реальную скорость охлаждения поковок различной массы. Результаты исследования можно использовать при разработке новых конструкций термоса. Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы»

Список литературы

1. Дубовой В.Я. Флокены в стали. М.: Металлургия, 1950. 332 с.
2. Тайц Н.Ю. Технология нагрева стали. М.: Металлургия, 1962. 567 с.
3. Михеев М.А. Основы теплопередачи. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1949. 395 с.
4. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. М.: Атомиздат, 1968. 484 с.

Bibliography

1. Dubovoi V.Ya. Flakes in steels. M.: Metallurgizdat, 1950. 332 p.
2. Taits N.Yu. Technology of steel reheating. M.: Metallurgizdat, 1962. 567 p.
3. Miheev M.A. Fundamentals of heat transfer. M.; L.: Gosenergoizdat, 1949. 395 p.
4. Chirkin V.S. Thermophysical properties of nuclear engineering materials. M.: Atomizdat, 1968. 484 p.

ПЛАНИРОВАНИЕ, ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ

УДК 004.891:669

Иванов Е.Б.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПО УПРАВЛЕНИЮ ДОМЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

Доменная печь как агрегат для выплавки чугуна появилась в 16 веке и прошла ряд этапов совершенствования: кокс, принудительное дутье, автоматическая загрузка, автоматизированные системы управления технологическим процессом. Протекание технологических процессов в доменной печи основано на противотоке шихтовых материалов и горячих газов. Регулирование сверху выполняется с помощью изменения интенсивности загрузки шихты, регулирование снизу осуществляется изменением параметров дутья (расход, температура, влажность).

Сложность описания данного объекта автоматизации заключается в том, что он является закрытым, и посмотреть, что происходит внутри домны, не представляется возможным. Накопленные научные знания позволяют соблюдать технологию плавки и являются неременным условием высокопроизводительной и безаварийной работы домны. Однако даже для очень опытного мастера при наличии более трех входных/выходных параметров возникают затруднения по ведению ТП в нормальном режиме. Поэтому целесообразно оснащать доменные печи экспертными системами, помогающими оператору принимать правильное решение.

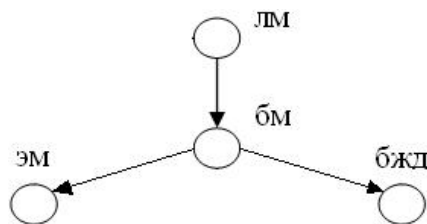


Рис. 1. Модель экспертной системы доменной печи

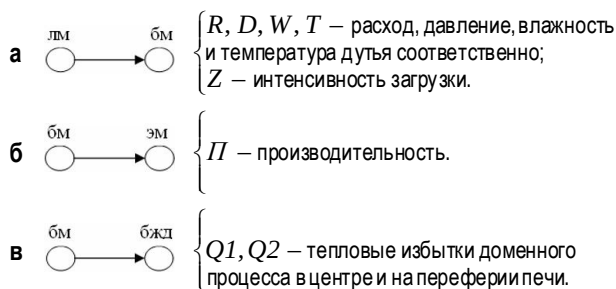


Рис. 2. Связка параметров управления процессом

Разработка экспертной системы

Для описания экспертной системы доменной печи использовался инструментарий теории графов. Вершинами являются модели системы, а направляющими ребрами – параметры, которые связывают их входы/выходы.

Рассматривается отказоустойчивая система, когда существует вероятность отказа одной из вершин, но модель продолжает работать в нормальном режиме за счет применения других каналов связи (рис. 1).

На первоначальном этапе используется логическая модель (лм) как основная, применяемая в оперативном управлении с целью предотвращения аварийных ситуаций и сокращения числа простоев. Далее выходные параметры данной модели подаются на вход балансовой (бм – для расчета материального и теплового балансов плавки) и технологической (тм – учитывающей основные расчетные показатели для более полного описания ТП) моделей. Следующая, физико-химическая модель (фхм) участвует в управлении перераспределением химических элементов между чугуном и шлаком при заданной температуре и, как следствие, получении продукции необходимого состава и качества, контролируемого аналитической моделью (ам). Цель последней – проведение качественного анализа продукции с помощью системы *Rapid* на основе базы данных американского общества стандартов и материалов (ASTM) и дальнейшее сравнение результатов с образцами, принятыми в системе за эталон. Также в разработанной экспертной системе доменной печи применяются модели экономики (для расчета себестоимости продукции) и безопасности жизнедеятельности (для определения безопасности работы персонала).

Более подробное описание системы управления доменной печи представлено на рис. 2.

В качестве вершин все также выступают разрабатываемые модели, а в фигурных скобках, расположенных напротив соответствующих пунктов, представлены параметры, которые осуществляют взаимосвязь моделей через ребра графа.

Модели экспертной системы

Логическая модель доменного процесса состоит из 17 логических таблиц. Входами являются значения переменных, характеризующих устройства, с помощью которых оператор управляет ТП. Так как цель

регулирования – удержание всех наблюдаемых параметров в «норме», то выходы – значения наблюдаемых переменных: уровень засыпи (H_i), скорость схода шихты (V_i), теоретическая температура горения кокса (T_i), температура колошникового газа (TK) и содержание кислорода (O_2K) и водорода в колошниковом газе (H_2K). Управление домной осуществляется следующими параметрами: расход (R), температура (T) и влажность (W) дутья (регулировка снизу); расход топливных добавок и кислорода (D); загрузка центра и периферия печи (Z_i) (регулировка сверху). Входы (X_i) и выходы (Y_i) различных элементов схемы соединены между собой коммуникационными каналами, по которым распространяются значения сигналов.

Экспертная система построена на базе трехзначной логики [1, 2]. Предполагается, что нормальные значения наблюдаемых параметров определены интервалом $X_{ном} \pm \Delta$, в пределах которого X принимает значение «норма» (=). В качестве примера рассмотрим модуль преобразователя параметров дутья (см. таблицу) и формулы, описывающие их.

Величины характеризуются тремя качественными уровнями: меньше нормы (0), норма (=), больше нормы (1).

$$K_0 = DW\bar{T} \vee D\bar{W}T; \quad (1)$$

$$K_X = DWT; \quad (2)$$

$$K_1 = DW\bar{T}, \quad (3)$$

где K_0 , K_X , K_1 – значения выходного параметра качества дутья в режимах меньше нормы, норма и больше нормы; $\bar{i}$, i , i – задаваемые параметры в режимах меньше нормы, норма и больше нормы. Для управления домной печью предусмотрено три режима:

1) ручной (рис. 3), когда оператор задает значения управляемых параметров для исполнительных механизмов в терминах: «меньше нормы», «норма», «больше нормы»;

2) ручной с советчиком (рис. 4), когда советчик в каждом достигнутом состоянии выдает желаемые установки (так же, как и в ручном режиме, оператор задает значения параметров, соглашаясь или изменяя рекомендации советчика);

3) автоматический (рис. 5), когда управление печью осуществляется экспертной системой без вмешательства оператора.

На обработку входных воздействий требуется некоторое время – такт порядка (величина, характеризующая число операций, выполняемых экспертной системой за единицу времени; под выполнением операции подразумевается обработка базы знаний за один цикл; в нашем случае 1 такт = 1 секунде), а перевод печи в желаемое состояние может потребовать нескольких тактов, на каждом из которых должны использоваться раз-

ные воздействия. Применение модели возможно, если из любого ее состояния существует цепь переходов в нормальный режим. Контроль управляемости осуществляется путем последовательного перевода модели во все возможные состояния, для каждого из которых формируются варианты управляющих воздействий.

Балансовая модель необходима для соблюдения материального баланса в печи, а именно баланса по марганцу, основности шлака, выходу чугуна из рудной смеси, марганцевой руды и известняка. При построении данной модели было установлено, что ее переменные являются одновременно входными для балансовой модели и входными/выходными для логической модели (температура колошникового газа (TK), влажность (W) и температура (T) дутья, расход природного газа (D)).

Входные переменные модели характеризуют конкретный режим плавки, а также состав сырья, материалов и основного продукта плавки – чугуна. Все входные переменные модели принимают значения из множества положительных чисел:

- состав чугуна, который требуется получить в доменной печи;
- состав агломерата, окатышей, марганцевой руды, флюса, золы кокса, состав природного газа;
- данные условий плавки: температура дутья (T_d), чугуна (T_{ch}), шлака ($T_{шл}$), колошникового газа ($T_{кг}$), данные по составу дутья и др.

Выходные переменные модели характеризуют составы побочных продуктов плавки – шлака, колошникового газа, а также описывают статьи теплового и материального балансов.

Если для производства чугуна используется смесь материалов, то сначала вычисляется содержание ком-

Модуль преобразователя параметров управления процессом в виде 3-значной логики

Входы			Выходы
D	W	T	K
X	X	0	0
X	X	X	X
X	X	1	1
X	1	X	0

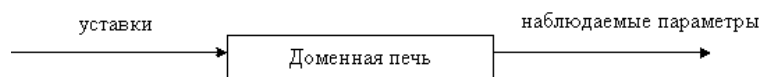


Рис. 3. Ручной режим

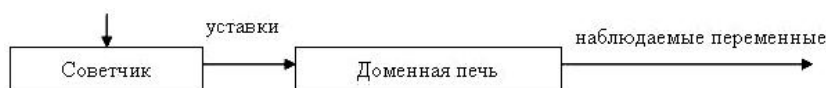


Рис. 4. Ручной режим с советчиком

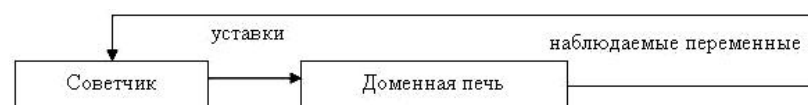


Рис. 5. Автоматический режим

понентов в сырьевой смеси по следующей формуле [3]:

$$Ком_i = \sum_j \alpha_{ij} \cdot Ком_j, \quad (4)$$

где $Ком_j$ – содержание компонента (Fe , Si , Mn и др.) в j -м сырьевом материале (окатышах, агломерате и др.); α_{ij} – содержание j -го сырьевого материала (окатышей, агломерата и др.) в сырьевой смеси (i). Затем для определения значений расхода компонентов шихты используют известную систему балансовых уравнений вида [2]:

$$\begin{cases} Ч_{PC} \cdot (PC) + Ч_{MP} \cdot (MP) + Ч_{II} \cdot (II) = 100; \\ (Mn_{PC}) \cdot (PC) + (Mn_{MP}) \cdot (MP) + (Mn_{II}) \cdot (II) = 0; \\ (RO)_{PC} \cdot PC + (RO)_{MP} \cdot MP + (RO)_{II} \cdot II = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где PC – расход рудной смеси, кг/100 кг чугуна; MP – расход марганцевой руды, кг/100 кг чугуна; II – расход известняка, кг/100 кг чугуна; $Ч$ – количество чугуна, образующегося в доменной печи при проплавлении 1 кг данного шихтового материала, кг чугуна/кг материала, определяемое для каждого компонента.

Модель безопасности жизнедеятельности персонала. В соответствии с Правилами безопасности ПБ 11-493-02, утвержденными Госгортехнадзором РФ [5], доменная печь относится к высокоопасным объектам. Следовательно, для безопасности персонала, обслуживающего доменную печь, в цехе применяют теплоотводящий экран, который представляет собой сварную плиту из стальных листов, с внутренней стороны футерованную огнеупорным кирпичом. Между сварными листами циркулирует вода, которая поглощает тепло. Необходимое количество воды (кг/т) для охлаждения экрана определяется по формуле [5]:

$$G = (a \cdot E_H \cdot F) / (c \cdot (t_{yx} - t_n)), \quad (6)$$

где a – коэффициент поглощения инфракрасных лучей материалом экрана и водой; E_H – интегральная плотность теплового потока от источника излучения, Вт; F – площадь стенки экрана, м²; c – теплоемкость воды, Вт/(кг·К); t_{yx} – температура уходящей воды, °С; t_n – температура поступающей воды, °С.

Травматизм характеризуется коэффициентом частоты K_q и тяжести травматизма K_T :

$$K_q = 1000 \cdot N / Ч, \quad (7)$$

$$K_T = Д / N, \quad (8)$$

где N – число несчастных случаев за выбранный промежуток времени; $Ч$ – среднесписочное число работающих за этот же промежуток времени; $Д$ – суммарное число дней нетрудоспособности.

Одним из показателей надежности является вероятность безотказной работы агрегата:

$$P = (N' - n') / N', \quad (9)$$

где N' – число включений; n' – число отказов.

Вероятность отказа равна $q = 1 - P$. Надежность последовательно совершаемых действий (A – первичное действие, B – вторичное действие) равна $P(AB) = P(A) \cdot P(B)$.

Вероятность отказа: $q(A + B) = 1 - P(A) \cdot P(B) = q(A) + q(B) - q(A) \cdot q(B)$.

Надежность элемента при его резервировании:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B). \quad (10)$$

В настоящее время данная модель совершенствуется введением дополнительных параметров безопасности.

Экономическая модель. Применение в экспертной системе модели расчета экономики производства позволяет определить себестоимость выплавки чугуна следующим образом:

Затраты по каждой i -статье рассчитываются по формуле [6]

$$З_i = K_i \cdot Ц_i, \quad (11)$$

где K_i – расходный коэффициент, показывающий, сколько требуется заданного компонента для получения 1 кг чугуна; $Ц_i$ – цена на этот компонент.

Общее количество материалов, задействованных в производстве, определяется как

$$З_{в.произв} = З_{топливо} + З_{осн.матер}, \quad (12)$$

где $З_{топливо}$ – затраты на топливо (кокс и природный газ); $З_{осн.матер}$ – затраты на основные материалы (руда, агломерат, окатыши).

Расходы по переделу:

$$З_{передел} = З_{пер.топливо} + З_{энерг} + З_{др.по.переделу}, \quad (13)$$

где $З_{пер.топливо}$ – затраты по переработке и обогащению топлива; $З_{энерг}$ – энергетические затраты на передел; $З_{др.по.переделу}$ – другие дополнительные затраты.

Побочная продукция:

$$З_{побочн.продукция} = Ц_{шлак} \cdot M^{ШЛ} \cdot np_1 + Ц_{кол.газ} \cdot M^{К.г} \cdot np_2, \quad (14)$$

где $M^{К.г}$, $M^{ШЛ}$ – массы колошниковых газа и шлака, вычисляемые по методике расчета балансовой модели процесса производства чугуна Рамма-Похвиснева, кг; $Ц_{шлак}$, $Ц_{кол.газ}$ – рыночная цена на шлак и колошниковый газ, руб.; np_1 – доля шлака, которая идет на продажу; np_2 – доля колошниковых газа, которая идет на сторону.

Таким образом, общая себестоимость рассчитывается как

$$С = З_{в.произв} + З_{передел} - З_{побочн.продукция} \quad (15)$$

Если получится, что расчеты себестоимости по формуле (15) меньше рыночной цены, то производство выгодно. В противном случае необходимо пересмотреть затраты по каждой i -статье и целесообразность дальнейшей работы на существующих условиях.

Заключение

Экспертная система мастера доменной печи построена по принципу гетерогенного моделирования, что позволяет сократить число ошибок при разработке, проектировании и эксплуатации системы и, как следствие, дать достаточно полное и четкое управление рассмотренным ТП.

Представленная структура системы была адаптирована к функционированию на других высокотемпературных объектах за счет изменения входных/выход-

ных параметров моделей и связей между ними. Так, разработаны в качестве советчиков экспертные системы шахтной, туннельной и обжиговой печей, а также шлакоперерабатывающей установки (свидетельства об официальной регистрации компьютерных программ для ЭВМ № 2007613839, 2007612365, 2007613838, 2007611236 соответственно).

Список литературы

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
2. Кудинов Ю.И., Дорохов И.Н., Пашченко Ф.Ф. Нечеткие регуляторы и системы управления // Проблемы управления. 2004. № 3.
3. Металлургия чугуна / Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н., Юсфин Ю.С. и др. М.: Академкнига, 2004.
4. Общие правила промышленной безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств (ПБ 11-493-02). Утв. пост. Госгортехнадзора России от 21.06.2002 г. № 35, зарег. в Минюсте России 11.09.02 г. № 3786.
5. Бринза В.Н. Охрана труда и окружающей среды: учеб. пособие для практических занятий для всех специальностей. М.: МИСиС, 1985.

6. Калькуляция себестоимости продукции в промышленности / Белобородова В.А., Чечета А.П., Слабинский В.Т. и др. М.: Финансы и статистика, 1989.

Bibliography

1. Zade L. The concept of linguistic variable and its application to accepting approximate solutions. M.: World, 1976.
2. Kudinov J.I., Dorohov I.N., Pashchenko F.F. Fuzzy logic regulators and control systems // Control Problems. 2004. № 3.
3. Pig-iron Metallurgy / Vegman E.F., Zherebin B.N., Pohvisnev A.N., Jusfin J.S., etc.,. M.: Academkniga, 2004.
4. The general rules of industrial safety for metallurgical and coke making enterprises and manufactures (PB 11-493-02). As confirmed by the decision of Gosgortekhnadzor of Russia on 21.06.2002. № 35, registered in the Ministry of Justice of Russia on 11.09.02. № 3786.
5. Brinza V. N. Labor and environment safety: Textbook for practical training for all specialities. M.: MISA, 1985.
6. Product costing in industry / Beloborodova V.A, Checheta A.P, Slabinsky V.T, etc. M.: Finance and statistics, 1989.

УДК 338.94

Карлик А.Е., Кобельков Г.В., Колокольцева Е.В.

ОЦЕНКА БИЗНЕСА И ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

В России относительно недавно начали заниматься оценкой бизнеса и выпускать соответствующих специалистов. Поэтому система оценки еще несовершенна. Оценка стоимости бизнеса или иной другой собственности представляет целенаправленный упорядоченный процесс исчисления величины стоимости объекта в денежном выражении с учетом влияющих на нее факторов в конкретный момент времени и в условиях конкретного рынка.

Оценку бизнеса проводят в целях:

- повышения эффективности текущего управления предприятием, фирмой; определения стоимости ценных бумаг в случае купли-продажи акций предприятий на фондовом рынке. Для принятия обоснованного инвестиционного решения необходимо оценить собственность предприятия и долю этой собственности, приходящуюся на приобретаемый пакет акций, а также возможные будущие доходы от бизнеса;
- определения стоимости предприятия в случае его купли-продажи целиком или по частям. Когда владелец предприятия решает продать свой бизнес или когда один из членов товарищества намерен продать свой пай, возникает необходимость определения рыночной стоимости предприятия или части его активов. В рыночной экономике часто бывает необходимо оценить предприятие для подписания договора, устанавливающего доли совладельцев в случае расторжения договора или смерти одного из партнеров;

- реструктуризации предприятия. Ликвидация предприятия, слияние, поглощение либо выделение самостоятельных предприятий из состава холдинга предполагает проведение его рыночной оценки, так как необходимо определить цену покупки или выкупа акций, конвертации, величину премии, выплачиваемой акционерам поглощаемой фирмы;
- разработки плана развития предприятия. В процессе стратегического планирования важно оценить будущие доходы фирмы, степень ее устойчивости и ценность имиджа;
- определения кредитоспособности предприятия и стоимости залога при кредитовании. В данном случае оценка требуется в силу того, что величина стоимости активов по бухгалтерской отчетности может резко отличаться от их рыночной стоимости;
- страхования, в процессе которого возникает необходимость определения стоимости активов в преддверии потерь;
- налогообложения. При определении налога облагаемой базы необходимо провести объективную оценку предприятия;
- принятия обоснованных управленческих решений. Инфляция искажает финансовую отчетность предприятия, поэтому периодическая переоценка имущества независимыми оценщиками позволяет повысить реалистичность финан-

совой отчетности, являющейся базой для принятия финансовых решений;

- осуществления инвестиционного проекта развития бизнеса. В этом случае для его обоснования необходимо знать исходную стоимость предприятия в целом, его собственного капитала, активов, бизнеса.

При определении стоимости оценщик принимает во внимание различные микро- и макроэкономические факторы, к числу которых относятся следующие: спрос, доход, временной лаг, риск и вероятность получения ожидаемого дохода.

Спрос определяется предпочтениями потребителей, которые зависят от того, какие доходы приносит данный бизнес собственнику, в какое время, с какими рисками это сопряжено, каковы возможности контроля и перепродажи данного бизнеса.

Доход, который может получить собственник объекта, зависит от характера операционной деятельности и возможности получить прибыль от продажи объекта после использования. Прибыль от операционной деятельности, в свою очередь, определяется соотношением потоков доходов и расходов.

Большое значение для формирования стоимости предприятия имеет время получения доходов. Одно дело, если собственник приобретает активы и быстро начинает получать прибыль от их использования, и другое дело, если инвестирование и возврат капитала отделены значительным промежутком времени.

На величине стоимости неизбежно сказывается и риск как вероятность получения ожидаемых в будущем доходов.

Одним из важнейших факторов, влияющих на стоимость, является степень контроля, которую получает новый собственник. Если предприятие покупается в индивидуальную частную собственность или если приобретается контрольный пакет акций, то новый собственник получает такие существенные права, как право назначать управляющих, определять величину оплаты их труда, влиять на стратегию и тактику работы предприятия, продавать или покупать его активы, реструктурировать и даже ликвидировать данное предприятие, принимать решение о поглощении других предприятий, определять величину дивидендов и т.д. В силу того, что покупаются большие права, стоимость и цена, как правило, будут выше, чем в случае покупки неконтрольного пакета акций.

Другим важнейшим фактором, влияющим на стоимость предприятия и его имущества, является степень ликвидности этой собственности. Рынок готов выплатить премию за активы, которые могут быть быстро обращены в деньги с минимальным риском потери части стоимости. Отсюда стоимость закрытых акционерных обществ должна быть ниже стоимости аналогичных открытых обществ.

Стоимость предприятия реагирует на любые ограничения, которые имеет бизнес. Например, если государство ограничивает цены на продукцию предприятия, то стоимость такого бизнеса ниже, чем в случае отсутствия ограничений.

Спрос на предприятие наряду с полезностью за-

висит также от платежеспособности потенциальных инвесторов, ценности денег, возможности привлечь дополнительный капитал на финансовый рынок. Отношение инвестора к уровню доходности и степени риска зависит даже от его возраста. Более молодые склонны идти на большой риск ради более высокой доходности в будущем.

На данный момент существуют 3 подхода оценки бизнеса: затратный, сравнительный и доходный. Затратный подход основывается на определении стоимости чистых активов при условии, что предприятие является действующим. Этот подход используется на стадии развития предприятия, когда его доходность не достигает проектной, а также для страхования и налогообложения.

Второй подход оценки сравнительный. Здесь специалист производит оценку стоимости предприятия на сопоставлении аналогов. Обычно пытаются найти несколько похожих предприятий и на основе имеющихся данных о продаже, допустим, акций рассчитывают стоимость бизнеса. Сравнительный подход особенно эффективен в случае существования активного рынка сопоставимых объектов собственности. Точность оценки зависит от качества собранных данных, так как, применяя данный подход, оценщик должен собрать достоверную информацию о недавних продажах сопоставимых объектов. Эти данные включают: физические характеристики, время продажи, местоположение, условия продажи и финансирования. Действенность такого подхода снижается, если сделок было мало и моменты их совершения и оценки разделяет продолжительный период, если рынок находится в аномальном состоянии, так как быстрые изменения на рынке приводят к искажению показателей. Этот подход на развитом рынке предприятий следует считать основным в оценке рыночной стоимости при заключении договора купли-продажи.

Эти два подхода нечасто используются оценщиками в связи с тем, что заказчику (владельцам и инвесторам) гораздо интересней узнать не сколько требуется денег на то, чтобы восстановить предприятие, а каковы будут будущие доходы от бизнеса. Это определяется с помощью доходного подхода. В рамках данного подхода существуют различные методы. Так, сначала стоимость определяли на основе балансовых данных. В этом случае мы получаем чистую стоимость без учета владения фирмой каких-либо технологий. Ведь стоимость нематериальных активов конечно важна, но цена тех же научных разработок, так же как и репутация компании на рынке, или же фирменный знак несут в себе тоже определенную стоимость. И это необходимо как-то учитывать в оценке предприятия. Нематериальные активы зачастую могут стоить больше, чем активы на балансе.

В последнее время приобрело значение оценка инвестиционной привлекательности компании. Понятие «инвестиционная привлекательность» достаточно новое, в экономических публикациях появилось относительно недавно и используется преимущественно при характеристике и оценке объектов инвестирования, рейтинговых сопоставлениях, сравнительном анализе процессов. Главным для предприятия являет-

ся получение стабильного дохода и сохранение или приумножение рынка сбыта своей продукции, что достигается «перманентной борьбой» за конкурентоспособность своей компании. Побеждает то предприятие, которое проводит системное инвестирование в обновление своих фондов и технологии, в обновление и совершенствование качества и привлекательности своей продукции. Для этого требуются значительные финансовые вложения, которые зачастую отсутствуют на предприятии, и последние вынуждены прибегать к внешнему заимствованию.

Источниками внешнего заимствования могут являться банки или иные юридические и физические лица, которые готовы вложить свои финансовые ресурсы при условии привлекательности предприятия и требуемой инвестором доходности на вложенный капитал. Инвестиционная привлекательность предприятия отражает комплексную оценку результатов своей операционной деятельности и позиций на рынке сбыта продукции, при которых имеющие место риски будут погашены высокой доходностью инвестиционных проектов. Оценивая инвестиционную привлекательность с точки зрения дохода и риска, можно утверждать, что это – наличие дохода (экономического эффекта) от вложения средств при минимальном уровне риска. Этот термин чаще всего используют для определения целесообразности вложений и определения эффективности размещения ресурсов.

В нашей стране достаточно мало публикаций и каких-либо исследований в области оценки инвестиционной привлекательности. В мировой и отечественной практике для определения инвестиционной привлекательности предприятия используется методика определения состояния предприятия по данным бухгалтерской финансовой отчетности, которая включает в себя расчет группы показателей, выбор которых зависит от целей, которые ставит перед собой инвестор. Как уже ранее упоминалось, такой метод не является полным. Также при оценке привлекательности стоит рассмотреть, помимо рисков и бухгалтерской отчетности, стадию развития предприятия. Ведь от того, на какой стадии развития находится предприятие, зависит, какой объем инвестиционных средств следует вкладывать для поддержания техники и технологии на должном уровне.

Существуют следующие стадии развития инвестиционного проекта и предприятия: инвестиционная, стадия роста, развития, спада и ликвидация. Стоимость предприятия на каждом этапе его жизненного цикла будет разная. Наиболее доходным периодом существования фирмы является стадия развития. И главная задача менеджеров компании – продление этого этапа как можно дольше для получения наибольшей чистой текущей стоимости (NPV). Уже потом будут приниматься решения, что дальше делать с предприятием – будет ли это реорганизация, либо слияние, либо ликвидация. Из этого можно выделить четыре направления оценки бизнеса:

1. Оценка создаваемого предприятия, где основой будет служить бизнес-план.

2. Оценка действующего предприятия.

3. Оценка реорганизуемого предприятия.

4. Оценка ликвидируемого предприятия.

Следовательно, от того, на каком этапе развития находится предприятие, будет формироваться цель инвестиций. Отсюда можно сделать вывод, что помимо прочих факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность (таких как политический, ресурсно-сырьевой), следует не забывать и о жизненном цикле предприятия, который является важнейшей характеристикой объекта оценки бизнеса.

Требования инвестора к инвестиционной привлекательности предприятия сводятся к оценке следующих показателей:

- рентабельность собственного капитала (Rск);
- наличие и доля рынка сбыта продукции на внутреннем и внешнем рынках;
- конкурентоспособность продукции;
- финансовая устойчивость предприятия и пути ее сохранения;
- наличие и реализация программы развития предприятия в прошлом, настоящем и будущем;
- динамика наращивания стоимости предприятия и бизнеса (ДСАК);
- состояние и обновление основных средств предприятия;
- кадровый потенциал предприятия;
- региональная позиция предприятия;
- уровень совокупного риска вложения средств в данное предприятие.

Остановимся на влиянии каждого из перечисленных показателей на инвестиционную привлекательность.

Рентабельность собственного капитала отражает эффективность менеджмента предприятия управлять вверенным ему акционерным капиталом, добиваясь высоких дивидендов и высокого рыночного курса его акций. Наличие высокого значения рентабельности собственного капитала привлекает инвестора в надежде на получение такой же высокой доходности на инвестированные средства.

Наличие и объем рынка сбыта продукции предприятия определяют возможные цели инвестирования – простое обновление фондов или расширение производства продукции.

Конкурентоспособность продукции как показатель привлекательности для инвестора позволяет ограничить круг выбора области инвестирования и сосредоточить внимание на эффективности реализации инвестиционного проекта.

Финансовая устойчивость предприятия и пути ее сохранения при вливании дополнительных финансовых средств также является ключевым показателем инвестиционной привлекательности предприятия. Для ответа на вопрос финансовой устойчивости предприятия необходимо провести значительные по объему расчеты ликвидности предприятия, оборачиваемости и прибыльности его активов, рентабельности инвестиций, коэффициент покрытия его заемных средств и расчеты других показателей, входящие в группу финансовых показателей.

Наличие и реализация программы развития пред-

приятия в прошлом, настоящем и будущем позволяет инвестору оценить динамику развития инвестируемого предприятия. При наличии положительных результатов этого анализа без колебаний принять положительное решение в пользу инвестирования или, наоборот, отсутствие положительной динамики будет свидетельствовать об отсутствии четко выверенной программы развития предприятия, его борьбы за рынок. Возникает опасность для инвестора как акционера в том, что предприятие может «уйти» с рынка, и тогда инвестор потеряет свой капитал.

Динамика наращивания стоимости предприятия и бизнеса (ДСАК) однозначно трактуется инвестором как успех совокупной политики всех уровней управления предприятием в операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. Вложение инвестиций в программы такого предприятия гарантирует высокую доходность рубля.

Состояние и обновление основных средств предприятия следует считать важным для инвестора показателем. Рост остаточной стоимости основных средств предприятия говорит о высоком производственном потенциале предприятия, о высоком качестве выпускаемой продукции. Нельзя выпускать высококачественную продукцию на изношенном оборудовании. Наряду с другими показателями эффективности производства данный показатель должен убедить инвестора в том, что ему предлагается для финансирования проект, повышающий производственный потенциал предприятия. Такой проект может гарантировать получение высокой доходности инвестиционного рубля.

Кадровый потенциал предприятия должен соответствовать уровню техники и технологий, применяемых на предприятии. Только в этом сочетании можно добиться высоких показателей эффективности эксплуатации основных средств производства и, следовательно, эксплуатации инвестиционного проекта. Перманентное обучение и обновление кадров является залогом высокого уровня кадровой политики предприятия, что очень важно для реализации будущего инвестиционного проекта.

Региональная позиция предприятия, на первый взгляд, не должна входить в состав оценочных показателей инвестиционной привлекательности предприятия. Однако в районах, где налоговая политика зачастую формируется от финансовых поступлений десятка предприятий, где социальная напряженность зависит от трудоустройства безработного населения, власти стремятся к всесторонней поддержке любых инвестиционных проектов, снижая, в том числе, и налоговую нагрузку.

Оценка уровня совокупного риска вложения средств в данное предприятие необходима инвестору для формирования требуемой цены на инвестируемый капитал. Сравнивая цену на инвестируемый капитал и получаемую доходность по инвестиционному проекту, инвестор имеет возможность более аргументировано принять решение об участии в инвестиционной программе предприятия.

Таким образом, оценка инвестиционной привле-

кательности предприятия сводится к выполнению алгоритма, т.е. некой последовательности расчетов определенного круга показателей.

Предлагается следующий алгоритм оценки инвестиционной привлекательности предприятия, который представлен ниже в **таблице**.

Этап	Составляющая алгоритма	Оценочный показатель
Первый	Оценка инвестиционной привлекательности региона	Данные рейтинговых агентств
	Знакомство с предприятием и его кадровой политикой	
Второй	Наличие и доля рынка сбыта продукции на внутреннем и внешнем рынках	Объемы реализации продукции
	Конкурентоспособность продукции	Эластичность спроса и предложения
Третий	Наличие и реализация программы развития предприятия в прошлом, настоящем и будущем	Трендовый анализ объемов инвестирования
	Состояние и обновление основных средств предприятия	Остаточная стоимость ОС и ее динамика
Четвертый	Анализ финансового состояния предприятия	Коэффициенты финансовой устойчивости, ликвидности, платежеспособности, оборачиваемости активов и др.
Пятый	Рентабельность собственного капитала ($R_{ск}$)	Построение и анализ многофакторной модели управления рентабельностью
Шестой	Динамика наращивания стоимости предприятия и бизнеса	Расчет добавленной стоимости акционерного капитала в динамике реализации инвестиционных программ на предприятии
Седьмой	Оценка совокупного риска инвестирования средств в предприятие и принятие решения	Формирование ставки дисконтирования в оценке денежных потоков

Список литературы

1. Оценка бизнеса: учебник / под ред. А.Г. Грязновой, М.А. Федотовой. М.: Финансы и статистика, 1998. 512 с.: ил.
2. Валдайцев С.В. Оценка бизнеса и управление стоимостью предприятия: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 720 с.

Bibliography

1. Business valuation: text-book/editorial staff. A.G. Gryaznova, M.A. Fedotova. M.: Finance and Statistic, 1998. 512 p.
2. Valdaitsev S.V. Assessment of businesses and management of the enterprise value: text-book for universities. M.: UNITI-DANA, 2001. 720 p.

УДК 338.26:669.1

Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А., Чикишев Д.Н., Шмаков В.И.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ

Наметившиеся процессы обострения конкурентной борьбы за сырьевые рынки и рынки сбыта металлопродукции требуют поиска новых «прорывных» методов как в технической и технологической сферах, так и в экономической, в частности в области производственного планирования.

Широкую известность среди прочих получили следующие концепции: теория ограничений, сбалансированная система показателей, «бережливое» производство, 6 «сигм».

Результатами совместной работы в этой области, проводимой на протяжении 15 лет, специалистами ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» и ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» стали:

1. Классификация ограничивающих факторов по ряду критериев (по отношению к системе предприятия, по типу логистического потока, по функциональной принадлежности, по типу ресурса). Кроме того, сформирована матрица ограничивающих факторов, позволяющая дать комплексную оценку ограничений с учетом всех рассмотренных классификационных признаков.

2. Для выявления ограничений рассмотрены методы: экспертных оценок, анализа запасов и загрузки ресурсов, расчетный, аналитические. Дана характеристика области применения каждого метода с выделением его положительных и отрицательных сторон.

3. На базе методологии сбалансированной системы показателей и теории ограничений разработана модифицированная версия – сбалансированная система показателей, основанная на ограничениях.

4. В рамках разработанной системы показателей предложен расширенный процесс непрерывного улучшения, основными этапами которого являются: формулирование миссии компании; определение ключевых факторов успеха в составляющих систему областях; постановка стратегических целей в соответствии с ключевыми факторами успеха и их формализация в виде ключевых показателей; выявление существующих ограничений в достижении целей в каждой из составляющих областей; выбор методов и разработка мероприятий по эффективному использованию потенциала ограничивающих факторов, определение целевых значений ключевых показателей; подчинение всей системы использованию потенциала ограничений в соответствии с выбранными методами и разработанными мероприятиями, достижение целевых значений показателей; разработка плана устранения ограничивающих факторов и, в случае его успешной реализации, переход к одному из первых трех этапов в зависимости от необходимости пересмотра миссии, ключевых факторов успеха или стратегических целей. В противном случае алгоритм повторяется с этапа № 4, то есть с выявления новых ограничивающих факторов.

5. Модель ключевых финансово-экономических показателей предложенной системы интегрирует концепцию экономической добавленной стоимости EVA и систему показателей теории ограничений.

6. В качестве ключевого понятия эффективного использования ограничивающих факторов использован термин «приоритетность», характеризующий предпочтительность вариантов управленческого выбора с точки зрения достижения поставленной цели с учетом имеющихся ограничений.

7. Предложен один из методов эффективного использования ограничивающих факторов – модель оптимизационного планирования производственной программы.

8. Разработаны модели и алгоритмы решения глобальной задачи оптимизации объемного производственного планирования в условиях наличия нескольких «узких» мест.

9. Предложен подход к объемному производственному планированию, заключающийся в локализации процесса оптимизационного планирования на основе выявления и эффективного использования ограничений. При этом формируется оптимальный по критерию суммарного маржинального дохода локальный объемный план, охватывающий только часть всей совокупности номенклатурных позиций товарной продукции.

10. Предложена модель объемного производственного планирования, учитывающая пересекающиеся материальные потоки.

11. Разработаны и апробированы пакеты прикладных программ, реализующие предложенные алгоритмы оптимизационного объемного планирования производства – автоматизированные рабочие места для менеджеров по производству и сбыту [1].

Получение новых «прорывных» результатов возможно на основе синтеза рассмотренных выше концепций посредством интегрирования парадигм. Правильно подобранная смесь различных подходов может давать поистине взрывной эффект. В настоящее время уже есть предложения по такой интеграции [2–4]. Таким образом, данные подходы гармонично дополняют друг друга, формируя мощный интегрированный инструмент улучшения экономических показателей современной компании.

Список литературы

1. Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System / Senichev G.S., Shmakov V.I., Salganik V.M., Pesin A.M. // The Business Review. Cambridge. 2006. V. 5. P. 344–350.
2. Джордж Л. Майкл. Бережливое производство + шесть сигм: Комбинируя качество шести сигм со скоростью бережливого производства. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 360 с.
3. Питеркин С.В., Оладов Н.А., Исаев Д.В. Точно вовремя для

- России. Практика применения ERP-систем. М.: Альпина Паблишер, 2002. 370 с.
- Сеничев Г.С., Песин А.М., Жлудов В.В. Концепция планирования, основанная на выявлении и эффективном использовании ограничивающих факторов // Экономика и менеджмент: проблемы и перспективы: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. СПб, 2005. С. 442–449.

Bibliography

- Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System / Senichev G.S., Shmakov V.I., Salganik V.M., Pesin A.M. // The

- Business Review. Cambridge. 2006. V. 5. Pp. 344–350.
- George L. Michael. Lean Manufacturing + Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production speed. M.: Harvard Business Review, 2006. 360 p.
 - Peterkin S.V., Oladov N.A., Isaev D.V. Just in time for Russia. Practical Application of ERP-systems. M.: Wiley Publishers, 2002. 370 p.
 - Senichev G.S., Pesin A.M., Zhudov V.V. The concept of planning based on the identification and efficient use of limiting factors // Economics and Management Problems and Prospects: Proceedings of the international scientific-practical conference. St. Petersburg, 2005. P. 442–449.

УДК 658.511:65.018.2

Аснина А.Я., Баркалов С.А., Нильга О.С.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ РАБОТ ПРОЕКТА, ДАЮЩЕЙ НАИБОЛЬШИЙ ДОХОД

Рассмотрим проект из n работ. Под работой в рамках данной статьи понимается мероприятие как совокупность действий, нацеленных на выполнение единой задачи, по достижению которой можно получить определенный эффект (здесь финансовый). Время выполнения каждой работы t_i выражено в месяцах. Будем считать, что каждая следующая работа начинается в момент завершения предыдущей. T – время выполнения всех мероприятий проекта. Для осуществления i -й работы необходимы инвестиции в размере C_i . Предполагается, что все они осуществляются в момент запуска проекта. После выполнения каждой i -й работы прогнозируется ежемесячный доход в размере R_i в течение времени, оставшегося до окончания проекта. $(T + 1)$ – момент получения первого дохода от последнего мероприятия. Работы проекта связаны технологической зависимостью, представленной в виде ориентированного дерева, где работы пронумерованы по правилу, приведенному ниже.

Требуется определить порядок запуска работ проекта с учетом технологической зависимости, дающий наибольший доход.

Условие определения оптимальной последовательности выполнения работ проекта

В [1] показано, что для получения порядка выполнения работ, который дает наибольший доход, необходимо для каждой из них найти величину R_i/t_i , и упорядочить работы по невозрастанию этих величин, то есть если

$$R_l/t_l \geq R_m/t_m, \text{ то } l < m, \quad (1)$$

а если $R_l/t_l = R_m/t_m$, то раньше следует выполнять мероприятия с меньшей продолжительностью (t), так как в этом случае раньше начнется получение дохода [2].

Правило нумерации вершин-работ дерева

Присвоим вершине корню номер ноль. Далее нумеруются вершины первого уровня. Им присваиваются номера с первого по m_1 -й с учетом условия (1). Здесь m_1 – количество вершин первого уровня.

Пусть теперь занумерованы все вершины k -го уровня, и они имеют номера с $\sum_{i=1}^{k-1} m_i + 1$ -го до $\sum_{i=1}^k m_i$ -го, где m_i – число вершин i -го уровня. Тогда вершинам $(k+1)$ -го уровня присваиваются номера с $\sum_{i=1}^k m_i + 1$ -го до $\sum_{i=1}^{k+1} m_i$ -го по следующему правилу.

Вначале нумеруются вершины, имеющие корнем «первую» вершину предыдущего уровня, затем вершины, корнем которых является «вторая» вершина предыдущего уровня, и так далее. При этом вершины, имеющие один корень, предварительно упорядочиваются по условию (1), и в соответствии с этим порядком им присваиваются номера.

Условие (1) обеспечивает максимальный прогнозируемый доход для независимых работ, но так как между работами проекта имеется технологическая зависимость, то возникает ситуация, когда существуют работы A , B и C , где A строго предшествует B , но $R_A/t_A < R_B/t_B$ или $R_A/t_A = R_B/t_B$, а $t_A > t_B$, а C не связана ни с A , ни с B . Тогда возможны следующие варианты:

1) если $R_A/t_A > R_C/t_C$ или $R_C/t_C = R_A/t_A$, а $t_A < t_C$, тогда работы надо выполнять в последовательности: (A, B, C) ;

2) если $R_C/t_C > R_B/t_B$ или $R_C/t_C = R_B/t_B$, а $t_C < t_B$, тогда последовательность выполнения работ будет следующей: (C, A, B) ;

3) пусть теперь соотношение между работами имеет следующий вид: $R_A/t_A < R_C/t_C < R_B/t_B$. В этом случае место работы C в последовательности не очевидно. Здесь возможны две ситуации: (C, A, B) и (A, B, C) . Ситуация (A, C, B) очевидно хуже, так как $R_B/t_B > R_C/t_C$.

В общем случае, если k -я и $(k+1)$ -я работы с учетом технологической зависимости должны стоять в порядке: $k, (k+1)$. А $(k+2)$ -я работа не связана ни с k -й, ни с $(k+1)$ -й, то k -ю и $(k+1)$ -ю работы можно считать одной работой σ_h для которой $R_{\sigma_h} = R_k + R_{k+1}$, $t_{\sigma_h} = t_k + t_{k+1}$, и тогда $(k+2)$ -ю работу можно поставить либо перед σ_h , либо после σ_h с учетом условия (1). Подобные условия можно вывести и для тех случаев, когда необходимо сравнить доходы от последовательностей, в которых «неразрывными» (то есть выполняющимися строго друг за другом) являются три и более работ $(1, \dots, k)$. Соотношение между доходами от последовательностей $((k+1), 1, \dots, k)$ и $(1, \dots, k, (k+1))$, после преобразований, можно представить как $R_{k+1}/t_{k+1} > \sum_{i=1}^k R_i / \sum_{i=1}^k t_i$, откуда следует, что работы с 1-й по k -ю можно считать единой работой σ_h с $R_{\sigma_h} = \sum_{k \in \sigma_h} R_k$, $t_{\sigma_h} = \sum_{k \in \sigma_h} t_k$, и тогда $(k+1)$ -ю работу можно ставить с учетом (1) либо перед σ_h , либо после σ_h .

Перейдем к рассмотрению исходной задачи. Из вышеизложенного следует, что для построения оптимальной последовательности работ, связанных технологической зависимостью, необходимо те работы, для которых эта зависимость существенна, объединить в группы или списки, в каждом из которых порядок работ учитывает технологическую зависимость и (1), а затем эти группы отсортировать по условию (1).

Представим сказанное выше в виде алгоритма.

Алгоритм 1

Пусть имеем список σ из n работ, которые записаны в нем по возрастанию их номеров, присвоенных работам по правилу, описанному выше. Необходимо определить такой порядок выполнения работ σ^* , который дает наибольший доход. Работы будем рассматривать в том порядке, в котором они записаны в σ и последовательно переносить их в σ^* .

Шаг 0. Первое место в списке σ^* займет начальная работа, а затем в порядке нумерации в список σ^* помещаются все работы, для которых корнем является нулевая работа. Все работы, помещенные в σ^* , исключаются из σ .

Шаг 1. Пусть $(k-1)$ работ из списка σ перенесено в σ^* и упорядочено в соответствии с технологической зависимостью, причем некоторые работы стоят отдельно, а некоторые помещены в группы σ_h^* , для ко-

торых $R_{\sigma_h} = \sum_{i \in \sigma_h} R_i$, $t_{\sigma_h} = \sum_{i \in \sigma_h} t_i$ (для удобства, в даль-

нейшем, отдельно стоящие работы списка σ^* также будем называть группой), и для всех групп, кроме нулевой работы, выполнено условие

$$R_{\sigma_i}/t_{\sigma_i} > R_{\sigma_j}/t_{\sigma_j}, \text{ если } i < j / \quad (2)$$

Шаг 2. Если $\sigma \neq \emptyset$, то выбирается работа k и исключается из σ . Назовем эту работу группой σ_k^* . Иначе Шаг 7.

Шаг 3. В σ^* отыскиваем группу работ σ_h^* , содержащую работу с номером l , которая является работой-корнем для σ_k^* . Если $l = 0$, то переход к Шагу 6. Иначе Шаг 4.

Шаг 4. Если $R_{\sigma_h^*}/t_{\sigma_h^*} > R_{\sigma_k^*}/t_{\sigma_k^*}$ или $R_{\sigma_h^*}/t_{\sigma_h^*} = R_{\sigma_k^*}/t_{\sigma_k^*}$, а $t_{\sigma_h^*} < t_{\sigma_k^*}$, то σ_k^* ставится после групп σ_h^* в соответствии с условием (2), $k = k+1$, переход к шагу 2. Иначе Шаг 5.

Шаг 5. Если $R_{\sigma_k^*}/t_{\sigma_k^*} > R_{\sigma_h^*}/t_{\sigma_h^*}$ или $R_{\sigma_k^*}/t_{\sigma_k^*} = R_{\sigma_h^*}/t_{\sigma_h^*}$, а $t_{\sigma_k^*} > t_{\sigma_h^*}$, то к группе σ_h^* добавляем σ_k^* . Назовем образованную группу $\sigma_k^* = \sigma_h^* \cup \sigma_k^*$ и вычислим ее параметры: $t_{\sigma_k^*} = t_{\sigma_h^*} + t_{\sigma_k^*}$, $R_{\sigma_k^*} = R_{\sigma_h^*} + R_{\sigma_k^*}$, а $R_{\sigma_k^*}/t_{\sigma_k^*} = R_{\sigma_h^*} + R_{\sigma_k^*}/t_{\sigma_h^*} + t_{\sigma_k^*}$. Предшественником σ_k^* является предшественник σ_h^* . Переход к Шагу 3.

Шаг 6. Группа σ_k^* занимает место в списке σ^* в соответствии с условием (2). $k = k+1$. Переход к Шагу 2.

Шаг 7. Конец. По завершении алгоритма весь список σ^* будет состоять из групп σ_h^* , которые могут содержать как один элемент, так и несколько.

Список литературы

1. Оптимизация системы организационно-технических мероприятий в антикризисном управлении предприятием строительной индустрии / Акулова И.И., Чернышов Е.М., Аснина А.Я., Гельбанд И.Е. // Изв. вузов. Строительство. 2004. № 10. С. 44–48.
2. Нильга О.С. Оптимизация последовательности выполнения мероприятий проекта // Наука и инновации в строительстве SIB: материалы Междунар. конгресса. Т. 5. Проблемы развития инженерно-строительного образования. Воронеж, 2008.

Bibliography

1. Optimization of organizational and technical measures in crisis management of the company in construction industry / Akulova I.I., Chernyshov E.M., Asnina A.Y., Gelband I.E. // Proceedings of the higher education institutions. Construction. № 10. 2004. P. 44–48.
2. Nilga O.S. Optimizing the sequence of execution of project activities // Science and Innovation in the construction of SIB: Proceedings of the International Congress. V. 5. «Problems of Civil Engineering Education Development». Voronezh, 2008.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В АНАЛИЗЕ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА

Задача кластеризации заключается в разбиении множества объектов, представленных своими векторами $x^i \in R^n$, $i=1, \dots, p$, на группы, называемые кластерами. Объекты группируются таким образом, чтобы в пределах одного кластера они были более похожими друг на друга, чем на объекты других кластеров. В каждом кластере выделяют типичные представители w^i – ядра, $i=1, \dots, k$, где k – количество кластеров [1]. Задача кластеризации является важной задачей, встречающейся при анализе данных.

Классические методы кластеризации (метод k -средних, метод ближайшего соседа) предполагают, что ядра кластеров являются известными и решают задачу притяжения к ним других векторов. Одним из методов аппроксимации данных являются самоорганизующиеся карты (СОК) Кохонена. Перед использованием СОК Кохонена необходимо обучить, т.е. настроить веса на основе обучающего множества без учителя. Классическим алгоритмом обучения является алгоритм «Победитель забирает все» [2, 3].

Алгоритм «Победитель забирает все»:

1. Выбор шага обучения $\eta > 0$ (0,1–0,7).

2. Инициализация весов сети случайными числами.

3. Настройка весов. Для каждого входного вектора:

3.1. Расчет выходов нейронов слоя Кохонена. Выбирается нейрон-победитель r с наибольшим значением на выходе.

3.2. Корректировка весов победившего нейрона:

$$w_r := w_r + \eta(x - w_r).$$

3.3. Нормировка вектора весов нейрона-победителя:

$$w_r := \frac{w_r}{\|w_r\|}.$$

Ставится задача автоматической кластеризации векторов (ядра кластеров заранее не определены), т.е. задача автоматического определения оптимального количества кластеров. В данной работе предлагаются два алгоритма разбиения данных на кластеры.

Алгоритм автоматической кластеризации № 1:

1. Рассчитываются расстояния (точнее, квадраты расстояний) от каждого вектора до всех остальных (для упрощения вычислений его квадрат) с помощью евклидовой метрики:

$$d^2(x^i, x^j) = \|x^i - x^j\|^2 = \sum_{l=1}^n (x_l^i - x_l^j)^2,$$

где x_l^i – l -й элемент вектора x^i . Полученные значения заносятся в табл. 1.

2. Определяется максимальное расстояние по всей рассчитанной табл. 1:

$$\max_{i,j} d^2(x^i, x^j).$$

3. Определяется допустимое расстояние между векторами в одном кластере как фиксированный процент от найденного в п. 2.

4. Производится объединение векторов в кластеры: если значение расстояния в одном столбце не превосходит расстояния, полученного в п. 3, то рассматриваемый вектор относится к тому же кластеру. Рассматриваемый вектор помечается соответствующим номером кластера.

5. Переходим к следующему вектор-столбцу:

5.1. Если вектор-столбец уже относится к кластеру – выполняем п. 5.

5.2. Если вектор-столбец не является помеченным – выполняем пп. 4–5.

6. Для векторов, имеющих одинаковые метки, рассчитываются ядра кластеров как центры тяжести.

7. Расчет уточненных значений ядер кластеров с помощью алгоритма «Победитель забирает все».

Алгоритм автоматической кластеризации № 2:

1. Расчет расстояния от каждого вектора до всех остальных (для упрощения вычислений его квадрат) с помощью евклидовой метрики:

$$d^2(x^i, x^j) = \|x^i - x^j\|^2 = \sum_{l=1}^n (x_l^i - x_l^j)^2,$$

где x_l^i – l -й элемент вектора x^i .

Полученные значения заносятся в табл. 1.

2. Определяется максимальное расстояние от каждой вершины до какой-то другой (по каждому столбцу табл. 1):

$$\max_{1 \leq i < p} d^2(x^i, x^j).$$

Таблица 1

Результаты первого вычислительного эксперимента

Алгоритм	Количество векторов	Время работы (с)	Количество кластеров
Алгоритм № 1	20	0,015	5
	50	0,032	5
	100	0,047	4
	500	1,047	4
Алгоритм № 2	20	0,016	5
	50	0,047	4
	100	0,422	3
	500	351,656	3

3. Производится нормировка расстояний:

$$d^2(x^i, x^j) = \frac{d^2(x^i, x^j)}{\max d^2(x^i, x^j)}.$$

4. Осуществляется сортировка расстояний для вектора по возрастанию (по каждому столбцу **табл. 1**).

5. Векторы объединяются в кластеры: если следующее значение расстояния в одном столбце не превосходит предыдущее в некоторое фиксированное количество раз, то рассматриваемые векторы относятся к одному кластеру. Рассматриваемые векторы помечаются соответствующим номером кластера.

6. Переходим к следующему вектор-столбцу:

6.1. Если вектор-столбец уже относится к кластеру – выполняем п. 6.

6.2. Если вектор-столбец не является помеченным – выполняем пп. 5–6.

7. Для векторов, имеющих одинаковые метки, рассчитываются ядра кластеров как центры тяжести.

8. Расчет уточненных значений ядер кластеров с помощью алгоритма «Победитель забирает все».

Было разработано программное обеспечение, рассчитывающее уточненные значения ядер кластеров. На вход программы подаются первоначальные данные. Константа обучения принимается равной 0,6 и уменьшается до 0,1 с шагом 0,1. Данные параметры могут быть изменены пользователем.

Для тестирования были сгенерированы 4 множества объемом 20, 50, 100 и 500 векторов. Количество кластеров зависит от фиксированной числовой характеристики; при выполнении данных тестов для первого алгоритма это величина, определяемая в п. 3, для второго алгоритма это величина, указанная в п. 5. Числовые характеристики подобраны так, чтобы максимальное расстояние от центра до других векторов в кластере были приблизительно равным. Результаты вычислительного эксперимента приведены в **табл. 1**.

Существенного отличия в количестве получаемых кластеров нет, однако необходимо учесть тот факт, что данные в тестовых выборках распределены равномерно, не наблюдается ярко выраженных кластеров. Время обработки данных вторым алгоритмом значительно дольше при больших объемах тестового

Таблица 2

Результаты второго вычислительного эксперимента

Алгоритм	Количество векторов	Визуальное количество кластеров	Время работы (с)	Полученное количество кластеров
Алгоритм № 1	16	3	0,016	3
	15	4	0,01	3
Алгоритм № 2	16	3	0,01	4
	15	4	0,01	4

множества, так как при этом увеличивается вычислительная сложность алгоритма.

Были также рассмотрены небольшие тестовые множества с ярко выраженными кластерами. Результаты вычислительного эксперимента приведены в **табл. 2**.

Полученные результаты близки к визуальным предположениям, что говорит о хорошем подборе числовых характеристик для алгоритмов. При анализе и аппроксимации данных необходимо иметь представление, насколько должны быть близки объекты, которые объединяются в один кластер. Алгоритмы позволяют определить ядра кластеров с большой точностью и существенно сжать информацию для дальнейшей работы.

Список литературы

1. Сараев П.В. Нейросетевые методы искусственного интеллекта: учеб. пособие. Липецк: ЛГТУ, 2007. 64 с.
2. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / пер. с англ. Агеева В.Н. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. 655 с.
3. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии). Томск: Изд-во НТЛ, 2006. 128 с.

Bibliography

1. Saraev P.V. Neural network methods of artificial intelligence. Lipetsk: LGTU, 2007. 64 p.
2. Kohonen T. Self-organizing map. Berlin: Springer-Verlag, 2001. 501 p.
3. Aksenov S.V., Novoseltsev V.B. Organization and use of neural networks (methods and technologies). Tomsk: NTL, 2006. 128 p.

ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

УДК 669.054.83

Черчинцев В.Д., Валеев В.Х., Сомова Ю.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМАСЛЕННЫХ ШЛАМОВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Производственно-хозяйственная деятельность современного горно-металлургического комплекса сопровождается интенсивным загрязнением окружающей среды и ее трансформацией техногенезом. Это характерно без исключения для всех предприятий металлургической отрасли Южного Урала.

В процессе переработки железорудного сырья на всех переделах образуется значительное количество железосодержащих отходов в виде пылей и шламов горно-обоганительного производства, газоочистных сооружений и сточных вод агломерационных фабрик, доменных и сталеплавильных цехов, цехов прокатного производства. Выход данного вида отходов составляет около 1% от массы сырья и полуфабрикатов, заданных в переработку, или 7–8% конечного объема производства металлургических предприятий.

В Челябинской области на начало 2000 г. накоплено более 4 млрд т промышленных отходов и их количество постоянно возрастает. В большей мере это касается предприятий горно-металлургического комплекса, где образуется наибольшее количество отходов (более 60%).

Одной из проблем предприятий черной металлургии является переработка замасленной окалины и замасленных шламов донных отложений.

Цель данной работы – изучение состава и свойств замасленных шламов донных отложений Левобережного отстойника проливневых стоков Магнитогорского водохранилища.

Материал и методы

Для исследования состава и свойств замасленных шламов донных отложений было отобрано пять объединенных проб:

– проба № 1 – складированная шламовая карта № 1 в районе Северного перехода (рис. 1, а);

– проба № 2 – складированная шламовая карта № 2 в районе Северного перехода (рис. 1, б);

– проба № 3 – действующая карта № 3 в районе Центрального перехода (рис. 2, а);

– проба № 4 – складированная шламовая карта № 4 в районе 7 проходной (рис. 2, б);

– проба № 5 – складированная шламовая карта № 5 в районе 7 проходной.

Взвешивание проб производилось с использованием весов «CAS» DL-150 и «CAS» MWII-300. Сушка проб производилась с использованием сушильного шкафа ШС-80-01 с температурой 200°C.

Для деления проб на равновеликие по массе и равноценные по содержанию части производилось при помощи желобкового сократителя СЖ-15.

Гранулометрический состав шламов исследовался методом ситового анализа. Для этой цели использовался ситовый анализатор АСВ-200 с набором сит с



Рис. 1. Складированные шламовые карты № 1 и 2



Рис. 2. Карта № 3 текущего хранения шламов (а) и складированная шламовая карта № 4 (б)

сетками, имеющими размеры сторон ячейки в свету: 1,0; 0,45; 0,2; 0,1; 0,071, 0,063 и 0,045 мм. Ситовый анализ проводился методом сухого рассева в течение 15 мин, масса пробы составляла не менее 60 г.

Химико-минералогический состав проб проводился титриметрическим бихроматным, титриметрическим йодометрическим, фотометрическим, кулонометрическим и рентгеноспектральными методами.

Рентгенофазовый анализ исходных и конечных продуктов производили методами оптической микроскопии и рентгенофазового анализа.

Содержание нефтепродуктов осуществлялось анализатором АН-2.

Исследование магнитного состава шламов проводилось на пробах крупностью класса > 0,45 мм с целью влияния величины напряженности магнитного поля на результаты извлечения железа в магнитный продукт на трубчатом анализаторе 25-СЭ.

Результаты и обсуждение

Химический состав шламов. Основные параметры химического состава шламов приведены в табл. 1.

По химическому составу замасленные шламы донных отложений близки к замасленным шламам вторичных отстойников прокатного производства, что позволяет считать их ценным техногенным сырьем. Содержание железа в них колеблется в пределах 38,45–62,6%, что значительно превосходит традиционное металлургическое сырье – сырье, окатыши и т.п.

Однако прямая утилизация их в аглодоменном и сталеплавильном производстве затруднена в связи с повышенным содержанием масла (до 4,1%), что связано с неизбежным нарушением норм пожарной без-

Таблица 1

Химический состав шламов, % (по массе)

Компоненты	Номер пробы				
	1	2	3	4	5
Fe _{мет}	–	0,23	0,13	0,07	–
Fe	38,45	31,9	47,2	58,75	62,6
FeO	9,51	11,37	10,98	38,4	41,8
Fe ₂ O ₃	44,4	33,0	55,6	41,5	43,2
CaO	7,24	14,3	5,88	2,78	2,26
MgO	0,87	1,57	1,69	0,43	0,64
Al ₂ O ₃	4,29	7,02	4,38	2,74	2,01
SiO ₂	9,32	11,57	9,72	5,28	3,44
C	21,15	10,0	9,60	6,65	4,9
P	0,027	0,072	0,028	0,017	0,010
S	0,175	0,620	0,420	0,090	0,084
Нефтепродукты	2,1	1,9	1,5	4,1	3,9
ИМПП	24,0	19,2	11,5	5,20	3,12

опасности, возможностью выхода из строя обслуживающих эти производства устройств и непредсказуемых нарушений хода установленного технологического процесса.

При этом утилизация в агломерационном производстве неизбежно будет сопровождается выбросами в атмосферу сильнейших токсинов – диоксинов и фуранов, а это вызывает необходимость применения на аглофабриках дорогостоящих систем газоочистки или специальных технологий, препятствующих их образованию.

Гранулометрический состав шламов. Результаты ситового анализа шламов представлены в табл. 2. Из

Таблица 2

Результаты ситового анализа проб

Выход			Класс крупности, мм						
			–1,0+0,45	–0,45+0,2	–0,2+0,1	–0,1+0,071	–0,071+0,063	–0,063+0,045	–0,045
Проба № 1	част-ный	г	10,07	38,49	62,80	16,00	13,57	55,36	75,56
		%	3,70	14,16	23,11	5,89	4,99	20,36	27,79
	Σ	по «+»	3,70	17,86	40,97	46,86	51,85	72,21	100,00
		по «–»	100,00	96,30	82,14	59,03	53,14	48,15	27,79
Проба № 2	част-ный	г	36,55	25,59	17,53	21,31	7,86	49,09	33,64
		%	18,02	13,53	9,27	11,27	4,16	25,96	17,79
	Σ	по «+»	18,02	31,55	40,82	52,09	56,25	82,21	100,00
		по «–»	100,00	87,98	68,45	59,18	47,91	43,75	17,79
Проба № 3	част-ный	г	5,50	10,40	18,38	10,66	9,13	32,09	58,65
		%	3,80	7,18	12,69	7,36	6,31	22,16	40,50
	Σ	по «+»	3,80	10,98	23,67	31,03	37,34	59,50	100,00
		по «–»	100,00	96,20	89,02	76,33	68,97	62,66	40,50
Проба № 4	част-ный	г	5,06	26,04	64,13	24,34	14,48	40,06	22,62
		%	2,57	13,24	32,59	12,37	7,36	20,36	11,51
	Σ	по «+»	2,57	15,81	48,40	60,77	68,13	88,49	100,00
		по «–»	100,00	97,43	84,19	51,60	39,23	31,87	11,51
Проба № 5	част-ный	г	5,85	19,56	41,27	17,59	15,64	23,82	36,13
		%	3,66	12,24	25,82	10,00	9,78	14,90	22,60
	Σ	по «+»	3,66	15,90	41,72	52,72	62,50	77,40	100,00
		по «–»	100,00	96,34	84,10	58,28	47,28	37,50	22,60

приведенных данных видно, что шламы тонкодисперсные. Более чем на 90% шламы донных отложений представлены классом – 0,45 мм (проба № 2 – более 80%). Доля класса – 0,071 мм составляет от 39,23% в пробе № 4 до 68,97% в пробе № 3. Гранулометрический состав шламов представлен на рис. 3.

Распределение железа по фракциям представлено на рис. 4.

Истинная и насыпная плотности шламов представлены в табл. 3.

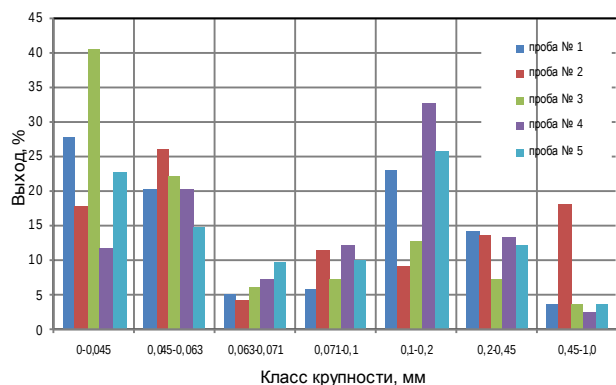


Рис. 3. Гранулометрический состав исследуемых проб

Таблица 3

Истинная и насыпная плотности шламов

Плотность, г/см ³	Номер пробы				
	1	2	3	4	5
Истинная	3,25	3,28	3,17	3,21	3,27
Насыпная	1,15	1,23	1,12	1,63	1,66

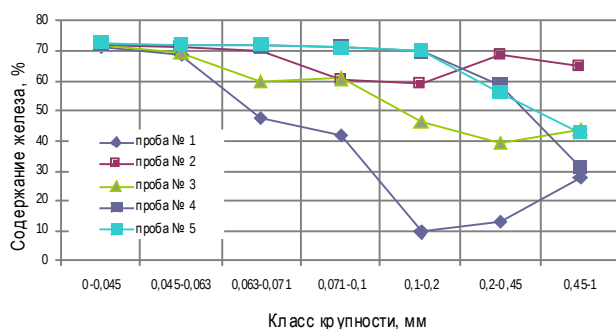


Рис. 4. Распределение железа по фракциям в исследуемых пробах

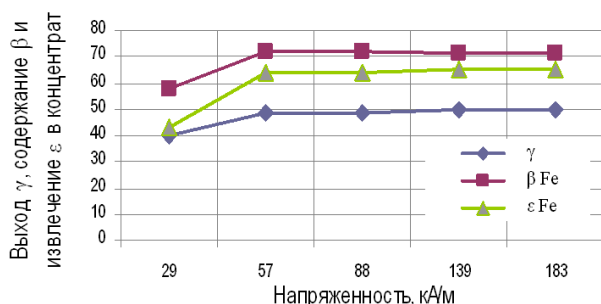


Рис. 5. Магнитный анализ пробы № 1

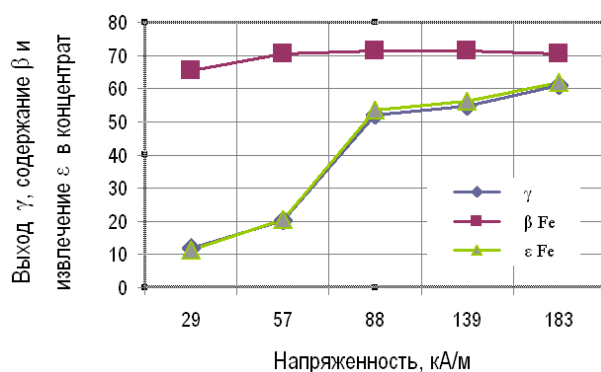


Рис. 6. Магнитный анализ пробы № 2

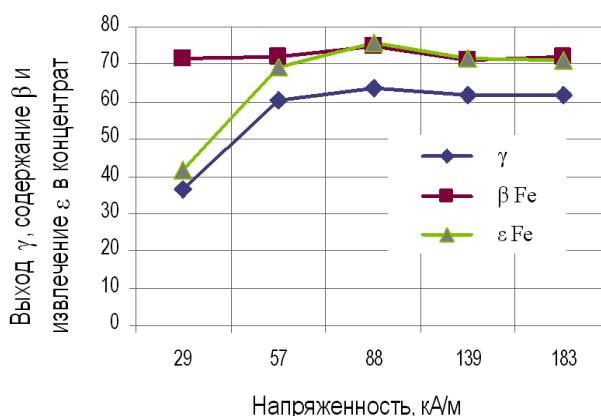


Рис. 7. Магнитный анализ пробы № 3

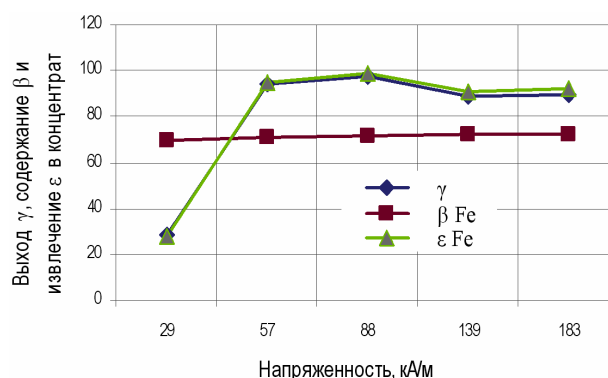


Рис. 8. Магнитный анализ пробы № 4

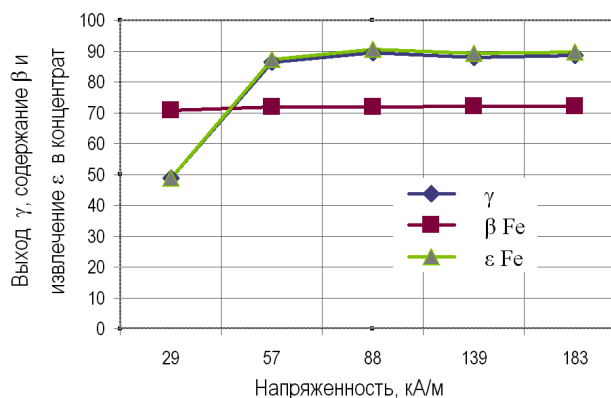


Рис. 9. Магнитный анализ пробы № 5

Магнитный анализ. Результаты влияния величины напряженности магнитного поля на извлечение железа в магнитный продукт представлены на **рис. 5–9**.

По полученным результатам можно сделать вывод, что замасленные шламы донных отложений возможно разделять магнитным методом. Содержание железа в концентрате при напряженности магнитного поля 88 кА/м составляет до 71,5%, а извлечение железа в концентрат – от 53 до 98%.

Выводы

1. Содержание железа в замасленных шламах донных отложений составляет 38,45–62,6%, что позволяет считать их ценным техногенным сырьем.

2. Замасленные шламы донных отложений можно разделять мокрой магнитной сепарацией с получением кондиционного железосодержащего концентрата.

Список литературы

1. Черчинцев В.Д., Гусев А.М., Дробный О.Ф. Способы и средства снижения технического воздействия агломерационного

производства ОАО «ММК» на экосистему магнитогорского промышленного узла // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 2. С. 25–29.

2. Бельх В.Т., Немцев В.Н., Маринина А.Г. Интеграция систем управления качеством окружающей среды и промышленной безопасностью, их роль в менеджменте промышленных предприятий // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2004. № 1. С. 58–60.

Bibliography

1. Cherkintsev V.D., Gusev A.M., Drobny O.F. Methods and means of reducing man caused impact of agglomeration production of the OJSC "Magnitogorsk Iron and Steel Works" on ecosystem of Magnitogorsk industrial area // Vestnik MSTU named after G.I. Nosov. 2009. № 2. P. 25–29.
2. Belyh V.T., Nemcev V.N., Marinina A.G. Integration of environment quality control and industrial safety control systems and their role in the management of industrial enterprises // Vestnik MSTU named after. G.I. Nosov. 2004. № 1. P. 58–60.

ФИЛОЛОГИЯ

УДК 882

Рудакова С.В.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ СОЗНАНИЯ ЛИРИЧЕСКОГО ГЕРОЯ КНИГИ «СУМЕРКИ» Е.А. БОРАТЫНСКОГО

Е.А. Боратынский выбирает для своей книги стихов «Сумерки» очень емкое символическое название. С одной стороны, слово «сумерки» задает некое печальное настроение, пронизывающее практически все стихотворения, входящие в этот сборник. Ведь «сумерки» – это пограничное время суток, некий переход от вечера к ночи, от ночи к утру, время, полное тайн, сомнений, овеванное ощущением какой-то потери. В более глобальном философско-временном аспекте «сумерки» – это этап перехода от зрелости к старости, когда что-то теряется, но неясно еще, что приходит этому на смену. Слово «сумерки» в книге Боратынского и хронологично, и онтологично. Мы можем представить и время, и даже некое пространство, в котором происходит развитие ситуации, описанной автором. Это и «зима дряхлеющего мира», и «седая мгла», и «вечер года», и «осень дней», и «немая глушь», и «Лета, созданная» поэтом. Один из важнейших смысловых подтекстов слова «сумерки» – переходность, незавершенность – связано как с жизнью отдельного человека, так и мира в целом. Подобный смысл заглавия отражал некоторую пессимистичность поздней лирики поэта, отмечаемую многими исследователями его творчества.

Однако стоит вспомнить, что еще Г.Хетсо подчеркнул: «"Сумерки" – книга о больших сомнениях. Но пессимизм Баратынского, в силу своей искренности и правдивости, – очищающий пессимизм. Он скорее укрепляет, чем разрушает» [1]. Размышляя о своей жизни, Боратынский в письме Н.В. Путьте от 19 апреля 1842 года признается: «У меня солнце в сердце, когда я думаю о будущем. Вижу, осязаю возможность исполнения великого дела и скоро и спокойно» [2]. Посему можно предположить, что название последней книги стихов поэта появилось не из мрака отчаяния. Ведь если вдуматься, сумерки – это особое время, когда дневные заботы позади, можно остановиться, отдохнуть и задуматься о том, что сделано, помечтать о том, что впереди, вспомнить прошлое, поразмышлять о настоящем; время сумерек располагает к философствованию, но при этом человек, поднимаясь над миром, еще не чувствует полную ему противопоставленность, оттого ему грустно, но на душе светло. Кроме того, можно утверждать, что название книги Боратынского рождено было той светлой обстановкой, которая его окружала. В последние годы жизни поэт предпочитал пребыванию в свете уединение сельской жизни, проводя много времени в своих имениях. Так, Е.Н. Лебедев указывал в своей книге «Тризна», что «Сумерками» называлось уединенное место в Мурановском парке, где поэт любил проводить время в размышлениях. А К.В. Пигарев, хорошо

знавший мир Муранова, писал: «По семейному преданию, заглавие книги подсказано поэту названием одного места в лесу, где протекает речка Сумерь». Исходя из данных версий, можно предположить, что есть и другое смысловое значение заглавия данного сборника стихов, которое указывает на неразрывную связь поэта с живым загадочным миром природы, столь близкой его сердцу.

Как видим, уже само название книги Боратынского определяет внутренне единство стихотворений, в нее входящих. В центре «Сумерек» лирическое «Я» автора – это Поэт, но представленный не в своей индивидуальности, а рассмотренный в масштабах всего человеческого рода. Потому «Сумерки» можно рассматривать как своеобразную исповедь художника, находящегося во враждебных отношениях с обществом, с современной эпохой, переживающего мучительное одиночество, жаждущего его преодолеть, ищущего пути этого. Лирическое единство «Сумерек» определяется общей направленностью размышлений Поэта, его жизненной позицией.

Лирический сюжет «Сумерек» Боратынского соотносится с развитием мысли лирического героя, движение которой имеет неоднолинейный характер: она то развивает предыдущую, то отталкивается от нее, оказываясь ей противоположна. Иногда развитие сюжета обусловлено сменой типов повествования: «я» – «ты» – «мы» – «он». И смысловое единство стихотворений, и развитие лирического сюжета «Сумерек» находятся в прямой зависимости от формы выражения авторского сознания. Так, О.В. Зырянов отмечает, что из 27 стихотворений книги стихов Боратынского в 15 «преобладает бессубъектная, или чисто повествовательная, форма авторского сознания», а в остальных 12 используются субъектные формы авторского сознания [3].

Углубляясь в мир прошлого, герой Боратынского оказывается способен проникнуть в сознание человека того времени и взглянуть на мир его глазами, передать увиденное и прочувствованное читателю.

Боратынскому в его книге стихов удается выявить динамику изменений мира, общества, сознания отдельного человека – Поэта, который становится некой «лакмусовой бумажкой» общего состояния мира.

Уже в первом стихотворении книги «Князю Петру Андреевичу Вяземскому» заявляются основные темы, которые в том или ином объеме будут рассматриваться в последующих произведениях: мотив жизни и смерти, мотив выбора, мотив столкновения человека и общества, мотив поиска самого себя, мотив забвения и памяти, мотив одиночества и мотив единения с людьми. Уже в этом произведении появляется Поэт, главное действующее лицо книги стихов, но пока в своем индивиду-

альном воплощении.

«Последний поэт» – это первое знаковое стихотворение «Сумерек», которое становится своеобразным камертоном, настраивающим читателей на восприятие последующей истории, описанной автором в его книге стихов. Здесь показано столкновение прошлого и настоящего, человек оказывается перед страшным выбором: уйти из жизни, не принимая ее жестокости, или продолжить движение, постигая суть бытия, раскрывая для себя и других его основы, надеясь открыть живой источник божьей мудрости. Воссозданная Боратынским ситуация в произведении «Последний поэт» становится завязкой своеобразного лирического сюжета книги стихов.

Поэт, главный лирический герой «Сумерек», оказывается свидетелем и участником катастрофических изменений, он видит, как уходит эпоха золотого века (время расцвета культуры, гармонии) и наступает эпоха «железного века» (современная действительность, разрушающая былые мечтания и не дающая человеку обрести гармонию с самим собой, природой, мирозданием), он ощущает растущую пропасть между тем, что было, и тем, что приходит ему на смену, но не знает, можно ли остановить этот процесс.

Образы античного мира необходимы здесь для того, чтобы обнажить подспудно зреющий контраст: место пребывания то же, обстановка подобная, но суть мира в корне изменилась. Современная история как бы «закольцовывается», она объята прошлым: от него бежит, к нему же возвращается. Культурное пространство античности воспринимается Боратынским завершенным в себе, давшим жизнь многим явлениям современного мира, – это колыбель европейской цивилизации. Потому античность для Поэта не просто фон, место действия, это один из героев поэзии вообще. Боратынский видит «в греческой истории <...> своего рода откровения общих законов жизни. Показать их актуальность в современном поэту мире Боратынский воспринимает как важную задачу или даже долг» [4]. В «Сумерках» все более четкие контуры принимает концепция спирального развития истории: по мнению автора, история имеет способность повторяться, но полного отражения одного исторического момента в другом произойти не может, так как каждое время несет с собой нечто совершенно иное.

Рисуемое поэтом настоящее, данное через призму прошлого, которое как бы возвращается на круги своя: «Вновь Эллада ожила», «В ней опять цветут науки» [5], – кажется таким же гармоничным, как мир античности, где все пребывало в единении – человек и природа, где все было связано с искусством. Но здесь-то и проявляется существенно важное отличие века нынешнего от давно минувшего: творчество, раньше выступавшее органичной частью союза человека и действительности, ныне во вновь возрождающемся мире оказывается закрытым для человека, рядового обитателя людского света: «И не слышны лиры звуки / В первобытном рае муз».

Сближение двух времен позволяет остро ощутить, что не только для человека далекое прошлое было наполнено гармонией, но и для всего живого: «Лучше, смертный, в дни незнания / Радость чувствует земля», – то есть тогда, когда между всем сущим на земле царила гармония, жизнь была полнокровной как у человека, так и у природы.

Разрыв – духовный, исторический, пространственный – заставляет лирического героя вспомнить то, что было пережито и предпринято когда-то его далекой предшественницей, Сафо, которая предпочла одиночеству, непониманию и неприятию ее возлюбленным единение с морем. Именно поэтому, оказавшись у границ моря, на берегу, столкнувшись со стихией, не знающей никаких преград, стихией, воплощающей в себе пространство абсолютной свободы, лирический герой Боратынского, Поэт, оказывается захваченным идеей самоубийства, как единственно возможного и реально доступного для него способа разрешения проблем – освобождение от тяжелых уз жестокой и бездуховной, как ему кажется, жизни.

Но мы понимаем, что это трагическое стихотворение завершается не смертью Поэта (иначе просто не было бы продолжения разговора), а принятием мучительного решения жить, попыткой найти ответы на проклятые вопросы жизни в эмпирическом пространстве бытия. И потому «от шумных вод» моря лирический герой отходит, пусть и мучимый переживаниями, но пытающийся найти новый путь жизни. С этого момента и начинается движение Поэта, которое идет по спирали, из настоящего в прошлое, из прошлого в настоящее, движение к себе, к людям, движение, которое символизирует и потери, неизбежные во время такого пути, и обретения.

Во всех последующих произведениях книги Боратынского воссоздается процесс отыскания Поэтом решения для выхода из той метафизически сложной ситуации пребывания в «сумерках» жизни личной, исторической, мифологической, в которой он оказался, ощущая одновременно и свою ненужность обществу, и внутреннюю потребность подарить людям, миру свое слово, свое знание, реализовать свое высшее предназначение.

Каждое последующее стихотворение «Сумерек» отражает поиск Поэтом все новых доводов «за» и «против» решения уйти из жизни или остаться и попытаться преобразить ее к лучшему, поверив в свою миссию, именно поэтому все произведения книги стихов находятся в отношениях со- и противопоставленности, причем это касается как идейно-тематического, так и эмоционального, образного, пространственно-временного и интонационного рядов. По сути стихотворения «Сумерек» представляют собой своеобразные циклы, когда лирический герой, становясь на различные позиции, раскрывает для себя мир человека прошлого и переживания современника, сопоставляя их, постигает подлинные основы бытия, обнажает сокровенные глубины человеческой души.

В одних стихотворениях мы видим предельную идейную, образную, смысловую сгущенность. Эти произведения становятся своего рода «остриями», на которых растянута ткань книги, они – ее кульминационные центры. Именно в этих произведениях четко просматривается вектор поэтической мысли, раскрывается со всей полнотой своеобразие внутреннего мира главного героя книги стихов – Поэта, представленного в своем настоящем воплощении или растворенного в сущности тех, кто, как ему кажется, является символом эпохи, культуры, общества, в ком лучше и ярче всего отражается то, что мучает, что тревожит

Поэта. В «Сумерках», состоящих из 27 стихотворений, выделяются, на наш взгляд, несколько композиционных центров: «Последний поэт», «Приметы», «Недоносок», «На что вы дни», «Осень», «Рифма».

Как видим, таких произведений шесть, число очень неоднозначное по своей символике. Это и число «творения!» (Бог создает мир за шесть дней). Это число, символизирующее единство и борьбу противоположностей и равновесие. На шестой день Богом был создан человек, появились мужчина и женщина. И получается, число шесть несет в себе и гармонию (создание мира Богом было закончено, когда появился человек), и разделенность (человека утратил единство с собою и с Богом (он его часть, но отделенная от него, так, по словам Павла, «водворясь в теле, мы устранены от Господа» (2 Кор 5:6). Потому из семи дней недели шесть отданы суете, мирским, далеким от Бога делам: «Шесть дней делай дела твои, а в седьмой день покойся» (Исх 23:12). Но именно шесть воплощает в себе поток энергии, способной преобразить мир. Потому человек, проявив свободную волю и уловив эту энергию, способен сделать правильный выбор между добром и злом и создать нечто совершенное.

В таком выборе кульминационных центров книги стихов Боратынским, как нам кажется, просматривается авторский умысел. Поэт находится в состоянии мучительного выбора между жизнью и смертью, светом и тьмой. От дьявольского соблазна «бежать» от «жесточкого века» в мир небытия лирический герой Боратынского еще не до конца избавился, мотив смерти не исчезает из стихотворений «Сумерек», к нему автор книги вновь и вновь обращается, правда, смерть предстает в разных обликах. Но, с другой стороны, от пессимистического отношения к человеку, обществу, современности, в которых поначалу автор не видит потребности приобщиться к высокому, к искусству, Поэт движется к осознанию, что его слово кому-то жизненно необходимо, что есть в мире те, кто нуждается в его творчестве. Наверное, потому последнее произведение, завершающее книгу стихов, создает ощущение открытого финала, ибо оно звучит не приглушенно, как последний аккорд, а на максимуме, на пределе «звука», отражая устремленность Поэта в будущее, к людям, его готовность служить искусству и обществу. В «Рифме», несмотря на сохраняющееся противостояние Поэта и толпы, появляется вера в то, что слово Поэта, его «рифма», будет востребовано и найдет своего читателя, пусть и не сейчас, не среди тех, кто окружает Поэта в данный момент, но в скором времени. Как следствие, пространство, изображенное в этом произведении, от малого, ограниченного объема, в конечном итоге, пульсирующе расширяясь, приобретает мифологический сверхэмпирический характер.

Книгу стихов «Сумерки» условно можно разделить на две части. В первой мы видим описание отношений лирического героя и мира и попытки Поэта воздействовать на реальное окружающее его пространство людей и бытия (или на окружающую действительность) с целью улучшения и гармонизации его. Но в конечном итоге происходит осознание невозможности сближения духовного и физического, идеального и реального миров. Наиболее остро это осознается лирическим героем в ситуации, описанной в стихотворении «Недоносок». Поэтому во второй части книги лирическое действие

начинает все активнее разворачиваться в сфере сверхэмпирической, в духовном пространстве. И главным героем второй части становится не столько человек, Поэт, сколько его душа, его сознание.

Соответственно происходящее с ним, представленное как от «Я» субъекта, так и как будто бы сторонним наблюдателем (на что указывает использование местоимений «ты», «он», «мы», «вы» в сочетании с вневличными формами выражения, когда субъект оказывается как бы растворен в тексте, будучи не объективирован, не выражен в произведениях напрямую), становится некой проекцией всеобщей масштабной трагедии, переживаемой всем человечеством. Трагедийность «Сумерек» – это не просто проявление пессимизма частного человека, корни его не в случайных, глубоко личных переживаниях Боратынского, а в самой Истории. Однако трагедия героя «Сумерек» Боратынского не с абсолютно безысходным финалом, это трагедия, которая к завершению книги стихов вдруг, как в античных произведениях, дарует герою надежду на духовное очищение, освобождение, как следствие пережитого им катарсиса.

Во всех стихотворениях, вошедших в книгу «Сумерки», «повествуется» о «пограничном», «сумеречном» состоянии: в природе – это еще не день, но уже не ночь, а в жизни человека – это период возмужания или же постепенный переход к дряхлению, старости. И в финале книги лирический герой, как нам видится, выходит из сумерек в область света, надежд, веры.

Лирический герой книги стихов «Сумерки» Е.А. Боратынского идет от отчаяния к надежде, от желания забыть свет, мир людей к осознанию необходимости сохранить святые порывы и к пониманию, что без людей, общества человеку, тем более Поэту, жить невозможно, что Поэту требуются те, кому его слово дорого.

Поэтому, наверное, неслучайно последним стихотворением «Сумерек» оказывается «Рифма», в котором, несмотря на сохраняющееся противостояние Поэта и толпы, все-таки появляется вера в то, что слово Поэта, его «рифма», будет востребовано и найдет своего читателя, пусть и не сейчас, не среди тех, кто окружает Поэта в данный момент, но в скором времени.

Список литературы

1. Хетсо Г. Евгений Баратынский. Жизнь и творчество. Осло, 1973. С. 459.
2. Боратынский Е.А. Полное собрание сочинений. М.; Augsburg, 2000. Т. 3. С. 152.
3. Зырянов О.В. Субъектная архитектура стихотворных книг в свете исторической поэтики // Авторское книготворчество в поэзии: материалы науч.-практ. конф. Ч. 1. Омск, 2008. С. 33.
4. Хетсо Г. Евгений Баратынский. Жизнь и творчество. Осло, 1973. С. 460.

Bibliography

1. Xetso G. Evgeny Boratynsky. Life and creativity. Oslo. 1973. P. 459.
2. Boratynsky E.A. Complete collected works. Moscow; Augsburg, 2000. Vol. 3. P. 152.
3. Zyryanov O.V. Author's book creativity in poetry: Materials of science-practical conference. P. 1. Omsk, 2008. P. 33.
4. Xetso G. Evgeny Boratynsky. Life and creativity. Oslo. 1973. P. 460.

РЕФЕРАТЫ

Разработка полезных ископаемых

УДК 52.45.15, 50.03.03

Рябчиков М.Ю., Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Логунова О.С., Рябчикова Е.С., Головкин Н.А., Полько П.Г. Достижение максимальной производительности оптимизируемого процесса измельчения руды при использовании принципов нечеткого экстремального управления.

В работе предлагается система автоматической оптимизации управления процессом измельчения медно-цинковой руды, позволяющая осуществлять управление агрегатом в режиме максимальной производительности при использовании принципов нечеткой логики и экстремального регулирования.

Анализ результатов математического моделирования работы разрабатываемой САОУ процессом измельчения рудных материалов показывает устойчивую работу системы и высокую эффективность поиска максимальной производительности технологического агрегата. Предлагаемое техническое решение по оптимизации управления процессом измельчения рудных или любых других минералов позволяет ориентировочно увеличить производительность агрегатов на 1,5–2% при условии практически полного исключения вмешательства технологического персонала в режим управления.

Ил. 6. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: нечеткая логика, процесс дробления, шаровая мельница, автоматическое управление, системы оптимизации, поисковые системы, системы экстремального регулирования, нечеткий контроллер, функция принадлежности.

Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов

УДК 622.794.2:622.341.1

Мельников И.Т., Суров А.И., Кутлубаев И.М., Мельников И.И., Маннушин А.А. Опыт эксплуатации хвостового хозяйства горно-обогатительного производства ОАО «ММК».

Приведены основные показатели работы старейшего в России хвостового хозяйства, характеристики складированного материала. Реконструкция хвостохранилища № 2 позволяет увеличить его вместимость и продлить срок службы на 49 лет без отторжения дополнительных площадей. Возможность использования донных отложений в качестве противоточного материала и низковязующих добавок для получения строительных материалов.

Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. 7 назв.

Ключевые слова: хвостохранилище, горно-обогатительное производство, донные отложения, хвосты, противоточный материал, реконструкция, вместимость.

Литейное производство

УДК 658.6

Колокольцев В.М., Сеницкий Е.В., Волков С.Ю. Аналитические и инженерные критерии оценки абразивной износостойкости отливок как показатель их качества.

Рассмотрены аналитические и инженерные критерии оценки абразивной износостойкости и их применимость для оценки качества железно-углеродистых сплавов.

Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: металл, сплав, сталь, чугун, свойства, микроструктура, макроструктура, синтез сплавов, механические свойства, специальные свойства.

УДК 669.14.018. 8-14: 669.15-196

Колокольцев В.М., Гольцов А.С., Сеницкий Е.В. Влияние первичной литой структуры жаропрочных железоуглеродистых сплавов на их коррозионную стойкость.

По результатам сравнительной оценки значений коррозионной стойкости железоуглеродистых сплавов установлены сопоставимые показатели коррозионной стойкости высоколегированных марок сталей и комплексно-легированных белых чугунов в среде соляной кислоты.

Ил. 7. Табл. 6. Библиогр. 6 назв.

Ключевые слова: износостойкость, коррозионная стойкость, сплав, карбиды хрома, комплексно-легированный чугун.

УДК 621.777: 621.771.22

Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Ворошилов Д.С., Первухин М.В., Трифонов Л.П., Лопатина Е.С., Баранов В.Н., Галиев Р.И. Исследование структуры металла и оценка свойств опытных образцов из сплава системы Al–PЗМ, полученных совмещенными методами литья и обработки давлением.

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов обработки на свойства и структуру длинномерных изделий из сплава системы Al–PЗМ, полученных совмещенными методами. Изучена структура и свойства металла, даны рекомендации по выбору режимов получения в электромагнитном кристаллизаторе литых заготовок, предназначенных для последующей прокатки-прессования. Приведены значения энергосиловых параметров при различных скоростях и степенях деформации, а также температурах обработки при реализации процессов получения прутков методами совмещенной прокатки-прессования и совмещенного литья и прокатки-прессования.

Ил. 7. Табл. 6. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: совмещенные процессы, литье,

прокатка, прессование, механические свойства, электромагнитный кристаллизатор, структура, электросопротивление.

Стандартизация, сертификация и управление качеством

УДК 62-503.57

Рубин Г.Ш. Функционально-целевой анализ качества изделий.

Исследован жизненный цикл метизов промышленного назначения с точки зрения оценки качества как степени удовлетворения требований потребителя. Выделено три стадии жизненного цикла, на которых реализуются потребительские свойства изделий: транспортная, монтажная, эксплуатационная. Совокупность трёх стадий предложено назвать потребительской фазой. Исследование функций, выполняемых изделием на каждой стадии, позволяет получить структуру качества объекта оценивания. Совокупность методов анализа качества метизов на основе исследования функций изделия на протяжении его потребительской фазы предлагается назвать функционально-целевым анализом.

Библиогр. 8 назв.

Ключевые слова: качество, функция изделия, стадия жизненного цикла, анализ качества.

УДК 629.11.012.8

Михайловский И.А. Практический опыт гармонизации требований к качеству металлопроката при производстве автокомпонентов для ведущих мировых автопроизводителей.

В статье представлен опыт гармонизации требований к качеству металлопроката при производстве автокомпонентов для ведущих мировых автопроизводителей. Рассмотрены вопросы освоения в России производства деталей автомобилей в соответствии с требованиями иностранных потребителей, возникающие при этом проблемы, а также пути их решения.

Табл. 3. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: ведущие автопроизводители, марки стали, металлопрокат, производство шаровых пальцев.

УДК 620.192:519.711

Елисеев А.С., Федосеев С.А., Гитман М.Б. К вопросу об устойчивости системы контроля качества на предприятии.

Проведен обзор основных подходов к реализации выборочной системы контроля качества продукции с использованием статистических методов. Система контроля качества была рассмотрена с точки зрения устойчивости по вероятностной мере. Поставлена и решена задача поиска оптимального устойчивого плана системы контроля.

Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: выборочный контроль качества, планы типа однократной выборки, оперативная характеристика, статистические ошибки, вероятностная устойчивость.

УДК 658.562, 65.012.3, 65.014

Осипов Д.С. Система менеджмента качества как большая система.

Представлен теоретический обзор определений и признаков современной теории и философии качества и теории больших систем с целью обоснования возможности рассмотрения систем менеджмента качества организаций как больших систем. Предложена структура подсистем СМК как большой системы, выделенных по функциональному признаку для создания. Рассмотрены проблемы и задачи при создании адекватных моделей функционирования СМК для решения диагностических задач и создании методологии оценки результативности функционирования СМК.

Ил. 2. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: качество, система менеджмента качества, большая система, моделирование функционирования, диагностика, оценка результативности.

Автоматизация технологических процессов

УДК 621.777

Довженко Н.Н., Сидельников С.Б., Пещанский А.С., Беляев С.В., Широков П.О., Лапаев И.И., Барков Н.А., Киселев А.Л. Автоматизация технологического процесса прессования профилей из сплавов алюминия и ее применение в производственных условиях.

Описано техническое решение по созданию элементов АСУ ТП полунепрерывного прессования профилей из мягких алюминиевых сплавов. Приведена структурная схема управления системой и описание ее функционирования. Представлены результаты экспериментальных исследований процесса полунепрерывного прессования системных профилей из сплава АД31 на максимальных скоростях прессования с применением элементов АСУ ТП. По результатам промышленной апробации показано, что предложенные режимы обработки обеспечивают увеличение производительности и выхода годного.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 6 назв.

Ключевые слова: полунепрерывное прессование, автоматизация, профили, оптимальные скорости прессования, реологические характеристики.

УДК 681.3.06:330.4

Зверева М.С. Вопросы автоматизации процесса оптимального выбора с учетом риска.

Предложены две математические модели управления риском. Проведен анализ моделей. Для задачи выбора портфеля ценных бумаг показано их применение. Составлена программа, позволяющая автоматизировать процесс нахождения оптимального решения с учетом риска.

Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: оценка риска, свертка критериев, оптимальный набор, программный продукт.

УДК 621.771

Кинзин Д.И., Рычков С.С. Использование программного комплекса DEFORM-3D при моделировании процессов сортовой прокатки.

В статье рассматривается вопрос моделирования калибровок валков с использованием программного комплекса DEFORM-3D и последующей оценки энергосиловых параметров и степени использования запаса пластичности различных калибровок. По результатам работы предложен новый вариант калибровки валков стана 370 ОАО «ММК».

Ил. 5. Табл. 2. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: калибровка валков, сортовая прокатка, DEFORM-3D, эффективность, степень использования запаса пластичности.

Транспорт

УДК 656.025.2:629.046

Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Осинцев Н.А., Цыганов А.В., Пыталева О.А. Методика разработки маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта (на примере города Магнитогорска).

В статье рассмотрены основные положения методики разработки маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта. Представленная методика определения оптимальных параметров маршрутной сети может быть использована для городов с различной схемой улично-дорожной сети и численностью населения с целью повышения безопасности и качества городских пассажирских перевозок.

Ил. 8. Табл. 3. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, маршрутная сеть, улично-дорожная сеть, пропускная способность, пассажиропотоки, математическая модель.

Энергетика и теплоэнергетика металлургической отрасли

УДК 621.313

Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Моделирование показателей энергоэффективности вариантов электроприводов промышленных установок на основе применения традиционных и компенсированных асинхронных двигателей.

Разработана методика моделирования показателей энергоэффективности для электроприводов с применением традиционных и компенсированных асинхронных двигателей. Приведены преимущества электроприводов промышленных установок, созданных на основе применения компенсированных асинхронных двигателей.

Ил. 3. Библиогр. 9 назв.

Ключевые слова: моделирование, энергоэффективность, электропривод, асинхронный двигатель.

УДК 669.14:621.78:621.036.2

Шабуров А.Д., Мирзаев Д.А., Смолко В.А. Теплообмен при охлаждении поковок в термосе.

Рассмотрены условия теплообмена и закон охлаждения поковок в термосах – теплоизолированных коробах, которые начинают использовать на металлургических комбинатах для замедленного охлаждения поковок после их противоблоксного отжига в печах с целью уменьшения длительности последнего. Сделан расчет коэффициента теплоотдачи в двух вариантах: без учета и с учетом теплопроводности через металлические поперечины, скрепляющие стенки, между которыми заложена теплоизоляция. Оказалось, что отмеченная теплопроводность в три раза увеличивает коэффициент теплоотдачи $\alpha_{эфф}$ от поверхности поковок. На основании кривых охлаждения поковок и установленного закона охлаждения найдено экспериментальное значение $\alpha_{эфф}$, оказавшееся весьма близким к расчетному. Полученные результаты будут использованы для разработки технологии противоблокенной обработки поковок в термосах в ОАО «Уральская кузница».

Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: термос, коэффициент теплоотдачи, уравнение охлаждения.

Планирование, экономика, управление и рынок продукции

УДК 004.891:669

Иванов Е.Б. Экспертная система по управлению доменным процессом.

Рассмотрена экспертная система, базирующаяся на технологии имитационного моделирования, предназначенная для тренинга операторов потенциально – опасного технологического объекта (доменной печи), а также студентов старших курсов вузов технических специальностей. Данная экспертная система (тренажер) позволяет исследовать объект изучения в различных режимах функционирования и отработать навыки по оптимальному, безаварийному управлению и целесообразному экономическому планированию.

Ил. 5. Табл. 1. Библиогр. 6 назв.

Ключевые слова: доменный процесс, экспертная система, тренажер, безаварийное управление.

УДК 338.94

Карлик А.Е., Кобельков Г.В., Колокольцева Е.В. Оценка бизнеса и инвестиционная привлекательность предприятия.

В данной статье рассматриваются вопросы оценки инвестиционной привлекательности предприятия. Для этого привлекаются механизмы оценки стоимости бизнеса и стоимости предприятия в зависимости от жизненного цикла развития предприятия. В статье рассматриваются цели, для которых проводится оценка бизнеса и предприятия. Анализируются три подхода в оценке бизнеса и их применимость в зависимости от стадии развития предприятия. Рассматриваются показатели, формирующие требования инвестора к инвестиционной привлекательности предприятия. На основании оценки

этих показателей предложен алгоритм оценки инвестиционной привлекательности предприятия.

Табл. 1. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, оценка бизнеса, жизненный цикл предприятия, оценка предприятия, алгоритм.

УДК 338.26:669.1

Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А., Чикишев Д.Н., Шмаков В.И. Новые подходы к производственному планированию.

В настоящей статье проведен анализ существующих концепций управления предприятием (теория ограничений, сбалансированная система показателей, «бережливое» производство, 6 «сигм») и определение возможных «точек соприкосновения» с практикой деятельности российских металлургических предприятий. Результатом совместной работы специалистов ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» и ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» стали: классификация ограничивающих факторов по ряду критериев; сбалансированная система показателей, основанная на ограничениях, в рамках которой предложен расширенный процесс непрерывного улучшения; модель оптимизационного планирования производственной программы; модель объемного производственного планирования, учитывающая пересекающиеся материальные потоки; разработаны и апробированы пакеты прикладных программ, реализующие предложенные алгоритмы.

Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: теория ограничений, сбалансированная система показателей, ограничивающие факторы, планирование производственной программы.

УДК 658.511:65.018.2, UDC 658.511:65.018.2

Аснина А.Я., Баркалов С.А., Нильга О.С. Методика определения последовательности реализации технологически связанных работ проекта, дающей наибольший доход.

В статье для определения оптимальной последовательности работ, связанных технологической зависимостью, предлагаются те работы, для которых эта зависимость существенна, объединить в группы, в каждой из которых последовательность работ учитывает технологическую зависимость и условие определения оптимальной последовательности выполнения работ проекта, а затем эти группы отсортировать по тому же условию.

Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: проект, ориентированное дерево, последовательность работ, технологическая взаимосвязи.

УДК 005

Сеньковская И.С., Сараев П.В. Автоматическая кластеризация в анализе данных на основе самоорганизующихся карт Кохонена.

В работе приведены теоретическое обсуждение и результаты вычислительных экспериментов по сравнительному анализу алгоритмов кластеризации на основе самоорганизующихся карт Кохонена. Даны рекомендации по применению алгоритмов к разным структурам данных.

Табл. 2. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: самоорганизующиеся карты Кохонена, кластеризация, вычислительный эксперимент.

Экология металлургической отрасли

УДК 669.054.83

Черчинцев В.Д., Валеев В.Х., Сомова Ю.В. Исследование замасленных шламов донных отложений металлургического производства.

Приведены результаты исследования замасленных шламов донных отложений. По химическому составу замасленные шламы донных отложений близки к замасленным шламам вторичных отстойников прокатного производства. Содержание железа в них составляет 38,45–62,6%. Показана возможность разделения шламов мокрой магнитной сепарацией.

Ил. 9. Табл. 3. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: железосодержащие отходы, замасленные шламы, химический состав, гранулометрический состав, мокрая магнитная сепарация.

Филология

УДК 882

Рудакова С.В. Динамика изменений сознания лирического героя книги «Сумерки» Е.А. Боратынского.

Статья посвящена анализу проблемы изменения сознания лирического героя «Сумерек» Боратынского, находящегося во враждебных отношениях с современной эпохой, жаждущего это преодолеть, ищущего веру.

Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: книга стихов, лирический герой, смысловое единство, Боратынский.

REPORTS

Mining

UDC 52.45.15, 50.03.03

Ryabchikov M.Y., Parsunkin B.N., Andreev S.M., Logunova O.S., Ryabchikova E.S., Golovko N.A., Polyko P.G. Milling process productivity maximization system based on principles of fuzzy logic and extremely control.

Copper and zinc ore grinding system based fuzzy extreme control principles making it possible for the ball mill to work in the full load condition. The search optimisation method is offered for materials dump grinding which helps to respond to all real-time changes taking place in the process of work.

The result of the mathematical modelling process of the control system work shows the high stability and maximal productivity level search process efficiency. Described damp grinding control solution allows to increase the productivity of the aggregates by 1,5–2% if no staff interferes in the working process.

Fig. 6. Bibliogr. 2 names.

Key words: fuzzy logic, milling process, ball mill, automatic system, optimization system, search system, optimizing control, fuzzy controller, membership function.

Processing and Utilization Technologies of Formations and Wastes

UDC 622.794.2:622.341.1

Melnikov I.T., Surov A.I., Kutlubaev I.M., Melnikov I.I., Mannushin A.A. Operating experience of a tailings storage of the mining – treatment plant of Open Joint Stock Company «Magnitogorsk Iron and Steel Works».

The basic index of the oldest tail storage in Russia, storage goods data are presented in the article. The second tail storage allows us to increase its capacity and prolong its service life for 49 years without tearing away the additional areas. The bed sits use as an antilitering material and the use of low-viscosity additives for building materials manufacture are also considered in this article.

Fig. 3. Table 3. Bibliogr. 7 names.

Key words: tail-storage, mining-treatment plant, bottom sediments, tails, antilitering material, reconstruction, capacity.

Foundry Engineering

UDC 658.6

Kolokoltsev V.M., Sinitsky E.V., Volkov S.U. Analytical and engineering criteria of abrasive wear resistance estimation of castings as their quality grade indicator.

Analytical and engineering criteria of abrasive wear resistance estimation and their applicability for an estimation of the quality grade of iron-carbide alloys.

Bibliogr. 2 names.

Key words: metal, alloy, steel, cast-iron, properties, microstructure, macrostructure, synthesis of alloys, mechanical properties, special properties.

UDC 669.14.018, 8-14:669.15-196

Kolokoltsev V. M., Goltsov A. S., Sinitsky E.V. Influence of the primary cast structure of heat-wear-resistant iron alloys on their corrosion resistance.

According to the results of a comparative assessment of the values of corrosion resistance of iron-carbon alloys fitted comparable figures for the corrosion resistance of high-alloy steels and complex alloyed white cast iron in the medium of hydrochloric acid.

Fig. 7. Table 6. Bibliogr. 6 names.

Key words: wear resistance, corrosion-resistance, alloy, chrome carbides, complex-alloying cast irons.

UDC 621.777:621.771.22

Sidelnikov S.B., Dovjenko N.N., Voroshilov D.S., Pervuhin M.V., Triphononkov L.P., Lopatina E.S., Baranov V.N., Galiev R.I. Research of the structure of metal and estimation of properties of test samples of the alloy system Al-REM (rare earth metals) obtained by combined methods of molding and forming.

There were presented the results of experimental studies of influence treatment conditions on the properties and structure of long products made of alloy based on the system Al-REM receipted by complex methods of treatment. The structure and properties of the metal have been studied; recommendations were made on the choice of modes of obtaining in an electromagnetic crystallizer of castings, intended for following rolling-extruding. The values of energy-power parameters at various speeds and degrees of deformation were given, also were given values of temperature of treatment the implementation processes of receipt bars by methods of combined rolling-extruding and combined casting and rolling-extruding.

Fig. 7. Table 6. Bibliogr. 4 names.

Key words: combined processes, casting, rolling, extruding, mechanical properties, electromagnetic crystallizer, structure, electrical resistance.

Standardization, Certification and Quality Management

UDC 62-503.57

Rubin G. Sh. Functional-purposeful analysis of products quality.

The subject of the research is the commercial wire product lifecycle as the period of the quality valuation (as a grade of consumer requirements satisfaction). Three stages of the product lifecycle are allocated, at which the product consumer properties are realized: transportation, assembly, operation. The aggregate of the three stages was named the consumer phase. The product function research makes it possible to have the structure of valuation of the object quality. The variety of methods of analyzing wire products quality, based on the product function investigation during its consumer phase, is suggested to be named the functional-purposeful analysis.

Bibliogr. 8 names.

Key words: quality, product function, lifecycle stages, analysis of product quality.

UDC 629.11.012.8

Mikhailovsky I.A. Practical experience of harmonization of quality metal-roll requirements in the process of spare parts production for world leading car manufacturers.

The experience of rolled metal quality requirements harmonization in the field of automobile components is introduced in this article. The issues of automobile parts production in Russia according to the foreign consumer demands were also considered in the article.

Table 3. Bibliogr. 3 names.

Key words: world leading car manufacturers, steel grades, rolled metal products, production of ball pins.

UDC 620.192:519.711

Eliseev A.S., Fedoseev S.A., Gitman M.B. Some issues of stability of the quality control system at an enterprise.

The article gives the main approaches to the implementation of selective quality control system using statistical methods. The quality control system was considered from the viewpoint of stability by probability. The problem of search of the optimal and stable plan of the quality control system has been put and solved.

Fig. 4. Bibliogr. 3 names.

Key words: selective quality control, plans of single-sample type, operative characteristic, statistical errors, stability by probability.

UDC 658.562,65.012.3, 65.014

Osipov D.S. The Quality Management System as a Large System.

The theoretical overview of definitions and characteristics of modern theory and philosophy of large systems is presented to justify the possibility of consideration Quality Management Systems as Large Systems. It was suggested to develop a structure of the subsystems of QMS (as a type of a large system) allocated by their functions. The problems and tasks for developing adequate models of QMS functioning for diagnostic problems solving and establishing of the methodology for assessing the impact of QMS operation have been studied.

Fig. 2. Bibliogr. 2 names.

Key words: quality, quality management system, large system, function modeling, diagnostics, evaluation of performance.

Automation of Technological Processes

UDK 621.777

Dovzhenko N.N., Sidelnikov S.B., Peschansky A.S., Belyaev S.V., Shirokov P.O., Lapaev I.I., Barkov N.A., Kisilev A.L. Automation of the process of aluminum alloyed profiles extrusion and its application in production conditions.

The technical solution for creating elements of automated process control system of aluminum alloyed profiles semi-continuous extrusion has been described. The diagram of a control system and the description of its operation have been provided. The results of experimental studies of the semi-continuous extrusion system profiles of alloy 6603 at maximum extrusion speeds with the use of APCS elements have been presented. According to the results of industrial testing it has been shown that the proposed treatment modes provide increased productivity and output.

Fig. 4. Table 1. Bibliogr. 6 names.

Key words: semi-continuous extrusion, automation, profiles, optimal extrusion speed, rheological characteristics.

UDC 681.3.06:330.4

Zvereva M.S. Some Issues of automation process of optimal choice making taking risk into account.

Two mathematical models of risk management have been proposed. The analysis of these models was carried out. The author showed how they can be used for selecting the securities portfolio. The program was developed that makes it possible to find the optimal decision taking risk into account automatically.

Fig. 2. Bibliogr. 3 names.

Key words: risk assessment, convolution of criteria, optimal set, software product.

UDC 621.771

Kinzin D.I., Rychkov S.S. Shape Rolling processes modelling using DEFORM-3D software environment.

This article reviews the problem of modeling different roll pass designs using DEFORM-3D and further evaluation of energy efficiency and damage criterion of various roll passes. As a result the improved roll pass design is suggested for use on mill 370 OJSC «MMK».

Fig. 5. Table 3. Bibliogr. 3 names.

Key words: roll pass design, shape rolling, DEFORM-3D, effectiveness, damage criterion.

Transport

UDC 656.025.2:629.046

Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Osintsev A.V., Tsyganov A.V., Pytaleva O.A. Urban civil transporting communication map working-out method (in term of Magnitogorsk City).

The article considers the main principles of city public transport movement development. The methods being offered for traffic network optimal parameters developments may be used in cities with various schemes of stream lining and with a different number of inhabitants in order to improve transport safety and quality.

Fig. 8. Table 3. Bibliogr. 3 names.

Key words: urban public transport, transporting communication map, streamlining network, capacity, passenger traffic, mathematic model

Power Supply and Heat Power of Metallurgy

UDC 621.313

Mugalimov R.G., Mugalimova A.R. Modeling of energy efficiency indicators for variants of electric drives of industrial installations on the basis of traditional induction motor and compensated induction motor application.

A method of energy efficiency indicators modeling for electric drives on the basis of traditional induction motor and compensated induction motor. Advantages of electric industrial installations that are based on the use of compensated induction motors are given in the article.

Fig. 3. Bibliogr. 9 names.

Key words: modeling, energy efficiency, electric drive, induction motor.

UDC 669.14:621.78:621.036.2

Shaburov A.D., Mirzayev D.A., Smolko V.A. Heat exchange when cooling the forgings in a thermos.

The conditions of heat transfer and the law of cooling of forgings in thermoses – insulated boxes, which begin to be used at metallurgical plants for slow cooling after forging their anti-flocken annealing furnaces to reduce the duration of the latter. Calculations of the coefficient of heat transfer in two versions have been made: without and with taking into account the heat conduction through the metal of the cross-tie wall, between which insulation is placed. It turned out that the noted thermal conductivity is three times as big as the heat transfer coefficient α_{eff} from the surface of forgings. Based on cooling curves of forgings and statutory cooling precise experimental value α_{eff} , proved to be very close to the calculated. The results will be used to develop the technology of anti-flocken processing of forgings in thermoses at JSC «Uralskaya Kuznitsa».

Fig. 2. Bibliogr. 4 names.

Key words: thermos, heat-transfer coefficient, cooling equation.

Planning, Economics, Management and Production Market

UDC 004.891:669

Ivanov E.B. Expert system of the blast furnace process control.

The expert system which is based on technology of imitating modelling, intended for training of operators of a potentially dangerous technological object (blast furnace), and also for senior students of technical specialties is considered. The given expert system (training apparatus) allows to investigate the object of studying in various operating modes and to develop skills on optimum, accident-free control and expedient economic planning.

Fig. 5. Table 1. Bibliogr. 6 names.

Key words: blast furnace process, expert system, simulator, accident-free control.

UDC 338.94

Karlik A.E., Kobelkov G.V., Kolokolceva E.V. Valuation of businesses and investment attractiveness of an enterprise.

In this article the questions of investment attractiveness evaluation of enterprises are considered. For this purpose the accounting business evaluation facilities and enterprise evaluation depending on living cycles are used. The purposes of business and enterprise evaluation are also considered in the article. Three approaches to business evaluation are analysed according to the stage of the enterprise development. Special attention was also paid to the problem of general investor's market weight requirements.

Table 1. Bibliogr. 2 names.

Key words: investment attractiveness, business evaluation, living cycle of an enterprise, algorithm.

UDC 338.26:669.1

Pesin A.M., Salganik V.M., Berejnaya G.A., Chikishev D.N., Shmakov V.I. Production Planning Development.

The given article provides the analysis of current concepts of enterprise management including a limitation system, a balanced index system, economical production, 6 «sygmas» and defines a probable connection with practical activities of Russian metallurgical enterprises. The collaboration of specialists from the State Educational Institution of Higher Professional Education «Magnitogorsk State Tech-

nical University named after G.I. Nosov» and the OJSC «Magnitogorsk Iron and Steel Works» resulted in classification of limiting factors in several criteria; a balanced index system based on restrictions that suggest an extended process of the continuous up-grade; a model of optimized planning of the production program; the model of major production planning that considers intersection of financial assets; application packages for the given algorithms.

Bibliogr. 4 names.

Key words: limitation theory, balanced index system, limiting factors, planning of production program.

UDC 658.511:65.018.2, UDC 658.511:65.018.2

Asnina A. Ya, Barkalov S.A, Nilga O.S. Methods of sequence determination of carrying out technologically related project work giving the highest profit.

In order to determine the optimal sequence of tasks it was suggested to combine them into groups taking into account the technological dependence and conditions of determination their optimal sequence and then to sort them out on the same principle.

Bibliogr. 2 names.

Key words: project, directed tree, sequence of work, technological interrelation.

UDC 005

Senkovskaya I.S., Saraev P.V. Automatic clustering analysis of data based on Kohonen self-organizing maps.

Theoretical analysis and numerical experiments of comparative analysis of algorithms for clustering based on Kohonen self-organizing maps are discussed in the article. Recommendations for using of algorithms for different data structures are given.

Table 2. Bibliogr. 3 names.

Key words: Kohonen self-organizing maps, data clustering, numerical experiment.

Ecology of Metal Industry

UDC 669.054.83

Chertintsev V.D., Valeev V.Kh., Somova U.V. Investigation of sludge greasy sediments of metal production.

Results of research made oily mud ground adjournment are resulted. On a chemical compound made oily mud ground adjournment are close to made oily mud secondary sediment bowls of rolling manufacture. The iron maintenance in them 38,45–62,6%. Division possibility mud wet magnetic separation is shown.

Fig. 9. Table 3. Bibliogr. 2 names.

Key words: industrial waste, oiled mud, chemical elements, factional composition, magnetic separation.

Philology

UDC 882

Rudakova S.V. Dynamics of consciousness change of the lyrical hero of «Twilight» of E.A. Boratynsky.

The article is devoted to the analysis of the consciousness change problem of the lyrical hero of Boratynsky's «Twilight». The poet was in hostile relation with a modern epoch, trying to overcome it, searching for faith.

Bibliogr. 4 names.

Key words: the book of verses, lyrical hero, semantic unity, Boratynsky.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Андреев Сергей Михайлович – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Промышленная кибернетика и системы управления» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298527. E-mail: pk_su@bk.ru.

Аснина Альбина Яковлевна – канд. техн. наук, доц. Воронежского государственного университета. Направление исследований: финансовый менеджмент, инвестиционный менеджмент. Тел. (903)6508318. E-mail: boris03@mail.ru.

Баранов Владимир Николаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Литейное производство» института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391) 213-36-21. E-mail: vnbar79@mail.ru

Баркалов Сергей Алексеевич – д-р техн. наук, проф. Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Направление исследований: моделирование социальных и экономических систем, управление проектами. Тел. (903)2383662.

Барков Николай Александрович – канд. техн. наук, декан технологического факультета, доц. кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391) 213-35-50.

Беляев Сергей Владимирович – д-р техн. наук, зав. кафедрой «Литейное производство» института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391) 213-36-21.

Бережная Галина Андреевна – канд. техн. наук, ст. преподаватель ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298525.

Валеев Валерий Хакимзянович – канд. техн. наук, доц. кафедры ПЭИБЖД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519) 298462. E-mail: valeevvh@yandex.ru.

Волков Сергей Юрьевич – студент кафедры «Электрометаллургия и литейное производство» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298530.

Ворошилов Денис Сергеевич – аспирант кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391) 213-35-50. E-mail: sibdrug@mail.ru.

Галиев Роман Илсурович – канд. техн. наук, доц. кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391) 213-35-50. E-mail: gri@alukomgroup.ru.

Гитман Михаил Борисович – д-р физ.-мат. наук, проф. ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Направление исследований: управление сложными системами. E-mail: gmb@matmod.pstu.ac.ru, mgitman@netzero.net.

Головко Никита Анатольевич – аспирант кафедры «Промышленная кибернетика и системы управления» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298558. E-mail: pk_su@bk.ru.

Гольцов Алексей Сергеевич – ассистент кафедры «Электрометаллургия и литейное производство» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298530.

Довженко Николай Николаевич – д-р техн. наук, проректор-директор института нефти и газа, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», проф. кафедры обработки металлов давлением, г. Красноярск. Тел. (8391) 293-78-46. E-mail: n.dovzhenko@bk.ru

Довженко Николай Николаевич – д-р техн. наук, проф. кафедры обработки металлов давлением, проректор-директор института нефти и газа ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391)293-78-46.

Елисеев Александр Сергеевич – аспирант ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Направление исследований: управление сложными системами. E-mail: alexander.elyseev@gmail.com.

Зверева Мария Сергеевна – студентка Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Направление исследований: системы поддержки принятия решений в условиях риска. Тел.: (909)863-1074. E-mail: zvereva.marya.s@yandex.ru.

Иванов Евгений Борисович – канд. техн. наук, с.н.с. Учреждения Российской Академии Наук Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, Россия. E-mail: ivanov-ics@mail.ru.

Карлик Александр Евсеевич – д-р экон. наук, проф., проректор по научной работе Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. E-mail: karlik@finex.ru.

Кинзин Дмитрий Иванович – канд. техн. наук, доц. кафедры ОМД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: kinzin@mail.ru.

Киселев Андрей Леонидович – аспирант кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел. (8391) 213-35-50.

Кобельков Геннадий Викторович – канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой экспертизы и управления недвижимостью ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: kobelkov gennadii@mail.ru.

Колокольников Валерий Михайлович – д-р техн. наук, проф., ректор ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298530. E-mail: kwm@magtu.ru.

Колокольцева Евгения Валерьевна – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов.

Корнилов Сергей Николаевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой промышленного транспорта Института горного дела и транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: организация и управление перевозками на различных видах транспорта. Тел.: (3519)298534. E-mail: kornilov_s_n@logintra.ru.

Кутлубаев Ильдар Мухаметович – д-р техн. наук, проф. кафедры «Горные машины и транспортно-технологические комплексы» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление научных исследований: геотехнология и устойчивость техногенных горно-технических сооружений. Тел. (3519)298574. E-mail: PTMR74@mail.ru.

Лапаев Игорь Иванович – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автоматизация металлургических процессов» института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел.(8391) 213-71-82.

Логунова Оксана Сергеевна – д-р техн. наук, действительный член АИН им. А.М. Прохорова, проф. кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298563. E-mail: logunova66@mail.ru.

Лопатина Екатерина Сергеевна – канд. техн. наук, доц. кафедры МИТОМ института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел.(8391) 213-32-86 E-mail: chudo_lyuda@mail.ru.

Манушин Александр Анатольевич – главный инженер ООО «Спепромгидротэк», г. Москва. Тел. (499)2459824.

Мельников Иван Тимофеевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление научных исследований: безопасность и экологичность гидротехнических сооружений горно-металлургического комплекса. Тел. (3519)298556. E-mail: PTMR74@mail.ru.

Мельников Илья Иванович – канд. экон. наук, ведущий специалист ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Тел. (3519) 241924.

Мирзаев Джалал Аминов – д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры «Физическое материаловедение и физика твердого тела» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный технический университет». Тел.: (351)2679013. E-mail: mirzayev@physmet.susu.ac.ru.

Михайловский Игорь Александрович – канд. техн. наук, доц. кафедры технологий, сертификации и сервиса автомобилей ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

горский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519) 298431. E-mail: i-mikhailovsky@yandex.ru.

Мугалимов Риф Гарифович – канд. техн. наук, доц. кафедры электротехники и электротехнических систем ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: энергосбережение в электроприводах переменного тока. Тел.: (3519)298416. E-mail: energosberegienie@rambler.ru.

Мугалимова Алия Рифовна – канд. техн. наук, инженер-электрик ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: энергосбережение в электроприводах переменного тока. Тел. (3519)298416. E-mail: energosberegienie@rambler.ru.

Нильга Ольга Сергеевна – аспирантка Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Направление исследований: управление проектами, инвестиционный менеджмент. Тел. (910)2847417. E-mail: nilga.os_vrn@mail.ru.

Осинцев Никита Анатольевич – канд. техн. наук, доц. кафедры промышленного транспорта института горного дела и транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: безопасность на транспорте. Тел: (3519)298516. E-mail: osintsev@logintra.ru.

Осипов Дмитрий Сергеевич – канд. техн. наук, доц. кафедры технологий, сертификации и сервиса автомобилей ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298431. E-mail: dmitry_osipov@mail.ru.

Парсункин Борис Николаевич – д-р техн. наук, действительный член АИН им. А.М. Прохорова, проф. кафедры «Промышленная кибернетика и системы управления» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел.: (3519)298432. E-mail: pk_su@bk.ru.

Первухин Михаил Викторович – канд. техн. наук, докторант политехнического института ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел.(8391) 242-48-94. E-mail: pmv_75@mail.ru.

Песин Александр Моисеевич – д-р техн. наук, проф. кафедры ОМД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519) 298525.

Пешанский Алексей Сергеевич – ассистент кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел.(8391) 213-35-50.

Полько Павел Геннадьевич – учебный мастер кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298563.

Пыталева Ольга Анатольевна – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры промышленного транспорта Института горного дела и транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический универси-

тет им. Г.И. Носова». Направление исследований: организация городских пассажирских перевозок. Тел: (3519)298516. E-mail: rytaleva_o_a@logintra.ru.

Рахмангулов Александр Нельевич – канд. техн. наук, доц. кафедры промышленного транспорта Института горного дела и транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: моделирование и оптимизация транспортных процессов. Тел: (3519)298516. E-mail: ran@logintra.ru.

Рубин Геннадий Шмульевич – канд. техн. наук, нач. управления экономики и правового обеспечения ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет». E-mail: rubingsh@gmail.com.

Рудакова Светлана Викторовна – канд. филол. наук, доц. кафедры русской классической литературы ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет». Направление исследований: художественный мир Е.А. Боратынского. E-mail: rudakovamasu@mail.ru.

Рычков Сергей Сергеевич – аспирант кафедры ОМД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: macarry@rambler.ru.

Рябчиков Михаил Юрьевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Промышленная кибернетика и системы управления» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298558. E-mail: pk_su@bk.ru.

Рябчикова Елена Сергеевна – старший преподаватель кафедры «Промышленная кибернетика и системы управления» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298558. E-mail: pk_su@bk.ru.

Салганик Виктор Матвеевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ОМД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298506.

Сараев Павел Викторович – канд. техн. наук, доц., декан факультета автоматизации и информатики ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет» (ЛГТУ). Направления исследований: математическое моделирование, нейронные сети, интеллектуальные системы, информационные технологии. Тел. (4742) 328002. E-mail: psaraev@yandex.ru.

Сеньковская Ирина Сергеевна – студентка ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет» (ЛГТУ). Направление исследований: интеллектуальные системы. Тел. (4742) 316411. E-mail: SenkovskayaIS@mail.ru.

Сидельников Сергей Борисович – д-р техн. наук, проф. кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. Тел.(8391) 213-35-50. E-mail: sbs270359@yandex.ru.

Синицкий Евгений Валерьевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Электрометаллургия и литейное производство» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298530. E-mail: e-v-s@mail.ru.

Смолко Виталий Анатольевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Неорганическая химия» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный технический университет». Тел. (351)2679376.

Сомова Юлия Васильевна – ст. преподаватель кафедры ПЭиБЖД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519) 298462.

Суров Александр Иванович – ведущий специалист группы мониторинга безопасности гидротехнических сооружений ГОП ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Тел. (3519)247224. E-mail: surov@mmk.ru.

Трифоненков Леонид Петрович – руководитель проекта департамента литейных проектов ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск. Тел (8391) 256-40-29. E-mail: Leonid.Trifonenkov@rusal.com.

Федосеев Сергей Анатольевич – канд. физ.-мат. наук, доц. ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Направление исследований: управление сложными системами. E-mail: fsa@gelicon.biz.

Цыганов Александр Владимирович – канд. техн. наук, доц. кафедры промышленного транспорта Института горного дела и транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: безопасность на транспорте. Тел: (3519)298516. E-mail: tsyganov_a_v@logintra.ru

Черчинцев Вячеслав Дмитриевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519) 298515. E-mail: mgtnu@mgma.mgn.ru.

Чикишев Денис Николаевич – канд. техн. наук, доц. ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. (3519)298525.

Шабуров Андрей Дмитриевич – аспирант ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный технический университет». Тел.: (351)7264120. E-mail: adshaburov@mail.ru

Широков Павел Олегович – главный технолог литейно-прессового завода «Сегал» (ООО «ЛПЗ «Сегал»), г. Красноярск. Тел. 274-90-40.

Шмаков Владимир Иванович – канд. экон. наук, ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andreev Sergey Mihailovich – Candidate of Technical sciences, Associate Professor, Head of the department of Industrial cybernetics and control systems of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298527. E-mail: pk_su@bk.ru.

Asnina Albina Yakovlevna – Candidate of technical sciences, Associate Professor of Voronezh State University. Research field: investment management, financial management. Phone: (903)6508318. E-mail: boris03@mail.ru.

Baranov Vladimir Nikolaevich – candidate of science, docent of Department of foundry proceedings at the Institute of Nonferrous Metals and Materials Science FSEI HPE «Siberian Federal University», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-36-21. E-mail: vnbar79@mail.ru.

Barkalov Sergey Aleksseovich – Doctor of technical sciences, Professor of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Research field: modeling of social and economic systems, project management. Phone: (903)2383662.

Barkov Nikolai Aleksandrovich – candidate of technical sciences, dean of the Technological faculty, associate professor of Metal Forming department, Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-35-50.

Belyaev Sergey Vladimirovich – Doctor of Technical Science, head of the department «Foundry engineering», Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-36-21.

Berejnaya Galina Andreevna – Candidate of Technical Science, Senior Lecturer, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298525. E-mail: galina_1609@mail.ru.

Chertintsev Vyacheslav Dmitrievich – Doctor of Technical Sciences, professor, head of department of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov» Phone: (3519) 298515. E-mail: mgmtu@mgma.mgn.ru.

Chikishev Denis Nikolaevich – Candidate of Technical Science, Associate Professor, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298525.

Dovzhenko Nikolay Nikolayevich – D.Sc., prorector-director of Institute of Petroleum and Natural Gas Engineering, FSEI HPE «Siberian Federal University», Professor of the Department of pressure treatment of metals, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 293-78-46.

Dovzhenko Nikolay Nikolayevich – Doctor of Technical Science, prorector-director of Petroleum and Natural Gas Engineering Institute, FSEI HPE «Siberian Federal University», Professor of the Department of pressure treatment of metals, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 293-78-46.

Eliseev Alexander Sergeevich – a post-graduate student of the systems and processes mathematical modeling

department of SEI HPE «Perm State Technical University». E-mail: alexander.elyseev@gmail.com.

Fedoseev Sergei Anatolyevich – Candidate of Science, associate professor of the systems and processes mathematical modeling department of SEI HPE «Perm State Technical University». E-mail: fsa@gelicon.biz.

Galiev Roman Ilsurovich – candidate of science, docent of the Department of pressure treatment of metals at the Institute of Nonferrous Metals and Materials Science FSEI HPE «Siberian Federal University», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-35-50. E-mail: gri@alukomgroup.ru.

Gitman Mikhail Borisovich – Doctor of Sciences, professor of the systems and processes mathematical modeling department of SEI HPE «Perm State Technical University». E-mail: gmb@matmod.pstu.ac.ru, mgitman@netzero.net.

Golovko Nikita Anatolievich – a post-graduate student of the department of Industrial cybernetics and control systems of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298558. E-mail: pk_su@bk.ru.

Goltsov Aleksey Sergeevich – a lecturer of the department of Electrometallurgy and foundry engineering of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298530.

Ivanov Evgeniy Borisovich – Candidate of Technical Science, Institute of control of the RAS Moscow, Russia. E-mail: ivanov-ics@mail.ru.

Karlik Aleksander Evseevich – Doctor of Economics, Professor, pro-rector for Science of St. Petersburg State University of Economics and Finance. E-mail: karlik@finec.ru.

Kinzin Dmitry Ivanovich – cand. of technical sciences, associate professor of «Metal forming» department at the SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: kinzin@mail.ru.

Kiselev Andrey Leonidovich – a post-graduate student of Metal Forming department, Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-35-50.

Kobelkov Gennadii Viktorovich – Candidate of Technical sciences, Head of the chair «Assessment and property management» of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: kobelkov.gennadii@mail.ru.

Kolokolceva Evgeniy Valerievna – a postgraduate student of St. Petersburg State University of Economics and Finance.

Kolokoltsev Valery Mihailovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298530. E-mail: kwm@magtu.ru.

Kornilov Sergey Nikolaevich – Doctor of technical science, Professor, Head of the Department of Industrial Transport of the Institute of mining and transport of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research field: Organization and transportation management in terms of different transport means. Phone: (3519)298534. E-mail: ran@logintra.ru.

Kutlubaev Ildar Muchametovich – Doctor of technical sciences, professor of the department «Mining machines and transport-and-technology complex» of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298574. E-mail: PTMR74@mail.ru.

Lapaev Igor Ivanovich – candidate of technical sciences, associate professor of Automation of Metallurgical Processes department, Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-71-82.

Logunova Oksana Sergeevna – Doctor of Technical Sciences, Academician of A.M. Prohorov Engineering Academy, Professor of the department Computer science and applied mathematics of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298563. E-mail: logunova66@mail.ru.

Lopatina Ekaterina Sergeevna – candidate of science, docent of Department of Metallurgy and heat treatment of metals at the Institute of Nonferrous Metals and Materials Science FSEI HPE «Siberian Federal University», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-32-86. E-mail: chudo_lyuda@mail.ru.

Manushin Alexander Anatolyevich – the chief engineer of the Limited Company «Specpromgidrotek», Moscow. Phone: (499)2459824.

Melnikov Iliya Ivanovich – Candidate of economics, leading specialist of OJSC «Magnitogorsk Iron & Steel Works». Phone: (3519)241924.

Melnikov Ivan Timofeevich – Candidate of technical sciences, associate professor of the department «Open mining of minerals» of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298556. E-mail: PTMR74@mail.ru.

Mikhailovsky Igor Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the technology, certification and service of the automobiles department of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: i-mikhailovsky@yandex.ru.

Mirzayev Jalal Aminulovich – Doctor of physical and mathematical sciences, professor of Physical metallurgy and solid-state physics department, SEI HPE «South Ural State University». Phone: 007(351)2679013. E-mail: mirzayev@physmet.susu.ac.ru.

Mugalimov Reef Garifovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of electrical and electrotechnical systems department of SEI (State Educational Institution) HPE (Higher Professional Education) «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research field: energy saving in AC electric drives. Phone: (3519)298416. E-mail: energosberegienie@rambler.ru.

Mugalimova Aliya Rifovna – Candidate of Technical Sciences, an electrical engineer of SEI (State Educational Institution) HPE (Higher Professional Education) «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research field: energy saving in AC electric drives. Phone: (3519)298416. E-mail: energosberegienie@rambler.ru.

Nilga Olga Sergeevna – a post-graduate student of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Research field: investment management, project management. Phone: (910)2847417. E-mail: nilga.os_vrn@mail.ru.

Osintsev Nikita Anatolyevich – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Industrial Transport, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research Field: Transport safety. Phone: (3519)298516. E-mail: osintsev@logintra.ru.

Osipov Dmitry Sergeevich – Candidate of technical science, Associate Professor of the department of technology, certification and vehicle service of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298431. E-mail: dmitry_osipov@mail.ru.

Parsunkin Boris Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Academician of A.M. Prohorov Engineering Academy, Professor of the department of Industrial cybernetics and control systems of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298432. E-mail: pk_su@bk.ru.

Pervuhin Michael Viktorovich – candidate of science, PhD of Polytechnic Institute FSEI HPE «Siberian Federal University», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 242-48-94. E-mail: pmv_75@mail.ru.

Peschansky Aleksey Sergeevich – an assistant of Metal Forming department, Institute of Non-Ferrous Metals and Materials Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-35-50.

Pesin Alexandr Moiseevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298525.

Polyko Pavel Gennadievich – educational lab assistant of the department of Computer science and applied mathematics of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298563.

Pytaleva Olga Anatolyevna – Candidate of Technical Science, senior lecture of the Department of Industrial Transport, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research Field: Organization of urban civil transportation. Phone: (3519)298516. E-mail: pytaleva_o_a@logintra.ru.

Rakhmangulov Alexander Nelyevich – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Industrial Transport, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research Field: Modeling and optimization of transportation procedures. Phone: (3519)298516. E-mail: ran@logintra.ru.

Rubin Gennady Shmulievich – Candidate of Technical Science, Head of economy and legacy department of

SEI HPE «Magnitogorsk State University». E-mail: rubingsh@gmail.com.

Rudakova Svetlana Viktorovna – Candidate of philology, associate professor of Russian classical literature department of SEI HPE «Magnitogorsk State University». Research field: the art world of E.A. Boratynsky. E-mail: rudakovamasu@mail.ru.

Ryabchikov Mihail Yurievich – Candidate of Technical sciences, Associate Professor of the department of Industrial cybernetics and control systems of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298558. E-mail: pk_su@bk.ru.

Ryabchikova Elena Sergeevna – senior lecturer of the department of Industrial cybernetics and control systems of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298558. E-mail: pk_su@bk.ru.

Rychkov Sergey Sergeyevich – postgraduate student of «Metal forming» department at the SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: macarry@rambler.ru.

Salganik Victor Matveevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298506.

Saraev Pavel Viktorovich – Candidate of technical sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Automation and Information Science, SEI HPE «Lipetsk State Technical University» (LSTU). Research fields: mathematical modeling, neural networks, intelligent systems, information technologies. Phone: (4742) 328002. E-mail: psaraev@yandex.ru.

Senkovskaya Irina Sergeevna – a student of SEI HPE «Lipetsk State Technical University» (LSTU). Research fields: intelligent systems. Phone: (4742) 316411. E-mail: SenkovskayaIS@mail.ru.

Shaburov Andrey Dmitrievich – a post-graduate student of SEI HPE «South Ural State technical University». Phone: (351) 7264120. E-mail: adshaburov@mail.ru.

Shirokov Pavel Olegovich – Chief Technologist of the casting-forging factory «Segal», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 274-90-40.

Shmakov Vladimir Ivanovich – Candidate of Economics, OJSC «Magnitogorsk Iron & Steel Works».

Sidelnikov Sergey Borisovich – D.Sc., Professor of the Department of pressure treatment of metals at the Institute of Nonferrous Metals and Materials Science FSEI

HPE «Siberian Federal University», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-35-50. E-mail: sbs270359@yandex.ru.

Sinitsky Evgeny Valerievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Electrometallurgy and foundry engineering» of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298530. E-mail: e-v-s@mail.ru.

Smolko Vitaliy Anatolievich – Doctor of Technical Science, Professor, Head of the chair «Inorganic chemistry», SEI HPE «South Ural State technical University». Phone: 007(351)2679376.

Somova Uliya Vasilevna – senior lecturer of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov» Phone: (3519) 298462.

Surov Alexander Ivanovich – Leading specialist of hydro technical constructions security monitoring group of the mining-treatment plant of OJSC (Open Joint Stock Company) «Magnitogorsk Iron & Steel Works». Phone (3519)247224. E-mail: surov@mmk.ru.

Trifonenkov Leonid Petrovich – project manager of Department of casting projects «RUSAL ETC» Ltd., Krasnoyarsk. Phone: (8391) 256-40-29. E-mail: Leonid.Trifonenkov@rusal.com.

Tsyganov Alexander Vladimirovich – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Industrial Transport, SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Research field: Transport safety. Phone: (3519)298516. E-mail: tsyganov_a_v@logintra.ru.

Valeev Valery Khakimzyanovich – Candidate of Technical sciences, Associate Professor of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov» Phone: (3519) 298462. E-mail: valeevvh@yandex.ru.

Volkov Sergey Yurievich – a student of the department «Electrometallurgy and foundry engineering» of SEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: (3519)298530.

Voroshilov Denis Sergeevich – post-graduate student of the Department of pressure treatment of metals at the Institute of Nonferrous Metals and Materials Science FSEI HPE «Siberian Federal University», Krasnoyarsk. Phone: (8391) 213-35-50. E-mail: sibdrug@mail.ru.

Zvereva Maria Sergeevna – a student of Komso-molsk-on-Amur State Technical University. Research field: Decision making support systems under risk. Phone: (909)863-1074. E-mail: zvereva.marya.s@yandex.ru.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей и читателей. Журнал формируется по разделам, отражающим основные направления научной деятельности ученых МГТУ, в частности:

- РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
- МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ.
- ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.
- ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ.
- МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ.
- СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ.
- МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.
- НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.
- ЭНЕРГЕТИКА МЕТАЛЛУРГИИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ.
- УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.
- ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.
- ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ.
- СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ, ПОДГОТОВКА И ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ.
- ИНФОРМАЦИЯ И ДР.

Раздел «Новые исследования» или «Краткие сообщения» предназначен для оперативной публикации работ преимущественно аспирантов. В журнал входят учебно-методический и библиографический разделы. Общее количество разделов и их объем может варьироваться от номера к номеру.

ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПРИНИМАЕМЫМ К ПУБЛИКАЦИИ

I. Рекомендуемый объем статьи – не более 6–8 стр.

К статье прилагаются:

- 1) экспертное заключение о возможности опубликования;
- 2) рецензия;
- 3) сведения об авторах (на английском и русском языках): фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность, полное название учреждения, направление исследований, контактный телефон и E-mail каждого автора (всё перечислить в одном абзаце);
- 4) реферат на английском и русском языках по следующему образцу (~200 знаков):

UDC 622.27
Ivanov I.I., Petrov P.P. Development of gold-ore deposits extraction systems.
The method of sloping is represented...
Fig. 2. Table 2. Bibliogr. 7 names.

- 5) список литературы на английском и русском языках;
- 6) ключевые слова на английском и русском языках.

II. Текст статьи, сведения об авторах, реферат, список литературы и ключевые слова представляются на электронном носителе в виде файла, созданного средствами **Microsoft Word 2003**, и распечаткой на стандартных листах бумаги формата A4.

При наборе статьи в **Microsoft Word 2003** рекомендуются следующие установки:

- 1) **шрифт** – **Times New Roman**, размер – 14 пт, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический;
- 2) при вставке **формул** использовать встроенный редактор формул **Microsoft Equation** со стандартными установками;
- 3) **рисунки и фотографии**, вставленные в документ, должны быть четко выполнены, допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров (толщины линий и размеры обозначений должны обеспечивать четкость при уменьшении рисунка до рациональных размеров). Рисунки предоставлять в виде распечатки на стандартных листах бумаги формата A4 и отдельным файлом в формате *.TIF, *.JPG, с разрешением **300 dpi**, B&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с подписью – 150×235 мм. В тексте статьи должны быть подрисовочные надписи в местах размещения рисунков. Например:

Рис. 4. Расчётная зависимость $\chi(t) = I_{\text{н}}/I_{\text{н0}}$ от времени и удалённости КЗ от выводов асинхронного двигателя

Внимание! Публикация статей является бесплатной. Преимущество опубликования представляется авторам и учреждениям, оформившим подписку на журнал.

Статьи проходят обязательное научное рецензирование.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Магнитогорский государственный технический университет, Редколлегия журнала «Вестник МГТУ» М. Чукину.

Телефоны: (3519) 29-85-26, 29-85-17.

Факс (3519) 22-41-46.

E-mail: vestnik@magtu.ru; mgtu@magtu.ru; nis@magtu.ru (с указанием темы сообщения «Вестник МГТУ»).