Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского государственного индустриального университета

№ 4 (26), 2018

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

Редакционная коллегия

М.В. Темлянцев (главный редактор)
А.В. Новичихин (отв. секретарь)
П.П. Баранов
Е.П. Волынкина
Г.В. Галевский
В.Ф. Горюшкин
В.Е. Громов
Л.Т. Дворников
Жан-Мари Дрезет
Стефан Золотарефф
Пенг Као
С.В. Коновалов
С.М. Кулаков
А.Г. Никитин
Е.Г. Оршанская
Т.В. Петрова
Е.В. Протопопов
В.И. Пантелеев
Арвинд Сингх
А.Ю. Столбоушкин
И.А. Султангузин
А.В. Феоктистов
В.Н. Фрянов
В.П. Цымбал
Си Чжан Чен

ISSN 2304-4497

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Рубанникова Ю.А., Кормышев В.Е., Громов В.Е., Косинов Д.А., Романов Д.А. Повышение свойств низкоуглеродистой стали наплавкой порошковой борсодержащей проволокой……3
Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Куценко А.И., Усольцев А.А., Куценко А.А. Методика исследования влияния режимов изотермического отжига при сварке рельсовой стали……8

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

Савельев А.Н., Поплавская Н.А. Исследование количественно-качественных характеристик технологического оборудования для обработки входных грузопотоков комбината……12

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Кабутов К., Ботуров К. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ 4.5, легированного свинцом……..17

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

Алешина Е.А, Борец А.Ю., Алешин Д.Н. Анализ деформативности изгибаемых железобетонных элементов……...24
Осипов Ю.К. Жилище и человек, жилище для человека……..29

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г., Спирин Н.А., Лавров В.В. Моделирование процесса обжига металлизованных окатышей с учетом происходящих в них физико-химических превращений……..…36
Шипунов М.В., Коровин Д.Е., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Ляховец М.В., Мелкозеров М.Ю., Макаров Г.В. Информационное обеспечение автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «Барзасское товарищество»……..41
Грачев В.В., Циряпкина А.В., Мышляев Л.П., Иванов Д.В., Цветков А.Б., Прокофьев С.В., Шипунов М.В. Модернизация верхнего уровня автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «Антоновская» с использованием пакета Wonderware System Platform 2017……46
Фомин А.С. Одноподвижный гексапод с круговой направляющей……...52

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Быстров В.А., Ковган С.Ю., Морозова А.В. Взаимосвязь человеческого капитала, заработной платы и производительности труда персонала ОАО «Славино»…….55
Филимонова Е.А., Козлов В.П. Основные принципы управленческого учета и их влияние на организацию учета……..59

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

Домрачев А.Н., Риб С.В. Совершенствование критерия оценки компьютерных лабораторных работ по курсу «Технология отработки пологих пластов» специальности 21.05.04 «Горное дело»……63

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ, БИОГРАФИИ

Виктору Николаевичу Фрянову – 80 лет……....66
К 80-летию Владимира Константиновича Афанасьева…….68

Рефераты……70
К сведению авторов……77

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-52991 от 01.03.2013 г.

Адрес редакции:
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 433 М
тел. 8-3843-74-86-28
http: www.sibsiu.ru
e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru

Адрес издателя:
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 336 Г
тел. 8-3843-46-35-02
e-mail: rector@sibsiu.ru

Адрес типографии:
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 280 Г
тел. 8-3843-46-44-02

Подписные индексы:
Объединенный каталог «Пресса России» – 41270

Подписано в печать
24.12.2018 г.
Выход в свет
25.12.2018 г.
Формат бумаги 60×88 1/8.
Бумага писчая.
Печать офсетная.
Усл.печ.л. 4,5.
Уч.-изд.л. 4,9.
Тираж 300 экз.
Заказ № 336.
Цена свободная.

УДК 620.170:621.791

Ю.А. Рубанникова, В.Е. Кормышев, В.Е. Громов, Д.А. Косинов, Д.А. Романов

Сибирский государственный индустриальный университет

ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ НАПЛАВКОЙ ПОРОШКОВОЙ БОРСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОВОЛОКОЙ*

В настоящее время вопрос о выборе метода эффективной защиты различных изделий и деталей между упрочнением всего объема материала и нанесением на рабочие части изделий защитных покрытий в большинстве случаев решается однозначно в пользу последнего метода. Это объясняется тем, что наибольшее разрушение в процессе эксплуатации испытывает именно поверхность. Наиболее перспективным методом упрочнения и восстановления, позволяющим радикально улучшить свойства поверхностей, является наплавка. Кроме того, упрочнение методом наплавки оказывается экономически эффективным, поскольку ресурс работы деталей определяется преимущественно долговечностью покрытий, которая зависит от способа нанесения, качества и состава покрытия.

Для защиты металлов и сплавов от различных видов внешних воздействий (износа, коррозии, высоких температур, статических и динамических нагружений) используются лазерные, плазменные, электронно-лучевые, электродуговые и др. методы нанесения покрытий. Большую практическую значимость имеют покрытия, сочетающие в себе ряд свойств, например, износостойкость и коррозионную стойкость [1].

Подобные покрытия могут быть получены путем вневакуумной электронно-лучевой наплавки на ускорителе релятивистских электронов. Метод электронно-лучевой наплавки и результаты исследований подобных покрытий описаны в работе [2].

Проблема повышения надежности и долговечности деталей машин и механизмов в настоящее время решается за счет целенаправленного и контролируемого изменения свойств их рабочих поверхностей. Получение покрытий с высокими эксплуатационными характеристиками, обеспечивающими повышение надежности и долговечности работы изделий в экстремальных условиях, которые характеризуются повышенными механическими нагрузками, износом, коррозией, наличием агрессивных сред и циклическим воздействием, является фундаментальной задачей [3, 4].

Целью настоящей работы является анализ структуры, фазового состава и трибологических свойств слоя, наплавленного электродуговым методом борсодержащей порошковой проволокой.

В качестве материала основы использовали сталь марки Hardox 450, элементный состав которой представлен в табл. 1.

Сталь Hardox 450 предназначена для работы в определенных условиях: к этой стали предъявляются особые требования по износостойкости в сочетании с хорошими свойствами холодной гибки и хорошей свариваемостью. Высокая твердость стали Hardox достигается за счет специальной системы закалки листов, в результате которой металл приобретает мартенситную структуру. Суть закалки заключается в быстром охлаждении прокатанного листа без последующего отпуска. Такая закалка позволяет получать металл с мелкозернистой структурой.

В связи с необходимостью увеличения срока службы металлических изделий на поверхности стальных образцов методом MIG / MAG сварки (MetalInertGas / MetalActiveGas – дуговая сварка плавящимся металлическим электродом в среде инертного/активного газа с автоматической подачей присадочной проволоки) был сформирован наплавочный слой порошковой проволокой диам. 1,6 мм [5, 6]. Для исследований была выбрана порошковая проволока Fe – C – Ni – B, химический состав которой приведен в табл. 2.

Формирование наплавленного слоя на поверхности стали осуществляли в среде защитного газа, содержащего 98 % Ar и 2 % CO_2, сварочный ток находился в пределах 250 – 300 А, напряжение на дуге – 30 – 35 В. Наплавку порошковой проволокой проводили путем формирования наплавочного слоя в одном направлении.

В качестве дополнительной упрочняющей поверхностной обработки наплавленного слоя

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ Кемеровской области в рамках научного проекта № 18-48-420001 р_а и 16-32-60048 мол_а_дк.

Таблица 1

Элементный состав стали марки Hardox 450

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	B	P	S	Fe
Содержание, % (по массе)	0,19 – 0,26	0,70	1,60	0,25	0,25	0,25	0,004	0,025	0,010	Остальное

Таблица 2

Химический состав порошковой проволоки Fe – C – Ni – B

Элемент	C	Mn	Si	Cr	Nb	W	Ni	B	V
Содержание, % (по массе)	0,7	2,0	1,0	0	0	0	2,0	6,5	0

использована обработка интенсивными электронными пучками (электронно-пучковая обработка) для высокоскоростного плавления поверхностного слоя. Режим работы источника электронов: на первом этапе плотность энергии пучка электронов в импульсе 30 Дж/см^2, длительность импульсов 200 мкс, количество импульсов 20, на втором этапе плотность энергии в импульсе 30 Дж/см^2, длительность импульсов 50 мкс, количество импульсов 1. Режимы облучения были выбраны по результатам расчета температурного поля, формирующегося в поверхностном слое материала при одноимпульсном облучении [7 – 12].

Структуру объема модифицированного слоя анализировали методом поперечного шлифа, для чего образцы разрезали на две части перпендикулярно поверхности модифицирования. Химическое травление шлифов наплавки проводили 3 %-ым спиртовым раствором азотной кислоты. Исследование фазового состава и дефектной субструктуры рельсов осуществляли методами дифракционной электронной микроскопии [13, 14]. Фольги для дифракционной просвечивающей электронной микроскопии готовили путем одностороннего электролитического утонения пластинок толщиной примерно 300 мкм, вырезанных электроискровым методом из образца.

Трибологические испытания модифицированной поверхности осуществляли на трибометре «CSEMTribometerHighTemperatureS/N 07-142» (CSEMInstruments); контртелом являлся шарик диам. 4 мм из твердого сплава ВК6. Исследования микротвердости материалов осуществляли на микротвердомере HVS1000, оснащенном автоматическими устройствами приложения нагрузки и сохранения изображений полученных отпечатков на компьютере.

Наплавленный слой формировали за один проход. Проанализировав механические и трибологические свойства, можно отметить, что наплавка, созданная на поверхности стали при одном проходе, приводит к формированию высокопрочного слоя толщиной не менее 7 мм, микротвердость которого изменяется в пределах 10,5 – 12,5 ГПа. Следовательно, твердость наплавленного при одном проходе слоя более, чем в два раза превышает твердость металла основы. При большем удалении от поверхности наплавленного слоя микротвердость материала быстро снижается, выходя на уровень приблизительно 5 ГПа (рис. 1).

В результате выполненных трибологических испытаний установлено, что наплавленный слой обладает высокой износостойкостью, превышающей износостойкость исходной стали примерно в два раза; коэффициент трения наплавленного слоя примерно в 2,2 раза ниже коэффициента трения стали в исходном состоянии.

Ниже приведены результаты трибологических испытаний наплавки проволокой Fe – C – Ni – B (v – скорость износа (параметр, характеризующий степень изнашивания материала при испытаниях); $\langle\mu\rangle$ – среднее значение коэффициента трения):

Материал	$v \cdot 10^{-6}$, мм^3/(Н·м)	$\langle\mu\rangle$
Сталь Hardox 450	95,1	0,259
Наплавка одинарная	40,0	0,117

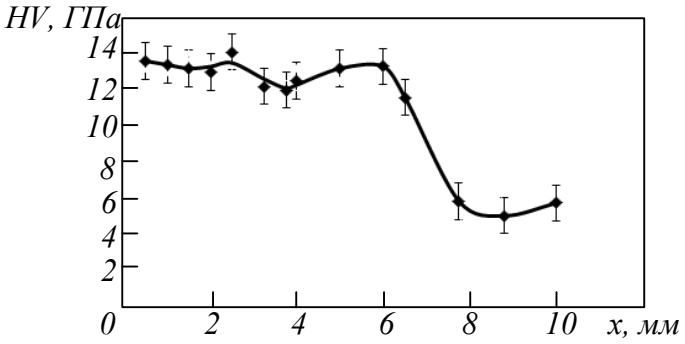


Рис. 1. Профиль микротвердости системы наплавка проволокой Fe – C – Ni – B – сталь Hardox 450 (подложка) по глубине *x*

Анализируя сведения об элементном составе электродной проволоки, можно предположить, что высокие прочностные и трибологические свойства наплавленного слоя обусловлены упрочнением материала боридами железа.

Исследования стали, выполненные методами дифракционной электронной микроскопии, выявили поликристаллическую (зеренную) структуру. В большинстве (0,85 – 0,90) анализируемых случаев в объеме зерен обнаружено присутствие кристаллов пластинчатой (реечной) морфологии.

Таким образом, результаты, полученные методами дифракционной электронной микроскопии тонких фольг, позволяют утверждать, что сталь Hardox 450 в исходном состоянии (перед созданием наплавленного электродуговым методом слоя) имеет структуру, сформировавшуюся при низкотемпературном отпуске мартенсита пакетной морфологии. В объеме кристаллов мартенсита и на их границах, границах пакетов и зерен присутствуют наноразмерные частицы карбидной фазы (карбид железа, цементит).

Выполненные электронно-микроскопические микродифракционные исследования структуры наплавленного слоя выявили формирование эвтектики пластинчатого типа, характерное изображение которой представлено на рис. 2. Включения борида железа бездефектны (то есть не содержат дислокационной субструктуры), что кардинально отличает их от прилегающих слоев α-фазы (рис. 2). Причиной отсутствия дислокационной субструктуры в пластинах боридов железа является их сравнительно высокая твердость (прочность). Твердость Fe_2B и FeB составляет 16,8 – 12,5 и 23,4 – 18,9 ГПа соответственно [15].

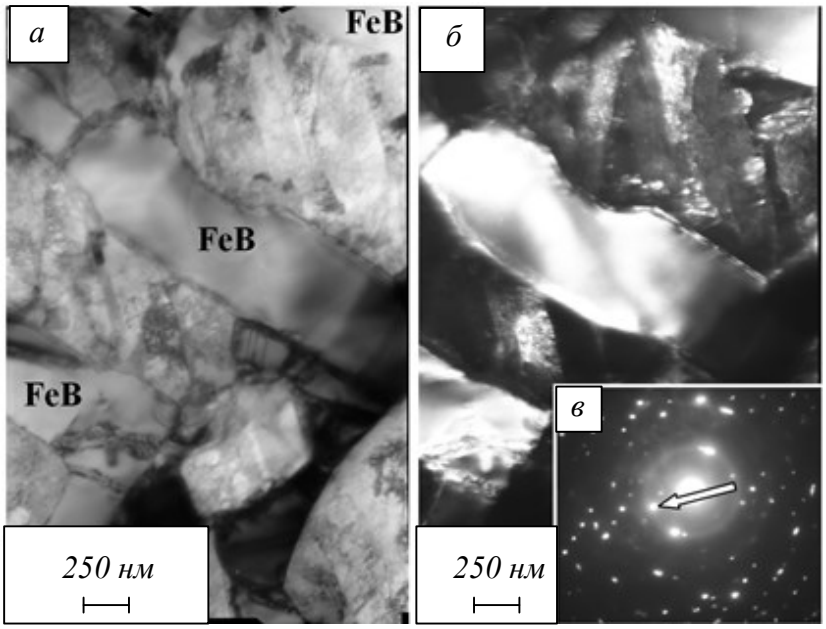


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение структуры наплавленного слоя с боридами железа:
а – светлое поле; *б* – темное поле, полученное в рефлексах [103]FeB + [110]α-Fe; *в* – микроэлектронограмма (стрелкой указаны рефлексы, в которых получено темное поле)

Для сравнения с результатами, полученными при исследовании фазового состава, дефектной субструктуры, механических свойств износостойкого слоя, наплавленного на сталь электроконтактным методом проволокой Fe – C – Ni – B, и дальнейшего повышения механических и трибологических свойств модифицированной таким образом стали было проведено высокоскоростное плавление поверхностного слоя наплавленного объема интенсивным импульсным электронным пучком (рис. 3).

Показано, что электронно-пучковая обработка поверхности наплавленного слоя приводит к формированию многофазного состояния, основными фазами которого являются α-фаза (твердый раствор на основе ОЦК кристаллической решетки железа), борид железа состава FeB и карбид бора состава B_4C. Сформированная облучением интенсивным импульсным электронным пучком структура наплавки характеризуется сравнительно высокой износостойкостью, более чем в 20 раз превышающей износостойкость стали и более чем в 11 раз превышающей износостойкость наплавленного слоя, не модифицированного электронным пучком, и сравнительно низким (приблизительно в 3,5 раза ниже коэффициента трения стали) значением коэффициента трения.

Выводы. Методами современного физического материаловедения выполнены исследования структуры, фазового состава и трибологических свойств покрытия, наплавленного на низкоуглеродистую сталь электродуговым методом в различных режимах за один проход порошковой проволокой (Fe – C – Ni – B – W) и модифицированного путем электронно-пучковой обработки. Наплавка, созданная проволокой Fe – C – Ni – – B при одном проходе, формирует высокопрочный слой толщиной примерно 7 мм с микротвердостью приблизительно 13,5 ГПа, что в два раза выше микротвердости металла основы. Износостойкость наплавленного слоя примерно в двf раза выше износостойкости исходной стали, а коэффициент трения в 2,2 раза ниже. При наплавке за один проход проволокой Fe – C – Ni – B формируется эвтектика пластинчатого типа, содержащая субмикронные бориды состава Fe_2B. Формирование закаленной ультрамелкой мартенситной структуры α-фазы, высокая скалярная плотность дислокаций, которая составляет 10^{11} $см^{-2}$, дают дополнительный вклад в повышенние механических и трибологических свойств. Модифицирование наплавленного проволокой Fe – C – Ni – B слоя импульсной электронно-пучковой обработкой выявило увеличение более чем в 20 раз износостойкости и снижение коэффициента трения в четыре раза по отношению к свойствам исходной стали.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полетика И.М., Макаров С.А., Тетюцкая М.В., Крылова Т.А. Электронно-лучевая наплавка износостойких и коррозионностойких покрытий на низкоуглеродистую сталь // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 2. С. 86 – 89.

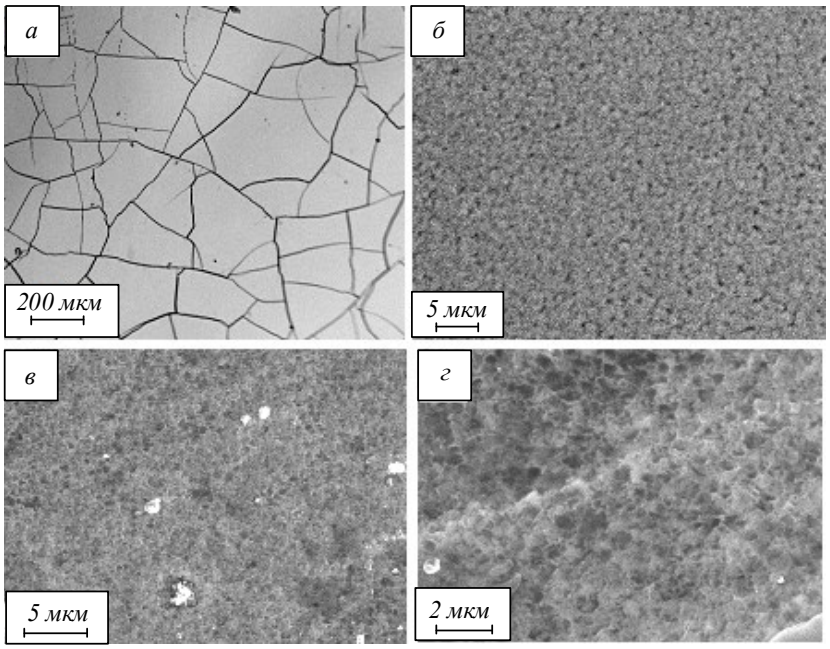


Рис. 3. Структура поверхности наплавленного слоя, облученного интенсивным импульсным электронным пучком (сканирующая электронная микроскопия)

2. Полетика И.М., Крылова Т.А., Перовская М.В. и др. Структура и механические свойства металла вневакуумной электронно-лучевой наплавки до и после термической обработки // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 4. С. 44 – 53.

3. Капралов Е.В., Будовских Е.А., Громов В.Е. и др. Формирование наноструктурно-фазовых состояний и свойств износостойкой наплавки на стали // Наноинженерия. 2015. № 4 (46). С. 14 – 23.

4. Капралов Е.В., Будовских Е.А., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф. Наноструктурные состояния и свойства наплавки, сформированной на стали порошковой проволокой // Изв. вуз. Физика. 2015. Т. 58. № 4. С. 39 – 45.

5. Громов В.Е., Капралов Е.В., Райков С.В. и др. Структура и свойства износостойких покрытий, наплавленных электродуговым методом на сталь порошковыми проволоками // Успехи физики металлов. 2014. Т. 15. С. 211 – 232.

6. Закаленная конструкционная сталь: структура и механизмы упрочнения / Ю.Ф. Иванов, Е.В. Корнет, Э.В. Козлов, В.Е. Громов. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. – 174 с.

7. Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Vorobiev S.V., Konovalov S.V. Fatigue of steels modified by high intensity electron beams. – Cambridge international science publishing, 2015. – 272 p.

8. Громов В.Е., Иванов Ю.Ф. Модифицирование структуры и свойств легких сплавов упрочняющими технологиями. – Новокузнецк: Полиграфист, 2015. – 226 с.

9. Гришунин В.А., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Денисова Ю.А. Электронно-пучковая модификация структуры и свойств стали. – Новокузнецк: Полиграфист, 2012. – 308 с.

10. Эволюция структуры и свойств легких сплавов при энергетических воздействиях / В.Е. Громов, С.В. Коновалов, К.В. Аксёнова, Т.Ю. Кобзарева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 249 с.

11. Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой / А.П. Ласковнев, Ю.Ф. Иванов, Е.А. Петрикова, Н.Н. Коваль и др. – Минск: Белорусская наука, 2013. – 287 с.

12. Денисова Ю.А. Эволюция структуры поверхностного слоя стали, подвергнутой электронно-ионно-плазменным методам обработки / Под ред. Н.Н. Коваля и Ю.Ф. Иванова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2016. – 304 с.

13. Transmission Electron Microscopy Characterization of Nanomaterials / Kumar C.S.S.R. Ed. – New York: Springer, 2014. – 717 p.

14. Barry Carter C., David B. Transmission Electron Microscopy. – Berlin: Springer International Publishing, 2016. – 518 p.

15. Кузьма Ю.Б., Чабан П.Ф. Двойные и тройные системы, содержащие бор. Справочник. – М.: Металлургия, 1990. – 317 с.

© 2018 г. *Ю.А. Рубанникова, В.Е. Кормышев, В.Е. Громов, Д.А. Косинов, Д.А. Романов*

Поступила 1 сентября 2018 г.

УДК 625.143.48

Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.И. Куценко, А.А. Усольцев, А.А. Куценко

Сибирский государственный индустриальный университет

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА ПРИ СВАРКЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

При создании и ремонте бесстыкового железнодорожного пути применяются электроконтактная и алюминотермитная сварка рельсов. В России основную часть рельсов сваривают электроконтактным способом [1, 2].

От сварки способом непрерывного оплавления с предварительным подогревом перешли к способу пульсирующим оплавлением. Этот способ контактной сварки наиболее экономичен и технологичен в сравнении с непрерывным оплавлением. При контактной сварке рельсов (как и при других видах сварки) происходит нагрев и непрерывное охлаждение металла в зоне термического влияния (ЗТВ). Выбор технологического процесса сварки с использованием существующих методов оплавления (непрерывного или пульсирующего), определяющих линейную величину и температурные поля в ЗТВ сварного стыка, осуществляют в зависимости от химического состава стали [3, 4]. Выбор теплового режима основан на исключении образования структур закалки (мартенсита и бейнита), вызывающих дополнительные напряжения и трещины, которые в последующем приводят к разрушению рельсов [5]. В связи с этим [6, 7] особое значение приобретает разработка режимов сварки железнодорожных рельсов из хромистой стали для высокоскоростных магистралей.

Известно, что увеличение содержания хрома в стали вызывает смещение вправо *С*-образных кривых начала и конца распада аустенита на диаграмме изотермического распада аустенита, что, в свою очередь, приводит к снижению критической скорости охлаждения, при которой аустенит превращается в мартенсит [8, 9]. При быстром нагреве сварного стыка, который обеспечивается методом пульсирующего оплавления и последующим интенсивным охлаждением ЗТВ, на месте микрообъемов с повышенным содержанием хрома, никеля и углерода формируется высокопрочный слой со структурой мартенсита. Участки мартенсита [5] играют роль концентраторов напряжения и приводят к образованию дефектов в сварных стыках (развитие усталостных трещин в головке, шейке и подошве рельса с хрупким изломом).

Эта проблема в процессе изготовления бесстыкового пути при сварке рельсов решается обязательной термической обработкой сварного стыка. Термообработку проводят с помощью индукционных установок, что увеличивает затраты. Этот недостаток на практике предлагается исправлять совмещением непрерывного и пульсирующего методов оплавления, изменением интенсивности нагрева при сварке и регулированием скорости охлаждения [6]. При частичном использовании метода непрерывного оплавления возможно появление дефектов сварочного характера, присущих непрерывному оплавлению.

Предлагается альтернативный способ решения проблемы, который позволит использовать любой из рассмотренных методов оплавления. После осадки и охлаждения сварного стыка в момент достижения необходимой температуры предлагается проводить изотермический отжиг путем пропускания импульсов переменного электрического тока через сварной стык [10].

В настоящей работе проведено исследование влияния режимов изотермического отжига сварного соединения образцов из рельсовой стали, проводимого путем пропускания импульсов переменного электрического тока через сварной стык. Температура выдержки выбирается исходя из условия получения более мелкодисперсной структуры металла шва (во избежание получения структур закалки). Время выдержки определяется инкубационным периодом образования необходимой структуры и регулируется количеством импульсов тока.

Для исследования вырезали образцы размером 90 × 30 × 10 мм из рельсовой стали (рис. 1), в дальнейшем проводили их контактную стыковую сварку при разных режимах изотермического отпуска.

Сварку образцов проводили на модернизированной машине для контактной стыковой сварки МС-2008М (рис. 2). Управление режимами сварки осуществляли с помощью персонального компьютера.

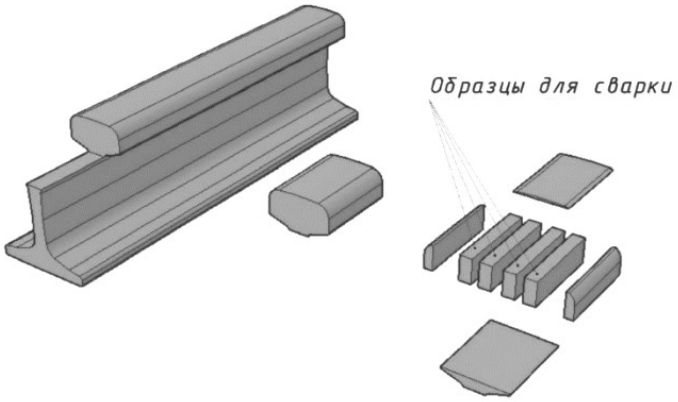


Рис. 1. Схема вырезания образцов размером 90 × 30 × 10 мм

Для получения информации о термическом влиянии на структуру металла разработана методика измерения температур в зоне термического влияния во время сварки. Проводили измерение силы сварочного тока для дальнейшей корректировки режимов. Схема взаимодействия оборудования показана на рис. 3.

Машина для контактной стыковой сварки оплавлением работает следующим образом. Перед началом сварки устанавливаются и зажимаются свариваемые детали в подвижном и неподвижном зажимах с помощью устройств зажатия свариваемых деталей. Если детали зажаты правильно, оператором на пульте управления включается сварка. При этом срабатывает контактор включения сварочного тока, который, в свою очередь, включает сварочный трансформатор. Одновременно включается электродвигатель привода оплавления и осадки. Начинается процесс оплавления. По мере сближения концов свариваемых деталей в конце оплавления и в начале осадки срабатывают концевой выключатель, предназначенный для подачи на контроллер сигнала о начале этапа термообработки, и установленный на блоке концевой выключатель. Контактор включения сварочного тока отключается. Осадка заканчивается без тока. В конце осадки срабатывает концевой выключатель, отвечающий за работу электродвигателя привода оплавления и осадки, происходит его остановка. При этом контроллер через запрограммированный промежуток времени подает напряжение на симистор для включения контактного реле, которое, в свою очередь, включает контактор включения сварочного тока таким образом, что включается сварочный трансформатор. Через зажатую деталь в зажимах от сварочного трансформатора протекает электрический ток, вследствие чего

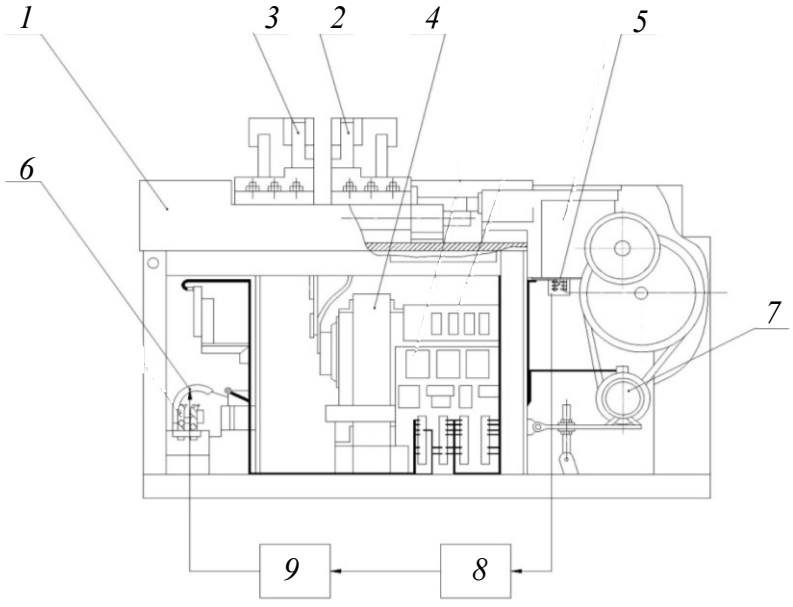


Рис. 2. Общий вид машины для контактной стыковой сварки МС-2008М:
1 – корпус; *2* и *3* – подвижный и неподвижный зажимы; *4* – сварочный трансформатор; *5* – концевой выключатель; *6* – контактор включения сварочного тока; *7* – электродвигатель; *8* – контроллер; *9* – симистор

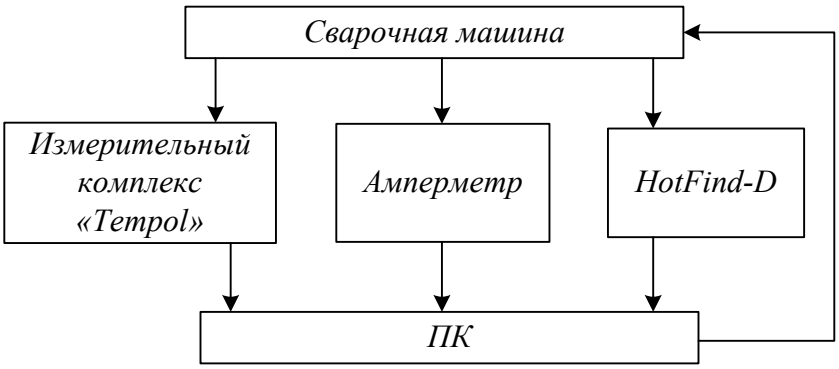


Рис. 3. Схема взаимодействия оборудования

осуществляется нагрев сварного соединения до определенной температуры. По истечении заданного программой времени контроллер перестает подавать сигнал на симистор, отключает сварочный трансформатор. Проводится охлаждение сварного соединения до определенной температуры. Включение сварочного трансформатора повторяется необходимое количество раз и через необходимые промежутки времени по заданной программе, записанной в контроллере. Таким образом, происходит процесс термообработки сваренных деталей. По завершении процесса сваренное изделие оператор удаляет в специально отведенную зону для дальнейшего охлаждения.

Замер температуры проводится в точках *T1*, *T2*, *T3* и *T4*. Размеры предполагаемой зоны термического влияния изменяются при различных режимах в пределах от 15 до 25 мм от центра шва, чему соответствует максимальное расстояние установки термопары в точке *T4*. Так как невозможно измерить температуру в центре шва, эта температура измеряется тепловизором HotFind-D в точке *T1*. Расположение точек измерения температур показано на рис. 4.

Для измерения температуры металла применяются термопары ХА (хромель-алюмелевая). Стандартная градуировка термопар ХА обеспечивается в соответствии с ГОСТ 3044 – 84 (СТ СЭВ 1059 – 85). Термопары изготавливаются из термоэлектродной проволоки диам. 0,1 – 0,5 мм пайкой (при использовании защитного кварцевого колпачка) или скруткой (при измерении оголенным спаем). Для изоляции термоэлектродов друг от друга используются кварцевая соломка (диам. 0,5 – 1,0 мм), двухканальные корундовые и фарфоровые трубки (диаметр наружный 3,5 мм).

Сбор и обработку данных от термопар осуществляют с помощью измерительного комплекса «Tempol». Используемые микропроцессорные модули позволяют выполнять измерения аналогового сигнала в интервале от 15 мВ до 2,5 В. Управление работой комплекса осуществляется через ПК на основе разработанного программного обеспечения, функционирующего в средах MS DOS и WINDOWS 95/98/2000/XP. Комплекс позволяет проводить сбор, регистрацию и хранение аналоговых сигналов на жестком диске ПК с возможностью масштабирования до 2048 каналов. Программное обеспечение позволяет устанавливать связь с модулем I-7018, который подключен к последовательному порту «COM1» компьютера через преобразователь I-7520, -

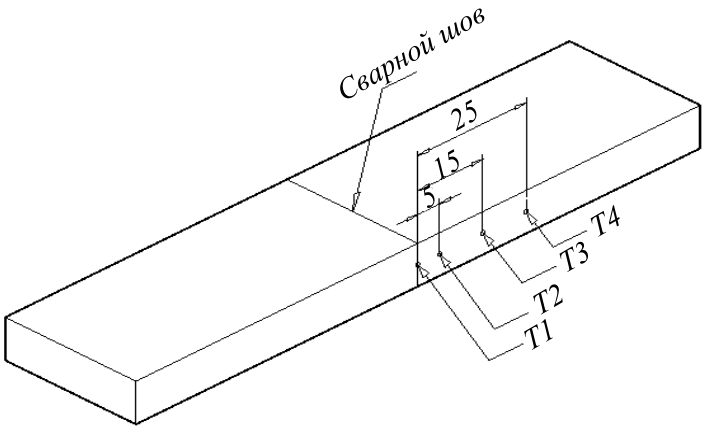


Рис. 4. Расположение точек, в которых измеряется температура с помощью тепловизора (*T1*), с помощью термопар (*T2*, *T3* и *T4*)

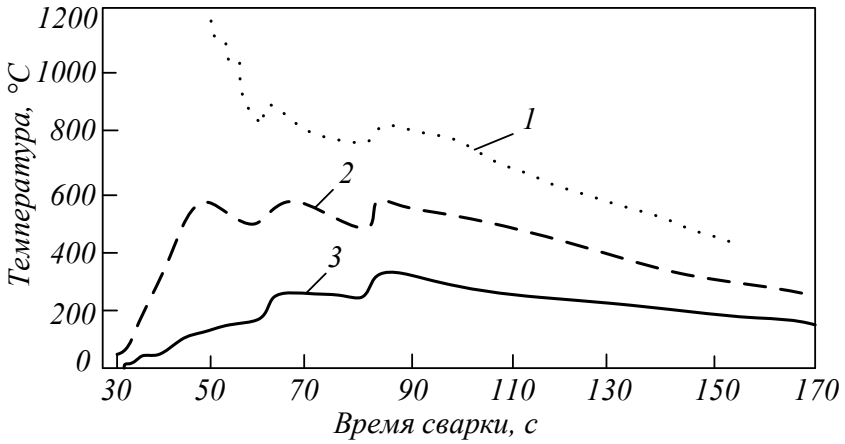


Рис. 5. Пример измеренного термического цикла сварки образцов T_1 (*1*), T_3 (*2*) и T_4 (*3*)

и осуществлять запись измерений последовательно от восьми датчиков в таблицу заданного формата. По окончании процесса измерения полученный массив данных преобразуется в графическое изображение в зависимости от задач исследований.

Тепловизор HotFind-D позволяет проводить измерение температур до 1500 ºС. Тепловизор снабжен неохлаждаемой микроболометрической матрицей в фокальной плоскости объектива разрешением 160 × 120 пикселей. Передачу видеоизображения термограмм на ПК проводят с помощью платы видеозахвата аналогового сигнала в формате NTSC частотой 60 Гц.

На рис. 5 приведен пример использования методики для определения изменения температуры в процессе сварки.

Выводы. Предложенная методика позволяет измерять термические циклы контактной стыковой сварки образцов из рельсовой стали на машине МС-2008М и проводить расчет скорости охлаждения металла шва и зоны термического влияния, а также прогнозировать получаемую структуру стали с определенным химическим составом. Измерение силы сварочного тока позволяет корректировать тепловложение при сварке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozyrev N.A., Kozyreva O.A., Usoltsev A.A., Kryukov R.E., Shevchenko R.A. Modern Methods of Rail Welding // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 253. P. 012002.

2. Козырев Н.А., Усольцев А.А., Шевченко Р.А., Крюков Р.Е., Шишкин П.Е. Современные методы сварки рельсов нового поколения // Изв. вузов. Черная металлургия. 2017. Т. 60. № 10. С. 785 – 791.

3. Mitsuru F., Hiroaki N., Kiyoshi N. Rail flash-butt welding technology // JFE Technical Report. 2015. No. 20. P. 159 – 163.

4. Saita K., Karimine K., Ueda M., Iwano K., Yamamoto T., Hiroguchi K. Trends in rail welding technologies and our future approach // Nippon steel & sumitomo metal technical report. 2013. No. 105. P. 84 – 92.

5. Железнодорожные рельсы из электростали / Н.А. Козырев, В.В. Павлов, Л.А. Годик, В.П. Дементьев. – Новокузнецк: ЕвразХолдинг, Новокузнецкий металлургический комбинат, 2006. – 388 с.

6. Шур Е.А., Резанов В.А. Комплексный метод контактной сварки рельсов // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 3. С. 20 – 22.

7. Гаврилов В.В. Пути решения вопроса повышения эксплуатационной надежности рельсов для метрополитенов производства ЕВРАЗ ЗСМК // Метро и тоннели. 2012. № 1. С. 42, 43.

8. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение: учебник для вузов. – М.: ИД Альянс, 2012. – 644 с.

9. Шевченко Р.Е. Совершенствование технологии сварки рельсовой стали с повышенным содержанием хрома. – В кн.: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 20. Ч. III. Естественные и технические науки / Под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016. С. 196 – 198.

10. Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Патрушев А.О., Усольцев А.А. Выбор оптимальных режимов сварки железнодорожных рельсов. – В кн.: Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2017. С. 332 – 336.

© 2018 г. *Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.И. Куценко, А.А. Усольцев, А.А. Куценко*

Поступила 15 февраля 2018 г.

УДК 658.511.5.001.2

А.Н. Савельев, Н.А. Поплавская

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВХОДНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ КОМБИНАТА

Формирование сложных по структуре искусственных технических образований, таких как металлургические комплексы, имеет свои продиктованные рациональным сочетанием количественно-качественных характеристик входящих в них элементов закономерности. Выявление этих закономерностей чрезвычайно важная как с теоретической, так и с практической точек зрения задача. Особенности ее решения связаны с тем, что такие закономерности проявляются не сразу после создания этих структур, а через достаточно большой промежуток времени, связанный с их доработкой до работоспособного состояния. Этот период охватывает десятилетия постоянного совершенствования структуры таких систем до момента, когда система начинает работать в достаточной степени устойчиво. Это означает, что закономерность строения структуры применительно к условиям, в которых она рассматривается, в большей степени реализована. В этот момент появляется возможность выявить эту закономерность и зафиксировать ее особенности с целью использовать в формировании последующих аналогичных технических систем большой сложности.

Одним из видов сложных технических систем большой сложности являются металлургические комбинаты с полным циклом переработки минерального сырья в готовую продукцию. Металлургические комбинаты, как целое, связаны с внешним миром техническими средствами транспортировки, разгрузки и складирования исходных материалов, готовой продукции и средств обеспечения работоспособного состояния оборудования комбината. В настоящей работе рассматривается рациональный набор тех или иных видов оборудования, необходимого для приема и размещения исходных материалов на комбинате черной металлургии при его стабильной работе. В качестве объекта исследования выбран Западно-Сибирский металлургический комбинат АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Комбинат был построен в 60 – 70 годы двадцатого века и за время существования доведен до высокого уровня его работоспособности. Устойчивая работа оборудования комбината позволяет считать, что количественно-качественные характеристики его структуры близки к рациональному уровню. Это значит, что выявление количественно-качественных связей в формировании структуры используемого на комбинате оборудования будет являться закономерным и может быть использовано для создания сложных технических систем аналогичного типа.

Анализ оборудования, обрабатывающего грузопотоки комбината как сложной технической системы, требует, прежде всего, выполнение его декомпозиции, а значит декомпозиции материалов, которые обрабатываются этим оборудованием. Комбинат, как самодостаточная техническая система, состоит из средств производства, позволяющих выделять энергию природы, передавать ее исполнительным агрегатам и реализовывать в полезную работу, воздействуя при этом на предмет труда. Это значит, что на комбинат должны быть доставлены носители энергии природы в виде угля, продуктов нефти и газа. Объем этих продуктов составляет 8891 тыс. т в год. Кроме этого, комбинат должен завезти расходные материалы (элементы оборудования, строительные материалы, масла и т.д.) объемом 1750 тыс. т в год, а также сырье для производства продукции объемом 12470,58 тыс. т в год. Исходные материалы в сумме составляют внушительный объем (23111,58 тыс. т в год) и требуют значительного количества тяжелого, принимающего грузы на комбинат, оборудования. Весь объем оборудования в целом представляет собой сложную техническую систему, которая может быть разделена на значительное количество уровней сложности. Для выявления особенностей формирования такой системы на двух из существующих уровней сложности используем методологию теории формирования сложных технических и социально-технических систем [1 – 7].

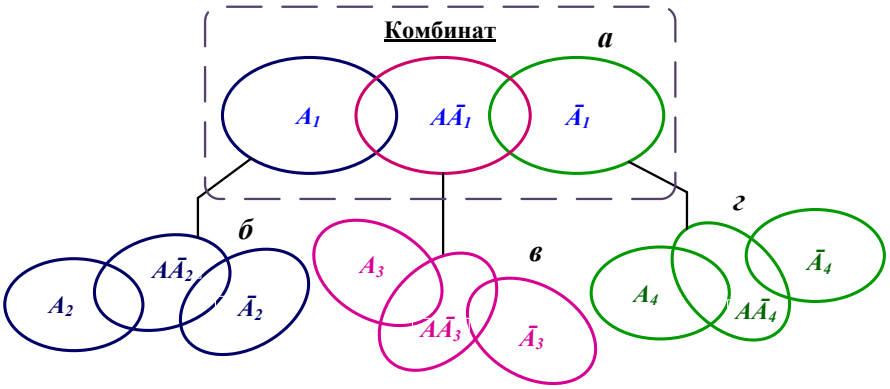


Рис. 1. Структура материалов, поступающих на металлургический комбинат, соответствующая структуре оборудования, обрабатывающего эти материалы:
A_1 – материалы – носители энергии природы; оборудование, принимающее их на комбинат; $\bar{A}_1$ – сырье и оборудование, разгружающее это сырье; $A\bar{A}_1$ – материалы, обеспечивающие работоспособность всех объектов комбината и соответственно оборудование, используемое для их разгрузки и складирования

Выразим поток всех вышеперечисленных материалов на комбинат и соответственно всех видов обрабатывающего его оборудования в виде модели (рис. 1, *а*). В основе этой и последующих моделей лежит представление о сложной системе как системе, состоящей из различных, в том числе и диалектически противоположных по свойствам элементов, то или иное количественное сочетание которых обеспечивает уникальные, не присущие ни одному из составляющих систему элементов свойства [3]. Из приведенного определения следует, что весь объем материала и соответственно весь набор оборудования, обрабатывающего его, должен быть скомпонован в три указанные на рис. 1, *а* группы. Группа A_1 – это группа оборудования, нацеленная на разгрузку и складирование на комбинате топлива. Группа оборудования $\bar{A}_1$ предназначена для разгрузки исходного для производства металлургической продукции сырья. Набор видов оборудования $A\bar{A}_1$ нацелен на обработку материалов, предназначенных для обеспечения работоспособности комбината.

На рис. 2, *а* показан количественный состав поступающих материалов на комбинат в тоннах в год. Рис. 2, *б* демонстрирует количественный состав оборудования, используемого для обработки материалов, показанных на рис. 2, *а*. Далее, используя данные рис. 2, *а,* 2, *б*, определялась усредненная производительность всех входящих в ту или иную нишу A_1 агрегатов. Для того, чтобы полученные данные могли быть использованы в других аналогичных случаях, выполняли операцию нормирования показателей производительности и количества оборудования и построили в относительных единицах диаграмму количественно-качественной связи показателей используемого оборудования, а именно связи между производительностью и количеством того или иного вида используемого оборудования (рис. 2, *в*).

Каждая из составляющих групп общего объема доставляемых на комбинат материалов в свою очередь также является сложной системой и может быть разделена на три вида более низкого по сложности уровня (рис. 1, *б*, *в*, *г*). При декомпозиции оборудования для приема энергоносителей, поступающих на комбинат, хорошо выделяется оборудование A_2 для твердых источников энергии, которое составляет объем массой 5 385,6 тыс. т в год. Эти источники энергии приходят в вагонах и разгружаются двумя вагоноопрокидывателями (рис. 2, *д*). Оборудование для доставки на комбинат твердых источников энергии резко отличается от оборудования для обеспечения доставки газообразного топлива, что позволяет выделить его в отдельный вид $\bar{A}_2$.

Объем газообразных продуктов в тоннах условного топлива составляет 3 462 тыс. т в год, принимается это топливо тремя газовыми подстанциями. Жидкообразные источники энергии $A\bar{A}_2$ в годовом объеме составляют 43,4 тыс. т. Для обработки этого вида грузов комбинат эксплуатирует четыре насосных станции. Объемы этих материалов в тоннах условного топлива представлены на гистограмме рис. 2, *г*; количество агрегатов, используемых для приема топлива на комбинат, дано на гистограмме рис. 2, *д*. Пронормированные отношения средней производительности каждой из групп оборудования и количества оборудования показаны на рис. 2, *е*. В результате рис. 2, *е* демонстрирует связь средней производительности используемого оборудования с их количеством в относительных единицах, что представляет характеристику системы обеспечения комбината энергоресурсами.

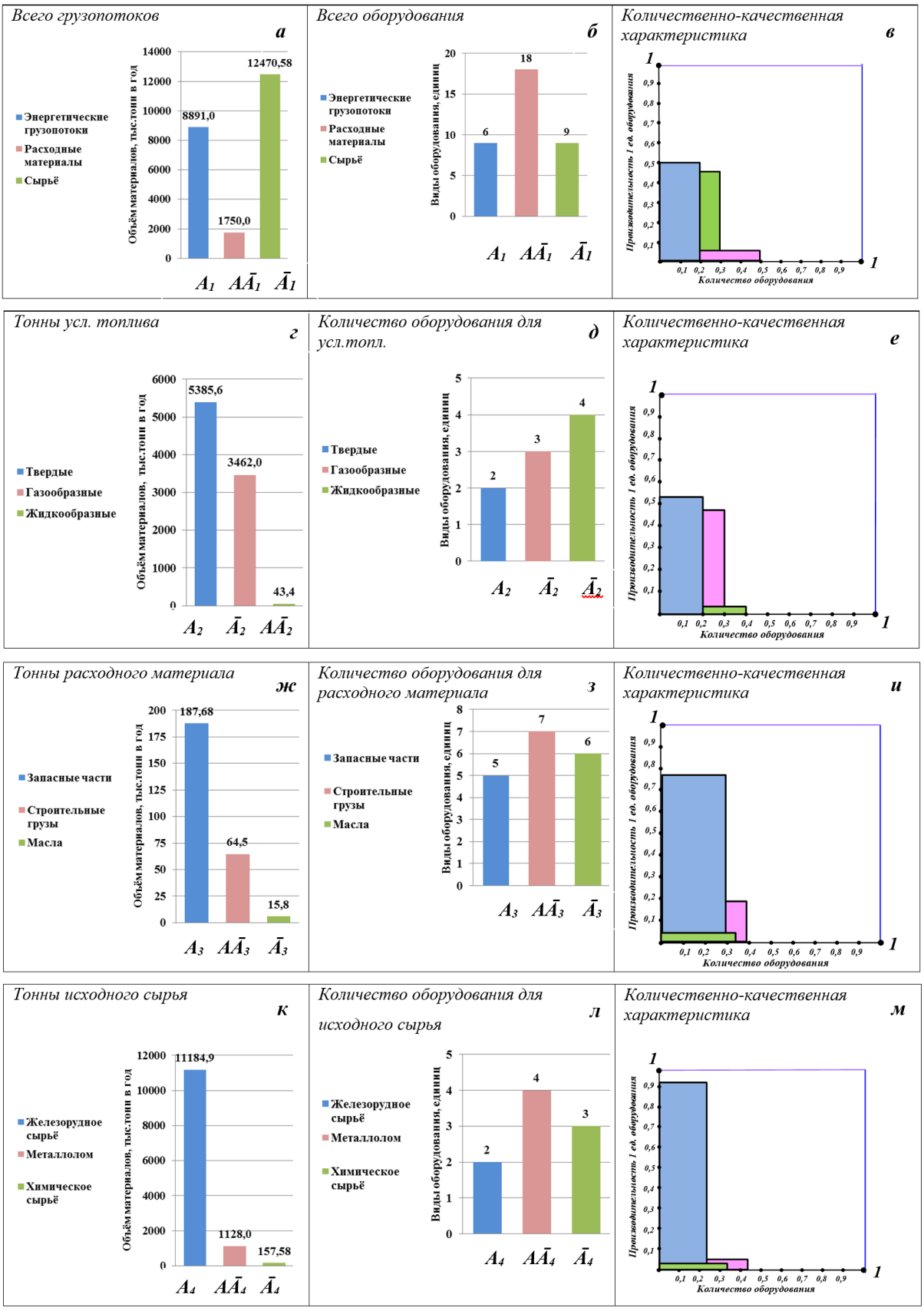


Рис. 2. Количественно-качественный состав материалов и оборудования, используемых комбинатом: *а, б, в* – всего грузопотока; *г, д, е* – для условного топлива; *ж, з, и* – для расходных материалов; *к, л, м* – для исходного сырья

Аналогичным образом выполняется оценка объемов текущих расходных материалов, используемых для обеспечения работы основных средств производства комбината, для чего в цеха

доставляются расходные материалы объемом, представленным на гистограмме (рис. 2, *ж*). Эти расходные материалы необходимы для содержания основных средств производства комбината в работоспособном состоянии. Расходные материалы A_3 в виде запасных частей к оборудованию, агрегатов машин, подшипниковых узлов, фильтров, сменного оборудования для ремонтно-восстановительных работ и т.д. составляют 187,68 тыс. т в год (рис. 2, *ж*). Материалы $\bar{A}_3$ в виде масел, жидкостей, различных технологических добавок и т.д. составляют 15,8 тыс. т в год (рис. 2, *ж*). Ремонт технологических зданий и сооружений, дорог и т.д. требует строительных грузов $A\bar{A}_3$ в объеме 64,5 тыс. т в год. Для обработки этих грузов требуется соответствующее количество оборудования (рис. 2, *з*). Для приема жидких грузов используют насосные станции. Для выгрузки расходных материалов применяют мостовые и козловые краны, электропогрузчики, автопогрузчики, трактора и т.д. Выгрузка строительных грузов производится козловыми кранами. Количество единиц оборудования, обрабатывающего каждую из групп грузопотоков, показано на рис. 2, *з*. Распределение данных групп продуктов, приходящихся на единицу оборудования, принимающего их на комбинат, в относительных единицах показано на рис. 2, *и*. Взаимосвязь относительных величин производительности оборудования и относительных величин количества этого оборудования дает количественно-качественную характеристику компоновки данной технической системы как сложной системы, входящей составной частью в более высокий уровень сложности системы – комбинат.

Третья группа грузов, поступающих на комбинат, – это грузы, представляющие собой исходное сырье – A_4. К ним относится, прежде всего, железорудное сырье (руда, концентраты, доломит, известняк) в объеме 11185 тыс. т в год (рис. 2, *к*), металлолом $\bar{A}_4$ в объеме 1128 тыс. т в год и химическое сырье $A\bar{A}_4$, (смола каменноугольная, бензол, серная кислота), объем которого составляет 157,58 тыс. т в год. Гистограмма объемов групп исходного сырья, поступающего на комбинат, показана на рис. 2, *к*.

Для обработки железорудного сырья используются вагоноопрокидыватели; металлолом выгружают грейферами, электромостовыми кранами с магнитной шайбой и т.д. Химическое сырье выгружается с помощью насосных станций. Часть сырья разгружается самотеком в соответствующие химические хранилища. Количественный состав оборудования, используемого для этих целей, показан на гистограмме (рис. 2, *л*). При пересчете гистограмм, изображенных на рис. 2, *к* и 2, *л*, были получены величины средней производительности агрегатов в каждой группе оборудования. Пронормированные значения средней производительности и количества агрегатов сопоставлены между собой, получена взаимосвязь производительности агрегатов и их количества в относительных единицах (рис. 2, *м*).

При практическом применении закономерностей грузопотоков материалов и требуемого для их обработки оборудования не достаточно иметь относительные величины взаимосвязи между грузопотоками и количественным составом оборудования, обрабатывающего их. Необходимо иметь взаимосвязь между составляющими объема грузов, завозимых на комбинат, и основным показателем работы комбината – объемом выпускаемой продукции. Эту взаимосвязь удобней всего иметь в виде относительных величин.

Для получения относительных составляющих процесса обработки исходных материалов отнесем объем исходных материалов в абсолютных величинах к объему выпускаемой из них продукции. Комбинат из поступающих (исходных) материалов производит 6195,24 тыс. т в год готовой продукции. Разделим на эту величину все исходные данные, представленные на рис. 2, *а, г, ж, к,* и получим значения требуемых объемов исходных материалов производственного процесса комбината для получения одной тонны готовой продукции (рис. 3, *а – г*). Из гистограмм следует, что в условиях Западной Сибири с резко континентальным климатом в условиях металлургического комбината с классической его компоновкой для получения одной тонны готовой продукции требуются 7,1 т условного топлива, 2,01 т исходного сырья и 0,28 т расходных материалов. Задавшись объемом выпускаемой вновь создаваемым комбинатом продукции и зная соотношения между исходными материалами и выпускаемой продукцией, а также используя соотношения между объемами того или иного вида исходной продукции, поставляемой на комбинат, и количеством оборудования, обрабатывающего его (рис. 2, *в, е, и, м*), можно оценить количественный состав оборудования, которым должен быть оснащен устойчиво функционирующий комбинат.

Выводы. Полученные соотношения объемов поставляемого материала и его видов и количественного состава оборудования, обрабатывающего эти материалы, позволяют формировать аналогичные сложные технические системы в черной металлургии. В силу того, что эти соотно шения получены на технической системе, доведенной в течение многих лет ее эксплуатации до близкого к рациональному состоянию, можно

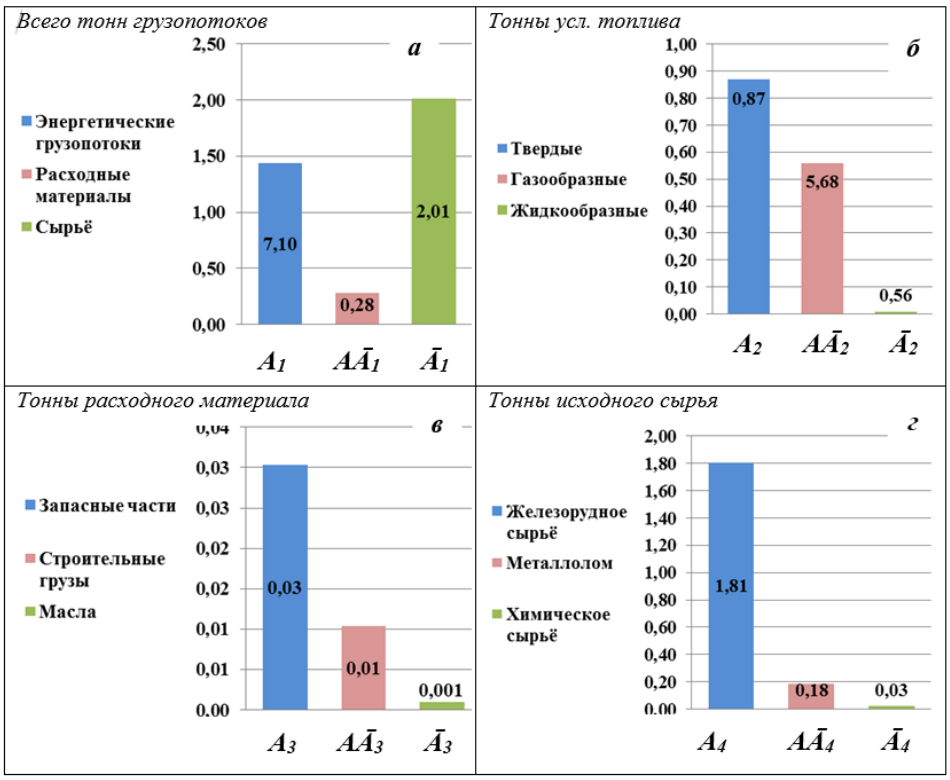


Рис. 3. Затраты исходных материалов на единицу выпускаемой продукции:
а – общие затраты энергоносителей, материалов, обеспечивающих работоспособность комбината, сырья; *б* – затраты твердых составляющих энергоносителей, жидких и газообразных составляющих; *в* – затраты расходных материалов; *г* – затраты исходного сырья

ожидать, что вновь сформированные комбинаты также будут обладать достаточно высокой степенью их структурной стабильности. В этом случае полученные знания о параметрах структуры оборудования, используемого для обработки грузопотоков поставляемых материалов на комбинат, значительно снизят затраты на доводку вновь создаваемых аналогичных сложных технических систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев А.И. О методологических основах проектирования надежного технологического оборудования // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 6. С. 22 – 26.
2. Савельев А.Н. Проектирование гомеостазных прокатных комплексов // Изв. вуз. Черная металлургия. 1991. № 12. С. 78 – 82.
3. Савельев А.Н. Структурные особенности устойчиво функционирующей сложной технической системы // Изв. вуз. Черная металлургия. 1996. № 12. С. 53 – 58.
4. Савельев А.Н. Математическое описание внутренних процессов формирования сложных технических систем // Изв. вуз. Черная металлургия. 1997. № 8. С. 52 – 56.
5. Савельев А.Н. Особенности формирования работоспособных технологических систем // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 8. С. 69 – 75.
6. Савельев А.Н., Тимошенков Ю.Г., Бич Т.А. Идентификация модели распределения элементов в сложной технической системе // Изв. вуз. Черная металлургия. 2004. № 6. С. 64 – 67.
7. Савельев А.Н., Тимошенков Ю.Г., Бич Т.А. Оценка показателей безотказности и ремонтопригодности агрегатов устойчиво работающей технологической линии МНЛЗ // Изв. вуз. Черная металлургия. 2006. № 6. С. 57 – 60.

© 2018 г. *А.Н. Савельев, Н.А. Поплавская*
Поступила 12 ноября 2018 г.

УДК 669.017.11:536.63

И.Н. Ганиев[1], А.Г. Сафаров[2], Ф.Р. Одинаев[2], К. Кабутов[2], К. Ботуров[2]

[1]Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан

[2]Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН Республики Таджикистан

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ4.5, ЛЕГИРОВАННОГО СВИНЦОМ

Развитие современной науки и техники предъявляет все возрастающие требования к уровню эффективности, качества и разнообразия свойств изделий из цветных металлов. В современных материалах должны сочетаться их высокие механические и технологические свойства и качества для обеспечения необходимых ресурсов и надежности работы изделий, авиационно-космической техники, машиностроения, атомной энергетики, радиотехники, электроники и т.д. В связи с этим особое значение приобретает производство и использование алюминия и его сплавов, обладающих высокой коррозионной и механической стойкостью, а также рядом других специфических свойств.

Особый интерес для современного машиностроения представляют высокопрочные литейные алюминиевые сплавы со свойствами идентичных деформируемых сплавов. Основным фактором, определяющим механические и технологические свойства литейного сплава, является его состав, в том числе и содержание нейтральных и вредных примесей и газов, зависящее от технологии плавки, а также состава исходных материалов, плавки и флюсов [1 – 3].

Железо является преобладающей примесью технического алюминия, а также основной примесью чистого алюминия. Железо часто попадает в алюминий при использовании стальной оснастки при плавке и литье, а также при «замешивании» расплава. Железо добавляют исключительно как вспомогательный элемент для того, чтобы литейный сплав легко отставал от стенок формы.

Технический алюминий с повышенным содержанием железа не находит применения на практике в связи с целым рядом недостатков. Прежде всего – это низкие пластичность и коррозионная стойкость, неудовлетворительная электропроводность и т.д. Поэтому такой металл не находит применения за исключением того, что частично используется для раскисания и дегазации стали. Иногда для того, чтобы улучшить сортность такого металла, проводится перемешивание с более чистым металлом из другой ванны.

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы получить из низкосортного алюминия с повышенным содержанием железа сплав, который отличался бы более приемлемыми характеристиками и мог использоваться, в частности, как анодный материал для защиты от коррозии стальных конструкций и сооружений.

Теплоемкость представляет собой одно из важнейших физических свойств твердых тел, характеризующее изменение состояния вещества с температурой. Изучение теплоемкости является одним из основных методов исследования структурных и фазовых превращений в сплавах. По температурной зависимости теплоемкости можно определить другие физические характеристики твердого тела: температуру и тип фазового превращения, температуру Дебая, энергию образования вакансий, коэффициент электронной теплоемкости и др. [4]. Данные о зависимости термодинамических свойствах сплавов Al + 4,5 % Fe + Pb от температуры в литературе отсутствуют.

В общем случае теплоемкость весьма сложным образом может зависеть от способа изменения температуры вещества. Для газов, например, существенно, ведется ли нагревание (охлаждение) при постоянном объеме или при постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры также сложная. Выбор конкретной физической модели, объясняющей ход зависимости $C_P^{\mathrm{O}}(T)$, может быть связан с агрегатным состоянием вещества (газ, твердое тело, жидкость), диапазона температуры исследований и т.д. В частности, для металлов с простыми кристаллическими решетками и в определенном диапазоне температур (не слишком низких и не слишком высоких) достаточно хорошо «работает» теория Дебая. Однако к телам более сложной структуры формула Дебая не применима. С достаточной для современных прикладных рас-

четов степенью точности теплоемкость может быть определена только экспериментально [4].

Получение значений теплоемкости при произвольной температуре для произвольного материала является сложной и в то же время очень важной научно-технической задачей. Одним из методов, позволяющих корректно установить температурную зависимость теплоемкости металлов, является метод сравнения скоростей охлаждения двух образцов (исследуемого и эталонного) по закону охлаждения Ньютона – Рихмана.

В настоящей работе используется оригинальный метод, который основан на принципе определения удельной теплоемкости какого-либо образца по известной удельной теплоемкости другого образца (эталона) при высоких температурах. Необходимые условия для выполнения работы были такие, чтобы тела нагревались и охлаждались в строго определенных, одинаковых температурных интервалах, имели близкие коэффициенты теплоотдачи, одинаковую форму и площадь поверхности, иначе определение удельной теплоемкости является некорректным.

Образцы изготавливались в виде небольших цилиндров из исследуемых сплавов и металла (эталона), температурная зависимость теплоемкости которого известна. Каждый из них нагревали до достаточно высокой температуры, а затем давали возможность остывать, при этом записывали температуру через определенные отрезки времени, т.е. снимали кривую охлаждения. Условия, в которых происходит остывание образцов, должны быть одинаковыми.

Теория нагрева тонких изделий освещена в работах [5,6]. С учетом этих работ расчет теплоемкости проводили по уравнению

$$C_P^0 m \frac{dT}{d\tau} = \alpha (T - T_0) S, \qquad (1)$$

где $m = \rho V$ – масса образца; ρ и V – плотность и объем образца; $\frac{dT}{d\tau}$ – скорость охлаждения образца; α – коэффициент теплоотдачи; S – площадь образца.

Соотношение (1) для двух образцов одинакового размера при допущении, что $S_1 = S_2$, $\alpha_1 = \alpha_2$, запишется так:

$$C_{P_1}^0 = C_{P_2}^0 \frac{m_1}{m_2} \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}; \qquad (2)$$

здесь индекс «1» отнеосится к первому образцу; индекс «2» – ко второму.

Для определения теплоемкости строятся кривые охлаждения исследуемых образцов и эталона (Cu). Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении его на воздухе.

Передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому – это процесс, стремящийся к установлению термодинамического равновесия в системе, состоящей из огромного числа частиц, т.е. это релаксационный процесс, который можно описать временной экспонентой. В нашем случае нагретое тело передает свое тепло окружающей среде (т.е. телу с бесконечно большой теплоемкостью). Поэтому температуру окружающей среды (T_0) можно считать постоянной. Тогда закон изменения температуры тела от времени τ можно записать в виде $\Delta T = \Delta T_1 e^{-\tau/\tau_1}$, где ΔT – разность температур нагретого тела и окружающей среды; ΔT_1 – разность температур нагретого тела и окружающей среды при $\tau = 0$; τ_1 – постоянная охлаждения, численно равная времени, в течение которого разность температур между нагретым телом и окружающей средой уменьшается в *e* раз.

Целью настоящей работы является определение удельной теплоемкости и изменения термодинамических функций сплава АЖ4.5, легированного свинцом, по известной удельной теплоемкости эталонного образца из меди. Сплав АЖ4.5 извлекли непосредственно из электролизера алюминиевой компании ГУП ТАлКо.

Для получения тройных сплавов сплав АЖ4.5 легировали металлическим свинцом марки «чистый» в шахтных лабораторных печах типа СШОЛ при 850 – 900 ºС. Содержание свинца в сплавах варьировали в пределах 0,05 – 1,00 % (по массе). Химический состав сплавов контролировали на квантометре в центральной заводской лаборатории ГУП ТАлКо. Из полученных сплавов отливали цилиндрические образцы диам. 16 и длиной 30 мм в графитовую изложницу заданной формы для исследования теплоемкости.

Теплоемкость измеряли на установке, схема которой представлена на рис. 1. Установка состоит из следующих узлов: электропечь *3* смонтирована на стойке *6*, по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец *4* и эталон *5*, которые тоже могут перемещаться, представляют собой цилиндр длиной 30 и диам. 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары. Концы термопар подведены к цифровому многоканальному термометру *7*, который подсоединен к компьютеру *8*.

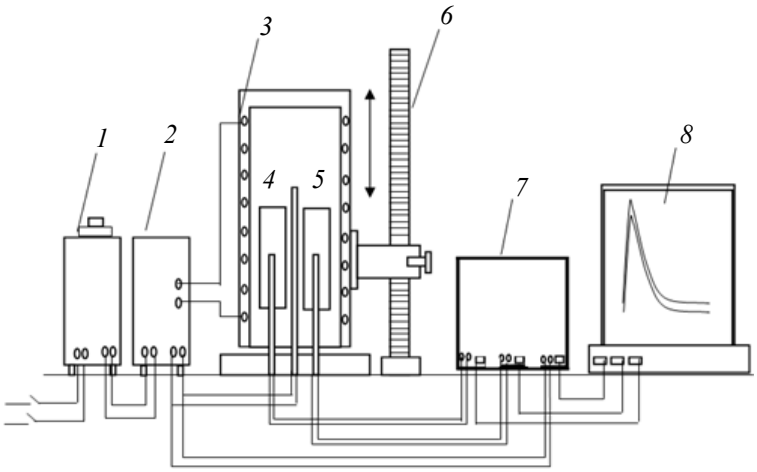


Рис. 1. Установка для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»:
1 – автотрансформатор; *2* – терморегулятор; *3* – электропечь; *4* – измеряемый образец; *5* – эталон; *6* – стойка электропечи; *7* – многоканальный цифровой термометр; *8* – регистрирующий прибор (компьютер)

Включаем электропечь *3* через автотрансформатор *1*, установив нужную температуру с помощью терморегулятора *2*. По показаниям цифрового многоканального термометра *7* отмечаем значение начальной температуры. Образец *4* и эталон *5*, у которых измеряем теплоемкость, помещали в электропечь *3* и нагреваем до нужной температуры, контроль которой осуществляли по показаниям цифрового многоканального термометра на компьютере *8*. Далее измеряемый образец *4* и эталон *5* одновременно выдвигаем из электропечи *3* и с этого момента фиксируем снижение температуры. Записываем показания цифрового термометра *7* на компьютере *8* через фиксированное время (от 0,1 до 20 с). Охлаждаем образец и эталон ниже 30 ºС.

Теплоемкость сплава АЖ4.5, легированного свинцом, измеряли в режиме «охлаждения» по методикам, описанным в работах [7 – 20]. Для измерения температуры использовали многоканальный цифровой термометр, который позволял прямо фиксировать результаты измерений на компьютере в виде таблиц. Точность измерения температуры составляла 0,1 ºС при временном интервале ее фиксации 10 с. Относительная ошибка измерения температуры в интервале от 40 до 400 º С составляла ±1 %, а в интервале более 400 ºС ±2,5 %. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4 – 6 % в зависимости от температуры.

Обработка результатов измерений проводилась с помощью программы MS Excel. Графики строились с помощью программы Sigma Plot. Коэффициент корреляции $R_{кор}$ = 0,999, что подтверждает правильность выбора аппроксимирующей функции.

Полученные зависимости скорости охлаждения сплавов описываются уравнением вида

$$T = -a\exp(-b\tau) - p\exp(k\tau), \qquad (3)$$

где *a b, p, k* – постоянные для данного образца; τ – время охлаждения.

Дифференцируя уравнение (3) по *τ*, получаем формулу для определения скорости охлаждения сплавов:

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \qquad (4)$$

По этой формуле были вычислены скорости охлаждения эталона и образцов из сплава АЖ4.5, легированного свинцом.

По результатам проведенных экспериментов построены графики (рис. 2) зависимости температуры образцов от времени охлаждения. Видно, что кривые охлаждения для всех образцов достаточно близки друг к другу и идентично уменьшаются. На кривых охлаждения термические остановки, связанные с фазовым переходом или превращением, не обнаружены.

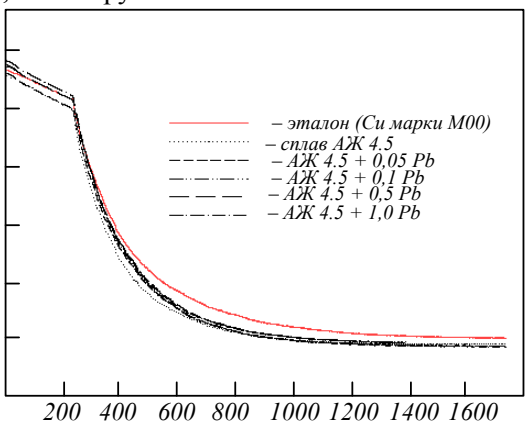


Рис. 2. График зависимости температуры *T* образцов от времени τ охлаждения для эталона и сплава АЖ4.5, легированного свинцом

Таблица 1

Значения коэффициентов *a, b, p, k, ab, pk* для сплава АЖ4.5, легированного свинцом

Содержание свинца в сплаве АЖ4.5, % (по массе)	*a*, K	$b \cdot 10^{-3}$, c^{-1}	*p*, K	$k \cdot 10^{-12}$, c^{-1}	*ab*, $K \cdot c^{-1}$	$pk \cdot 10^{-10}$, $K \cdot c^{-1}$
Эталон (медь марки М00)	703,64	3,15	292,68	2,58	2,21	7,54
Сплав АЖ4.5	728,04	3,61	281,27	2,82	2,62	7,93
То же + 0,05Pb	734,57	3,38	276,67	3,31	2,48	9,15
То же + 0,1 Pb	761,89	3,37	275,02	3,52	2,57	9,69
То же + 0,5 Pb	747,41	3,20	271,34	8,70	2,39	0,23
То же + 1,0 Pb	759,87	3,25	271,84	8,51	2,47	0,23

Обработкой кривых охлаждения установлены приведеные в табл. 1 экспериментальные значения коэффициентов *a, b, p, k, ab, pk* уравнений (3), (4).

Кривые скорости охлаждения исследуемых сплавов представлены на рис. 3. Расчет скорости охлаждения образцов осуществляли по уравнению (4).

Для определения удельной теплоемкости сплава АЖ4.5, легированного свинцом, использовали формулу (2). Как было указано выше, теплоемкость всех тел зависит от температуры. Температурная зависимость удельной теплоемкости эталона (Cu марки М00) и сплава АЖ4.5 со свинцом описывается четырехчленным уравнением типа

$$C_P^O = a + bT + cT^2 + dT^3, \qquad (5)$$

где *a, b, c, d* – эмпирические коэффициенты, найденные для каждого образца опытным путем; *T* – температура, при которой определяют значение теплоемкости образцов.

Значения коэффициентов в уравнении (5) представлены в табл. 2.

Результаты расчетов по уравнению (5) температурной зависимости удельной теплоемкости эталона (Cu) и сплава АЖ4.5, легированного свинцом, приведены на рис. 4 и в табл. 3. Как видно из рис. 4, в исследованном температурном интервале с ростом температуры теплоемкость сплава АЖ4.5 со свинцом растет, а у меди изменяется незначительно.

Сравнение теплоемкости исходного сплава со сплавами, легированными свинцом, показывает следующее. Рост теплоемкости исходного сплава АЖ4.5 от температуры 300 до 700 К составляет 67 %, для сплава АЖ4.5 с 0,05 % Pb – 38%, для сплава АЖ4.5 с 0,1 % Pb – 64 %, для сплава с 1 % Pb – 63 %. В зависимости от содержания свинца рост теплоемкости при 500 К составляет 1,7 %, при 600 К – 2,7 %, при 700 К – теплоемкость не растет. Согласно данным справочника [4] рост теплоемкости в указанном температурном интервале составляет для алюминия 25 %, железа 50 %, меди 12 %. Таким образом, значительный рост теплоемкости у сплава АЖ4.5 со свинцом во многом определяется влиянием содержания железа в нем.

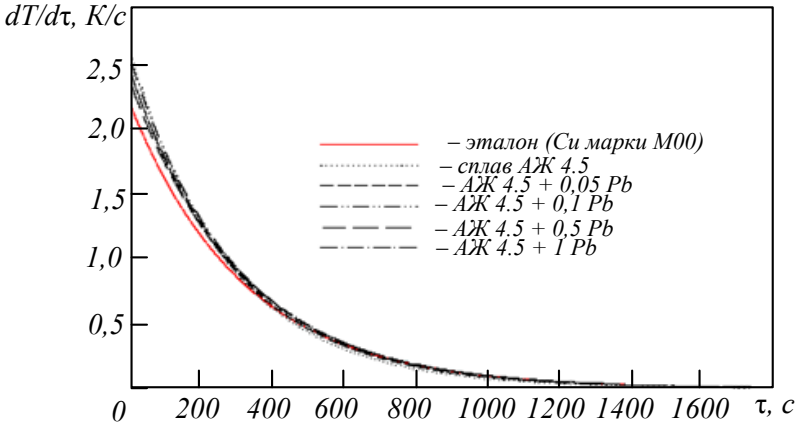


Рис. 3. Зависимость скорости охлаждения от времени для эталона (Cu) и образцов из сплава АЖ4.5, легированного свинцом

Таблица 2

Значения коэффициентов *a, b, c, d* в уравнении (5) для эталона и сплава АЖ4.5, легированного свинцом

Содержание свинца в сплаве АЖ4.5, % (по массе)	*a*, Дж/(кг·К)	*b*, Дж/(кг·К^2)	*c*, Дж/(кг·К^3)	$d\cdot10^{-5}$, Дж/(кг·К^4)	Коэффициент корреляции *R*
Эталон (Cu марки М00)	324,454	0,28	$2{,}87\cdot10^{-4}$	142	1,00
Сплав АЖ4.5	–4401,48	31,54	–0,0594	3,68	0,9544
То же + 0,05Pb	–2063,04	18,16	–0,034	2,11	0,9609
То же + 0,1 Pb	–3843,64	28,09	–0,052	3,2	0,9630
То же + 0,5 Pb	–2773,51	21,09	–0,038	2,32	0,9834
То же + 1,0 Pb	–2678,26	20,40	–0,036	2,21	0,9826

Используя вычисленные данные по теплоемкости сплава АЖ4.5, легированного свинцом, и экспериментально полученные значения скорости охлаждения образцов, рассчитали коэффициент теплоотдачи $\alpha(T)$, Вт/(К·м^2), для эталона (Cu) и сплава АЖ4.5, легированного свинцом, по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{C^0_p m \frac{dT}{dt}}{(T-T_0)S}. \qquad (6)$$

Для сплава АЖ4.5, легированного свинцом, температурная зависимость коэффициента теплоотдачи представлена на рис. 5.

Для расчета температурной зависимости энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для сплава АЖ4.5, легированного свинцом, были использованы интегралы от удельной теплоемкости по уравнению (5):

$$H^0(T)-H^0(T_0) = a(T-T_0)-\frac{b}{2}(T^2-T_0^2)+$$
$$+\frac{c}{3}(T^3-T_0^3)+\frac{d}{4}(T^4-T_0^4); \qquad (7)$$

$$S^0(T)-S^0(T_0) = a\ln\frac{T}{T_0}+b(T-T_0)+\frac{c}{2}(T^2-T_0^2)+$$
$$+\frac{d}{3}(T^3-T_0^3); \qquad (8)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)]=[H^0(T) - H^0(T_0)] -$$
$$-T[S^0(T) - S^0(T_0)]. \qquad (9)$$

Результаты расчетов температурной зависимости энтальпии, кДж/кг, энтропии, кДж/(кг·К), и энергии Гиббса, кДж/(кг·К), для эталона (Cu марки М00) и сплава АЖ4.5 со свинцом по уравнениям (7) – (9) через 100 К представлены в табл. 4.

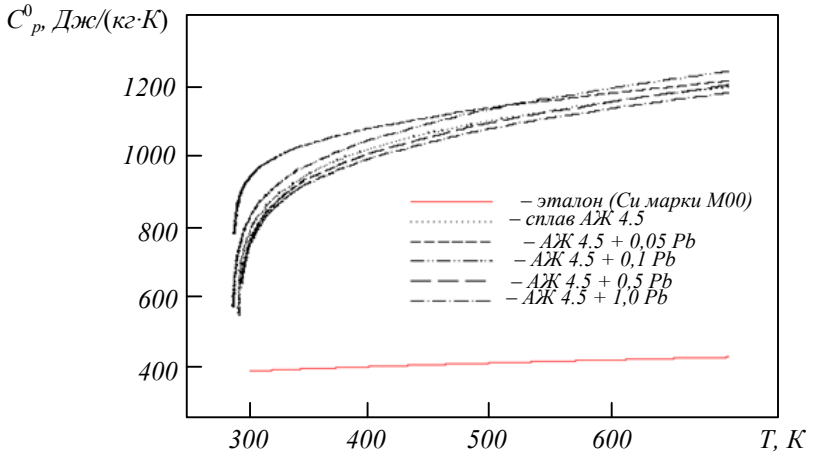


Рис. 4. Температурная зависимость удельной теплоемкости эталона (Cu марки М00) и сплава АЖ4.5 со свинцом

Таблица 3

Температурная зависимость удельной теплоемкости эталона (Cu марки М00) и сплава АЖ4.5 со свинцом

Содержание свинца в сплаве АЖ4.5, % (по массе)	Значения удельной теплоемкости, кДж/(кг·К), при температуре, К				
	300	400	500	600	700
Эталон (Cu марки М00)	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43
Сплав АЖ4.5	0,71	1,07	1,12	1,09	1,19
То же + 0.05 Pb	0,89	1,11	1,16	1,15	1,23
То же + 0.1 Pb	0,74	1,09	1,15	1,13	1,22
То же + 0.5 Pb	0,74	1,03	1,12	1,14	1,22
То же + 1.0 Pb	0,73	1,02	1,10	1,12	1,19

Выводы. Получены полиномы температурной зависимости теплоемкости и термодинамических функций (энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) для эталона (Cu марки М00) и сплава АЖ4.5, легированного свинцом, которые с коэффициентом корреляции $R_{кор}$ = 0,999 описывают их изменения. Показано, что с ростом температуры удельная теплоемкость, энтальпия и энтропия сплава АЖ4.5, легированного свинцом, увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. Добавки свинца практически не влияют на теплоемкость исходного сплава АЖ4.5, уменьшают энтальпию и энтропию, незначительно увеличивают значения энергии Гиббса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2013. – 81 с.
2. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.
3. Чукин М.В., Салганик В.М., Полецков П.П., Кузнецова А.С., Бережная Г.А., Гущина М.С. Основные виды и области применения наноструктурированного высокопрочного листового проката // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 4. С. 41 – 44.
4. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. Справочник. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.
5. Старк Б.В. Явления нагрева в муфельных печах // Журнал Русского Металлургического Общества. 1926. № 2. С. 184 – 198.
6. Иванцов Г.П. Нагрев металла (теория и методы расчета). Свердловск – Москва: Государ. научно-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1948. – 191 с.
7. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system // High temperature. 2014. Vol. 52. Iss. 1. P. 138 – 140.
8. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э., Иброхимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АК12М2, модифицированного стронцием // Известия СПбГТИ(ТУ). 2017. № 1. С. 22 – 26.

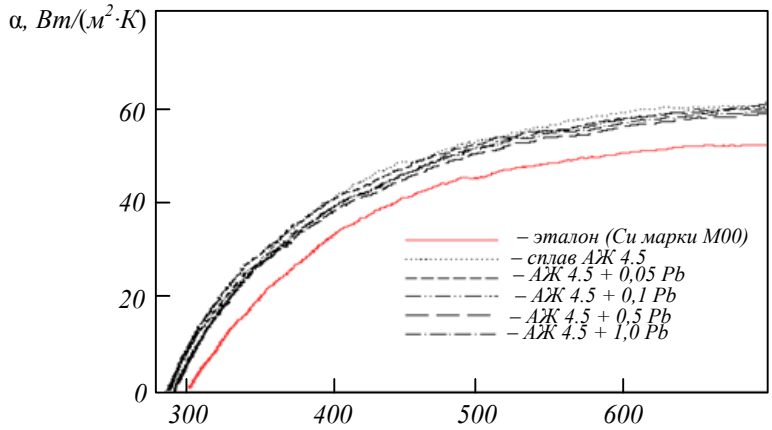


Рис. 5. Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи эталона (Cu) и сплава АЖ4.5, легированного свинцом

Таблица 4

Температурная зависимость термодинамических функций сплава АЖ4.5 со свинцом и эталона (Cu марки М00)

Содержание свинца в сплаве АЖ4.5, % (по массе)	$[H^0(T) - H^0(T_0)]$, кДж/кг, при T, К				
	300	400	500	600	700
Эталон (Cu марки М00)	0,7120	39,8675	80,1667	121,4190	163,5190
Сплав АЖ4.5	1,2997	93,4342	204,2437	314,2882	426,2077
То же+ 0,05 Pb	1,5392	99,6997	211,3472	323,8217	438,9832
То же + 0,1 Pb	1,3776	96,3986	209,9296	323,9706	439,7216
То же+ 0,5 Pb	1,3668	92,6540	201,7961	315,0333	432,5255
То же+ 1,0 Pb	1,3531	91,5813	199,3944	311,0626	426,1158
	$[S^0(T) - S^0(T_0)]$, кДж/(кг·К),				
Эталон(Cu марки М00)	0,0024	0,1149	0,2048	0,2800	0,3449
Сплав АЖ4.5	0,0043	0,2669	0,5140	0,7147	0,8870
То же+ 0,05 Pb	0,0055	0,2987	0,5539	0,7642	0,9459
То же+ 0,1 Pb	0,0046	0,2756	0,5287	0,7367	0,9150
То же+ 0,5 Pb	0,0046	0,2652	0,5084	0,7148	0,8957
То же + 1,0 Pb	0,0045	0,2621	0,5023	0,7059	0,8831
	$[G^0(T) - G^0(T_0)]$, кДж/(кг·К)				
Эталон(Cu марки М00)	–0,0022	–6,1071	–22,2427	–46,5847	–77,9021
Сплав АЖ4.5	–0,0040	–13,3399	–52,7514	–114,5451	–194,7257
То же + 0,05 Pb	–0,1177	–19,7979	–65,6083	–134,7558	–223,2159
То же + 0,1 Pb	–0,00425	–13,8519	–54,4252	–118,0481	–200,7537
То же + 0,5 Pb	–0,00422	–13,4106	–52,3796	–113,8241	–194,4686
То же + 1,0 Pb	–0,00418	–13,2601	–51,7724	–112,4749	–192,0590

Примечание. $^*T_0$ = 298,15 К

9. Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Гулов Б.Н., Низомов З., Бердиев А.Э. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АКlМ2, легированного празеодимом и неодимом // Вестник СибГИУ. 2017. № 3. С. 32 – 39.

10. Ibrokhimov N.F., Ganieva N.I., Ibrokhimov S.Z., Ganiev I.N., Nizomov Z. Effect of cerium on the thermophysical properties of AMG2 alloy // The Physics of Metals and Metallography. 2016. Vol. 117. № 1. P. 49 – 53.

11. Раджабалиев С.С., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. Теплофизические свойства алюминия марки А7 и сплава Al+2.18%Fe // Новая наука: От идеи к результату. 2016. № 2-3 (66). С. 44 – 46.

12. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И. Влияние иттрия на теплофизические свойства сплава АМГ2 // Научный вестник НовГТУ. 2017. № 2. С. 177 – 187.

13. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава AMr2 // Физика металлов и металловедение. 2016. Т. 117. № 1. С. 53 – 58.

14. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Кобулиев З.В., Иброхимов Н.Ф. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава AMr4, легированного лантаном // Доклады АН Республики Таджикистан. 2015. Т. 58. № 11. С. 1029 – 1035.

15. Алиханова С.Д., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Саидов Р.Х. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава Zn55Al, легированного церием // Вестник ТТУ. 2014. № 4 (28). С. 82 – 87.

16. Obidov Z.R., Amini R.N., Ganiev I.N., Nizomov Z. Temperature Dependence of Thermodynamic Properties of Zn-5Al and Zn-55Al Alloys With Magnesium // Oriental Journal of Chemistry. 2012. Vol. 28. No. (2). P. 841 – 846.

17. Низомов З., Гулов Б., Ганиев И.Н., Саидов Р.Х., Обидов Ф.У. Эшов Б.Б. Исследование температурной зависимости удельной теплоемкости алюминия марок ОСЧ и А7 // Доклады АН Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. № 1. С. 53 – 59.

18. Обидов З.Р. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплава Zn-55Al, легированного бериллием, магнием и празеодимом // Теплофизика высоких температур. 2017. Т. 55. № 1. С. 146 – 149.

19. Осими О., Назаров Х.М., Ганиев И.Н. Температурная зависимость теплоемкости и коэффициента теплоотдачи сплава АК12, легированного сурьмой // Материалы Международной конф. «Общество с ограниченной ответственностью «Наука и новые технологии». – Бишкек, 2017. № 1. С. 18 – 20.

20. Амонова А.В., Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Теплоемкость и термодинамические функции цинк-алюминиевых сплавов, легированных скандием. – В сб.: Инновационные технологии в науке и образовании. II Международная научно-практической конференция / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. – Пенза: Наука и просвещение, 2017. С. 13 – 16.

© 2018 г. *И.Н. Ганиев, А.Г. Сафаров, Ф.Р. Одинаев, К. Кабутов, К. Ботуров*

Поступила 24 апреля 2018 г.

УДК 624.01

Е.А. Алешина, А.Ю. Борец, Д.Н. Алешин

Сибирский государственный индустриальный университет

АНАЛИЗ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При эксплуатации железобетонных конструкций нередко возникают ситуации, когда при обеспеченной несущей способности деформации в элементах конструкций превышают предельно допустимые, то есть не выполняются требования эксплуатационной пригодности.

Цель настоящей работы – проанализировать результаты расчета по деформациям изгибаемых железобетонных элементов, армированных из расчета прочности.

На различных этапах существования (изготовления, транспортировки, монтажа, эксплуатации) элементов железобетонных конструкций наблюдаются разные стадии напряженно-деформированного состояния (НДС). При расчете изгибаемых железобетонных элементов по деформациям выбор методики определения кривизны изогнутой оси элемента (рис. 1) зависит от того, какую стадию НДС испытывает элемент в расчетном сечении.

Согласно правил [1] расчету изгибаемых элементов по деформациям предшествуют следующие этапы [2, 3]:

1 – определение геометрических характеристик приведенного сечения элемента (рис. 2);

2 – проверка по образованию и (при необходимости) по раскрытию трещин;

3 – анализ напряженно-деформированного состояния [4] и выбор методики расчета кривизны изогнутой оси элемента;

4 – расчет кривизны изогнутой оси элемента.

Если в результате анализа установлено, что у железобетонного элемента в растянутой зоне образуются трещины, то это означает, что элемент испытывает вторую стадию НДС – появление пластических деформаций в бетоне и в арматуре. В этом случае расчет кривизны изогнутой оси элемента проводится на основании правил [1] по формуле (1)

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{max} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_2, \qquad (1)$$

где $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – кривизна от непродолжительного действия всех нагрузок; $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – кривизна от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок; $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – кривизна от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

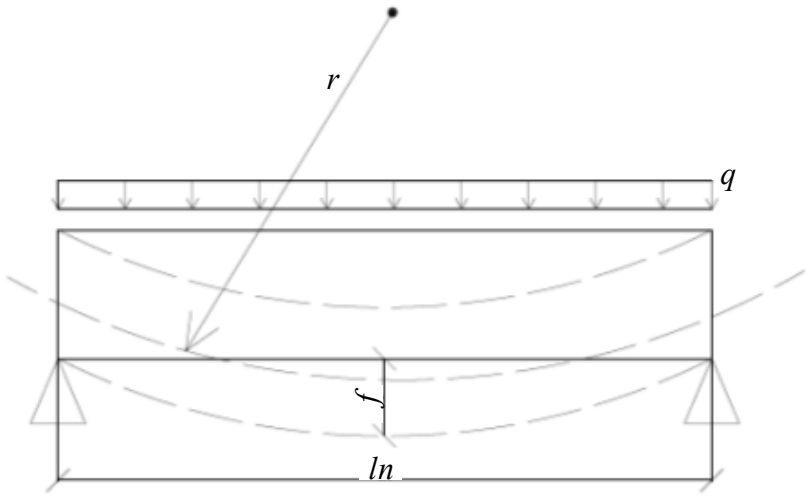


Рис. 1. Расчетная схема железобетонного элемента

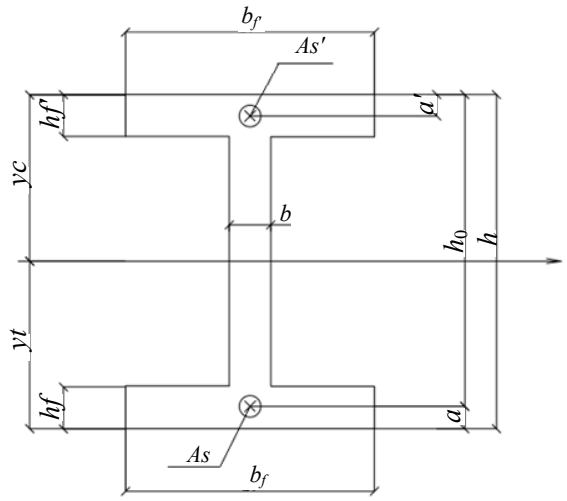
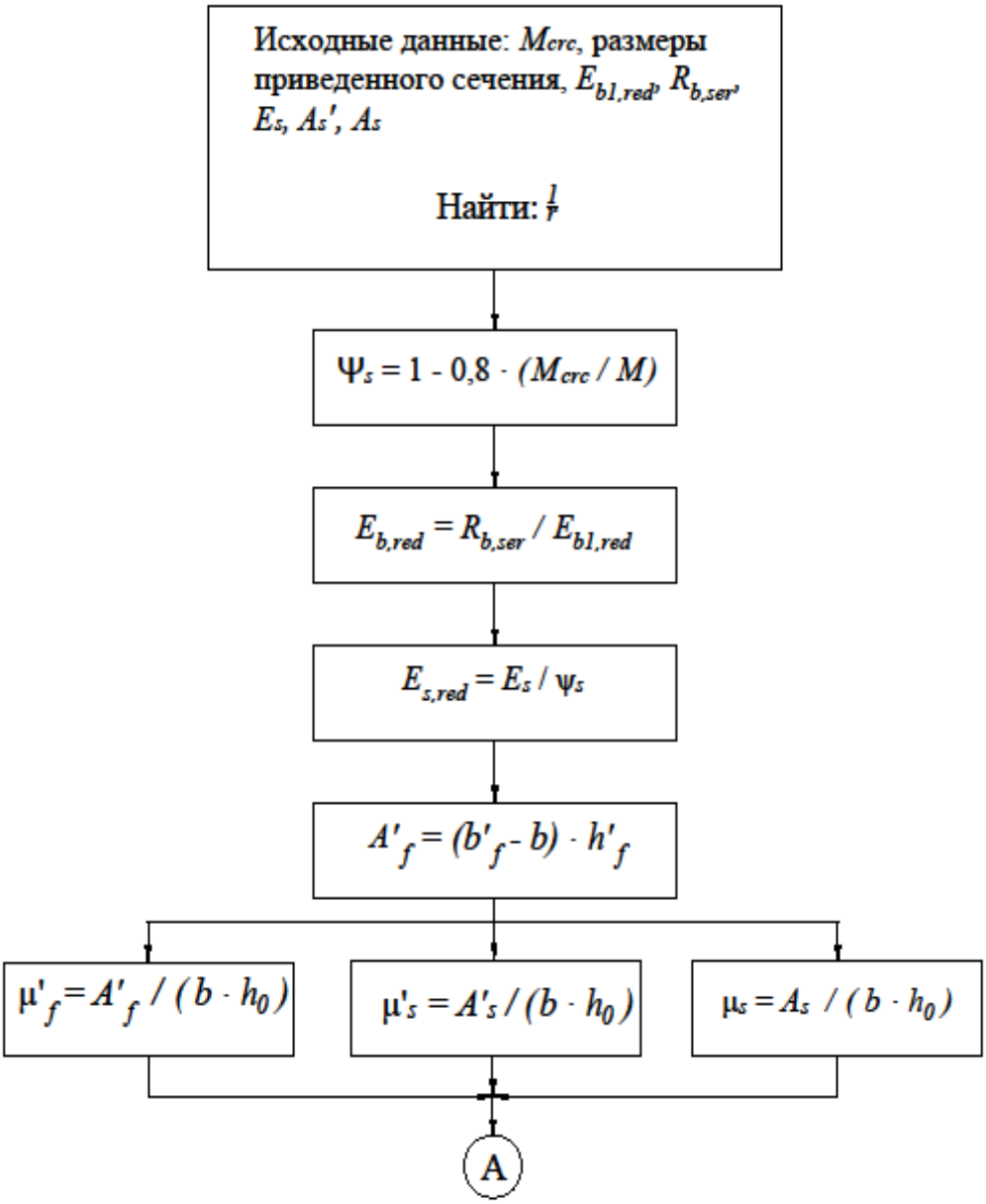


Рис. 2. Приведенное сечение железобетонного элемента

Для расчета соответствующего значения кривизны изогнутой оси железобетонного элемента $\left(\frac{1}{r}\right)_i$ в сечении с трещинами в растянутой зоне был разработан алгоритм [3], представленный на рис. 3. В алгоритме приняты следующие обозначения: M – изгибающий момент от соответствующей нагрузки; M_{crc} – момент образования трещин; $\varepsilon_{b1,red}$ – относительные деформации бетона при соответствующей продолжительности действия нагрузки; геометрические параметры приведенного сечения показаны на рис. 1; остальные обозначения приняты в соответствии с правилами [1].

Для анализа деформативности была принята выборка железобетонных элементов двутаврового сечения, работающих по балочной схеме



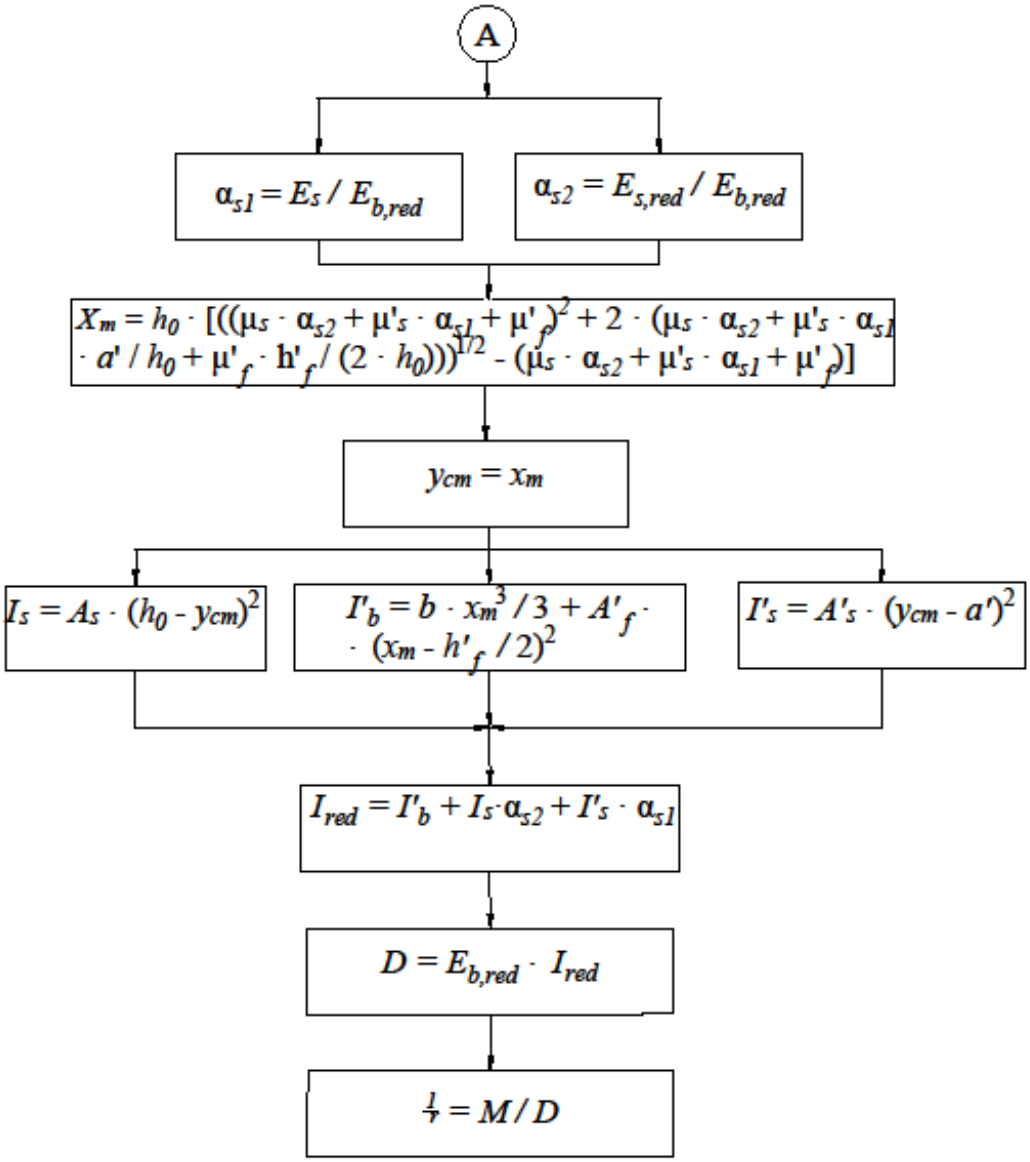


Рис. 3. Алгоритм расчета кривизны изогнутой оси железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне

(рис. 1), с расчетными пролетами l_0 от 5,0 до 6,3 м и номинальной шириной поперечного сечения от 1100 до 1600 мм. Величина изгибающего момента M от полной нормативной нагрузки варьировалась в пределах от 10,10 до 55,22 кН/м^2, от постоянной и длительной нормативной нагрузки – от 8,05 до 46,60 кН/м^2. Армирование полок принято на основании расчета прочности нормальных сечений: верхней (растянутой) полки ($n \times d_s$) – в стадии эксплуатации, нижней (сжатой) полки ($n \times d_s'$) – в стадии транспортировки и монтажа. Все элементы испытывали вторую стадию НДС, то есть в растянутой зоне элементов образовались трещины, но ширина их раскрытия не превышала предельно допустимых значений.

Результаты расчета деформаций (прогибов) изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне представлены в таблице.

Проведенные расчеты показывают, что в 29 % случаев прогиб не превышает предельно допустимого значения; в 71 % случаев прогиб превышает предельно допустимое значение.

В большинстве случаев армирование изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, принятое из расчета по несущей способности, недостаточно для обеспечения требований второй группы предельных состояний (по деформациям). Для уменьшения прогибов железобетонных элементов рекомендуется на стадии проектирования применять следующие меры: увеличить высоту сечения h; повысить класс бетона R_b;

Результаты расчета элементов

Элемент	Размеры, мм					$n \times d_s$, мм	$n \times d'_s$, мм	M, кН·м		Предельно Допустимый прогиб, f_{ult}, мм	Прогиб элемента от нагрузки, f, мм	*
	b_f	b'_f	h_0	b	l_0			от полной нагрузки	от постоянной плюс длительной нагрузки			
1	1380	1360	200	359	5900	8 Ø 14A400	8 Ø 5Bp500	55,22	40,86	3,93	4,87	–
2	1280	1260	200	359	5900	7 Ø 10A400	7 Ø 3Bp500	28,16	19,28	3,40	2,79	+
3	1180	1190	200	302	6300	7 Ø 16A400	7 Ø 4Bp500	69,70	46,60	4,20	8,90	–
4	1080	1060	200	459	5700	7 Ø 12A400	7Ø 5Bp500	38,78	29,40	3,80	1,60	+
5	1380	1360	200	358	5100	8 Ø 12A400	8 Ø 3Bp500	36,50	26,00	3,60	6,60	–
6	1480	1460	200	459	5900	8 Ø 14A400	8 Ø 3Bp500	45,86	31,02	3,93	5,54	–
7	1080	1060	200	345	5000	6 Ø 10A400	6 Ø 3Bp500	26,90	17,80	3,60	6,60	–
8	1580	1560	200	302	5900	7 Ø 10A400	7 Ø 3Bp500	23,95	17,47	3,93	5,44	–
9	1380	1360	200	359	5000	8 Ø 10A400	8 Ø 3Bp500	10,10	8,05	3,35	1,30	+
10	1380	1360	200	359	4900	8 Ø 8A400	8 Ø 5Bp500	25,16	19,15	3,27	6,23	–
11	1080	1060	200	345	6300	8 Ø 12A400	8 Ø 5Bp500	41,87	33,59	4,20	6,70	–
12	1580	1560	200	416	5900	9 Ø 14A400	9 Ø 5Bp500	52,91	42,99	3,93	3,60	–
13	1180	1160	200	302	4400	6 Ø 10A400	6 Ø 3Bp500	24,24	19,30	3,60	6,68	–
14	1480	1460	200	316	5400	8 Ø 12A400	8 Ø 3Bp500	39,42	30,62	3,60	6,68	–

П р и м е ч а н и е: "+" – прогиб не превышает предельно допустимого значения; "–" – прогиб превышает предельно допустимое значение.

увеличить площадь сечения арматуры (количество стержней); применить предварительное напряжение арматуры.

Выводы. Выполнен расчет по деформациям изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, армированных на основании расчета по несущей способности. Проведен анализ результатов расчета, в результате которого установлено, что в большинстве случаев армирование изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, принятое из расчета по несущей способности, недостаточно для обеспечения требований второй группы предельных состояний (по деформациям). Предложены меры на стадии проектирования для уменьшения прогибов железобетонных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01 – 2003. С изменением № 1. – М., 2015.
2. Поправка И.А., Борец А.Ю., Алешина Е.А. Разработка алгоритмов расчета изгибаемых железобетонных элементов по деформациям. – В кн.: Наука и инновации в современных условиях. Сборник статей Международной научно-практической конференции (20 января 2017 г., Казань). В 4 ч. Ч. 3. – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. С. 73 – 77.
3. Поправка И.А., Борец А.Ю., Алешина Е.А. Разработка алгоритма расчета кривизны изогнутой оси железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне. – В кн.: Новая наука: стратегии и векторы развития: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (8 марта 2017 г., Магнитогорск). В 3 ч. Ч. 2. – Стерлитамак: АМИ, 2017. С. 118 – 121.
4. Поправка И.А., Архипова А.С., Алешина Е.А. Анализ трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов. – В кн.: Новая наука: от идеи к результату. Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (22 октября 2016 г., Сургут). В 3 ч. Ч. 3. – Стерлитамак: АМИ, 2016. С. 88 – 91.
5. Истерин Е.В., Татарников Д.В., Алёшина Е.А. Разработка алгоритма расчета ширины раскрытия нормальных трещин железобетонных элементов. – В кн.: Приоритеты и научное обеспечение технологического прогресса. Сборник статей Международной научно-практической конференции (10 октября 2016 г., Нижний Новгород). – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. С. 52 – 54.
6. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07 – 85*. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 891/пр и введен 04.06.2017 г.

© 2018 г. *Е.А. Алёшина, А.Ю. Борец, Д.И. Алёшин*

Поступила 9 июля 2018 г.

УДК 728.1.03

Ю.К. Осипов

Сибирский государственный индустриальный университет

ЖИЛИЩЕ И ЧЕЛОВЕК, ЖИЛИЩЕ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

Тема, обозначенная в названии статьи, касается каждого, она вечна и не утратит актуальности; пока живет человек, она всегда новая, хотя корнями уходит в глубочайшую древность.

Никто не знает и даже не в состоянии узнать, где и когда человек построил свой первый дом. По дошедшим до нас остатком изображений древних жилищ можно лишь догадываться о том, как он выглядел.

В долине реки Иордан обнаружены остатки жилого дома, построенного немного-немало 11 тысяч лет назад (впоследствии он был реконструирован археологами). Дом представляет собой круглое углубление в каменном основании, гибкие жерди вставлены в заранее выдолбленные отверстия и сходятся наверху. Затем жерди – главные ребра этого примитивного каркаса – переплетены более тонкими прутьями и обмазаны глиной. В середине основания этого круглого дома – очаг, над ним отверстие.

Впереди еще долгие тысячелетия, открытия и разочарования, величие египетских пирамид и совершенство Афинского Акрополя, монументальность Рима и неистовый порыв готики, но там, в далекой долине Иордана, уже сделан решительный шаг, уже ведет свой отсчет времени великое ремесло архитектуры.

Кров над головой, защиту от непогоды и опасности, тепло и прохладу человек находит не под деревом и не в пещере, а в специально построенном постоянном доме [1].

Каждый народ веками выбирал свой стереотип жилого дома, наилучшим образом отвечающий климатическим условиям, укладу жизни, национальному характеру. Практичность, надежность, комфортность жилища – будь то китайская фанза или украинская хата – отражает коллективную мудрость целого народа, у которой профессиональному архитектору всегда есть чему поучиться.

История современного жилого дома начинается не в городе, а в деревне – там, где складывается устойчивый стереотип народного жилища. Характерным типом жилища восточных славян в средние века являлись бревенчатые наземные срубные постройки, во многих местах бытовавшие и позднее.

Самым простым типом народного жилища в России была изба-четырехстенка – сруб, в котором располагалась жилая комната-клеть с печью и пристроенные к ней сени. В условиях сурового климата северных районов России к избе пристраивали хозяйственную клеть и крытый двор по другую сторону сеней, так что сени оказывались в центральной части всей постройки и служили своего рода вестибюлем. И под жилой, и под хозяйственной частями дома устраивался высокий цокольный этаж – подклеть, где можно было держать скот. В дом вело нарядное крыльцо, а на двор – деревянный пандус, который назывался взвозом (рис. 1).

Свет в жилище проникал через волоковые окна (узкие прорези в бревенчатой стене, задвигавшиеся внутренними деревянными ставнями), которые постепенно сменялись «косящатыми», или «красными», с застекленными рамами. Вместо земляного пола стали все чаще настилать дощатый. Крыши домов на севере России в старину большей частью бывали двускатными, тесовыми,

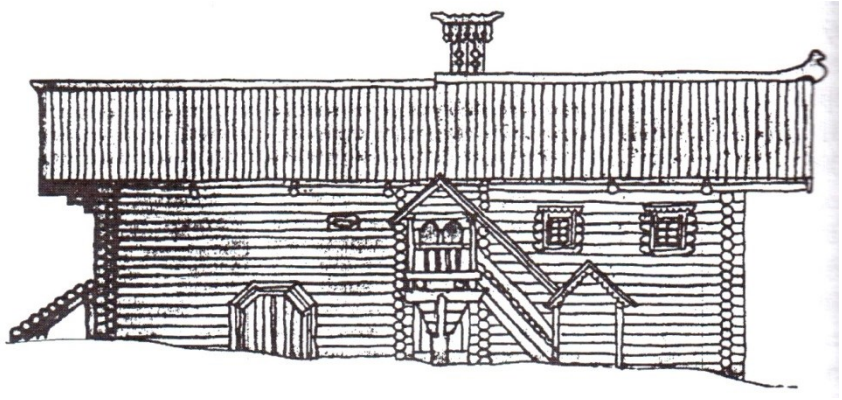


Рис. 1. Изба-пятистенка. Фасад с крыльцом

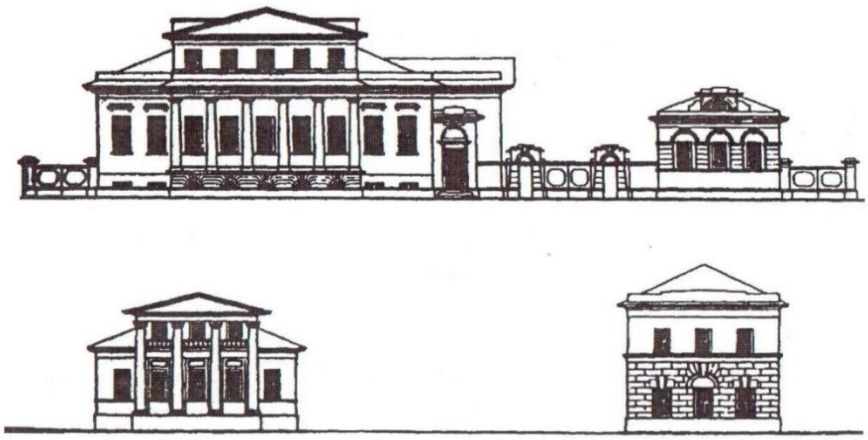


Рис. 2. Характерные фасады жилых домов, построенных в период восстановления Москвы после пожара 1812 г.

а на юге России – чаще четырехскатными, крытыми соломой или тростником. С XVIII века стали распространяться крыши из щепы (в средней полосе) и черепицы (на юге).

Расположение жилого дома относительно улицы и способ соединения с хозяйственными постройками имели у восточных славян ряд местных особенностей. В северных районах России изба вместе с примыкающим к ней крытым двором обычно составляла либо одну линию построек (однорядная связь), либо две линии (двурядная связь). На юге России жилье и хозяйственные постройки часто с трех сторон окружал открытый двор (застройка «покоем»).

Семьи побогаче и многолюдные ставили избы-пятистенки и даже шестистенки. Пятая и шестая рубленые стены отделяли от главного жилого помещения (избы с печью) другие комнаты меньшего размера – горницу и заулок. В избу и комнату устраивались отдельные входы из сеней, а в заулок вела дверь из избы.

Если посмотреть на план этих древних жилищ, то можно обнаружить достаточно много общего с современным жилищем. Например, изба-шестистенка похожа на современную трехкомнатную квартиру – тоже вытянутые в ряд вдоль коридора жилые комнаты, большая из них проходная. Не слишком отличаются и размеры комнат: «общая комната»-изба – 35 квадратных метров, другие (возможно, спальни) – поменьше – 20 и 10 квадратных метров. И все же, по мнению историков и археологов, крестьянская односрубная изба-четырехстенка еще в Древней Руси стала основным типом городского жилища [2].

Более богатые рубленые дома назывались посадскими. Особенно большие и нарядные дома носили название хором. Однако и хоромы сохраняют в своей основе все ту же планировку крестьянского жилого дома, хотя и с большим числом комнат (горниц). Эта же планировка сохраняется и в каменных посадских домах, получивших широкое распространение с конца XVII века. Кирпичные дома возводятся не только в Москве, но и в других городах. В Москве в черте нынешнего Бульварного кольца запрещалось вдоль больших улиц строить деревянные дома. С 1704 года предписывается ставить каменные дома вдоль «линии улиц» (рис. 2, 3).

Правильность геометрического построения фасада, продиктованная регулярной застройкой уличного фронта, сказывается и на плане дома. Например, в однопалатном посадском доме видна четкая четырехчастная планировка с расположением жилых помещений вокруг вытянутых сеней-коридора. Высокое крыльцо остается пока снаружи, а лестница с начала XVIII века уже встраивается в объем здания, что становится привычным и традиционным.

Современные сени со встроенной в них внутренней лестницей превращаются в парадный вестибюль зажиточного городского дома. Его многочисленные помещения выходят на фасад чередой одинаковых, регулярно расположенных окон. Окна имеют декоративное оформление – наличник. Такой дом состоит из анфилады комнат, принадлежащих одному хозяину. Все помещения разместились на двух этажах (рис. 4).

Образ городского дома с регулярным фасадом и ячеистой структурой уже сложнее. Такой каменный дом определяет облик русских городов в XVIII – XIX веках. Однако есть и исключения – это архангельский дом, который лишь сравнительно недавно привлек к себе внимание исследователей. Этот дом работал как фильтр по отношению к внешнему миру – обогревал зимой, сохранял прохладу летом, не допускал ни сырости, ни духоты. В то же время материал и малая этажность обеспечивали главный переход от внутреннего пространства к наружному, делали дом ча стью природы. Можно ли представить такое в современном панельном доме?

Форма архангельского дома, продиктованная

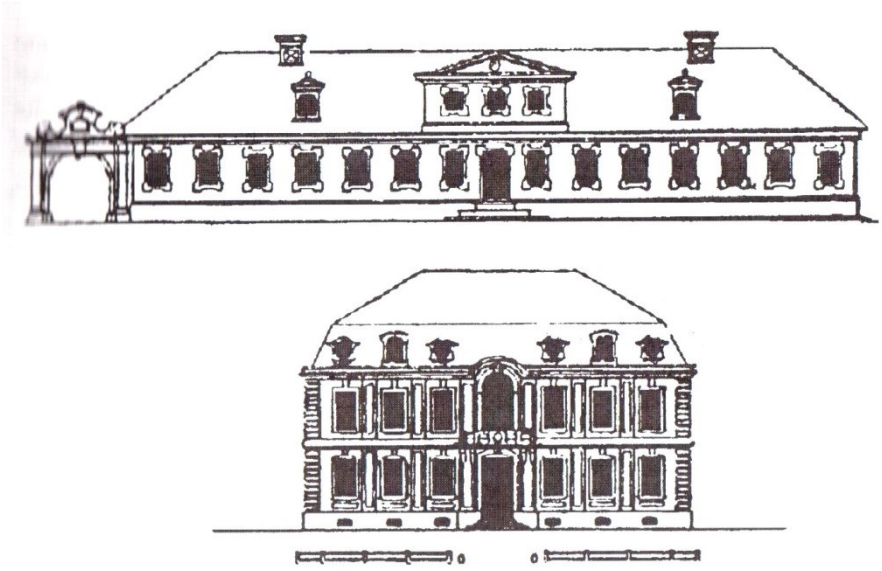


Рис. 3. Фасады образцовых домов (составлены Д. Трезини, 1714 г., Санкт-Петербург)

условиями среды, проста, естественна, а потому – красива. Тепло теряется через наружные ограждения, поэтому отношение поверхности к объему должно быть минимальным. К этому оптимуму стремились поколения плотников. В конце концов дом предстал композицией из двух простых геометрических тел – параллелограмма (сруба) и покоящейся на нем усеченной призмы (вальмовой крыши).

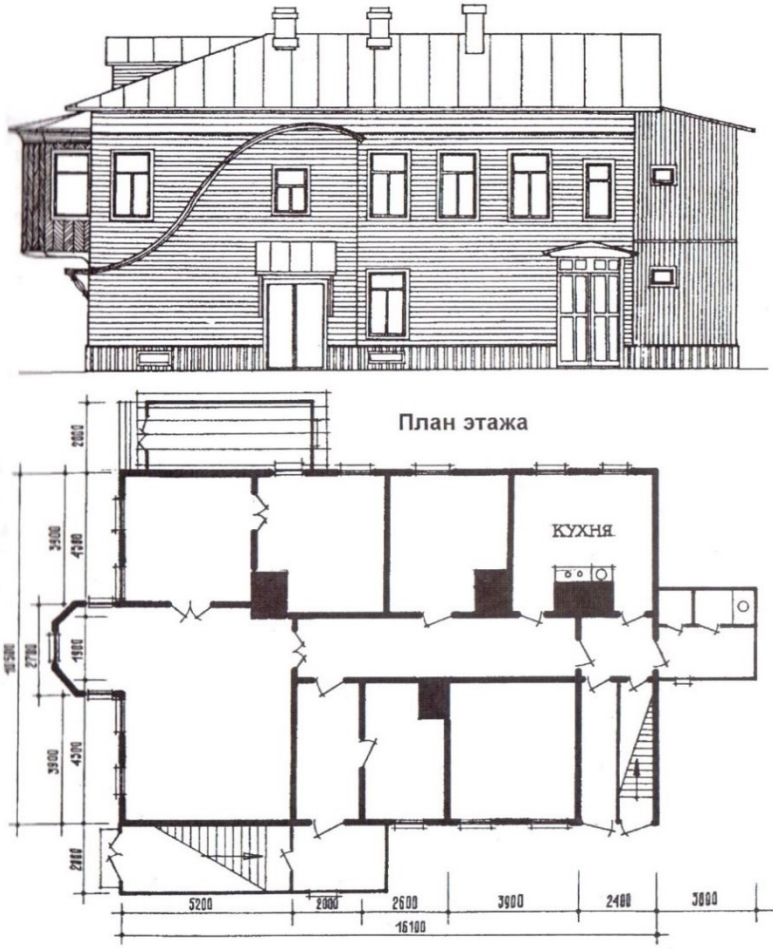


Рис. 4. Деревянный двухэтажный жилой дом

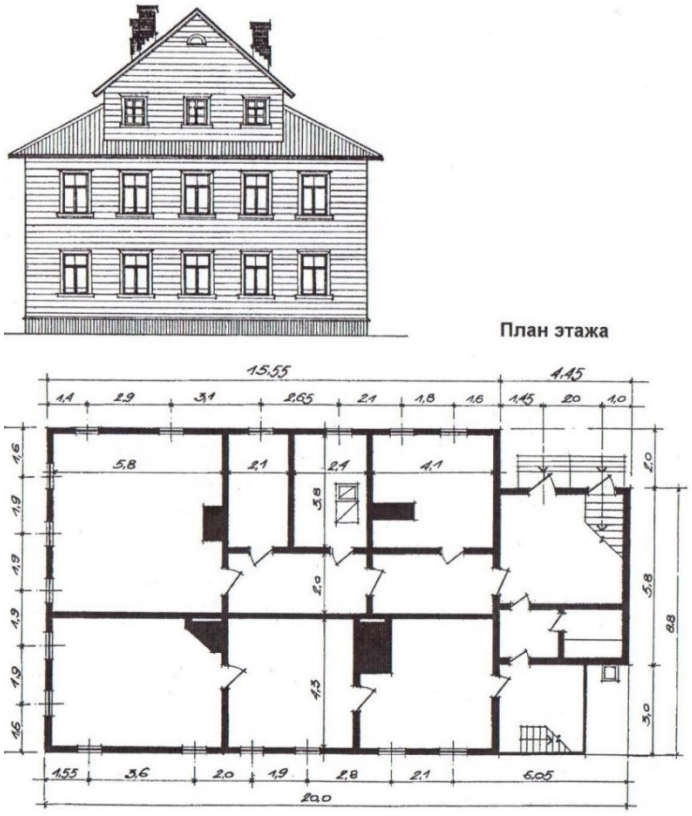


Рис. 5. Архангельский дом

Высота дома, не превосходившая ширины улицы, учитывала малый угол падения лучей северного солнца, длина составляла в среднем 25 метров, ширина – не более десяти. На всех уличных фасадах имелся постоянный набор архитектурных элементов: высокий цоколь, два ряда окон, выступающий карниз, вальмовая крыша. Внутри находился комплекс тесно связанных между собой помещений, где люди встречались, проводили досуг, готовили пищу, ели, спали.

Архангельский дом – это своеобразная постройка, и несмотря на общие исходные характеристики каждый дом чем-то отличается от другого. У одно-двухэтажных построек на самом виду крыша, поэтому именно их разнообразили в первую очередь – мансардами, мезонинами, слуховыми окнами, профилем карнизов. Жилая часть дома поднималась высоко над землей, чтобы из-под пола сыростью не тянуло, сверху жилую часть защищал от холода чердак. Крыши были не слишком пологие и не слишком крутые, а такие, чтобы удерживать минимум снега для дополнительной теплоизоляции. И в этом тоже связь архангельского дома с природой, союз с нею ради борьбы за жизнь.

Сама суть архангельского дома – в его планировке. С виду компактный, предназначенный для одной семьи или двух, связанных родственными узами, он скрывал за рублеными стенами расточительный простор помещений. Четко обосабливались функциональные зоны: парадная, жилая, хозяйственная, нанизанные на ось широкого длинного коридора, образовывавшего сквозной проход вдоль дома. При выборе строительного материала всегда принимали во внимание три основных фактора: доступность, цену и физические свойства. Таким материалом на севере России был лес, из которого и возводили архангельский дом (рис. 5).

Особенность России – большая территория и неравномерность расселения на ней. Население сконцентрировано в южной части страны и в центральной европейской, в меньшей степени – на Урале и Юге Западной Сибири. Громадная северо-восточная территория практически вообще не заселена, если не считать тонкую нить поселений вдоль транссибирской железнодорожной магистрали.

При освоении пространств Сибири и восточных территорий может пригодиться опыт строительства и эксплуатации архангельского дома [3].

Постепенно фасад городского дома обогащался архитектурным декором, наличие вестибюля с парадной лестницей и залами говорит о том, что дом стал дворцом. Дворцы формируют облик центра города, а массовым жилищем по-прежнему остается хижина. Жилище, как и все, становится товаром, оно продается, сдается внаем. Хозяину земельного участка выгодно разместить на нем наибольшее количество жилищ.

К тому времени строительная техника стала позволять группировать жилища по вертикали. Так появился многоквартирный жилой дом. Дома такого типа начали строить в России (в Москве, Петербурге) еще в начале XIX века, но только с середины столетия они становятся основным типом городского дома. Внутренняя структура такого дома стала совсем иной: уже нет иерархического построения старого городского особняка с центральным вестибюлем, парадными и служебными помещениями и т.д. Дом представляет собой скопление однотипных ячеек-квартир, сгруппированных около вертикальных лестничных клеток. Механический подъемник – лифт – позволет сделать в доме более семи этажей. Так появился многоквартирный многоэтажный жилой дом.

Учитывая огромные потребности в жилье, необходимо было организовать его поточное производство, что и было сделано посредством индустриализации. Типовой дом целиком – от фундамента до крыши – стал объектом индустриального серийного производства. Только один, наиболее «популярный» из первенцев отечественного домостроения типовой панельный дом был тиражирован в количестве трех миллионов квартир. Это значит, что около 10 миллионов человек стали жить в одном и том же доме. Читателю такие дома хорошо знакомы – это в основном пятиэтажки. Затем пошла волна массового производства девяти-, двенадцатиэтажных домов. С появлением массового многоэтажного жилья поточного производства появились и проблемы, которые уже в период их эксплуатации поставили перед обществом вопрос: «А так ли хорошо жить в квартире многоэтажного дома?»

Ответ на этот вопрос можно найти, исследуя опыт ведущих стран Европы и Америки, модель градостроительства которых могла бы принести пользу и нашей стране. Как и другим странам, нам нужны новые модели жизни в современном обществе.

Проводившиеся на протяжении XX века регулярные масштабные исследования американской глубинки показали, что по уровню доступности основных духовных и материальных благ, по уровню и качеству жизни эти городки ничуть не уступают мегаполисам. А по многим параметрам (экология, безопасность и т.п.) намного превосходят мегаполисы в лучшую сторону [4]. Поэтому у жителей одноэтажной Америки не возникает желания перебраться в многоэтажные комплексы.

А что у нас? А у нас тоже есть похожий исторический опыт. В дореволюционной России городской деревянный жилой дом нес в своем облике и конструктивно-структурной организации особенности народного зодчества (рис. 6). В нем вплоть до XX века удерживались многие старые приемы строительного мастерства, которые передавались из поколения в поколение, отбирались и шлифовались в течение многих веков в процессе строительства самых разнообразных деревянных сооружений [5].

Что касается этажности дома, то и здесь были ограничения. Считалось, что городской жилой дом не должен быть выше дерева или церковного купола.

Жилище XXI века – это преимущественно односемейный жилой дом с достаточно большим земельным участком в системе развитой городской культурно-бытовой инфраструктуры. Велением времени становится размещение мест труда в доме и высокие требования к экологии жилой среды.

Становясь материальным воплощением художественного сознания, жилище выполняет важную культурную и воспитательную функции.

Жилые здания, хозяйственные постройки, сооружения, комплексы усадеб складываются в пространственный и социальный организм поселка, города. Красота усадьбы, города определяется не только архитектурными объектами. Она зависит от всего, что составляет материальную среду, окружающую человека в городской среде. Помимо зданий и природы, в нее входят произведения «малой архитектуры» (навесы, ограды, скамейки, цветники, бассейны, скульптура), разнообразные технические устройства (осветительные столбы, подвесные светильники), средства транспорта, заполняющие улицы поселков и городов. Кроме того, для облика жилой среды немалое значение имеют различные средства информации – указатели, надписи, вывески, реклама. Внутреннее пространство жилых зданий становится жизненной средой, будучи наполненной необходимым оборудованием и мебелью, предметами бытового обихода, а также произведениями живописи, скульптуры, фотографии, декоративно-прикладного искусства, озеленением.

Все многочисленные составляющие искусственной жилой среды, созданной человеком, помимо своих практических функций, наделены и эстетическими свойствами. Все, что составляет жилую среду, может быть объединено общим характером средств и приемов формообразования. Такая устойчивая общность художественных признаков называется стилем в архитектуре жилища.

Берясь за создание жилого дома, архитектор либо выбирает уже существующие формы-стили, строя дом по канонам и правилам, либо изобретает принципиально новую форму, либо создает новый стиль для каждого жилого дома, как в органичной архитектуре, где форма строится в со-

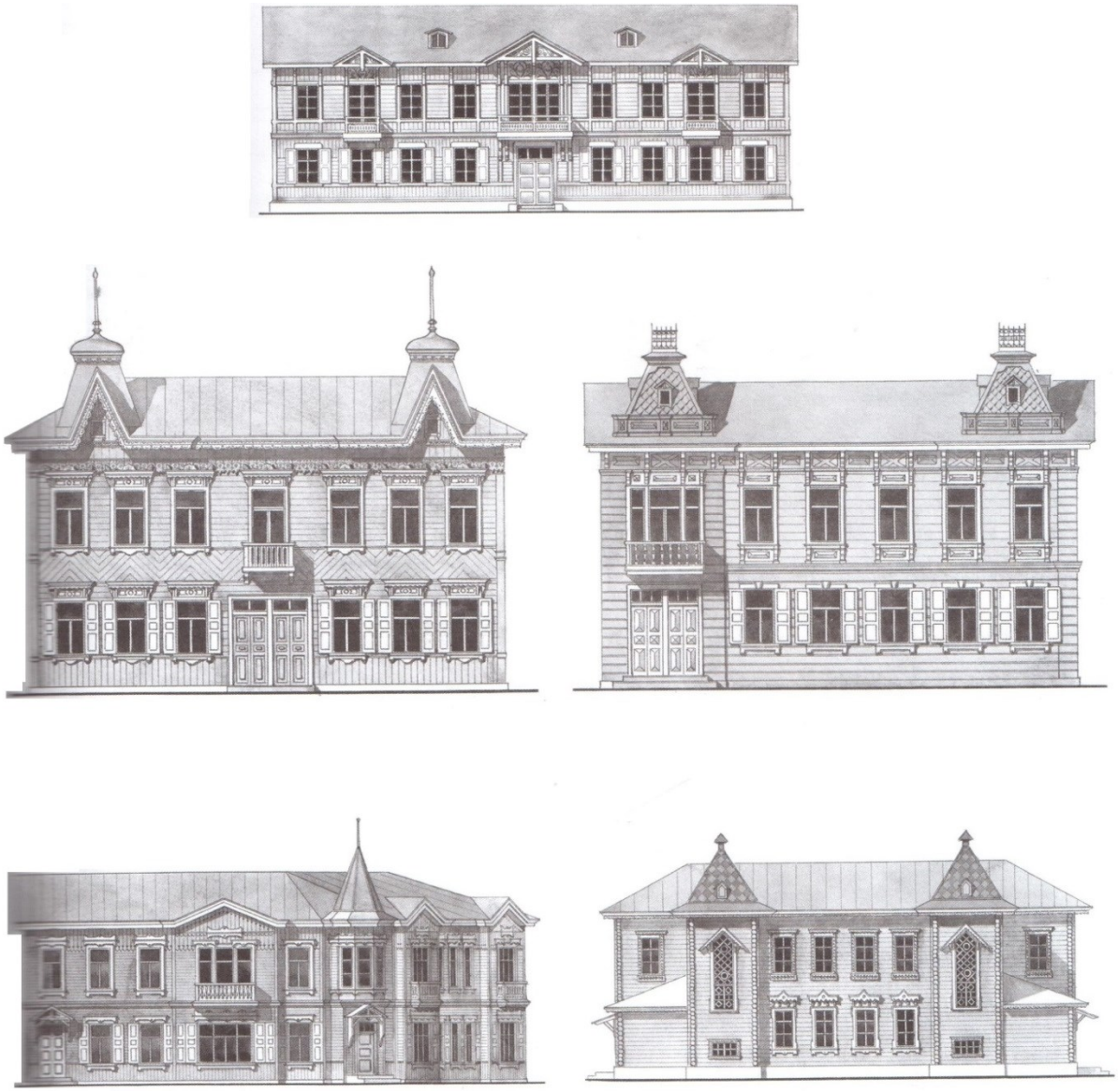


Рис. 6. Типы деревянных и каменных зданий городов Сибири

ответствии с потребностями жизни семьи и в связи с духом места.

В современной практике малоэтажного жилищного строительства не все устоялось, мало количественных повторений, не все получило известность. Поэтому обозначим современные тенденции, а затем дадим классификацию современным стилям в проектировании жилого дома.

Общие закономерности в стилеобразовании проявляются по-разному в зависимости от величины и класса жилого дома.

В малых городских домах, коттеджах, в сельских усадьбах, где преобладает народная и демократичная архитектура, о стилях специально не задумываются. Жилые дома строят, зачастую, с непосредственным участием застройщика, по прототипам, с декорированием и украшением фасада согласно культурным и эстетическим идеалам заказчика. В результате дома по планировочной и конструктивной структуре, по объемной форме схожи, выполнены в традиционных жилищных формах сельской (деревенской, кантри) архитектуры, а по внешнему облику отличаются, отражая отношение жителя к дому и людям.

Дома среднего класса – коттеджи и особняки – плоды профессиональной архитектуры. Поэтому вопрос о стилях и стильности жилого дома здесь стоит особенно остро. Качество формы жилого дома создается точно подобранными архитектурными средствами, благодаря хорошему вкусу и мастерству архитектора. В итоге общая объемная композиция жилого дома пластически выразительна, индивидуальная в каждом отдельном случае, роль деталей и пластики фасадов решается обобщенно на основе традиционных и современных материалов.

В элитарной архитектуре – виллы и загородные резиденции, особняки – стильность формы, ее художественная выразительность и неповторимость – профессиональная задача архитектора как художника.

Стиль дома отражает уровень вкуса и культурные претензии, основательность и внутреннюю мощь его владельца, объединяет дом с фундаментальными устоями общества и человеческой истории. Общая композиция такого жилого дома име-

ет, как правило, объемно-пространственный характер, роль деталей и пластики фасадов резко возрастает, ландшафтное окружение решается с привлечением всех достижений садово-паркового искусства. Здесь используются все известные стили, ценится качество стиля и исполнителя.

В современном односемейном жилище в настоящее время можно выделить следующие наиболее распространенные архитектурные стили и тенденции:

– народный или деревенский традиционный стиль: дома на основе компактного плана, низкий цоколь, отсутствие подвала, двухскатная крыша, широкий карниз, декоративное обрамление окон, дверей, ставни, ограждения на основе традиционной национальной культуры;

– современный с индустриальными формами: дома с индустриальными, рациональными формами, конфигурация плана самая разнообразная, сложная, объем здания четко геометричен, плоская крыша, эксплуатируемая кровля, стены с большими проемами окон, упрощенные детали или их отсутствие, асимметрия объемов и деталей;

– историзм (стили – романский, готический, классика, древнерусский или русский, колониальный): форма плана, объемные построения и пластика жилого дома отражают особенности стилей; известный стиль узнаваем, современный дом похож на дом исторический;

– регионализм: форма плана, объемное построение и пластика жилого дома отражают особенности стилей других стран и культур; дом воспроизводит известную специфику здания, сформировавшегося в другом регионе строительства;

– современная стилизация: форма плана, объемная структура и пластика жилого дома самые разнообразные, продиктованы современными условиями и требованиями, самостоятельность общих подходов и вторичность в элементах формы; современный дом несет прикосновение к истории, прошлой культуре через стиль;

– авангардные решения: форма плана, объемная структура и пластика жилого дома самые необычные, продиктованы стремлением реализовать авторскую схему, которые возможно будут актуальны в будущем, самостоятельность и оригинальность в общих подходах и в элементах формы; наблюдается оторванность от современных условий и требований;

– органичная архитектура: форма плана, объемная структура и пластика жилого дома индивидуальны, зависят от современных условий места и функции, принципиальная самостоятельность в общих подходах и в элементах формы, оригинальность и целостность формы, дом максимально срастается с природным или поселковым окружением, предельно индивидуален;

– русская архитектура: форма плана простая, составная, в построении объема присутствует вертикаль, шатровость силуэта, декоративность деталей, народность, живописность, незаконченность, объемная структура и пластика жилого дома отражают тектонику бревенчатой, каменной или кирпичной конструкции; один жилой этаж с высоким подклетом и чердачной крышей; дом воссоздает уютную жилую среду в общей форме и ее элементах, отражает культурную специфику русского мышления и образа жизни;

– формализм: форма плана, объемная структура и пластика жилого дома не зависят от современных условий и требований места и функции, самостоятельность и оригинальность в общих подходах и в элементах формы, целостность формы; все формальные средства – результат реализации некоторой схемы, идеи; дом похож на некоторую известную форму, имеющую символическое значение: башню, крепость, цветок, корабль, оранжерею, избу и т.п.;

– бионическая архитектура: форма плана простая или сложная, криволинейная; объемная структура жилого дома раскрыта благоприятными природно-климатическими условиями – теплицы, террасы, гелиоколлекторы, экологические местные материалы; бионичность и природосообразность в общих подходах и в элементах формы, целостность формы; все формальные средства – результат создания здоровых условий проживания и максимальной гармонии с природой.

Выводы. Содержание понятия «жилище» изменялось в зависимости от изменения социальных структур и социальных процессов. На ранних этапах развития общества функции жилища выполняли природные объекты – пещера, остров, дерево и т.п. Общая цель формирования жилища состоит в пространственной организации процессов повседневной жизнедеятельности населения (труда, быта и отдыха).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осипов Ю.К., Матехина О.В. Архитектурно-типологические основы проектирования жилых зданий: Учеб. пособие. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2013. – 253 с.
2. Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К. Жилище для человека – М.: Стройиздат, 1991. – 250 с.
3. Осипов Ю.К., Микрюков В.Р. Проектирование малоэтажного жилища: Учеб. пособие. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2005. – 356 с.
4. Горбачев В.Г. Архитектура сибирских городов XIX – начала XX века. Научное издание. – Санкт-Петербург: Коло, 2016. – 150 с.
5. Конструкции гражданских зданий / Под ред. Дюрнбаума. – М.: Изд. Академии архитектуры СССР, 1946. – 540 с.

© 2018 г. Ю.К. Осипов
Поступила 9 октября 2018 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 669.053.75

В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко, Н.А. Спирин, В.В. Лавров

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЖИГА МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ С УЧЕТОМ ПРОИСХОДЯЩИХ В НИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ*

Задача проектирования обжиговых машин и оптимизации их тепловой работы не может быть эффективно решена до тех пор, пока в математической модели процесса не будут относительно точно определяться интенсивности протекания отдельных химических реакций. Учитывая сделанные в работе [1] замечания об общей сложности комплексной математической модели процесса обжига рудоугольных окатышей, описание физико-химических аспектов процесса желательно оформлять в виде относительно простых математических уравнений, отражающих тем не менее правильно основные (характерные) стороны того или иного явления.

Наибольший интерес и, в то же самое время, самые большие затруднения вызывает описание процесса восстановления оксидов железа рудных гранул окатыша. Как показывает обзор литературы [2 – 8], адекватными экспериментальным данным являются математические модели, использующие трехступенчатую схему восстановления. Строгое математическое описание процесса восстановления по такой схеме требует совместного решения задач кинетики последовательно-параллельных реакций и диффузии многокомпонентного газа в порах куска руды (окатыша). Наиболее последовательно такой метод анализа закономерностей восстановления проведен в работе [8], однако он не может быть использован в математической модели процесса обжига рудоугольных окатышей вследствие своей сложности, и его необходимо упростить до разумного предела.

В общем случае при обжиге магнетитовых окатышей схематическое строение рудной гранулы будет иметь вид, представленный на рис. 1. В процессе окисления гранулы в зоне подогрева и начальном участке зоны обжига на ее (гранулы) поверхности образуется гематитовая корка, толщина которой определяется содержанием кислорода в газе и скоростью нагрева материала. При переходе в зону восстановления получают развитие реакции восстановления; в объеме гранулы образуются кольца железа и его оксидов. Можно выделить пять слоев различных состояний рудной составляющей окатыша, как это показано на рис. 1.

Для решения задачи восстановления рудной гранулы важно знать кривые распределения концентраций восстановителей и газообразных продуктов реакции по радиусу. Как уже отмечалось выше, для этого необходимо решать внутреннюю задачу нестационарной диффузии многокомпонентного газа в порах гранулы. В целях упрощения математической модели обжиговой машины используем, однако, другой подход, а именно приближенный метод решения задачи Стефана, развитый Л.С. Лейбензоном [9]. Предположим, что в каждый момент времени для заданной концентрации компонента газа в макропорах окатыша в объеме гранулы успевает установиться квазистационарное распределение. Все реакции восстановления оксидов железа протекают не на поверхности микропор соответствующего слоя гранулы, а на разделяющих эти слои фронтальных поверхностях, причем восстановление центрального объема первоначального магнетита (слой *1*) не получает развитие до тех пор, пока соседняя гематитовая область (слой *2*) не восстановится до Fe_3O_4. При таких допущениях изменение концентрации CO по радиусу рудной гранулы будет описываться следующей системой уравнений:

– уравнением стационарной диффузии

$$\frac{1}{\xi_{\text{р}}^2}\frac{d}{d\xi_{\text{р}}}\left(D_{i\text{CO}}\xi_{\text{р}}^2\frac{dC_{\text{CO}}}{d\xi_{\text{р}}}\right)=k_{2,2}\left(C_{\text{CO}}-\frac{C_{\text{CO}_2}}{K_{2,2}}\right)\delta\left(\xi_{\text{р}}-\xi_{\text{м}}\right)+$$

$$+k_{2,3}\left(C_{\text{CO}}-\frac{C_{\text{CO}_2}}{K_{2,3}}\right)\delta\left(\xi_{\text{р}}-\xi_{\text{в}}\right); \qquad (1)$$

*Из материалов конференции «Металлургия-2017», г. Новокузнецк.

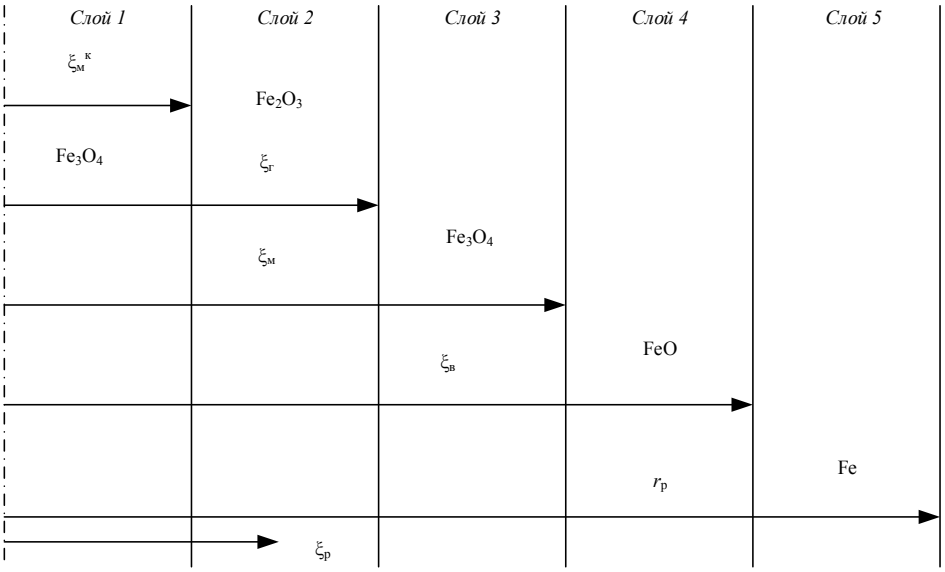


Рис. 1. Схематическое строение рудной гранулы:
ξ – толщина слоя гранулы; индексами «к», «м», «г», «в», «р» обозначены соответственно корка, магнетит, гематит, вюстит, руда

– с граничными условиями

$$\xi_р = \xi_г, \quad D_{мCO}\frac{dC_{CO}}{d\xi_р} = k_{2,1}\left(C_{CO} - \frac{C_{CO_2}}{K_{2,1}}\right); \quad (2)$$

$$\xi_р = r_р, \quad D_{жCO}\frac{dC_{CO}}{d\xi_р} = \beta_{2CO}\left(C^0_{CO} - C_{CO}\right); \quad (3)$$

здесь C_{CO} и C_{CO_2} – концентрация соответствующего газового компонента (CO или CO_2); $k_{2,i}$ – эффективные константы скорости реакций восстановления оксидов железа CO на *i*-й ступени восстановления; $K_{2,i}$ – их константы равновесия; D_{kCO} – эффективные коэффициенты диффузии оксида углерода в *k*-ом слое рудной гранулы; β_{2CO} – коэффициент массообмена по CO на поверхности рудной гранулы, где концентрация равна C^o_{CO}; δ(*x*) – символ Кронекера, причем

$$\delta\left(\xi_р - \xi_м\right) = \begin{cases} 0 \text{ при } \xi_р \le \xi_м; \\ > 0 \text{ при } \xi_р > \xi_м, \end{cases}$$

и аналогично для $\delta\left(\xi_р - \xi_в\right)$.

Такая же система уравнений может быть записана для диоксида углерода. При этом все эффективные коэффициенты диффузии следует заменить на D_{kCO_2} и изменить знаки правых частей уравнений (1) и (2) на противоположные.

Для всех значений $\xi_р$, за исключением $\xi_р = \xi_м$ и $\xi_р = \xi_в$, правая часть уравнения (1) равна нулю. Поэтому в пределах каждого слоя рудной гранулы кривая изменения концентрации будет представлять собой отрезок гиперболы

$$C_{CO} = -\frac{1}{D_{kCO}}\frac{A_k}{\xi_р} + A_{1k}, \quad (4)$$

т.е.

$$C_{CO} = -\frac{1}{D_{мCO}}\frac{A_м}{\xi_р} + A_{1м}$$

$$\text{при} \quad \xi_г \le \xi_р < \xi_м; \quad (4.1)$$

$$C_{CO} = -\frac{1}{D_{вCO}}\frac{A_в}{\xi_р} + A_{1в}$$

$$\text{при} \quad \xi_м < \xi_р < \xi_в; \quad (4.2)$$

$$C_{CO} = -\frac{1}{D_{жCO}}\frac{A_ж}{\xi_р} + A_{1ж}$$

$$\text{при} \quad \xi_в < \xi_р < r_р; \quad (4.3)$$

$$\frac{dC_{CO}}{d\xi_р} = \frac{A_м}{\xi_р^2} \quad \text{при} \quad \xi_г \le \xi_р < \xi_м;$$

$$\frac{dC_{CO}}{d\xi_р} = \frac{A_ж}{\xi_р^2} \quad \text{при} \quad \xi_в < \xi_р < r_р; \quad (4.4)$$

$$\frac{dC_{CO}}{d\xi_р} = \frac{A_в}{\xi_р^2} \quad \text{при} \quad \xi_м < \xi_р < \xi_в.$$

Можно показать, что кривая концентрации CO непрерывна, в то время как ее производная на фронтальных поверхностях претерпевает разрыв, причем при переходе через границу $\xi_р = \xi_м$ скачок концентрации составляет $k_{2,2}(C_{CO} - C_{CO_2} / K_{2,2})_{\xi_р=\xi_м}$, а при переходе через $\xi_р = \xi_в$ – $k_{2,3}(C_{CO} - C_{CO_2} / K_{2,3})_{\xi_р=\xi_в}$. Отмеченное выше справедливо также для кривой изменения концентрации диоксида углерода. Таким образом, с учетом четырех граничных условий типа (2), (3) получаем систему из восьми уравнений для отыскания восьми неизвестных, определяющих профили концентрации CO (A_k, A_{1k}) и CO_2 (B_k, B_{1k}). Процедура решения этой системы тривиальна, а сами решения здесь не приводятся ввиду их громоздкости. В компактной форме записи они имеют вид

$$A_м = -B_м = \Delta_{м2}/\Delta_2; \quad A_в = -B_в = \Delta_{в2}/\Delta_2;$$
$$A_ж = -B_ж = \Delta_{ж2}/\Delta_2, \qquad (5)$$

где Δ_2 – определитель упомянутой выше системы; Δ_{k2} – ее алгебраические дополнения.

Коэффициенты A_{1k} и B_{1k} выражаются через A_k, B_k и концентрации CO и CO_2 в макропорах окатыша.

Аналогичные выражения могут быть записаны для случая восстановления оксидов железа водородом.

Переходя от мольных концентраций компонентов газа к их объемным долям

$$C_{CO} = \rho_{CO}CO/M_{CO}, \quad C_{H_2} = \rho_{H_2}H_2 / M_{H_2}$$

и т.д. и используя основные положения кинетики последовательно-параллельных реакций [2, 3, 7, 8], получим следующие выражения, определяющие закономерности изменения границ раздела зон рудной гранулы и мощностей источников (стоков) теплоты:

– для гематитовой зоны (зона *2*)

$$\rho_р g'_{Fe_2O_3} \frac{\partial \xi_г}{\partial \tau} = -\frac{3}{\xi_г^2}\left(80\rho_{H_2}\frac{\Delta_{м1}}{\Delta_1} + 5,7143\rho_{CO}\frac{\Delta_{м2}}{\Delta_2}\right) =$$
$$= -\frac{3}{\xi_г^2}\left(80\upsilon_{1,1} + 5,7143\upsilon_{1,2}\right) \quad кг\ Fe_2O_3/с; \qquad (6)$$

$$f_{гем}\, q_{гем} = -\frac{9DR}{r_р^3}\frac{\rho_м}{\rho_р}\chi_{V_2}(80\upsilon_{1,1}q_{1гем} + \qquad (7)$$
$$+5,7143\upsilon_{1,2}q_{2гем})\ Вт/м^3;$$

– для магнетитовой зоны (зона *3*)

$$\rho_р g'_{Fe_3O_4}\left(\xi_м^2\frac{\partial \xi_м}{\partial \tau} - \xi_г^2\frac{\partial \xi_г}{\partial \tau}\right) = 2\left(116\upsilon_{1,1} + 8,2857\upsilon_{2,1}\right) -$$
$$-\xi_м^2\left(116\upsilon_{1,2} + 8,2857\upsilon_{2,2}\right) \quad кг\ Fe_3O_4/с; \qquad (8)$$

$$f_{маг}\, q_{маг} = -\frac{3DR}{r_р^3}\frac{\rho_м}{\rho_р}\chi_{V_2}\xi_м^2(116\upsilon_{1,2}q_{1маг} + \qquad (9)$$
$$+8,2857\upsilon_{2,2}q_{2маг})\ Вт/м^3;$$

– для вюститной зоны (зона *4*)

$$\rho_р g'_{FeO}\left(\xi_в^2\frac{\partial \xi_в}{\partial \tau} - \xi_м^2\frac{\partial \xi_м}{\partial \tau}\right) = 3\xi_м^2\left(36\upsilon_{1,2} + 2,5714\upsilon_{2,2}\right) -$$
$$-\xi_в^2\left(36\upsilon_{1,3} + 2,5714\upsilon_{2,3}\right) \quad кг\ FeO/с; \qquad (10)$$

$$f_в q_в = -\frac{3DR}{r_р^3}\frac{\rho_м}{\rho_р}\chi_{V_2}\xi_в^2(36\upsilon_{1,3}q_{1в} + \qquad (11)$$
$$+2,5714\upsilon_{2,3}q_{2в});\ Вт/м^3.$$

В этих выражениях $g'_{Fe_2O_3}$ – массовая доля гематита при его равномерном распределении по всему объему рудной гранулы; $g'_{Fe_2O_3} = g^k_{Fe_2O_3} r_р^3 / [r_р^3 - (\xi_р^k)^3]$; $g^k_{Fe_2O_3}$ – доля гематита в грануле перед началом восстановления; $\rho_р$ и $\rho_м$ – плотности руды и окатыша; $q_{l,k}$ – удельные тепловые эффекты реакций восстановления H_2 и CO на отдельных ступенях, а скорости восстановления $\nu_{l,k}$ определяются уравнениями

$$\upsilon_{1,2} = \rho_{H_2}k_{1м}\left[\left(\frac{1}{D_{мH_2}}\frac{\xi_м - \xi_г}{\xi_м\xi_г} + \frac{1}{k_{1г}\xi_г^2}\right)\frac{\Delta_{м1}}{\Delta_1} + \right.$$
$$\left. + \left(H_2^0 - H_2O^0\right)\left(\frac{1}{K_{1,1}+1} - \frac{1}{K_{1,2}+1}\right)\right]; \qquad (12)$$

$$\upsilon_{2,2} = \rho_{CO}k_{2,2}\left[CO^0 - \frac{CO_2^0}{K_{2,2}} - \right.$$
$$-\left(\frac{1}{D_{вCO}} + \frac{1}{K_{2,2}D_{вCO_2}}\right)\frac{\xi_в - \xi_м}{\xi_в\xi_м}\frac{\Delta_{2в}}{\Delta_2} - \left(\left(\frac{1}{D_{жCO}} + \right.\right.$$
$$\left. + \frac{1}{K_{2,2}D_{жCO_2}}\right)\frac{r_р - \xi_в}{r_р\xi_в} +$$
$$\left.\cdot + \left(\frac{1}{\beta_{2CO}} + \frac{1}{K_{2,2}\beta_{2CO_2}}\right)\frac{1}{r_р^2}\right)\frac{\Delta_{ж2}}{\Delta_2}\Bigg]; \qquad (13)$$

$$\upsilon_{1,3} = \rho_{H_2}k_{1в}\left[H_2^0 - \frac{H_2^0 + H_2O^0}{K_{1,3}+1} - \right.$$

$$-\left(\frac{1}{D_{\text{ж}\text{H}_2}}\frac{r_\text{р}-\xi_\text{в}}{r_\text{р}\xi_\text{в}}+\frac{1}{\beta_{1\text{H}_2}r_\text{р}^2}\right)\frac{\Delta_{1\text{ж}}}{\Delta_1}\Bigg]; \qquad (14)$$

выражение для $\upsilon_{2,3}$ отличается от уравнения (13) лишь тем, что в нем вместо $k_{2,2}$ и $K_{2,2}$ стоят коэффициенты $k_{2,3}$ и $K_{2,3}$.

В вышеприведенных уравнениях $k_{1k} = k_{1,k}$ ($K_{1,k}$ + 1)/$K_{1,k}$. При вычислениях константы равновесия принимались по данным работы [2], а эффективные константы скоростей реакций $k_{l,k}$ – по экспериментальным данным, а также данным, приведенным в работах [3, 5, 7]. Тепловые эффекты реакций q_{lk} рассчитывались по выражениям, построенных на основе таблиц, приведенных в указанных источниках, с использованием метода наименьших квадратов.

Система уравнений для объемных долей компонентов газа определяется типом газовой атмосферы. Если слой обрабатывается продуктами полного (CO_2, H_2O, N_2) или частичного (CO, CO_2, H_2, H_2O, N_2) сжигания топлива, то она включает семь уравнений, так как, помимо перечисленных компонентов газа, неизвестными являются также скорость фильтрации $\upsilon_{0\text{г}}$ и массовая скорость $G_{\text{с.г}}$. При наличии в атмосфере свободного кислорода добавляется еще одно выражение. Тип атмосферы изменяет также итоговую систему дифференциальных уравнений, описывающих физико-химические аспекты процесса обжига рудоугольных окатышей. Подробно эти вопросы здесь не рассматриваются, поскольку они относительно легко учитываются в рамках, изложенных в работе [1], а также в настоящем исследовании.

Изложенная методика в совокупности с моделью [1] широко использует адаптацию расчетных значений к экспериментальным данным, поэтому некоторые коэффициенты D_{kl}, используемые в модели, можно назвать коэффициентами диффузии лишь условно. Тем не менее, получаемые при моделировании результаты и рекомендации весьма хорошо соответствуют промышленным данным. Для иллюстрации этого положения на рис. 2 показана зависимость удельного расхода топлива $V_\text{т}$, м^3/т, от удельной производительности машины g, т/(ч·м^2), для двух высот слоя: 350 мм – кривая *1* и 450 мм – кривая *2*.

Выводы. Рассмотрены вопросы учета физико-химических аспектов процесса обжига металлизованных окатышей на конвейерной машине. Показано, что в совокупности с ранее разработанной математической моделью процесса обжига рудоугольных окатышей такой подход позволяет получать рекомендации и результаты, хорошо соответствующие промышленным условиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г., Спирин Н.А., Лавров В.В. Математическая модель процесса обжига рудоугольных окатышей на конвейерной машине // Изв. вуз. Черная металлургия. 2017. Т. 60. № 4. С. 12 – 24.
2. Есин О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов; изд. 2-е. Ч. 1. – Свердловск: Металлургиздат, 1962. – 671 с.
3. Szekely J., Evans J.W., Sohn H.Y. Solid – Gas Reactions. – N.Y.: Academic Press, 1976. – 400 p.
4. Бабушкин Н.М., Тимофеев В.Н. Горение топлива в слое агломерационной шихты. – В кн.: Теплотехника доменного и агломерационного процессов: Сб. научн.трудов ВНИИМТ, №14. – М.: Металлургия, 1966. С. 139 – 159.
5. Takahashi Y., Takahashi R. Reduction of Iron Pellets by Using a Laboratory Scale Moving Bed Reactor at High Pressure. – In: Proc. VIII Joint Japan – USSR Symposium on Physical Chemistry of Metallurgical Processes. Tokyo, 1981. P. 78 – 92.

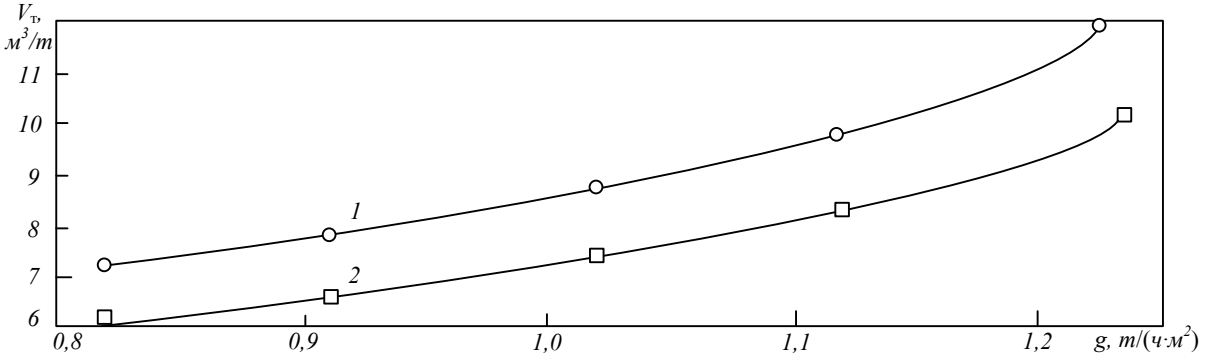


Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива от удельной производительности обжиговой машины

6. Экономос М. Реакции в твердой фазе в ферритах. – В кн.: Кинетика высокотемпературных процессов / Под ред. У.Д. Кинджери. – М.: Металлургия, 1965. С. 168 – 180.

7. Yagi I., Szekely J. Mathematical formulation on iron oxide pellets in muving beds with nonuniform gas and solids flow //Trans. Iron and Steel Inst. Japan. 1977. No. 10. P. 569 – 575.

8. Макрокинетика восстановления железорудных материалов газами: математическое описание / С.Д. Абрамов, Л.Ф. Алексеев, Д.З. Кудинов, А.В. Ченцов, С.В. Шаврин. – М.: Наука, 1982. – 105 с.

9. Рубинштейн Л.И. Проблема Стефана. – Рига: Звайгзне, 1967. – 457 с.

© 2018 г. В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко, Н.А. Спирин, В.В. Лавров

Поступила 30 ноября 2017 г.

УДК 681.518.5

М.В. Шипунов[1], Д.Е. Коровин[1], В.В. Грачев[2], Л.П. Мышляев[2], М.В. Ляховец[2], М.Ю. Мелкозеров[3], Г.В. Макаров[1]

[1]ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»

[2]Сибирский государственный индустриальный университет

[3]ООО СП «Барзасское товарищество»

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «БАРЗАССКОЕ ТОВАРИЩЕСТВО»*

В 2017 – 2018 гг. в рамках увеличения производственной мощности ОФ «Барзасское товарищество» (г. Березовский, Кемеровская обл.) была проведена реконструкция технологического комплекса за счет добавления нового технологического оборудования и участков. Модернизация производственной части повлекла за собой необходимость не только корректировки существующего информационного обеспечения, но и разработки новых элементов АСУ ТП [1].

Информационное обеспечение верхнего уровня АСУ ТП ОФ «Барзасское товарищество» строится на базе SCADA-системы Genesis32 компании Iconics (США). Она предоставляет богатые возможности для создания современной системы диспетчеризации:

– полное резервирование данных, поступающих из драйверов ввода-вывода, тревог и событий, исторических данных;

– сбор данных с удаленных объектов с помощью различных драйверов ввода-вывода (OPC, NetDDE);

– интеграцию передачи и обработки данных в универсальном навигаторе;

– визуализацию данных посредством графического объектно-ориентированного редактора;

– группировку тегов, передачу, обработку и хранение производственных данных для любых сторонних серверов и клиентов.

Несмотря на то, что на фабрике используется SCADA-система Iconics Genesis32 версии 9.21, вышедшей в свет еще в 2010 г., она остается актуальной благодаря своим следующим достоинствам:

– *встроенные командные языки и дополнительные средства обработки*. Система имеет возможность встраивания элементов управления ActiveX и объектов OLE, встроенную среду редактирования сценарных процедур;

– *поддерживаемые базы данных.* SCADA-система Genesis32 использует синтаксис ANSI SQL, который не зависит от типа базы данных;

– *графические возможности.* Среда разработки GraphWorX32 представляет собой графический объектно-ориентированный редактор с набором анимационных функций и встроенной библиотекой символов технологической графики [2].

Взаимодействие диспетчера фабрики при контроле и управлении технологическим комплексом осуществляется посредством пульта управления АСУ ТП ОФ, расположенного непосредственно на рабочем месте диспетчера (рис. 1), и персонального компьютера с установленной SCADA-системой Genesis32 (рис. 2) [3].

Визуализация технологического процесса АСУ ТП ОФ «Барзасское товарищество» осуществляется с помощью графической среды GraphWorx32 RunTime. Пример мнемосхемы технологического комплекса флотофильтровального отделения, отображаемого на мониторе автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера, представлен на рис. 3.

Обобщенное отображение информации о текущем состоянии агрегата осуществляется в соответствии с признаками, формируемыми в программируемом логическом контроллере (ПЛК) посредством цветовой индикации мнемонического изображения этого агрегата [4].

Для примера рассмотрим варианты мнемонического отображения конвейера при различных состояниях (рис. 4).

Соответствие между состояниями агрегатов, цветами их мнемонических изображений и текстом в поле информационных табло всплывающих окон представлено в табл. 1.

*Работа выполнена по Госзаданию Минобрнауки России № 8.8611.2017/8.9.

Рис. 1. Пульт управления АСУ ТП

Все линии материальных потоков также снабжены анимациями изменения цвета.

Это необходимо для того, чтобы отображать нахождение агрегата в работе и соответственно в маршруте запуска. Когда агрегат находится в состоянии «Работа» или «Открыта», цвет линий материальных потоков меняется с серого на черный.

В качестве индикатора состояния маршрута выступает цвет линий материальных потоков агрегатов, входящих в данный маршрут.

Соответствие состояния маршрута и цвета линий материальных потоков агрегатов представлено в табл. 2.

Информация о текущем состоянии технологических агрегатов, диагностическая информация о причинах неготовности или аварии, кнопки управления расположены на всплывающих диагностических окнах (рис. 5, 6).

Аварийные признаки или предупреждающие сообщения выделяются черным цветом на фоне прочих сообщений для привлечения внимания диспетчера.

Лампочка, находящаяся слева от текста, загорается зеленым цветом в случае, если признак является информирующим, или же красным – в случае аварийного признака.

Сообщения об «Аварии» формируются, когда агрегат был включен (находился в состоянии «Работа») и возникли нарушения в работе оборудования или в схеме управления агрегата, при которых недопустима его работа:

– нарушения, исключающие возможность подачи электропитания и управления электроприводами, например, отключено питание, разобрана схема управления, нажата кнопка «Стоп» с местного поста управления, разомкнут контакт устройства защиты оборудования;

– нарушения, препятствующие соблюдению технических условий и регламента безаварийной и безопасной эксплуатации агрегата.

Рис. 2. АРМ диспетчера на базе SCADA-системы Genesis32

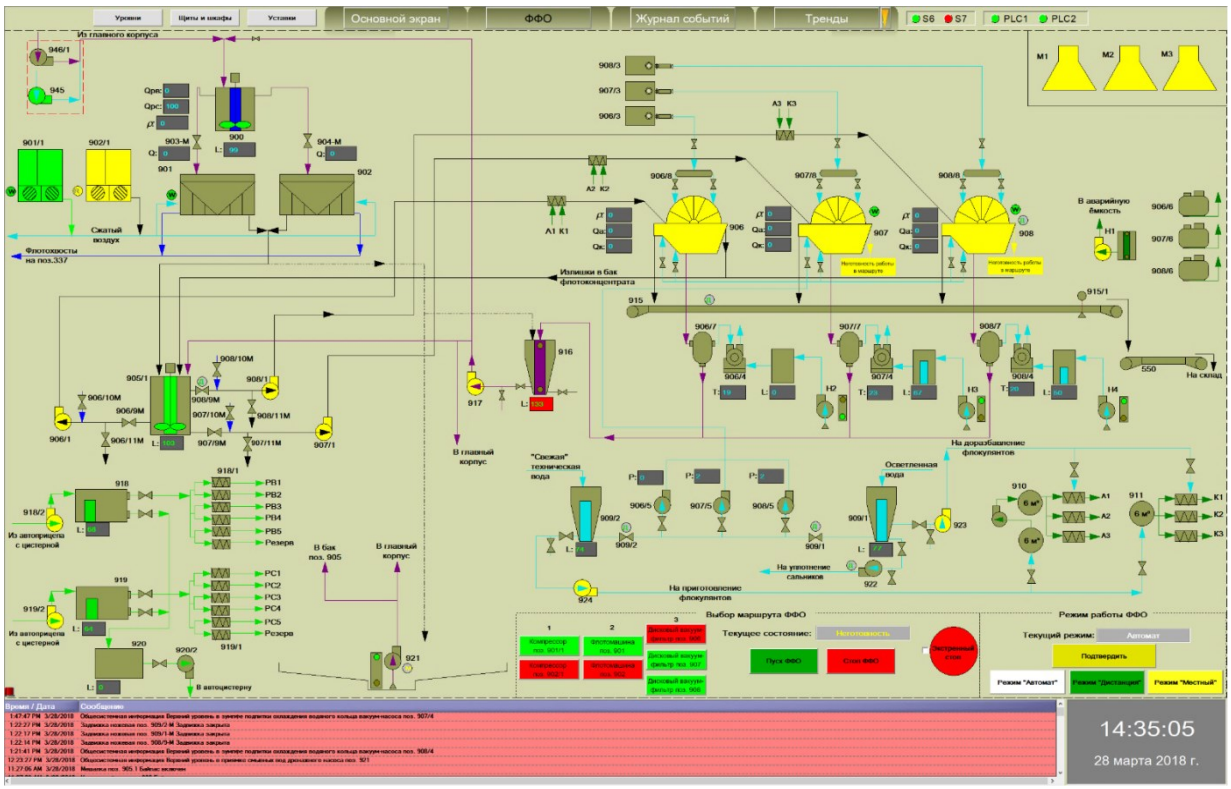


Рис. 3. Видеокадр «Флото-фильтровальное отделение» диспетчерской станции ОФ «Барзасское товарищество»

Сообщения о «Неготовности» формируются, когда агрегат отключен и имеются нарушения оборудования или схемы управления агрегатом, при которых невозможен или недопустим его запуск:

– нарушения, препятствующие его пуску, например, отключено питание, разобрана схема управления, нажата кнопка «Стоп» с местного поста управления, разомкнут контакт устройства защиты оборудования;

– нарушения, создающие при пуске агрегата аварийную ситуацию.

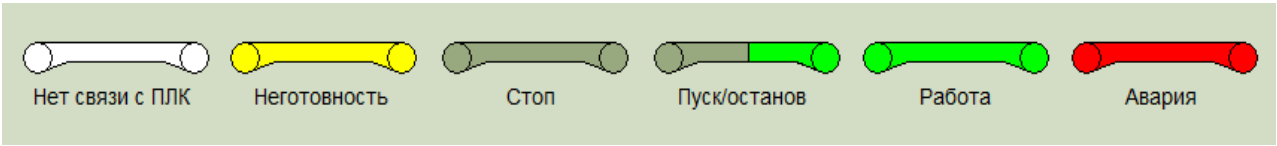


Рис. 4. Варианты мнемонического отображения конвейера

Таблица 1

Таблица соответствия состояния агрегатов, цвета мнемонического изображения и текста в поле информационного табло всплывающих окон

Состояние агрегатов	Цвет мнемонического изображения	Текст в поле информационного табло
Нет связи с ПЛК	Белый	Стоп
Неготовность	Желтый	Неготовность
Работа	Зеленый	Работа
Пуск	Зеленый мигающий	Пуск
Останов	Зеленый мигающий	Останов
Задвижка открыта	Зеленый	Открыта
Задвижка закрыта	Серый	Закрыта
Авария	Красный	Авария
Стоп	Серый	Стоп

Таблица 2

Таблица соответствия состояния маршрута и цвета линий материальных потоков агрегатов

Состояние маршрута	Цвет линий материальных потоков
Нет связи с ПЛК	Белый
Неготовность	Желтый
Готовность	Черный
Работа	Зеленый
Пуск	Синий
Авария	Красный

Сообщение «Нет связи» может быть сформировано, когда агрегат находится в любом из состояний и возникают нарушения в работе оборудования, обеспечивающего связь с ПЛК (например, обрыв линии связи), вследствие чего информация о состоянии агрегата становится неизвестной.

Также при открытии всплывающего диагностического окна агрегата становится доступна кнопка «Режимы» (рис. 5, *а*) для выбора локальных режимов конкретного агрегата. При нажатии на нее появляется всплывающее окно выбора режимов с возможностью перевода агрегата в режим «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция» (рис. 7).

Выводы. В результате проведения модернизации информационного обеспечения АСУ ТП ОФ «Барзасское товарищество» были, во-первых, скорректированы существующие мнемосхемы и конфигурации программных модулей действующих технологических комплексов, во-вторых, созданы мнемосхемы, сконфигурированы базы данных переменных вновь введенных технологических участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коровин Д.Е., Леонтьев И.А., Грачев В.В и др. Модернизация программного и информационного обеспечения верхнего уровня АСУ ТП ОФ ООО СП «Барзасское товарищество». – В кн.: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 254 – 259.
2. Ляховец М.В., Венгер К.Г., Мышляев Л.П. и др. Модернизация автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики в условиях технического перевооружения. – В кн.: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 151 – 156.

а *б*

Рис. 5. Всплывающие диагностические окна задвижки ножевой поз. 903-М (*а*) и насоса вспенивателя флотомашины 1 (*б*)

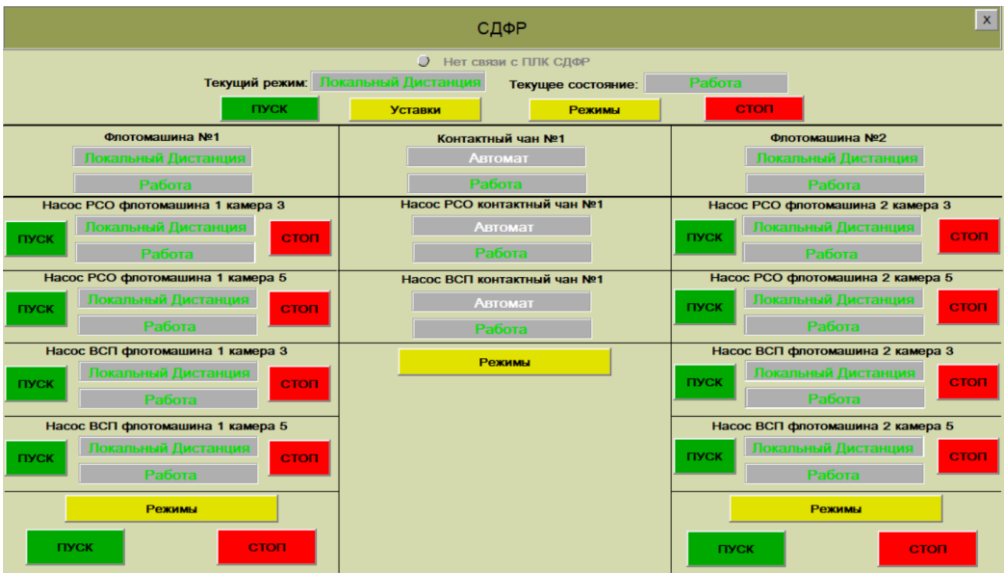


Рис. 6. Всплывающее диагностическое окно системы дозирования флотореагентов (СДФР)

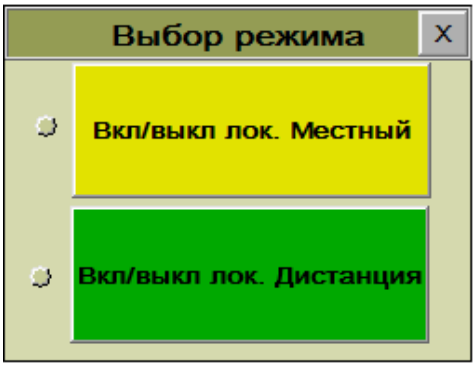


Рис. 7. Окно выбора режима управления агрегатом

3. Мышляев Л.П. Макаров Г.В., Ляховец М.В. и др. Развитие автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики. Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 316 – 323.

4. Шипунов М.В., Ивушкин К.А., Грачев В.В., Циряпкина А.В. Создание мнемосхем промышленных комплексов с использованием SCADA-систем. – В кн.: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды IX Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2013. С. 175 – 184.

© 2018 г. *М.В. Шипунов, Д.Е. Коровин, В.В. Грачев, Л.П. Мышляев, М.В. Ляховец, М.Ю. Мелкозеров, Г.В. Макаров*
Поступила 9 октября 2018 г.

УДК 681.518.5: 622.7.012

В.В. Грачев[1], А.В. Циряпкина[2], Л.П. Мышляев[1], Д.В. Иванов[2], А.Б. Цветков[1], С.В. Прокофьев[3], М.В. Шипунов[2]

[1]Сибирский государственный индустриальный университет

[2]ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»

[3]АО «ОФ «Антоновская»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «АНТОНОВСКАЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА WONDERWARE SYSTEM PLATFORM 2017*

Углеобогатительная фабрика «Антоновская» (г. Новокузнецк Кемеровской обл.) введена в эксплуатацию в 2001 году и является одной из первых фабрик нового поколения, при создании которой были использованы микропроцессорные программируемые логические контроллеры (ПЛК) и SCADA-система, функционирующая в режиме жесткого реального времени [1].

Верхний уровень АСУ ТП ОФ «Антоновская» был реализован на базе SCADA-системы RealFlex и операционной системы реального времени QNX. Со временем эти программные продукты во многом перестали соответствовать современным требованиям при решении задач диспетчеризации и стали нуждаться в обновлении.

При модернизации верхнего уровня АСУ ТП ОФ «Антоновская», проведенной в 2017 – 2018 гг., было обновлено как программное, так и техническое обеспечение. Аппаратные средства верхнего уровня были реализованы на базе персональных компьютеров, серверов виртуализации и дискового массива корпорации Hewlett-Packard.

В качестве программных средств использован гипервизор vSphere компании VMware (США) и пакет Wonderware System Platform 2017 компании Wonderware – структурного подразделения корпорации Schneider Electric (Франция) [2]. Гипервизор установлен на физических серверах виртуализации в качестве платформы виртуальных машин. Системная платформа WSP 2017 обеспечивает единую и масштабируемую программную платформу. Она выступает в качестве «промышленной операционной системы» благодаря предоставлению стандартных услуг, включающих визуализацию, настройку, развертывание, соединение, защиту, связь с данными, хранение данных и управление ими, взаимодействие персонала и многое другое. Системная платформа WSP 2017 обеспечивает гарантированное получение пользователями необходимых результатов, защиту операционной целостности их предприятий, улучшение аналитических способностей персонала и его безболезненную адаптацию к проводимым изменениям.

Мониторинг и управление технологическими комплексами обогатительной фабрики «Антоновская» осуществляются с помощью пультов управления, автоматизированных рабочих мест (АРМ) диспетчера фабрики, АРМ оператора погрузки. На рис. 1 представлен пульт управления погрузкой и АРМ оператора погрузки.

На мониторах диспетчера фабрики и оператора погрузки представлены мнемосхемы соответствующих технологических комплексов, отображающие технологическое оборудование и схемы материальных потоков. На рис. 2 представлена мнемосхема технологического комплекса погрузки АРМ оператора погрузки.

Мнемосхема состоит из верхней, основной и нижней областей. Верхняя область содержит кнопки навигации по видеокадрам, табло с указанием текущих времени и даты и другие данные о состоянии системы (рис. 2, фрагмент *1*). В нижней области расположена панель тревог для отображения в реальном масштабе времени всех тревог и событий, сконфигурированных в системе (рис. 2, фрагмент *2*). Основную область видеокадра занимают отображение технологического оборудования и схемы материальных потоков комплекса погрузки угля в железнодорожные вагоны. При необходимости в основную область могут быть помещены видеокадр «Тренды» или «Алармы (история)». В центральной

*Работа выполнена по Госзаданию Минобрнауки России № 8.8611.2017/8.9.

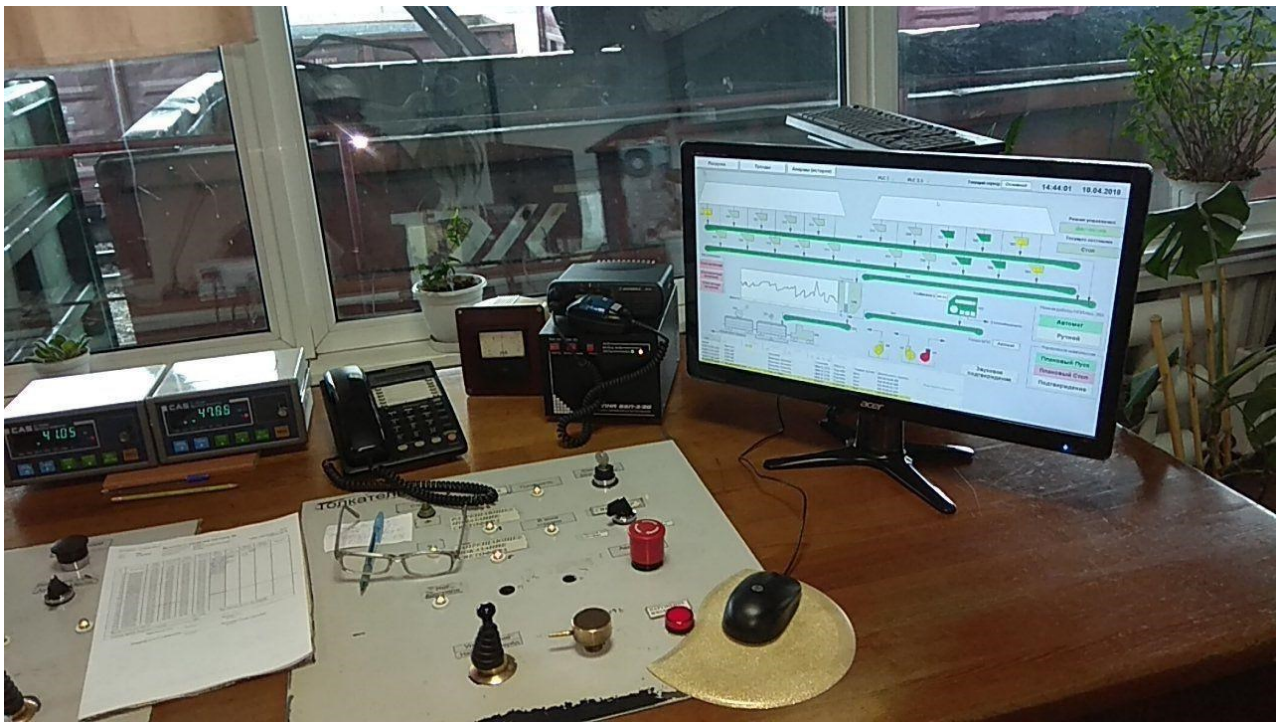


Рис. 1. Пульт управления и АРМ оператора погрузки

части видеокадра расположен график заполнения бункера углем в реальном масштабе времени. По умолчанию график настроен на отображение значений за последние 60 мин работы.

Обобщенное отображение информации о текущем состоянии технологического агрегата фабрики осуществляется в соответствии с признаками, формируемыми в системе.

Соответствие между состояниями агрегатов, цветами их мнемонических изображений и текстом в поле информационных табло всплывающих окон представлено в таблице. В качестве примера в четвертом столбце таблицы приведены мнемонические изображения конвейера при различных состояниях.

Детальная информация о текущем состоянии агрегата, причинах его неготовности или аварии дается в виде текстовых сообщений на всплывающих диагностических окнах (рис. 3). Текстовые сообщения о нарушении работы оборудования выделяются цветом, а пиктограммы слева от текста загораются красным цветом для привлечения внимания оператора. На рис. 3 неготовность питателя позиции 303 вызвана тем, что отсутствует питание в цепи.

Разработка объектов мнемосхем в пакете WSP 2017 осуществлялась в два этапа. На первом этапе разрабатывалось логическое представление объекта, включающее в себя атрибуты объектов, скрипты, конфигурации алармов и трендов. На втором этапе разрабатывалось графическое представление объекта, включающее в себя статическое изображение объектов, их анимации и всплывающие диагностические окна. Рассмотрим эти этапы подробно.

Этап 1. Создание и конфигурирование логических шаблонов осуществляется с помощью среды ArchestrA IDE. В процессе разработки информационного обеспечения ОФ «Антоновская» была создана иерархия шаблонов объектов, позволившая реализовать наследование скриптов, атрибутов, графических объектов, конфигурации алармов и трендов от родительского объекта к дочернему. Иерархия наследования шаблонов комплексов углеприема и погрузки ОФ приведена на рис. 4. Более темным цветом (на экране он земный) выделены агрегаты, принадлежащие комплексу углеприема, более светлым (на экране он желтый) – комплексу погрузки готовой продукции.

Для всех агрегатов был создан корневой шаблон «$AGR». В нем были прописаны базовые атрибуты и скрипты, которые используются во всех объектах проекта, например, скрипты команд «Пуск» и «Стоп». Далее для каждого типа агрегата был создан родительский шаблон на базе корневого шаблона «$AGR»: для конвейеров – «$K», для питателей – «$P», для насосов – «$N» и т.д.

Из родительских шаблонов были созданы экземпляры конкретных объектов. Например, из шаблона «$K» были созданы экземпляры объекта конвейер – «K340», «K341» и т.д., которые наследуют атрибуты и скрипты как из родительского шаблона «$K», так и из корневого «$AGR» [3].

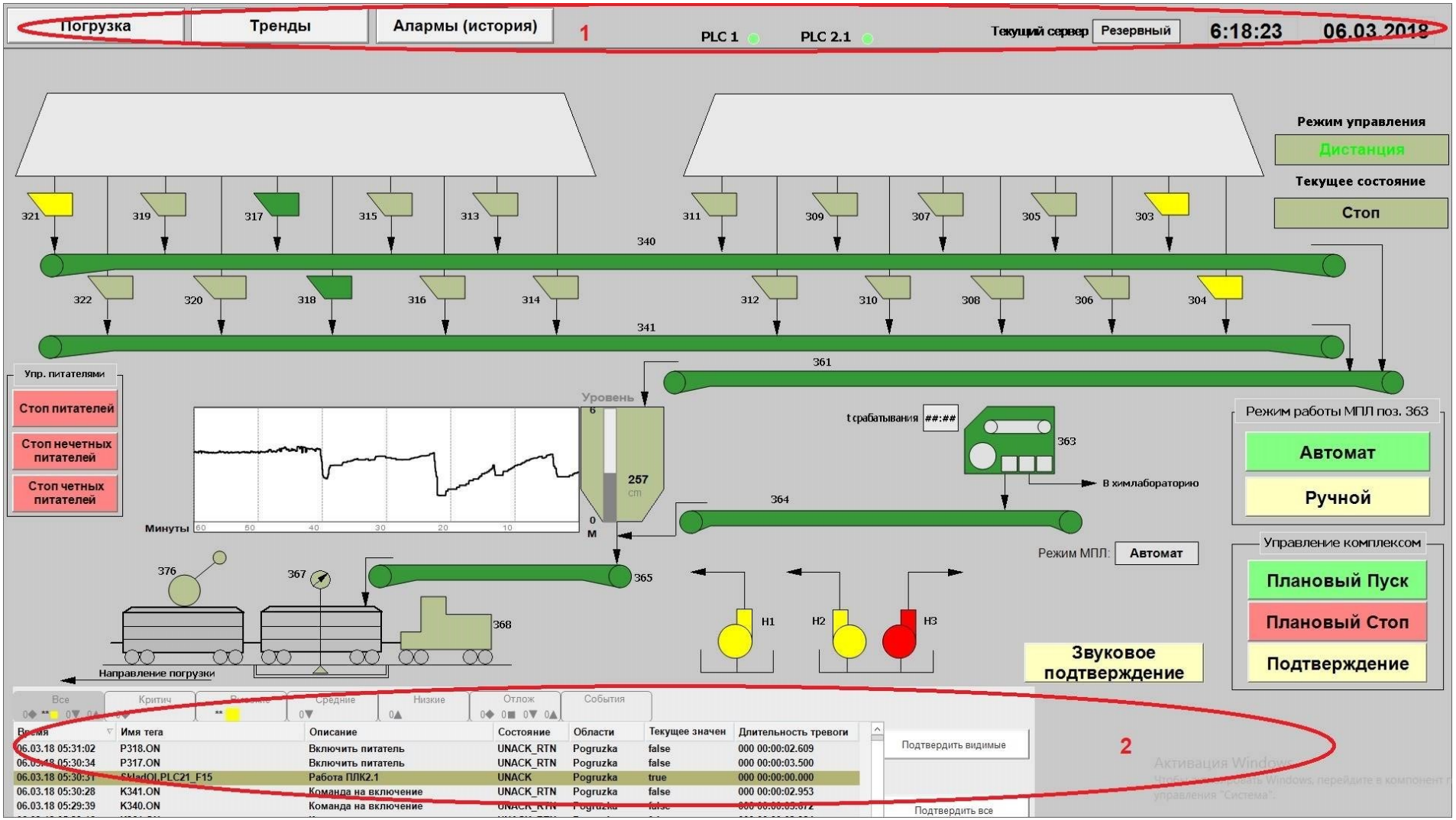
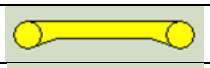
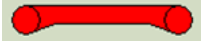
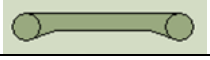


Рис. 2. Мнемосхема «Комплекс погрузки готовой продукции» АРМ оператора погрузки ОФ «Антоновская»

Таблица соответствия состояния агрегатов, цвета мнемонического изображения и текста в поле информационного табло всплывающих окон

Состояние агрегата	Цвет мнемонического изображения	Текст в поле информационного табло	Мнемоническое изображение
Неготовность	Желтый	Неготовность	
Работа	Ярко-зеленый	Работа	
Пуск	Ярко-зеленый Мигающий	Пуск	
Авария	Красный	Авария	
Стоп	Серо-зеленый	Стоп	

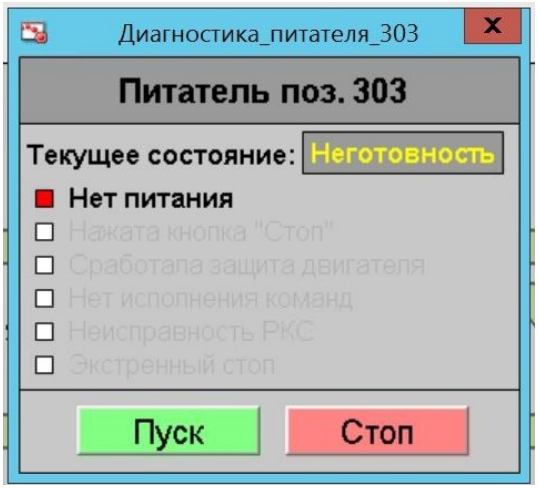


Рис. 3. Всплывающее диагностическое окно «Питатель поз. 303»

Этап 2. Разработка графических шаблонов осуществляется с помощью среды ArchestrA Graphic Editor. Были созданы графические шаблоны всех технологических агрегатов в 2D-форме и анимации мнемонического изображения агрегата. Для примера на рис. 5 представлены графический шаблон конвейера и окно конфигурации анимации данного графического шаблона.

Для каждого типа агрегатов создан общий родительский шаблон всплывающего диагностического окна, на котором расположены признаки аварии и неготовности, информация о текущем состоянии агрегата и кнопки управления агрегатом.

Ссылочная связь между графическим и логическим представлениями модели объекта формируется при создании видеокадров в среде разработки InTouch Window Maker. При нажатии на графическое изображение агрегата на видеокадре скрипт вызова диагностического окна формирует значение индиректной переменной «Me.Name» в соответствии с именем вызываемого объекта и открывает экземпляр диагностического окна соответствующего агрегата, например «Дробилка поз. 15» (рис. 6).

После создания графических шаблонов агрегатов и всплывающих окон компонуется итоговая мнемосхема. Готовые мнемосхемы были размещены на АРМ диспетчеров и оператора для выполнения рабочего процесса управления технологическими комплексами фабрики.

Выводы. В рамках модернизации верхнего уровня АСУ ТП ОФ «Антоновская» был использован пакет Wonderware System Platform 2017. Этот пакет, основываясь на принципах объектно-ориентированного подхода к разработке систем диспетчеризации, позволил использовать его ключевые особенности: наследование, инкапсуляцию и полиморфизм. В проекте системы диспетчеризации ОФ «Антоновская» была создана иерархия шаблонов объектов, позволившая реализовать наследование скриптов, атрибутов, графических объектов и всплывающих диагностических окон от родительских компонентов к дочерним. Использование пакета Wonderware System Platform 2017 при модернизации АСУ ТП ОФ «Антоновская» позволило сократить трудозатраты при разработке системы, упростить процесс внесения изменений, повысить удобство и эффективность работы при эксплуатации системы.

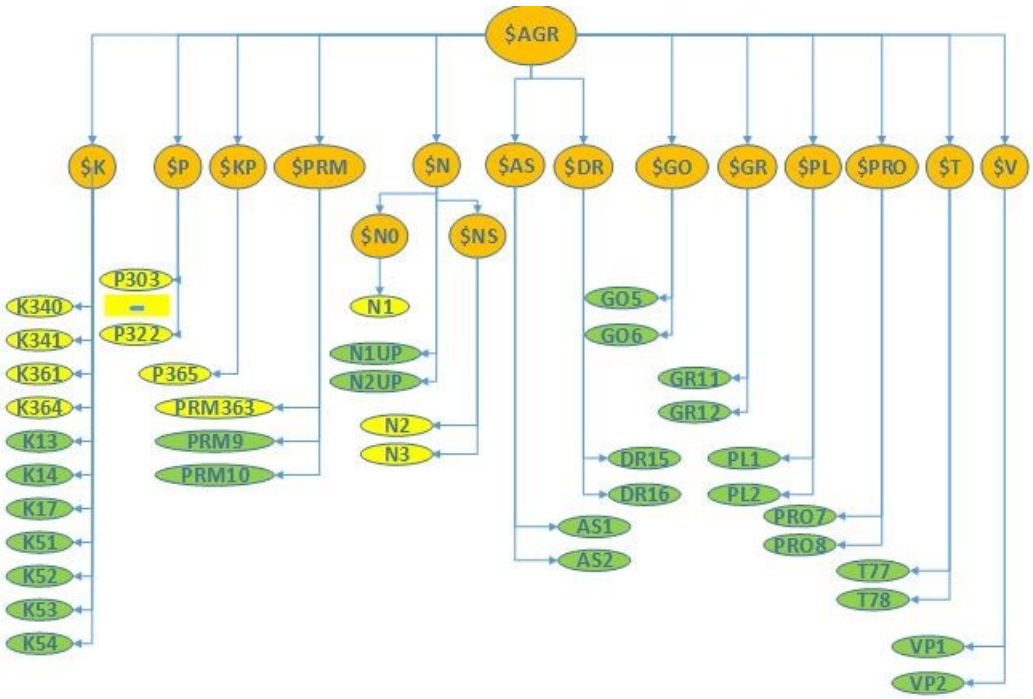


Рис. 4. Иерархия шаблонов объектов комплексов углеприема и погрузки ОФ «Антоновская», реализованная в пакете WSP 2017

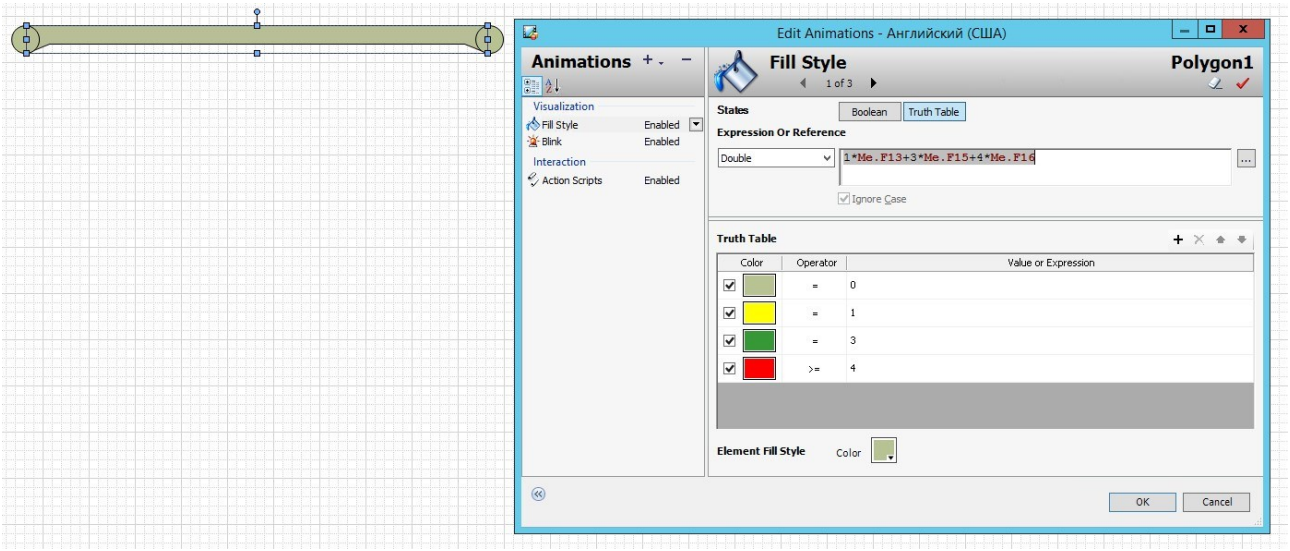


Рис. 5. Мнемоизображение объекта «Конвейер» и окно настройки анимации цвета

а *б*

Рис. 6. Шаблон (*а*) и экземпляр (*б*) всплывающего диагностического окна агрегата

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грачев В.В., Прокофьев С.В., Лысенко О.Н., Циряпкина А.В., Иванов Д.В. Совершенствование верхнего уровня системы автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики «Антоновская» //AS'2017 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды конференции. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 61 – 68.

2. Циряпкина А.В., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Прокофьев С.В., Шипунов М.В. Модернизация верхнего уровня системы автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики «Антоновская» // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 323 – 326.

3. Грачев В.В., Иванов Д.В., Шипунов М.В., Коровин Д.Е. Особенности внедрения пакета Wonderware System Platform 2017 при модернизации автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «Антоновская» // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 327 – 330.

© 2018 г. *В.В. Грачев, А.В. Циряпкина, Л.П. Мышляев, Д.В. Иванов, А.Б. Цветков, С.В. Прокофьев, М.В. Шипунов*

Поступила 9 октября 2018 г.

УДК 621.01

А.С. Фомин

Сибирский государственный индустриальный университет

ОДНОПОДВИЖНЫЙ ГЕКСАПОД С КРУГОВОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ*

Эффективное функционирование всех отраслей промышленности во многом зависит от прогресса в машиностроении, имеющем большое влияние на развитие других секторов экономики посредством реализации передовых научно-технических разработок, создания новых механических устройств и внедрения новых технических решений. Современное машиностроение характеризуется повышенными требованиями к эффективности и производительности разрабатываемых устройств, а также к их надежности, безопасности эксплуатации и обслуживанию. Эти требования приводят к сокращению времени разработки принципиально новых и совершенствованию уже известных механических устройств, их расчета и применения в них современных материалов.

Одними из перспективных механизмов, с точки зрения возможности применения в технике, являются такие, конструкции которых построены с параллельной структурой [1, 2]. Эти механические системы благодаря конструктивным особенностям позволяют получать высокие показатели по скоростям и ускорениям выходных звеньев, обеспечивают повышенную точность, жесткость и надежность, а также распределение нагрузки по нескольким кинематическим цепям [3, 4]. Эти важные механические свойства достигаются путем установки нескольких кинематических цепей между стойкой и выходным звеном.

В настоящем исследовании представлен новый механизм параллельной структуры с круговой направляющей. В отличие от известных механизмов этого класса [5, 6] предлагаемый механизм имеет единственный привод, при помощи которого реализуется движение выходного звена с шестью степенями свободы.

Анализ кинематической схемы гексапода и принцип его работы

На рис. 1 показана кинематическая схема одноподвижного гексапода с круговой направляющей. Кинематический дизайн и подвижность данного механизма были представлены в работе [7]. Гексапод выполнен в виде подвижной платформы *11*, поддерживаемой штангами *10*, которые движутся вдоль круговой направляющей *1* с помощью кареток *9*. Круговая направляющая *1* жестко установлена на стойке. Представленный гексапод сконструирован особым образом: внутри круговой направляющей горизонтально установлен плоский механизм с центральным двигателем и шестью кинематическими цепями, оканчивающимися каретками *9*. Данный механизм служит в качестве подвижного основания для приведения в движение штанг *10*.

На рис. 2 представлена схема плоского механизма основания (вид сверху и вид слева), где *1* – круговая направляющая, *2* – ведущее колесо, *3* – шестерня, *4* – ведущий шкив, *5* – ведомый шкив, *6* – кривошип, *7* – камень, *8* – кулиса, *9* – каретка, М – двигатель. Шкивы *4* и *5* соединены ременной передачей. Звенья *3* и *4*, а также звенья *5* и *6* имеют общий вал и вращаются с одинаковой скоростью. Ведущее колесо *2* приводится в движение от двигателя М, установленного в центре круговой направляющей. Шкивы *4* и *5* могут быть перестановлены местами для изменения скоростей кареток *9*.

Общая подвижность гексапода равна одному. Поэтому для получения определенного движения платформы *11* требуется задание входного движения единственному звену. В данном случае ведущим звеном является колесо *2*.

Принцип работы гексапода заключается в следующем. При вращении колеса *2* движение передается на шестерни *3* и ведущие шкивы *4*, а затем через ременную передачу на ведомые шкивы *5* и кривошипы *6*. Кривошипы *6* приводят в действие камни *7*, перемещающиеся вдоль кулис *8*, которые направляют каретки *9* относительно круговой направляющей *1*. Смещение кареток *9* передается на штанги *10*, которые ориентируют платформу *11* в пространстве.

Выводы. Приведена кинематическая схема нового одноподвижного гексапода с круговой направляющей. Его применение целесообразно при конструировании различных медицинских устройств, например, при создании механизмов тестирования суставов, в которых требуется

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 9.12794.2018/12.2).

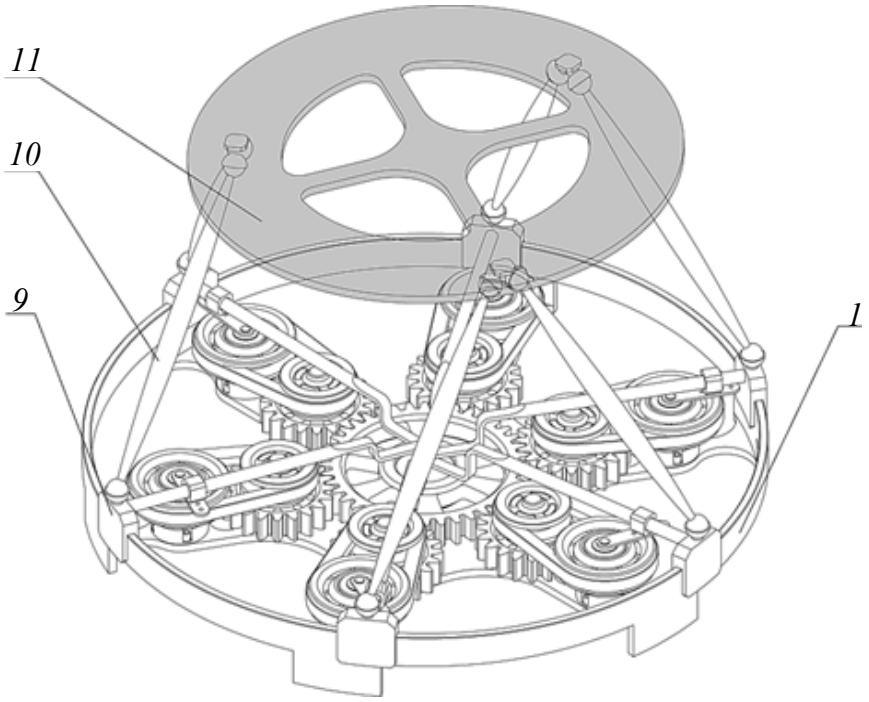


Рис. 1. Кинематическая схема одноподвижного гексапода с круговой направляющей (обозначение позиций – в соответствии с рис. 2)

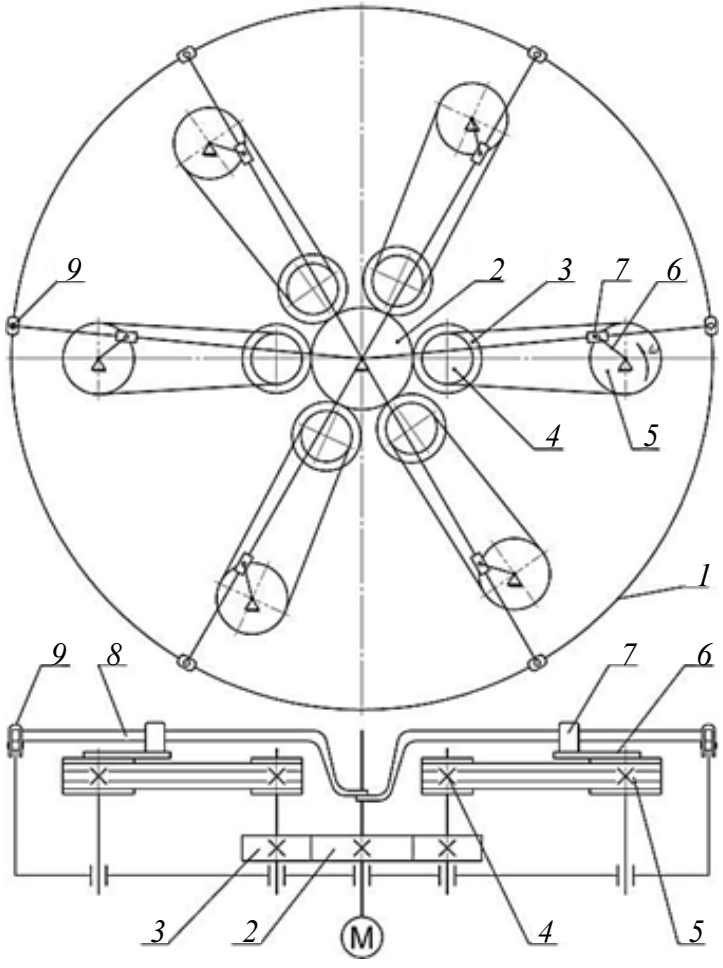


Рис. 2. Плоский механизм основания с центральным вращательным приводом: вид сверху и вид слева

воспроизведение циклических движений выходного звена по заданной траектории. Кинематическая схема предлагаемого гексапода может быть использована и при разработке виброустройств, где также требуется циклическое движение выходного звена. Кинематическая схема данного механизма может быть оптимизирована путем уменьшения числа кинематических цепей, а также замены зубчатых передач на рычаги с целью уменьшения веса конструкции и стоимости ее изготовления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазунов В.А., Чунихин А.Д. Развитие исследований механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2014. № 3. С. 37 – 43.
2. Ceccarelli M. Fundamentals of Mechanics of Robotic Manipulation. Springer Science & Business Media, Netherland, 2004. – 312 p.
3. Arakelyan V., Geng J., Fomin A.S. Minimization of the inertial loads of planar parallel structure manipulators through optimal control // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2018. Vol. 47. No. 4. P. 303–309.
4. Глазунов В.А., Аракелян В., Брио С., Рашоян Г.В. Скоростные и силовые критерии близости к сингулярностям манипуляторов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2012. № 3. С. 10 – 17.
5. Shchokin B., Janabi-Sharifi F. Design and kinematic analysis of a rotary positioner // Robotica. 2007. Vol. 25. P. 75–85.
6. Yau C.L. (Hexel Corporation, US). Systems and methods employing a rotary track for machining and manufacturing. US Patent No. 6196081. 2001.
7. Fomin A., Glazunov V., Terekhova A. Development of a novel rotary hexapod with single drive // In: Arakelian V., Wenger P. (eds) ROMANSY 22 – Robot Design, Dynamics and Control. CISM International Centre for Mechanical Sciences (Courses and Lectures), Springer, Cham. 2018. Vol. 584. P. 141 – 146.

© 2018 г. *А.С. Фомин*
Поступила 17 октября 2018 г.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 005.96 (571.17)

В.А. Быстров, С.Ю. Ковган, А.В. Морозова

Сибирский государственный индустриальный университет

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА, ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА ОАО «СЛАВИНО»

Под человеческим капиталом понимается запас знаний, навыков и способностей, имеющихся у каждого человека, которые могут использоваться им в производственных или в потребительских целях. Формирование человеческого капитала – это процесс развития производительных способностей человека с помощью инвестиций в его деятельность. Инвестициями в человеческий капитал являются любые вложения в человека, которые влияют на рост его доходов и производительности труда [1 – 3].

Существует несколько методик оценки инвестиций в человеческий капитал, но в России такая масштабная оценка проводится достаточно редко. Однако в некоторых отечественных компаниях уже появилась практика оценки инвестиций в обучение и развитие сотрудников [4 – 5].

В ОАО «Славино» основными направлениями инвестиций в человеческий капитал предприятия являются:

– поиск и подбор специалистов: в создание имиджа привлекательного работодателя, развитие интернет-сайтов, поиск и привлечение талантов среди выпускников учебных заведений;

– адаптация: в систему адаптации и программы вовлеченности сотрудников, систему наставничества «молодые – молодым»;

– оценка, обучение и развитие: в создание корпоративных центров оценки, обучения и развития, применение игровых и командных обучающих программ, развитие проектной деятельности;

– стимулирование сотрудников: в программы нематериального стимулирования, социальной ответственности и партнерства, создание «гибкого офиса», спортивных и профессионально-соревновательных программ;

– формирование корпоративной культуры: в развитие внутренних коммуникаций, создание банков идей, корпоративных легенд и традиций, поддержки и взаимопомощи, как указывал в своей работе М. Мейер [6].

Общеизвестно, что инвестиции в человеческий капитал предприятия направлены на повышение производительности труда работников предприятия. Производительность труда – один из важнейших показателей эффективности производства. От ее систематического роста зависят успехи в развитии организации, повышение благосостояния этого предприятия, в том числе и конкурентоспособность на рынке. Расчет показателей использования трудовых ресурсов ОАО «Славино» представлен в таблице.

Анализ приведенных данных демострирует повышение эффективности использования трудовых ресурсов в отчетном периоде по сравнению с предыдущими периодами. Среднегодовая выработка на одного работника, относящегося к производственно-промышленному персоналу (ППП), за аналогичный период с 2015 – 2017 гг. увеличилась с 803,7 до 1005,4 тыс. руб./чел. к концу отчетного года. По сравнению с 2016 годом наблюдается некоторое (на 1,9 %) снижение показателя, что связано с приемом дополнительных работников для обслуживания нового оборудования. Среднегодовая выработка основных рабочих увеличилась в 2017 году до 1289,3 тыс. руб./чел.

За анализируемый период наблюдается рост производительности. Темп роста показателя составил 127,9 % в 2016 году и 98,3 % в 2017 году (за счет вновь принятых 13 работников).

На рис. 1 представлена динамика среднегодовой выработки рабочего и производительности труда работников ОАО «Славино».

Анализ использования персонала, рост производительности труда необходимо рассматривать в тесной связи с оплатой труда: с ростом производительности труда создаются реальные предпосылки для повышения его оплаты. В свою очередь повышение уровня оплаты труда способствует росту мотивации производительности.

На рис. 2 представлена динамика средней заработной платы и производительности труда в ОАО «Славино».

Положительным фактором, характеризующим работу предприятия, является превышение темпов роста производительности труда над темпами роста заработной платы работников ОАО «Славино» в 2016 году. В отчетном периоде темп роста заработной платы составил 106,7 %, а производительность труда снизилась на 1,7 %.

Анализ использования трудовых ресурсов ОАО «Славино»

Показатель	Значение показателя			Абсолютное отклонение, тыс. руб.		Темп роста, %	
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2016/ 2015	2017/ 2016	2016/ 2015	2017/ 2016
Выручка от реализации, тыс. руб.	338339	434627	438359	96288	3812	128,5	100,9
Себестоимость продукции, тыс. руб.	242287	270572	260028	28285	–10544	111,7	96,1
Инвестиционные затраты в развитие персонала, тыс. руб.	218	346	362	128	16	158,7	104,6
Доля инвестиционных затрат на развитие персонала в структуре себестоимости	0,0009	0,0013	0,0014	0,0004	0,0001	144,4	107,7
Среднесписочная численность работников, чел.	454	456	468	2	12	100,6	104,7
Численность ППП, чел.	421	424	436	3	12	100,7	102,8
в том числе: рабочих, чел.	320	322	340	2	18	101,1	105,6
Среднегодовая выработка одного ППП, тыс. руб./чел.	803,7	1025,1	1005,4	221,4	–19,7	127,5	98,1
Среднегодовая выработка на одного рабочего, тыс. руб./чел.	1057,3	1349,8	1289,3	292,5	–60,5	127,6	95,6
Производительность, тыс. руб./чел.	745,2	953,1	936,7	207,9	–16,4	127,9	98,3
Фонд оплаты труда, тыс. руб.	161478	171651	183659	10173	12008	106,3	107,0

В 2017 г. рост производительности труда ниже, чем рост средней заработной платы, хотя в предыдущем году рост производительности труда был выше, чем рост заработной платы (рис. 2).

Инвестиционные затраты в развитие персонала ОАО «Славино» за рассматриваемый период выросли в течение рассматриваемого периода до 362 с 218 тыс. руб. Доля инвестиционных затрат на развитие персонала увеличилась с 0,0009 до 0,0013. На рис. 3 показана динамика темпов роста производительности труда работников и инвестиционных затрат в развитие персонала в ОАО «Славино».

Таким образом, уровень инвестиционных затрат в трудовой капитал в 2016 году значительно превышает темп роста производительности труда, в отчетном году темп роста показателя также выше.

В целом можно утверждать, что предприятие с каждым годом увеличивает инвестиционные затраты, при этом наблюдается также значительный рост производительности труда. Некоторое снижение производительности труда в 2017 году, скорее всего, связано с внешними факторами, негативно повлиявшими на деятельность ОАО «Славино».

Поэтому можно говорить о конкурентном преимуществе ОАО «Славино» в сфере управления трудовыми ресурсами.

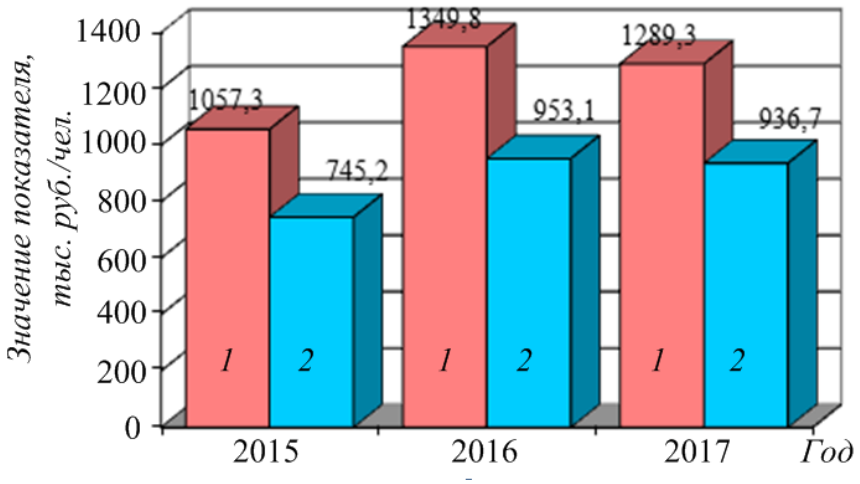


Рис. 1. Динамика изменения среднегодовой выработки (*1*) и производительности труда (*2*) работников ОАО «Славино»

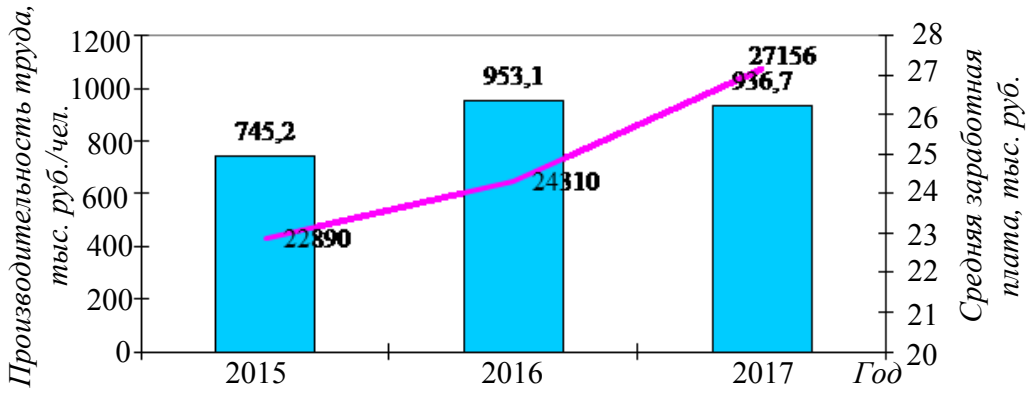


Рис. 2. Динамика изменения средней заработной платы (——) и производительности труда ( ) работников ОАО «Славино»

Можно отметить, что к концу отчетного года эффективность использования трудовых ресурсов на предприятии ОАО «Славино» увеличивается по сравнению с началом анализируемого периода; прогнозные значения показателей к концу 2018 года указаны на рис. 4.

По мнению зарубежных авторов [7 – 9] инвестиционная деятельность предприятия должна носить целенаправленный, последовательный характер, ориентированный на формирование стратегического человеческого потенциала предприятия, что является основой для создания долговременных конкурентных преимуществ предприятия.

Исследования [10 – 12] свидетельствуют, что в этой связи представляется целесообразной адаптация известных инструментов инвестиционного менеджмента к специфическим особенностям персонала предприятия как объекта инвестиционной деятельности, включая разработку комплексных инвестиционных проектов в данной области.

Выводы. Инвестиции в формирование человеческого капитала имеют важнейшее значение для менеджмента и непосредственно сотрудников организации. В таком аспекте инвестиции позволяют не только повысить эффективность использования всех материальных и нематериальных активов, но и сформировать корпоративную культуру, основанную на командном духе. Следовательно, при разработке инвестиционных проектов по формированию человеческого капитала необходимо учитывать различные интересы инвесторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беккер Г. Человеческий капитал (главы из книги) // США: экономика, политика, идеология. 1993. № 12. С. 102 – 119.
2. Прохоров М.Д. Проблема управления человеческим капиталом // Вестник Европы. 2011. № 31-32.
3. Тугускина Т.Г. Факторы, влияющие на стоимость человеческого капитала // Кадровик. Кадровый менеджмент. 2015. № 3. С. 85.
4. Чижова Л.С. Инновационная экономика: занятость, трудовая мотивация, эффективность труда. – М.: Экономика, 2011. – 430 с.
5. Anikina E., Ivankina L., Tumanova I. Human Well-being and Educational Investment Efficiency // Procedia Social and Behavioral Sciences. 2015. No. 166. P. 48 – 52.
6. Amaefule E.F. Human capital accounting: should employees be classified as assets? // Journal of Business and Public Policy. 2008. No. 2 (1). P. 56 – 76.

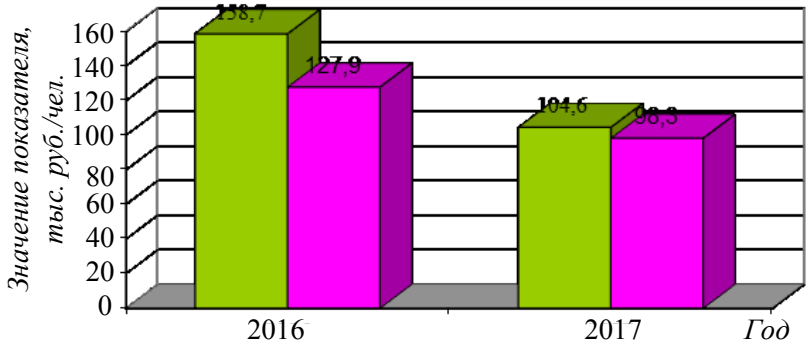


Рис. 3. Динамика уровней производительности труда ( ) и изменения инвестиционных затрат ( ) в развитие персонала предприятия

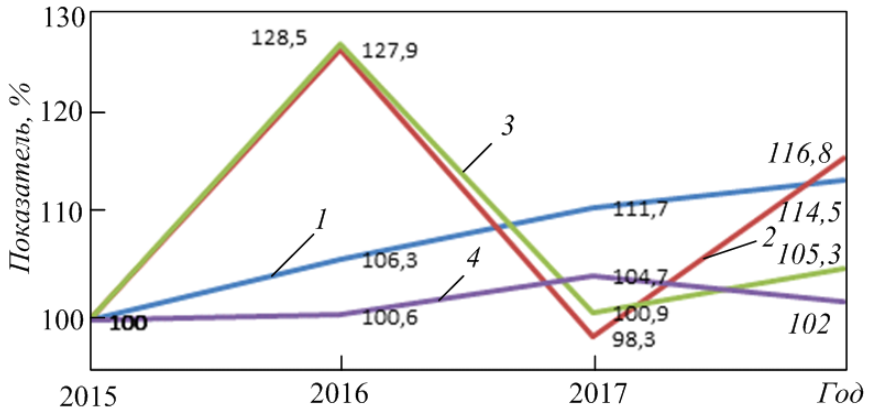


Рис. 4. Зависимость темпов роста средней заработной платы (*1*), производительности труда (*2*), объема реализации (3) и численности персонала (*4*) в зависимости от изменения объема производства

7. Meyer M. “Why are your subordinates are assigned to work has its rewards?” // IVF. 2003. No. 4. P. 12 – 16.

8. Ogunsaju O.V. To human capital management for effective corporate governance. Paper presented at a Workshop titled: Corporate Governance for Sustainable National Development. – New York, 2006. P. 16 – 22.

9. Johnston R.E., Douglas J. The power of strategy innovation for management personnel’s; Amacon. – New York, 2003. P. 6 – 12.

10. Быстров В.А. Технология и эффективность управления персоналом: учеб. пособие. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 360 с.

11. Быстров В.А. Экономическая оценка инвестиций в трудовую деятельность: учебное пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. – 332 с.

12. Быстров В.А., Новиков Н.И., Дьяков П.К. Социальные основы управления персоналом организации – В кн.: Социальные проблемы экономического развития предприятий, отраслей, комплексов в России и за рубежом. – Международное издательство «Science & Innovation Center», St.Louis, Missouri, USA, 2013. – 174 с.

© 2018 г. *В.А. Быстров, С.Ю. Ковган, А.В. Морозова*

Поступила 20 июня 2017 г.

УДК 657.22:658.532.331.015.13

Е.А. Филимонова, В.П. Козлов

Сибирский государственный индустриальный университет

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗАЦИЮ УЧЕТА

Система управленческого учета подразумевает наличие некоторого набора общих и частных принципов, которые должны регулировать правила отражения объектов учета и сферы использования методических приемов. Поскольку управленческий учет является компонентом общей системы бухгалтерского учета, то те принципы, которые сформированы для финансового бухгалтерского учета, принимаются и в управленческом учете. Однако последний формирует информацию для планирования, принятия решений, выработки стратегии предприятия и оценки деятельности, а процедуры его ведения должны соответствовать принципам формирования информационных систем о производстве в условиях использования сложнейшего научного инструментария – системного подхода, а в последнее время – ситуационного подхода. Следовательно, управленческий учет должен оперировать такими принципами, которые будут соответствовать трем концепциям построения.

Наметившаяся тенденция интегрирования управленческого учета в процесс управления производством требует соблюдения общих закономерностей менеджмента, отражающих взаимосвязи между различными элементами управленческой системы производства. В нее входят: разработка и освоение новой продукции, ассортиментной политики, технологического менеджмента; обеспечение производства материально-производственными ресурсами; разработка и проведение кадровой политики; обеспечение качества и конкурентоспособности продукции; повышение эффективности производства; организация, выбор методов и каналов сбыта; определение организационной структуры управления. Все компоненты, образующие эту систему, подчинены принципам централизации и децентрализации в управлении, их сочетанию, ориентации на долгосрочные цели развития и участие работников в управлении.

Таким образом, к принципам бухгалтерского управленческого учета производства можно отнести:

– непрерывность деятельности предприятия;

– использование единых единиц измерения для планирования и учета (планово-учетных);

– оценку результатов деятельности подразделений предприятия;

– преемственность и многократное использование первичной и промежуточной информации для принятия решений;

– формирование показателей внутренней отчетности как основы коммуникационных связей между различными уровнями;

– учет по себестоимости;

– применение нормативного и бюджетного (сметного) методов контроля за затратами, финансами, коммерческой деятельностью;

– объективность, полноту и аналитичность, которые обеспечивают исчерпывающую информацию об объектах учета;

– периодичность, отражающую производственный и коммерческий циклы предприятия, установленные учетной политикой;

– оценку результатов деятельности структурных подразделений;

– соответствие доходов и расходов на основе временной определенности фактов хозяйственной деятельности.

Предложенный для рассмотрения перечень принципов, имеющих отношение к разным концепциям управленческого учета производства, можно представить следующим образом:

– принципы, обусловленные требованиями бухгалтерского учета;

– принципы, формирующие состав и процедуры ведения управленческого учета;

– принципы, определяющие направления и способы управленческого учета в конкретных ситуациях управления производством.

Рассмотрим лишь некоторые из них, которые формируют науку об управленческом учете и являются системообразующими (см. таблицу).

Принципы, обусловленные требованиями бухгалтерского учета, устанавливают основные методологические подходы к определению сущности управленческого учета. В то же время особенности отражения информации в его системе позволяют несколько по-иному трактовать условия их реализации. Так, принцип непрерывности деятельности выражается отсутствием намерений самоликвидироваться

Принципы управленческого учета производства

Принципы		
Обусловленные требованиями бухгалтерского учета	Формирующие состав и процедуры ведения управленческого учета	Определяющие направления и способы учета в конкретных ситуациях управления производством
– непрерывность деятельности предприятия – уместность – существенность – достоверность – учет по себестоимости – периодичность – соответствие доходов и расходов	– единство единиц измерения в планировании и учете хода производства – преемственность и многократное использование (преемственности) первичной и промежуточной информации – полнота и аналитичность, обеспечивающие исчерпывающую информацию об объектах учета – нормативный и бюджетный (сметный) методы контроля за движением производства, нарастанием затрат и результатами производства – логичность формирования показателей внутренней отчетности, отражающих коммуникационную связь между уровнями и объектами управления	– периодичность, отражающая производственный и коммерческий циклы – учет затрат по процессам деятельности предприятия – учет затрат на основе движения продукта – соответствие доходов и расходов на основе временной определенности факторов хозяйственной деятельности – признание результатов деятельности структурных подразделений предприятия

или сократить масштабы производства и означает, что предприятие будет развиваться в будущем. Этот принцип нацеливает бухгалтеров на создание информационного обслуживания для решений, имеющих долгосрочный характер, таких, как проведение анализа конкурентоспособности производства продукции, поставок сырья и материалов, изменения ассортимента и освоения новых продуктов, инвестиций и т.д. Этот принцип позволяет выбрать способы оценки затрат и продукции как реализованной покупателям, так и оставшейся в производстве и на складах предприятия. Остальные принципы традиционного бухгалтерского (финансового) учета в рамках управленческого будут подчиненными.

Принцип уместности проявляется в любом случае при выборе объекта наблюдения, объема информации об этом объекте и возможности оказывать влияние на управленческие решения. Качество информации о том или другом объекте наблюдения оценивается с точки зрения ее существенности, то есть своевременности представления для принятия решения или контроля. Информация учитывает условия, в которых принимается решение, целевые критерии и возможные последствия рассматриваемых альтернатив.

Принципы, формирующие состав и процедуры ведения управленческого учета, определяют перечень объектов наблюдения, их классификационные характеристики и единицы измерения, включая информацию нефинансового характера, процедуры отслеживания протекающих на предприятии производственных процессов в реальном масштабе времени, перечень показателей внутренней отчетности за короткие промежутки времени.

Применение в планировании и учете единых планово-учетных единиц измерения обеспечивает прямую и обратную связь между установлением количественных и качественных целей предприятия и его производственных подразделений и степени фактического достижения этих целей. Планово-учетные единицы раскрывают содержание планирования на разных его уровнях. С их помощью разрабатывают методологию системы учета, основанную на тесной взаимосвязи показателей движения производства и нарастания производственных затрат, а также определения финансовых результатов.

На разных уровнях планирования планово-учетные единицы или более укрупнены, или, напротив, детализированы по сравнению с учетными единицами выпуска продукции. В основе детализации заложен принцип перехода от более крупных единиц на уровне предприятия (изделие, производственный заказ, серия изделий, наименование и прочие) к более мелким – на уровне цеха, участка, бригады (деталь, операция, комплекс операций, машинокомплект, узловой комплект, бригадный комплект и др.).

Следует отметить, что планово-учетные единицы и единицы измерения готовой продукции, сданной на склад, применяемые в бухгалтерском учете, идентичны. Кроме того, на уровне предприятия планово-учетные единицы совпадают с объектами калькулирования или являются их частью. На уровне структурных

подразделений планово-учетные единицы могут быть использованы при выборе объектов учета затрат.

Согласно принципу преемственности и многократного использования (комплексности) система учета ведется на основе сбора, обработки и транспортирования данных первичного учета для двух компонентов системы бухгалтерского учета. Информация, подготовленная в рамках управленческого учета, нередко подкрепляется и дополняется данными финансового учета, и наоборот. Этот принцип предполагает разовую фиксацию данных в первичных документах или производственных расчетах и многократное их использование при всех видах управленческой деятельности без повторной регистрации или расчетов. Этот принцип позволяет создать на предприятии рациональную и экономную систему учета сообразно его размерам и масштабам производственной деятельности. Реализация принципа комплексности означает, что из минимального количества данных получают максимально необходимое для управленческих решений количество информации.

Принцип полноты и аналитичности информации предполагает, что в рамках управленческого учета создаются информационные условия для осуществления функций: экономического анализа путем сравнения текущих результатов с запланированными; выявления конкретных факторов, влияющих на результаты; контроля поставленных целей и возможностей их достижения; регулирования путем корректировки целевых установок в реальном времени для определения и устранения внутренних и внешних ограничений, мешающих достижению поставленных целей; планирования путем разработки альтернативных мероприятий, направленных на элиминирование негативных сторон в деятельности предприятия или его производственных подразделений.

Этот принцип проявляется через показатели внутренних отчетов, которые должны быть представлены в удобном для анализа виде, не требовать дополнительной аналитической обработки, не предусматривать обратных синтезу (от низших до высших уровней управления) процедур. Нарушение вышеназванного принципа приводит к потере оперативности и удорожанию содержания системы управления.

Особого внимания заслуживает принцип нормативного и бюджетного (сметного) метода управления затратами, финансами, коммерческой деятельностью. Этот принцип используется на крупных предприятиях как инструмент планирования, контроля и регулирования. Бюджетный цикл состоит из процедур планирования всех сфер деятельности подразделений; суммирования проектных решений всего коллектива; расчета проекта бюджета; расчетов вариантов плана и внесения корректив; окончательного планирования и учета изменяющихся условий и отклонений от запланированных.

Управленческий учет, обладая принципом логичности формирования показателей внутренней отчетности, так обобщает показатели по данным первичного учета, что они становятся системой внутренней коммуникации. На нулевом уровне учетная информация возникает в первичных документах, отчетах основных и вспомогательных цехов. На первом уровне информация группируется в сводных документах отдела снабжения, внешней кооперации, производственных подразделений, сбытового и финансового отделов, бухгалтерии, складского хозяйства. На последующих уровнях проводятся объединение и формирование отчетных показателей в функциональных отделах заводоуправления (главного конструктора, главного технолога, главного механика, отдела кадров и другое). На самом верхнем уровне (производственно-диспетчерский, планово-экономический отделы и бухгалтерия) происходит обобщение сводной информации, поступившей из структурных подразделений, и преобразование ее в результирующую. Содержание отчетов зависит от их целевого назначения или должности руководителя, для которого они предназначены. Бухгалтеры-аналитики составляют отчеты по анализу себестоимости в целях определения доходности продукции, сметы для планирования будущих расходов, текущие отчеты производственных подразделений для оценки результатов работы, отчеты о затратах на производство для принятия оперативных решений, отчеты по исполнению смет капитальных вложений для долгосрочного планирования или прогнозирования и прочее.

Принципы, определяющие направления и способы учета в конкретных ситуациях управления производством, ориентируют систему управленческого учета на использование специфических приемов обобщения информации с целью обоснования принимаемых решений. К таким принципам относятся: периодичность производственного и коммерческого циклов, учет затрат по процессам деятельности, соответствие доходов и расходов, признание результатов деятельности структурных подразделений.

Принцип периодичности, отражающий производственный и коммерческий циклы пред-

приятия, важен для построения системы управленческого учета. Информация для руководителей необходима тогда, когда это целесообразно. Сокращение времени может значительно уменьшить точность информации, подготовленной бухгалтерами-аналитиками, но дает возможность определить тенденции.

Принцип учета затрат по процессам деятельности предприятия предполагает группировку затрат по основным и вспомогательным видам деятельности. При этом первые создают стоимость для потребителя, а вторые влияют на ее создание. Такой принцип необходим для оценки деятельности каждого подразделения, участвующего в производстве и реализации продукции, и для установления доли их ответственности за общие показатели.

Принцип соответствия доходов и расходов на основе временной определенности факторов хозяйственной деятельности устанавливает способ отбора информации для управленческих решений, касающихся разных периодов деятельности предприятия в целях установления цен на продукцию, работы и услуги, для отслеживания исполнения тактики и выработки стратегии предприятия. В основу этого принципа положена группировка доходов и затрат по времени их возникновения и окончания производственных процессов с учетом факторов внешней среды.

Признание результатов деятельности структурных подразделений – один из основополагающих принципов построения системы управленческого учета. При всем различии организационных форм на предприятиях управленческий учет должен быть связан с оперативно-производственным, технико-экономическим планированием и прогнозированием. В совокупности с системой планирования и контроля управленческий учет представляет собой механизм управления цехом, участком, бригадой. Оценка результатов деятельности предусматривает определение тенденций и перспектив каждого подразделения в формировании прибыли от производства до реализации продукта.

В совокупности перечисленные принципы образуют полный и достаточно логичный набор моделей построения системы учета, соответствующих и удовлетворяющих требованиям всех трех концепций бухгалтерского управленческого учета производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпова Т.П. Управленческий учет: учебник. – М.: Юнити-Дана, 2012. – 352 с.
2. Панков В.В., Несветайлов В.Ф. Базовые принципы и допущения стратегического управленческого учета // Международный бухгалтерский учет. 2012. № 7. С. 2 – 7.
3. Чикиров Ю.С. Основные принципы управленческого учета производных финансовых инструментов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. № 1 (15). С. 83 – 88.

© 2018 г. *Е.А. Филимонова, В.П. Козлов*
Поступила 25 мая 2018 г.

УДК 622:681.3.07

А.Н. Домрачев, С.В. Риб

Сибирский государственный индустриальный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ» СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

В принятом в России федеральном государственном образовательном стандарте «Горное дело» (2011 г.) нашел отражение компетентностный подход к профессиональному образованию. При этом необходимые горному инженеру компетенции приобретаются в процессе лекций, практических и лабораторных занятий, учебной и производственных практик, научно-исследовательской работы. Сравнительный анализ учебных планов и программ российских и зарубежных университетов, реализация которых позволяет получить квалификацию «горный инженер», показал, что общие представления о необходимых современному горному инженеру профессиональных компетенциях во всем мире схожи. Одной из основных особенностей современного образования горного инженера является широкое использование современных образовательных технологий, компьютерных комплексов для 3D-моделирования месторождений и проектирования, а также электронных информационных ресурсов [1].

В связи с непрерывным развитием и совершенствованием техники и технологии ведения горных работ возникла проблема отставания методического обеспечения учебного процесса от фактического состояния предмета обучения на действующих предприятиях и необходимость непрерывного обновления знаний, умений и навыков у будущих специалистов.

Решение проблемы путем ежегодного обновления учебных планов (с последующей корректировкой рабочих программ, методических указаний, фондов оценочных средств и т.д.) пока не дало нужного эффекта. По мнению авторов решена рассматриваемая проблема может быть путем внедрения компьютерных лабораторных работ (КЛР). Эффективность обучения с помощью КЛР обусловлена прежде всего возможностью студентов непосредственно взаимодействовать с материалом курса. В систему оценки КЛР заложена проверка соответствия полученных результатов существующему и перспективному уровням развития техники и технологии ведения горных работ.

Одной из существенных особенностей реализации компьютерной лабораторной работы по дисциплине «Технология отработки пологих пластов» [2 – 5] является встроенный расчет технико-экономических показателей, которые могут быть использованы для сравнения эффективности предлагаемых технических решений с достигнутыми на передовых шахтах Кузбасса и других регионов со сходными горно-геологическими условиями.

В качестве участков-аналогов могут быть приняты объекты, характеристика которых приведена в таблице.

Для реализации такого сравнения предлагается использовать интегральную оценку эффективности принимаемых решений, которая базируется на показателе интегрального функционала. Этот функционал определяется как результат математического сопоставления принятых показателей эффективности сравниваемых вариантов с помощью специального метода теории принятия сложных решений [6]. Для оценки n вариантов решения с аналогичным комплексом показателей (критериев) эффективности $\{I_i\} = I_1, I_2, \ldots, I_m\}$ формируется прямоугольная матрица A из показателей проектов размером $m \times n$ (где m – количество учитываемых показателей; n – количество вариантов решения):

$$A = \{I_{ij}\} = \begin{matrix} I_{11} & I_{12} & \ldots & I_{1j} & \ldots & I_{1n} \\ I_{21} & I_{22} & \ldots & I_{2j} & \ldots & I_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ I_{i1} & I_{i2} & \ldots & I_{ij} & \ldots & I_{in} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ I_{m1} & I_{m2} & \ldots & I_{mj} & \ldots & I_{mn} \end{matrix} \quad (1)$$

В приведенной матрице I_{ij} – значение i-го технико-экономического показателя для j-го варианта технологической схемы очистного участка. Каждый вектор-столбец $\{I_j\}$ соответствует одному

Характеристика объектов для создания матрицы выбора показателей эталонного проекта

Шахта, пласт	Мощность, м	Суточная добыча, т/сут	Очистной комбайн, мощность режущей, кВт	Проходческий комбайн, мощность режущей, кВт	Удельное проведение выработок, м/1000 т
Им. В.Д. Ялевского, пл. 50	3,20 – 3,60	38740	SL-900, 2×450	МВ-670, 270	3,40
Им. В.Д. Ялевского, пл. 52	4,50	26798	SL-500, 2×450	П-110, 2×55	3,10
Талдиннская-Западная 2, пл. 70	4,37	12900	SL-500, 2×450	МВ-670, 270	2,95
Алардинская, пл. 3	3,60	9448	KSW-1140 2×250	КСП-32, 110	4,26
Ерунаковская VIII, пл. 48	2,10	8700	KSW-460, 2×250	КП-21, 110	5,37
Усковская, пл. 50	2,66	8200	KSW-460, 2×250	КП-21, 110	4,95
Есаульская, пл. 26а	2,10	4724	KSW-460, 2×250	КП-21, 110	5,43

набору показателей для определенного варианта. Чтобы оценить принятое решение по совокупной оценке эффективности, требуется вычислить для каждого варианта значение некоторого функционала $K_{\text{инт}.j} = f\{I_{ij}\}$. По значениям этих функционалов составляется убывающий или возрастающий ряд сравниваемых вариантов решений:

$$K_{\text{инт}.1} \lessgtr K_{\text{инт}.2} \lessgtr \ldots. \lessgtr K_{\text{инт}.j} \lessgtr \ldots.. \lessgtr K_{\text{инт}.n}. \quad (2)$$

Методом суммарных среднеквадратичных отклонений можно определить параметры «эталонного решения», когда в каждой строке (1) находятся оптимальные значения, соответствующие минимуму или максимуму показателя. Эти эталонные значения независимо от того, какому варианту решения они принадлежат, в комплексе составляют условное эталонное решение. Следующим шагом является переход к безразмерной относительной форме с помощью величины

$$\delta_{ij} = \frac{\left|I_i^{\text{эт}} - I_{ij}^{\text{ф}}\right|}{\left|I_i^{\max} - I_i^{\min}\right|}, \quad (3)$$

где $I_i^{\text{эт}}$ – значение i-го показателя для эталонного решения; $I_{ij}^{\text{ф}}$ – значение i-го показателя для j-го варианта решения; $I_i^{\max}$ и $I_i^{\min}$ – максимальное и минимальное значение i-го показателя.

После вычисления по формуле (3) относительных отклонений модель натуральных значений показателей заменяется матричной моделью относительных отклонений

$$\{\delta_{ij}\} = \begin{matrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \ldots & \delta_{1j} & \ldots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \ldots & \delta_{2j} & \ldots & \delta I_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \delta_{i1} & \delta_{i2} & \ldots & \delta_{ij} & \ldots & \delta_{in} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \ldots & \delta_{mj} & \ldots & \delta_{mn} \end{matrix}. \quad (4)$$

В качестве суммирующей функции по j-му варианту обоснована квадратичная средняя арифметическая функция

$$K_{\text{инт}.j} = f(\delta_{ij}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (\delta_{ij}\varphi_i)^2} \to min, \quad (5)$$

где φ_i – коэффициент важности i-го показателя.

С учетом вышеизложенного формула для определения итоговой оценки принятых в компьютерной лабораторной работе технических решений может быть представлена как

$$S = S_0 - \sum_{i=1}^{N} p_i - \sum_{j=1}^{M} q_j - k\frac{r}{R}, \quad (6)$$

где S_0 – максимально возможная оценка; p_i – значение i-го показателя несоответствия требований нормативным документам по промышленной безопасности в угольной отрасли; q_j – значение j-го показателя несоответствия типовым технологическим схемам подготовки и отработки угольных пластов; k – весовой коэффициент учета влияния расчетных технико-экономических показателей; r – позиция в ранжировке по значениям $K_{\text{инт}.j}$; R – общее число позиций в ранжировке по значениям $K_{\text{инт}.j}$.

В качестве элементов множества критериев предлагается использовать относительные показатели: нагрузку на очистной забой с одного метра мощности пласта; удельную протяженность подготовительных выработок на 1000 т; участковую себестоимость угля, руб./т; фактическую удельную энергоемкость подготовительных и очистных работ.

Выводы. Предложенный подход позволит повысить эффективность использования компьютерных лабораторных работ в учебном процессе и приблизить обучение к реальным условиям принятия технологических решений на горных предприятиях Кузбасса (юг Кузбасса).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казанин О.И., Дребенштедт К. Горное образование в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 369 – 375.

2. Домрачев А.Н., Риб С.В. Разработка междисциплинарных компьютерных лабораторных работ как основа массового внедрения обучающе-тестирующих систем по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 3 (25). С. 18 – 21.

3. Домрачев А.Н. Алгоритм и структура контента обучающе-тестирующей программы для базовых дисциплин специальности 130400 «Горное дело». – В кн.: Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 184 – 187.

4. Домрачев А.Н., Риб С.В. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 3 (17). С. 8 – 10.

5. Говорухин Ю.М., Домрачев А.Н. Разработка и внедрение в учебный процесс системы поддержки принятия решений при разработке технологической схемы очистного участка // Известия Тульского государственного университета. 2018. № 1. С. 159 – 165.

6. Бурчаков А.С., Малкин А.С., Устинов М.И. Проектирование шахт: учебник для вузов по специальности «Технология и комплексная механизация подземных разработок месторождений полезных ископаемых» / Под общ. ред. А.С. Бурчакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 399 с.

© 2018 г. *А.Н. Домрачев, С.В. Риб*

Поступила 9 ноября 2018 г.

ВИКТОРУ НИКОЛАЕВИЧУ ФРЯНОВУ – 80 ЛЕТ

4 декабря 2018 г. исполняется 80 лет со дня рождения и 55 лет научно-педагогической деятельности выдающегося горного инженера, известного ученого, профессора, доктора технических наук, Почетного работника угольной промышленности, Заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, заведующего кафедрой геотехнологии Сибирского государственного индустриального университета Виктора Николаевича Фрянова.

Виктор Николаевич родился в г. Киселевске Кемеровской области, в семье шахтера. Окончил в 1958 г. Прокопьевский горный техникум, а в 1963 г. Кемеровский горный институт. Виктор Николаевич работал в научно-исследовательском институте «ВНИИгидроуголь» старшим научным сотрудником, с 1970 г. – руководителем сектора лаборатории систем разработки и горного давления. В 1969 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование характера сдвижения горных пород при выемке пологих угольных пластов короткими забоями в условиях Кузбасса», а в 1989 г. в Институте угля и углехимии СО РАН защитил докторскую диссертацию «Управление геомеханическими процессами и обоснование параметров систем разработки гидрошахт Кузбасса». В 1991 г. ему присвоено ученое звание профессора.

С 1972 г. вся трудовая и научная деятельность Виктора Николаевича тесно связана с Сибирским государственным индустриальным университетом. С 1984 г. по настоящее время В.Н. Фрянов – заведующий кафедрой геотехнологии, которая занимает передовые позиции в образовательном процессе СибГИУ. В государственных аттестационных комиссиях ежегодно защищается 120 – 150 дипломных проектов и работ, в которых, кроме подтверждения своих знаний горного дела, студенты проводят научные исследования по проблемам наукоемких технологий угледобычи.

Вклад Виктора Николаевича в создание кадрового потенциала науки трудно переоценить: под его руководством в СибГИУ создана научная школа «Создание интенсивных нетрадиционных информационно-материальных технологий добычи и переработки минерального сырья». В.Н. Фрянов является признанным специалистом и консультантом по развитию технологии отработки угольных месторождений и внедрению численных методов в геомеханику на юге Кузбасса.

На основе отработки метода угольных месторождений им разработан пакет компьютерных программ «Геомеханика», который развивается аспирантами и докторантами при проведении научных исследований и выполнении хоздоговорных работ по заказам горных предприятий.

Под руководством Виктора Николаевича подготовлены 38 кандидатов и 8 докторов технических наук, которые успешно работают преподавателями высших учебных заведений, ведущими специалистами предприятий, руководителями городского, областного и федерального уровней, за рубежом.

Виктор Николаевич Фрянов – действительный член (академик) Российской Академии Естественных Наук, Академии Инженерных наук. Он активный участник международных выставок-ярмарок, конференций и форумов. В течение 20 лет он активно участвует в подготовке и проведении Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» в рамках Международной выставки-ярмарки «Уголь России и Майнинг». Принимает активное участие в качестве ответственного редактора в подготовке и издании сборника работ по материалам этой конференции. Основные результаты работы конференции опубликованы, систематизированы в виде решений и рекомендаций Администрации Кемеровской области. За активное участие в специализированных выставках технологий горного производства награжден знаком «За вклад в выставочную деятельность».

Высокая эрудиция, обязательность, ответственность, взвешенность принимаемых им ре-

шений, доверительное отношение к людям – все это направлено на эффективное развитие интенсивных технологий добычи угля. При всем громадье уже реализованных и еще только составляемых планов, при всей интенсивности своей научной и административной жизни Виктор Николаевич не утрачивает той оптики, которая позволяет ему видеть ценность и важность каждого отдельного человека, с которым ему приходится сталкиваться.

Виктор Николаевич является автором более 500 научных статей, 20 монографий, 25 учебно-методических пособий, им получено более 20 патентов и авторских свидетельств. Он эффективно и активно участвует в работе по грантам.

За многолетнюю и плодотворную деятельность профессор В.Н. Фрянов неоднократно отмечался благодарностями и почетными грамотами РФ по высшему образованию, областной и городской администрацией. Он награжден медалями «За особый вклад в развитие Кузбасса» III степени, «За доблестный труд», «Лауреат премии Академии горных наук», «60 лет Дню шахтера», «65 лет Кемеровской области», «Ветеран труда», знаком «Трудовая слава» III степени, «Горняцкая слава» I, II, III степеней, «Почетный работник угольной промышленности», «Лауреат премии Кузбасса», серебряным знаком «Горняк России». Указом президента Российской Федерации от 24.10.17 № 512 Виктор Николаевич награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. За большой вклад в социально-экономическое развитие Кузбасса и подготовку кадров высшей квалификации Виктор Николаевич Фрянов неоднократно получал премию губернатора Кемеровской области.

Виктор Николаевич Фрянов является главой большой дружной шахтерской семьи. В 2015 г. губернатор Кемеровской области выразил благодарность научной династии Фряновых за большой личный вклад в развитие Кузбасса и бережное сохранение трудовых семейных традиций.

Коллеги, ученики, друзья и редакция журнала сердечно поздравляют Виктора Николаевича с юбилеем и от всей души желают крепкого здоровья, жизненной энергии, семейного благополучия и дальнейшей плодотворной деятельности на благо горного образования и науки.

К 80-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА КОНСТАНТИНОВИЧА АФАНАСЬЕВА

7 ноября 2018 года исполнилось 80 лет профессору Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ), Заслуженному изобретателю Российской Федерации, Почетному металлургу, Почетному работнику высшего профессионального образования Российской Федерации, доктору технических наук, профессору Афанасьеву Владимиру Константиновичу.

В.К. Афанасьев относится к числу известных ученых в области материаловедения. Главным направлением научной деятельности профессора Афанасьева в течение более чем пятидесяти лет является исследование закономерностей формирования структуры и свойств металлических материалов с учетом влияния и определяющей роли элементов внедрения – водорода, азота и кислорода. Основными результатами исследований в рамках этого направления являются:

– разработка принципов рационального легирования металлических материалов, позволяющих уменьшить содержание в сплавах традиционных дорогостоящих легирующих элементов за счет обоснованного введения элементов внедрения;

– разработка составов новых материалов на основе железа и алюминия, содержащих в качестве полноправных легирующих элементов водород и азот и обладающих лучшим комплексом свойств по сравнению с имеющимися;

– разработка технологий обработки металлических сплавов, позволяющих улучшить свойства уже имеющихся материалов и получить новые материалы с уникальным сочетанием свойств.

В.К. Афанасьевым с сотрудниками разработано и защищено авторскими свидетельствами СССР и патентами РФ более 50-ти составов алюминиевых сплавов с регламентированным коэффициентом теплового расширения, а также способов их получения и обработки. Разработаны и рекомендованы к практическому применению схемы термоциклической обработки низкоуглеродистой стали, обеспечивающие комплекс высоких физико-механических свойств. Предложен и подтвержден экспериментальными исследованиями новый механизм формирования выделений графита в чугуне. Научно обоснованы представления о выделениях графита в чугуне как об одном из видов водородной хрупкости. Разработана и рекомендована к практическому применению ресурсосберегающая технология производства режущего инструмента из белого нелегированного чугуна.

В.К. Афанасьев родился 7 ноября 1938 года в станице Иловайской Донецкой области. В 1962 году окончил Сибирский металлургический институт имени Серго Орджоникидзе по специальности «Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов». В 1969 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Металлографическое изучение причин самопроизвольного растрескивания отливок из высокопрочных алюминиевых сплавов» и с 1969 по 1977 год работал в должности доцента кафедры металловедения Красноярского института цветных металлов. В 1977 году был избран на должность заведующего кафедрой физики металлов Сибирского металлургического института и переехал в г. Новокузнецк.

В 1989 году В.К. Афанасьев защитил в Белорусском политехническом институте (г. Минск) докторскую диссертацию на тему «Повышение технологических и служебных свойств алюминиевых сплавов с регламентированным содержанием водорода совершенствованием их составов и технологии производства». В 2003 году за активную изобретательскую деятельность ему было присвоено почетное звание «Заслуженный изобретатель РФ».

В должности заведующего кафедрой физики металлов В.К. Афанасьев проработал 35 лет. За это время коллективом кафедры было подготовлено более шестисот инженеров по специальности «Физика металлов». У многих из них Владимир Константинович был руководителем дипломной научно-исследовательской работы. Заслуги профессора В.К. Афанасьева в подготовке высококвалифицированных специалистов для промышленности страны отмечены званием

«Почетный работник высшего профессионального образования РФ» (2000 г.), а также знаком «Почетный профессор Кузбасса» (2008 г.).

В настоящее время, после реорганизации кафедр университета, В.К. Афанасьев работает в должности профессора-консультанта кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства СибГИУ.

Профессор В.К. Афанасьев имеет более 700 научных трудов, в том числе более 150 авторских свидетельств и патентов на изобретения, 10 монографий. Под его руководством защищено 18 кандидатских и четыре докторских диссертации. Он ведет научно-организационную деятельность: является членом двух диссертационных советов Д212.252.04 и Д212.252.01, работающих на базе Сибирского государственного индустриального университета, а также членом редколлегии журнала «Металлургия машиностроения» (г. Москва).

Научные разработки профессора В.К. Афанасьева были отмечены дипломами и наградами на Международных выставках: «Manufacturing Indonesia – 2012», «ARCA – 2010» (Хорватия), Петербургская техническая ярмарка – 2013. За свою научную разработку «Водородная платформа периодической системы элементов», являющуюся основой создания прогрессивных технологий получения и обработки новых материалов, он награжден двумя Золотыми медалями международных выставок IENA-2012 (Германия, г. Нюрнберг) в номинации «Изобретение/Новинка/Новый продукт», а также «Нанотех-2016» (Япония, Токио); на всемирной выставке INPEX-15 в г. Питтсбург (США) получил Гран-при, а также золотую и серебряную медали «За выдающееся изобретение» от Научного общества Кувейта в 2016 г.

В.К. Афанасьев – действительный член Российской академии естественных наук. Его заслуги отмечены медалью «За служение Кузбассу», орденом «За заслуги в материаловедении», многочисленными наградами и грамотами администрации Кемеровской области.

Редакция журнала, коллеги и друзья сердечно поздравляют Владимира Константиновича с юбилеем и искренне желают ему многих лет активной и интересной жизни, крепкого здоровья и новых научных свершений.

РЕФЕРАТЫ

УДК 620.170: 621.791

Повышение свойств низкоуглеродистой стали наплавкой порошковой борсодержащей проволокой / Рубанникова Ю.А., Кормышев В.Е., Громов В.Е., Косинов Д.А., Романов Д.А. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 3.

Методами современного физического материаловедения выполнены исследования структуры, фазового состава и трибологических свойств покрытия, наплавленного на низкоуглеродистую сталь электродуговым методом в различных режимах за один проход порошковой проволокой Fe – C – Nb – Cr – W и модифицированного электронно-пучковой обработкой. Установлено, что наплавка, созданная на поверхности стали, приводит к формированию высокопрочного слоя толщиной не менее 7 мм с микротвердостью 13,5 ГПа. В результате выполненных триологических испытаний установлено, что наплавленный слой обладает высокой износостойкостью, превышающей износостойкость исходной стали примерно в два раза. Выполненные электронно-микроскопические микродифракционные исследования наплавленного слоя выявили формирование эвтектики пластинчатого типа. Показано, что электронно-пучковая обработка поверхности наплавленного слоя приводит к формированию многофазного состояния, основными фазами которого являются α-фаза, борид железа состава FeB и карбид бора состава B_4C. Сформированная облучением интенсивным импульсным электронным пучком структура наплавки характеризуется сравнительно высокой износостойкостью. Ил. 3. Библ. 15.

Ключевые слова: сталь Hardox 450, наплавка, структура, электронно-пучковая технология, импульсная обработка, микротвердость.

Increasing properties of low-carbon steel by means of boron cord wire depositing / Rubannikova Yu.A, Kormyshev V.E., Gromov V.E., Kosinov D.A., Romanov D.A. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). P. 3.

By means of modern physical material science study of structure, phase composition and tribological properties of coating deposited on low-carbon steel by electric arc method applied in various modes in one pass using Fe-C-Nb-Cr-W cored wire and modified by electron beam treatment. It is established that surfacing created at steel surface leads to formation of high-strength layer with thickness of at least 7 mm with microhardness of ~ 13.5GPa. As a result of the performed triologic tests it was established that weld layer has high wear resistance, exceeding wear resistance of the initial steel twice. Electron microscopic microdiffraction studies of the deposited layer have revealed formation of a plate-type eutectic. It is shown that electron-beam treatment of surface of the deposited layer leads to formation of multiphase state, the main phases of which are α-phase, FeB iron boride and B_4C boron carbide. Formed by irradiation with intense pulsed electron beam, deposition structure is characterized by comparatively high value of wear resistance. Fig. 3. Ref. 15.

Keywords: Hardox 450 steel, surfacing, structure, electron-beam technology, impulse processing, microhardness.

УДК 625.143.48

Методика исследования влияния режимов изотермического отжига при сварке рельсовой стали / Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Куценко А.И., Усольцев А.А., Куценко А.А. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 8.

Описана методика исследования влияния режимов изотермического отжига сварного соединения образцов из рельсовой стали. Приведены схема вырезки образцов, на которых были проведены исследования, оборудование, с помощью которого проводили исследования. Разработанная методика позволяет измерить температуру в металле шва и в зоне термического влияния в процессе сварки образцов из рельсовой стали. По предлагаемой методике можно изучать влияние термических циклов контактной стыковой сварки на структуру рельсовой стали. В качестве примера показан результат использования предлагаемой методики. Ил. 5. Библ. 10.

Ключевые слова: структура, рельсовая сталь, зона термического влияния, стыковая сварка.

Methods of study of the effect of isothermal annealing modes of rail steel welding / Shevchenko RA, Kozyrev N.A., Kutsenko A.I., Usoltsev A.A., Kutsenko A.A. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 8.

Method of study of the effect of modes of isothermal annealing of welded joints of rail steel samples is described. Scheme of cutting of samples on which the research was conducted, equipment with which the research was conducted is provided. Developed method allows to measure temperature in weld metal and in the zone affected by heat during welding of rail steel samples. According to the proposed method, it is possible to study effect of thermal cycles of resistance butt welding on structure of rail steel. As an example, result of the proposed method application is shown. Fig.5. Ref. 10.

Keywords: structure, rail steel, heat-affected zone, butt welding.

УДК 658.511.5.001.2

Исследование количественно-качественных характеристик технологического оборудования для обработки входных грузопотоков комбината / Савельев А.Н., Поплавская Н.А. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 12.

Металлургический комбинат, успешно проработавший многие десятилетия, рассматривается как доведенная до рационального состояния сложная техническая система. Предполагается, что количественно-качественные составляющие такой системы являются закономерными. Для выявления некоторых из закономерностей рассматриваются оборудование и объемы материалов, поступающих на комбинат. Для этого выполнена декомпозиция данной системы. Получены соотношения объемов поставляемого материала и видов, а также количественного состава оборудования, обрабатывающего эти материалы. Установлена взаимосвязь между группами обрабатываемого материала и группами используемого для этого оборудования. Все это в конечном итоге позволяет формировать аналогичные сложные технические системы в черной металлургии. В силу того, что эти соотношения получены на технической системе, доведенной в течение многих лет ее эксплуатации до близкого к рациональному состоянию, можно ожидать, что вновь сформированные комбинаты также будут обладать достаточно высокой степенью их структурной стабильности. В этом случае полученные знания о параметрах структуры оборудования, используемого для обработки грузопотоков поставляемых материалов на комбинат, значительно снизят затраты на доводку вновь создаваемых аналогичных сложных технических систем. Ил. 3. Библ. 7.

Ключевые слова: металлургический комплекс, сложная техническая система, оборудование, грузопоток, материалы.

Study of quantitative and qualitative characteristics of technological equipment for handling plant input flows/ Saveliev AN, Poplavskaya N.A. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 12.

Metallurgical plant that has successfully worked for many decades is considered as a complex technical system brought to rational state. It is assumed that quantitative and qualitative components of such a system are regular. To identify some of the patterns, equipment and volumes of materials entering plant are considered, this system is decomposed. Obtained ratios of volumes of supplied material and its types, and quantitative composition of the equipment handling these materials are provided. Relationship between the groups of handled material and groups of equipment used for that purpose has been established. It ultimately allows us to form similar complex technical systems for steel making industry. As far as the ratios are obtained for the technical system brought to a state close to rational over many years of its operation, it can be expected that the newly designed plants will also have sufficiently high degree of their structural stability. In this case, knowledge gained about parameters of structure of the equipment used to handle input flows of materials supplied to the plant will significantly reduce cost of fine-tuning of the similar newly created complex technical systems. Fig. 3. Ref. 7.

Keywords: metallurgical plant, complex technical system, equipment, supply flow, materials.

УДК 669.017.11:536.63

Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ 4.5, легированного свинцом / Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Кабутов К., Ботуров К. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 17.

Целью настоящей работы явилось экспериментальное определение теплоемкости сплава АЖ4.5 (Al + 4,5 % Fe), легированного свинцом, и расчет температурной зависимости изменений термодинамических функций сплавов. Исследования температурной зависимости теплоемкости сплава АЖ4.5, легированного свинцом, проводились в режиме «охлаждения» с применением компьютерной техники и программы Sigma Plot. Установлены полиномы температурной зависимости теплоемкости и изменения термодинамических

функций (энтальпии, энтропии и энергии Гиббса) сплава АЖ4.5, легированного свинцом, и эталона (Cu), которые с коэффициентом корреляции $R_{кор}$ = 0,999 описывают эти изменения. Установлено, что с ростом содержания свинца теплоемкость исходного сплава уменьшается, а от температуры – растет. Энтальпия и энтропия сплава АЖ4.5 и сплавов со свинцом с ростом температуры повышаются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. Ил. 5. Табл. 4. Библ. 20.

Ключевые слова: сплав АЖ4.5, свинец, режим “охлаждения”, теплоемкость, термодинамические функции, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

Temperature dependence of specific heat capacity and thermodynamic function of AlFe 4,5 % alloys doped with lead / Ganiev I.N., Safarov A.G., Odinaev F.R., Kabutov K., Boturov K. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 17.

The purpose of this report is experimental determination of heat capacity of AlFe 4.5 (Al + 4.5% Fe) alloy doped with lead and calculation of temperature dependence of changes in thermodynamic functions of the alloys. Investigations of temperature dependence of heat capacity of AlFe 4.5 alloy doped with lead were carried out in a "cooling" mode using computer equipment and Sigma Plot program. Polynomials of temperature dependence of the specific heat and change in thermodynamic functions (enthalpy, entropy, and Gibbs energy) of AlFe 4.5 alloy doped with lead and a standard one (Cu), which describe their change with correlation coefficient Rcor. = 0.999. It is established that with increasing lead content, heat capacity of the initial alloy decreases, and it increases with temperature. The enthalpy and entropy of AlFe 4.5 alloy and lead-alloys increase with temperature, and the Gibbs energy values decrease. Fig. 5. Table 4. Ref. 20.

Keywords: AlFe4.5 alloy, lead, cooling mode, heat capacity, thermodynamic functions, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

УДК 324.01

Анализ деформативности изгибаемых железобетонных элементов / Алешина Е.А., Борец А.Ю., Алешин Д.Н. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 24.

Выполнен расчет по деформациям изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, армированных на основании расчета по несущей способности. Проведен анализ результатов расчета, в результате которого установлено, что в большинстве случаев армирование изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне, принятое из расчета по несущей способности, недостаточно для обеспечения требований второй группы предельных состояний (по деформациям). Предложены меры на стадии проектирования для уменьшения прогибов железобетонных элементов. При расчете использовали разработанный совместно со студентами Архитектурно-строительного института алгоритм определения кривизны изогнутой оси железобетонного элемента с трещинами в растянутой зоне. Табл. 1. Ил. 3. Библ. 6.

Ключевые слова: изгибаемые железобетонные элементы, деформации, несущая способность, эксплуатационная пригодность, анализ результатов расчета, стадии напряженно-деформированного состояния, кривизна изогнутой оси, приведенное сечение, расчетная схема, трещины, алгоритм расчета, прогибы, стадия проектирования, предварительное напряжение арматуры.

Analysis of deformability of bending reinforced concrete elements / Aleshina E.A., Borets A.Yu., Aleshin D.N. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 24.

Calculation of deformations of bending concrete elements with cracks in stretched zone, reinforced based on bearing capacity calculation. Analysis of calculation results, establishes that in most cases, reinforcement of bending concrete elements with cracks in the stretched zone, taken from bearing capacity calculation, is not enough to meet requirements of the second group of limit state of deflection. Measures to reduce deflections of concrete elements at the design stage are proposed. Calculation was based on the algorithm of determining curvature of curved axis of reinforced concrete element with cracks in the stretched zone developed jointly with students of the Institute of Architecture and Construction. Table 1. Fig. 3. Ref. 6.

Keywords: bending reinforced concrete elements, deformation, bearing capacity, operational suitability, analysis of calculation results, stages of stress-strain state, curvature of the curved axis, reduced section, calculation scheme, cracks, calculation algorithm, deflections, design stage, pre-stress reinforcement.

УДК 728.1.03

Жилище и человек, жилище для человека / Осипов Ю.К. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 29.

Особенность России – большая территория и неравномерность расселения. В статье показана важность выбора типа и стиля жилой постройки для конкретной местности. В конечном итоге это сказывается на архитектуре жилого образования и социальной организации поселка, города. Ил. 6. Библ. 5.

Ключевые слова: жилище, социальная структура жилого образования, внутреннее пространство жилых зданий.

Housing a human and a housing for human / Osipov Y.K. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 29.

Peculiarity of Russia is that it is a big country of uneven settlement. The article shows importance of choosing type and style of residence buildings for a specific area. Eventually it affects residential architecture and social organization of the settlement, the city. Fig. 6. Ref. 5.

Keywords: housing, social structure of residential area, interior space of residence buildings.

УДК 669.053.75

Моделирование процесса обжига металлизованных окатышей с учетом происходящих в них физико-химических превращений / В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко, Н.А. Спирин, В.В. Лавров // Вестник СибГИУ. – 2018. – 4 (26). – С. 36.

Рассмотрена инженерная математическая модель развития физико-химических превращений в объеме окатыша, состоящего из гранул железной руды, известняка и кокса (углеродсодержащего топлива). Для решения сложных уравнений диффузии, прогрева гранул и химической кинетики используется приближенный метод решения задачи Стефана, развитый Л.С. Лейбензоном. Ил. 2. Библ. 9.

Ключевые слова: физико-химические превращения, окатыш, гранулы, задача Стефана.

Physical and chemical aspects of metallized pellets burning process calculation / Shvydkiy V.S., Yaroshenko Yu.G., Spirin N.A., Lavrov V.V. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 36.

The engineering mathematical model of development of physical and chemical transformations is considered in volume of pellet, consisting of granules of iron-stone, limestone and coke (carbon containing fuel). To solve difficult equations of diffusion, warming up of granules and chemical kinetics approximate method of Stephan problem solving, developed by L.S. Leybenzon, is used. Fig. 2. Ref. 9.

Keywords: physical and chemical transformations, pellet, granules, Stephan problem.

УДК 681.518.5

Информационное обеспечение автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «Барзасское товарищество» / Шипунов М.В., Коровин Д.Е., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Ляховец М.В., Мелкозеров М.Ю., Макаров Г.В. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 41.

В статье рассматриваются вопросы модернизации информационного обеспечения автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики на базе SCADA-системы Genesis32 компании Iconics. В результате были скорректированы существующие мнемосхемы и конфигурации программных модулей действующих технологических комплексов, а также созданы мнемосхемы, сконфигурированы базы данных переменных вновь введенных технологических участков. Ил. 7. Табл. 2. Библ.4.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), обогатительная фабрика (ОФ), Iconics Genesis32, SCADA-система.

Information support of the automated management system of technological processes of the "Barsasskoe tovarishestvo" processing plant / ShipunovM.V., Korovin D.E., Grachev V.V., Myshlyaev L. P., Lyakhovets M.V., Melkozerov M.U., Makarov G.V. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 41.

The article considers issues of modernization of information support of automated process control system of the processing plant based on SCADA-system of Genesis32 – Iconics company. As a result, existing mnemonic scheme and configurations of software modules of existing technological plants were corrected, mnemonic schemes were created, databases of variables of newly introduced technological sections were configured. Fig. 7. Table 2. Ref. 4.

Keywords: automated process control system (APCS), processing plant (PP), Iconics Genesis32, SCADA-system.

УДК 681.518.5:622.7.012

Модернизация верхнего уровня автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «Антоновская» с использованием пакета Wonderware System Platform 2017 / Грачев В.В., Циряпкина А.В., Мышляев Л.П., Иванов Д.В., Цветков А.Б., Прокофьев С.В., Шипунов М.В. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 46.

В статье рассматриваются вопросы совершенствования верхнего уровня автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики с использованием специализированного программного обеспечения Wonderware System Platform 2017. Данный пакет, основываясь на принципах объектно-ориентированного подхода к разработке систем диспетчеризации, позволил использовать его ключевые особенности: наследование, инкапсуляцию и полиморфизм. Использование пакета Wonderware System Platform 2017 при модернизации АСУ ТП ОФ «антоновская» позволило сократить трудозатраты при разработке системы, упростить процесс внесения изменений, повысить удобство и эффективность работы при эксплуатации системы. Ил. 6. Табл. 1. Библ. 3.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическими процессами, обогатительная фабрика, Wonderware System Platform 2017, объектно-ориентированный подход.

Modernization of the upper level of automated control systems of technological processes of the «Antonovskaya» processing plant using Wonderware System Platform 2017 / Grachev V.V., Tsarapkina A.V., Myshlyaev L.P., Ivanov D.V., Cvetkov A.B., Prokofev S.V., Shipunov M.V. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 46.

The article deals with the issues of improving the upper level of automated process control system of enrichment plant using Wonderware System Platform 2017 specialized software. This package, based on principles of object-oriented approach to development of dispatching systems, allowed to use its key features: inheritance, encapsulation and polymorphism. The use of Wonderware System Platform 2017 package in modernization of the «Antonovskaya» control system made it possible to reduce labor costs in system development, simplified the process of making changes, improved convenience and efficiency of system operation. Fig. 6. Table 1. Ref. 3.

Keywords: automated process control system, processing plant, Wonderware System Platform 2017, object-oriented approach.

УДК 621.01

Одноподвижный гексапод с круговой направляющей / Фомин А.С. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 52.

В настоящем исследовании представлен новый одноподвижный гексапод с круговой направляющей. Данный механизм сконструирован в качестве плоского подвижного основания, размещенного внутри круговой направляющей, и пространственной кинематической цепи, установленной на круговой направляющей посредством кареток. Представленный гексапод может найти применение при создании медицинских, вибрационных и ориентирующих устройств, в которых выходное звено движется по заданной пространственной траектории. Ил. 2. Библ. 7.

Ключевые слова: механизм, гексапод, параллельная структура, степень свободы.

Hexapod with a circular guide and single drive / Fomin A.S. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 52.

The study presents the novel hexapod with a circular guide and single drive. This mechanism is designed as a planar movable base set inside a circular guide and spatial kinematic chain mounted on a circular guide by carriages. The presented hexapod can find application in creation of medical, vibrating and orienting devices, in which an end-effector moves along a given spatial trajectory. Fig. 2. Ref. 7.

Keywords: mechanism, hexapod, parallel structure, degree of freedom.

УДК 005.96 (571.17)

Взаимосвязь человеческого капитала, заработной платы и производительности труда персонала ОАО «Славино» / Быстров В.А., С Ковган.Ю., Морозова А.В. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 55.

Рассмотрена одна из важнейших проблем повышения производительности труда и соответствующий этому рост заработной платы персонала. Для сохранения конкурентных позиций на рынке предприятие должно производить продукцию с меньшими затратами (или хотя бы с аналогичными затратами), чем у своих конкурентов. При этом должны обеспечиваться лучшие или те же потребительские свойства произведенных товаров, чем у конкурента. Такая задача на практике обеспечивается в том числе и ростом производительности труда. В настоящее время рост производительности труда является практически основным источником формирования конкурентоспособности предприятия на рынке за счет уменьшения издержек производства, роста инвестиционного капитала, исполнения обязательств перед акционерами, персоналом и государством. Табл. 1. Ил. 4. Библ. 12.

Ключевые слова: производительность труда, управление производительностью труда, человеческий капитал, инвестиции.

Relationship of human capital, wages and staff productivity of “Slavino” OAC / V.A. Bystrov, S.Yu. Kovgan, A.V. Morozova // // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No. 4 (26). – P. 55.

The article examines one of the most important challenges for improving productivity and increase in wages for personnel. To maintain a competitive position in the market, company must produce more with less (or at least similar) costs than its competitors. This should be provided by the best or the same consumer properties of manufactured goods than that of the competitor. This task is ensured in practice by productivity growth. At present, productivity growth is almost the main source of formation of enterprise's competitiveness in the market by reducing production costs, investment capital growth, fulfillment of obligations to shareholders, employees and state. Table 1. Fig. 4. Ref. 12.

Keywords: productivity, performance management, human capital, investments.

УДК 657.22:658.532.331.0015.13

Основные принципы управленческого учета и их влияние на организацию учета / Филимонова Е.А., Козлов В.П. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 59.

Рассмотрены основные принципы, используемые в управленческом учете; разделение этих принципов на три группы по отношению к разным концепциям управленческого учета. Раскрывается краткое содержание принципов. Целью настоящей работы является определение основных принципов управленческого учета и их влияния на организацию учета на предприятии. Табл. 1. Библ. 3.

Ключевые слова: бухгалтерский учет, управленческий учет, принципы управленческого учета, планирование, прогнозирование, принятие решений, внутренняя отчетность, результаты деятельности.

The basic principles of management accounting and their impact on accounting management / Filimonova Ye.A., Kozlov V.P. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – № 4 (26). – С. 59.

The basic principles applied in management accounting; division of these principles into three groups in relation to different concepts of management accounting. Disclosed is a summary of the principles. The purpose of this work is to determine basic principles of management accounting and their impact on accounting management in the enterprise. Tab. 1. Ref. 3

Keywords: accounting, management accounting, principles of management accounting, planning, predicting, decision-making, internal reporting, performance results.

УДК 622:681.3.07

Совершенствование критерия оценки компьютерных лабораторных работ по курсу «Технология отработки пологих пластов» специальности 21.05.04 «Горное дело» / Домрачев А.Н., Риб С.В. // Вестник СибГИУ. – 2018. – № 4 (26). – С. 63.

Рассмотрен вопрос формирования критерия оценки предлагаемых технических решений при выполнении компьютерной лабораторной работы по курсу «Технология отработки пологих пластов» специальности 21.05.04 «Горное дело». В качестве элемента критерия оценки результатов компьютерной лабораторной работы предложено использовать сравнительный интегральный критерий на основе технико-экономических показателей действующих горных предприятий. По мнению авторов предложенный подход позволит повысить эффективность использования компьютерных лабораторных работ в учебном процессе. Табл. 1. Библ. 6.

Ключевые слова: компьютерная лабораторная работа, алгоритм, профессиональные компетенции, горное образование, учебный процесс.

Improving the criterion for evaluation of computer labs for the course "Flat seams mining technology" of the 21.05.04 "Mining" curriculum / Domrachev A.N., Rib S.V. // Bulletin of SibSIU. – 2018. – No 4 (26). – P. 63.

The article deals with development of the criterion for evaluation of the proposed technical solutions when performing computer laboratory work within the course "Flat seams mining technology" of the 21.05.04 "Mining" curriculum. As an element of the criterion for evaluating results of computer laboratory work, it has been proposed to use comparative integral criterion based on technical and economic indicators of existing mining enterprises. According to the authors, proposed approach will improve efficiency of using computer labs in education process. Table 1. Ref. 6.

Keywords: computer laboratory work, algorithm, professional competence, mining education, educational process.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются оригинальные, ранее не публиковавшиеся статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

Металлургия и материаловедение.
Горное дело и геотехнологии.
Машиностроение и транспорт.
Энергетика и электротехнологии.
Химия и химические технологии.
Архитектура и строительство.
Автоматизация и информационные технологии.
Экология и рациональное природопользование.
Экономика и управление.
Образование и педагогика.
Гуманитарные науки.
Социальные науки.
Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и экспертное заключение.

Кроме того, необходимо разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

В редакцию следует направлять два экземпляра текста статьи на бумажном носителе, а также на электронном. Для ускорения процесса рецензирования статей электронный вариант статьи и сканкопии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте на e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru.

Таблицы, библиографический список и подрисуночный текст следует представлять на отдельных страницах. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье.

Иллюстрации нужно представлять отдельно от текста на носителе информации. Пояснительные надписи в иллюстрациях должны быть выполнены шрифтом Times New Roman Italic (греческие буквы – шрифтом Symbol Regular) размером 9. Тоновые изображения, размер которых не должен превышать 75х75 мм (фотографии и другие изображения, содержащие оттенки черного цвета), следует направлять в виде растровых графических файлов (форматов *.bmp, *.jpg, *.gif,*.tif) в цветовой шкале «оттенки серого» с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм). Штриховые рисунки (графики, блок-схемы и т.д.) следует представлять в «черно-белой» шкале с разрешением не менее 600 dpi. На графиках не нужно наносить линии сетки, а экспериментальные или расчетные точки (маркеры) без крайней необходимости не «заливать» черным. Штриховые рисунки, созданные при помощи распространенных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного приложения (*.xls, *.vsd и др.). На обратной стороне рисунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

Формулы вписываются четко. Шрифтовое оформление физических величин следующее: латинские буквы в светлом курсивном начертании, русские и греческие – в светлом прямом. Числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Если формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, следить, чтобы масштаб формул был 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс / Мелкий индекс» («Subscript / Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адреса с почтовыми индексами, телефон и E-mail). Необходимо указать с кем вести переписку.

Цитируемую в статье литературу следует давать не в виде подстрочных сносок, а общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой.

Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10. Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.2 – 2003: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, в библиографическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация в двух экземплярах объемом не менее 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, а также ключевые слова.

В конце статьи необходимо привести на английском языке: название статьи, ФИО авторов, место их работы, аннотацию и ключевые слова.

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается включение в краткое сообщение одного несложного рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи журнала индексируются в РИНЦ и представлены на сайте СибГИУ (www.sibsiu.ru) в разделе Наука и инновации (Периодические научные издания (Журнал «Вестник СибГИУ»).

Над номером работали

Темлянцев М.В., *главный редактор*

Новичихин А.В., *ответственный секретарь*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Запольская Е.М., *ведущий редактор*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*