

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный индустриальный университет

Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

15 – 16 ноября 2017 г.

Труды
XX Международной научно-практической конференции
Часть 2

Новокузнецк
2017

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянец, д.т.н., профессор А.В. Феоктистов,
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.ф.-м.н., профессор В.Е. Громов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., профессор Н.А. Козырев,
к.т.н., профессор С.Г. Коротков, к.т.н., доцент С.В. Фейлер

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 474 с., ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения, рециклинга и экологии в металлургии.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20433.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
ОАО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

Библиографический список

1. Патент РФ на полезную модель №117442 «Технологическая линия подачи сырьевых сыпучих материалов для электролитического производства алюминия», 2012г.
3. Патент РФ на полезную модель №125565 «Бункер для сыпучих материалов», 2013г.
4. Патент РФ на изобретение №2332347 «Комплекс для транспортировки в псевдоожиженном состоянии сыпучего материала (варианты)», 2008г.
5. Патент РФ на изобретение №2314365 «Устройство для подачи сырья в электролизёр для получения алюминия», 2008г.
6. Вишня Б.Л., Дроздов Б.С., Стефаненко В.Т. «Пневмотранспорт. Расчёты, схемы, оборудование», изд-во «Сократ», Екатеринбург, 2010 г.
7. «Методика расчёта установок пневматического транспорта. Пневмопочта» под редакцией к.т.н. Сегаль И.С., Труды ВНИИПТМАШ, 1962, 130с.

УДК 624.7.001.5

О ГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, e-mail kulakov-ais@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрена поэтапная процедура построения графических моделей функционирования производственных систем, использование которых необходимо при разработке математических нормативных моделей для планирования и прогнозирования технико-экономических показателей системы. Представлены графические модели на конкретных примерах.

Ключевые слова: графические модели, производственные операции, декомпозиция, материальные потоки, длительности, нормативные модели.

ON GRAPHICAL MODELING OF WORK PRODUCTION SYSTEMS IN METALLURGY

Kulakov S.M., Musatova A.I., Kadykov V.N.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, kulakov-ais@mail.ru*

Annotation. A step-by-step procedure for constructing graphic models for the operation of production systems is considered, the use of which is necessary when developing mathematical normative models for planning and forecasting the technical and economic indicators of the system. Graphical models on concrete examples are presented.

Keywords: graphic models, production operations, decomposition, material flows, durations, normative models.

Для принятия рациональных управленческих решений в условиях действующих автоматизированных производственных систем необходимы нормативные модели их функционирования, которые могут быть представлены в виде комплекса взаимосвязанных графических и математических моделей, включающего следующие составляющие:

1. Графические модели функционирования производственных систем, в том числе модели: пространственной организации материальных потоков; пооперационной структуры производственных процессов; декомпозиционные модели производственных операций.

2. Структурированные многофакторные математические модели функционирования производственных систем.

3. Графические агрегатно-временные нормативные модели функционирования производственных систем (комплексные графики, отражающие последовательность и параллельность работы оборудования, трудовых действий персонала, организации материальных потоков) [1].

4. Математические нормативные модели ситуационных технико-экономических показателей производственных систем (ПС).

В данной работе основное внимание уделяется процедуре построения графических моделей, которые необходимы в дальнейшем при разработке нормативных математических моделей, применяемых для планирования и прогнозирования технико-экономических показателей функционирования ПС.

Графическая модель пространственной организации материальных потоков производственной системы – это условно-графическое изображение потока материалов (сырья, полуфабрикатов, продукции), совмещенное с планом расположения оборудования (агрегатов, машин, транспортных средств) конкретной ПС (технологического комплекса, цеха, отделения, технологической линии).

Графическая модель, представленная в виде схемы организации материальных потоков необходима для обоснования и построения рациональной производственной структуры на разных уровнях детализации системы (предприятие, подразделения, звенья подразделений) по всем стадиям жизненного цикла.

Построение этой модели включает следующие этапы:

а) подготовка исходной информации:

– определение границ рассматриваемой (исследуемой, моделируемой) ПС; изучение плана (чертежа) ПС со спецификацией оборудования и технологических инструкций;

– декомпозиция ПС на специализированные подразделения (отделения, участки), с учетом назначения их в производственном процессе, типов и количества используемого оборудования (пример приведен в форме таблицы 1);

Таблица 1 – Перечень и характеристика производственных участков ПС

Наименование участков	Назначение участков	Оборудование участков	
		наименование	кол-во
1. Склад заготовок	Прием, разгрузка, складирование, хранение, контроль, подготовка и подача заготовок к нагреву	1. Электромостовой кран	2
		2. Передаточная тележка	2
		3. Стеллажи для осмотра и зачистки заготовок	4
		4. Рольганг	2
2. Участок нагрева	Нагрев заготовок до температуры прокатки	1. Печь методическая с шагающими балками	3
		2. Загрузочная решетка	3
		3. Печной рольганг	1
.....			
8. Склад готовой продукции			

– анализ сортамента выпускаемой (планируемой) продукции с указанием доли каждого вида за определенный период времени (год, квартал или месяц); изучение технологических маршрутов (карт) изготовления всех видов продукции по агрегатам.

б) разработка основных компонентов схемы организации материальных потоков ПС:

– построение укрупненной схемы взаимосвязей отделений (участков) и агрегатов ПС;

– проведение визуальных (мониторинговых) наблюдений за потоком материалов на конкретных объектах (участках, агрегатах ПС);

– вербальное описание конструктивных особенностей и назначение основного, вспомогательного и транспортного оборудования ПС и технологических маршрутов для всех видов выпускаемой продукции;

– формирование схемы материальных потоков посредством комплексирования технологических маршрутов по агрегатам с учетом сортамента;

в) составление общей схемы организации материальных потоков исследуемой ПС путем совмещения символического изображения оборудования (на основе плана-чертежа системы), технологических маршрутов, входных и выходных потоков соответствующих сортаменту продукции; при этом модель отличается от исходного чертежа измененным (условно принятым) масштабом (пример приведен на рисунке 1).

Графическая модель пооперационной структуры производственных процессов ПС – представляет собой схематическое отображение последовательности производственных операций и их связей с учетом технологических маршрутов изготовления продукции и разработанной модели орга-

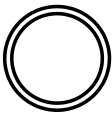
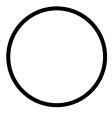
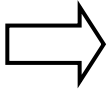
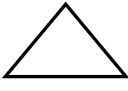
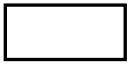
низации материальных потоков. В соответствии с теорией графов эта модель может быть названа направленным производственным графом. Для ее построения необходимо предварительно выполнить пассивные эксперименты (наблюдения) с целью изучения и описания операций производственного процесса по участкам и агрегатам системы в форме табличной классификационной модели множества операций, пример представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация производственных операций по участкам ПС

Индекс операции*	Наименование операции	Вид оборудования	Границы операции (момент)	Единица потока	Характер операции**
<i>М</i>	Зачистка конца проволоки	Острильный станок	Момент включения станка – Момент его выключения	Бунт проволоки	<i>BC</i>
<i>Ч</i>	Подготовка новой катушки к волочению	–	Момент начала заправки – Момент ее окончания	Проволока	<i>BC</i>
.....					
<i>М</i>	Собственно волочение	Волочильный стан	Момент включения стана – Момент его выключения	Моток проволоки	<i>ТХ</i>
*: <i>М</i> – машинная, <i>М-Ч</i> – машинно-ручная, <i>Ч</i> – ручная; **: <i>BC</i> – вспомогательная, <i>ТХ</i> – технологическая, <i>ТР</i> – транспортная, <i>К</i> – контрольная..					

При схематическом представлении пооперационной графической модели предлагается использовать следующие условные обозначения (символы) производственных операций (таблица 3).

Таблица 3 – Условные обозначения (символы) производственных операций

Условные обозначения	Производственные операции
	– основная технологическая операция, которая является главной частью производственного процесса, осуществляемая в ведущем агрегате, связанная с превращением исходных материалов (сырья) в полупродукт (или продукт) с требуемыми свойствами и характеристиками (химическим составом, механическими параметрами, внутренней структурой, внешней формой и т.п.). Например: прокатка заготовки в рабочей клетке для получения раската заданной формы поперечного сечения; плавление шихтовых материалов в печи (конвертере) для получения чугуна, стали или иного сплава;
	– вспомогательная технологическая операция, предшествующая или последующая по отношению к основной операции. Например: предварительный нагрев заготовок в печи перед прокаткой и операции, следующие после прокатки: охлаждение, порезка, пакетировка; подготовка шихтовых материалов к выплавке стали в конвертере и последующие операции: внепечная обработка стали (продувка стали аргонном в специальной установке), разливка стали в машине непрерывного литья для получения заготовок, замедленное охлаждение в камерах;
	– транспортная операция, связанная с перемещением сырья (материалов, полуфабрикатов, пакетов, пачек) внутри системы, в частности: разгрузка, погрузка, подача, передача электромостовым краном, конвейером, шлеппером, рольгангом, передаточными устройствами;
	– контрольная операция, включающая оценку характеристик материалов, полупродуктов, готовых продуктов и проверку их на соответствие стандартам;
	– элемент операции (заправка, подготовка, установка).

Внутри каждого символа указывается: наименование операции, отражающее процесс (нагрев, прокатка, выплавка), вид материала (заготовка, слиток, чугун, сплав), наименование используемого оборудования (методическая печь с шагающими балками, машина непрерывной разливки стали). Для транспортной операции внутри символа указывается: вид операции, используемое оборудование, объект транспортировки, пункты отправления и назначения.

Решение задач нормирования характеристик (показателей) производственного процесса требует многоуровневого графического описания каждой операции, исходя из декомпозиции на элементы и микроэлементы.

Декомпозиционная графическая модель производственных операций ПС представляет собой символическое изображение компонентов операций и их связей. Декомпозиция дает возможность исследовать и описать внутреннюю структуру операций, то есть определить и классифицировать ее элементы и микроэлементы, последовательность и параллельность их выполнения, установить пространственно-временные фиксационные точки, соответствующие моментам начала и окончания каждого элемента и микроэлемента (действий, движений) и наглядно представить весь процесс в целом.

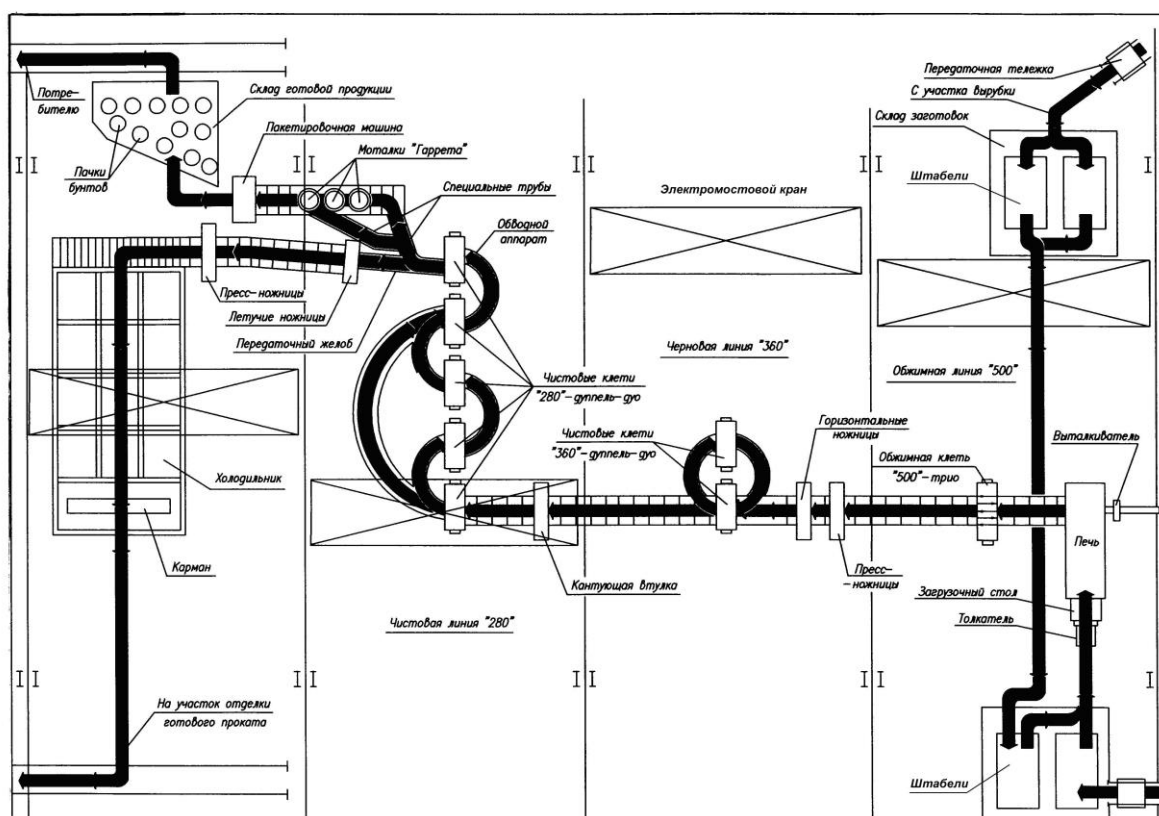


Рисунок 1 – Схема организации материальных потоков в мелкосортном цехе

При декомпозиционном изображении операций могут включаться дополнительные символы, отражающие характер их выполнения (действия механизмов, рабочих – исполнителей и т.п.). Примеры графических моделей (пооперационной организации производственных процессов ПС) в сочетании с декомпозицией операций представлены фрагментарно на рисунках 2, 3, [1]. Далее составляется табличная модель, характеризующая элементы и микроэлементы операций ПС, которая по своей форме соответствует таблице 2.

Следует отметить, что декомпозиция операции осуществляется на основе детальных хронометражных (мониторинговых) наблюдений с обязательной фиксации взаимодействия трех составляющих: работы оборудования (включая отдельные механизмы), обработки материалов (потока) и действий рабочего персонала. Например, исследование такта работы обжимной клетки осуществлялось с применением декомпозиции технологических операций процесса прокатки (рисунок 4). Предварительно были установлены фиксационные точки для визуального определения моментов начала и окончания элементов и микроэлементов операций. Двухвариантное определение фиксационных точек элементов операций представлено в таблице 4. На основе декомпозиции и выбранных методов оценивания длительности элементов операций была сформирована модель функционирования обжимной клетки, затем определены нормативные длительности операций, алгоритм и расчеты приведены в статье [5].

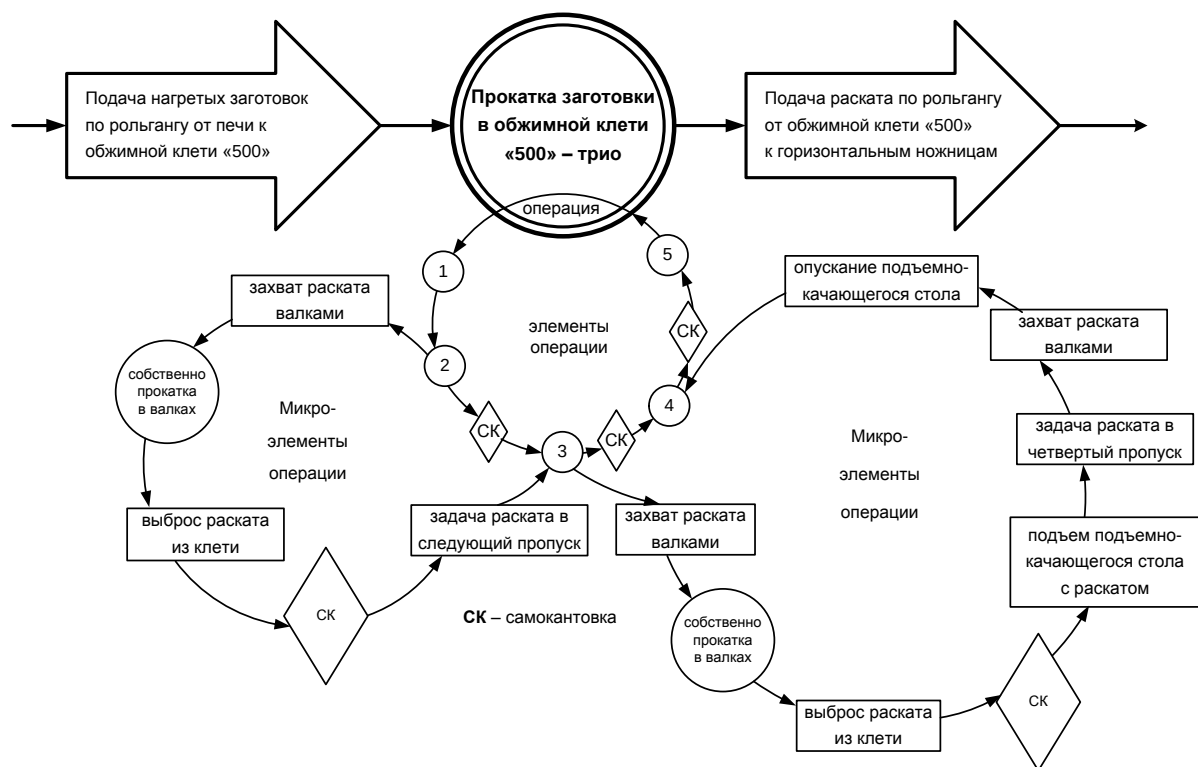


Рисунок 2 – Схема последовательности производственных операций в прокатном цехе (фрагмент)

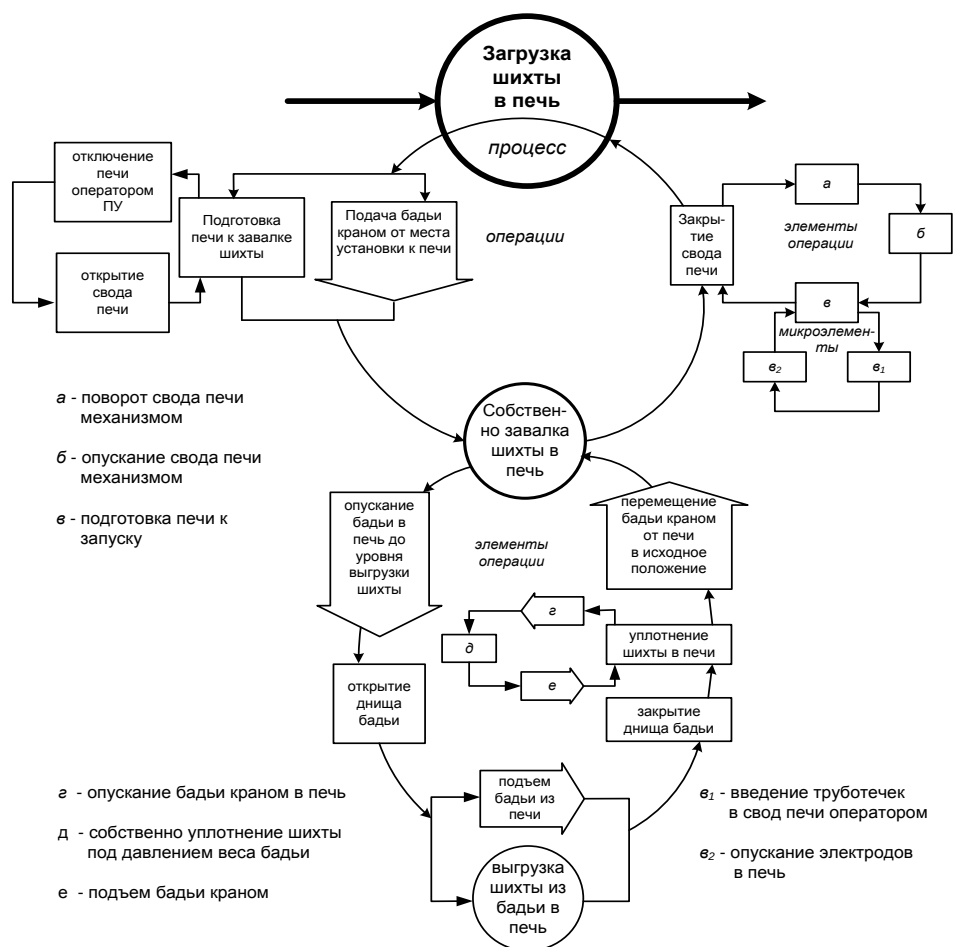


Рисунок 3 – Декомпозиция процесса загрузки шихты в дуговую сталеплавильную печь

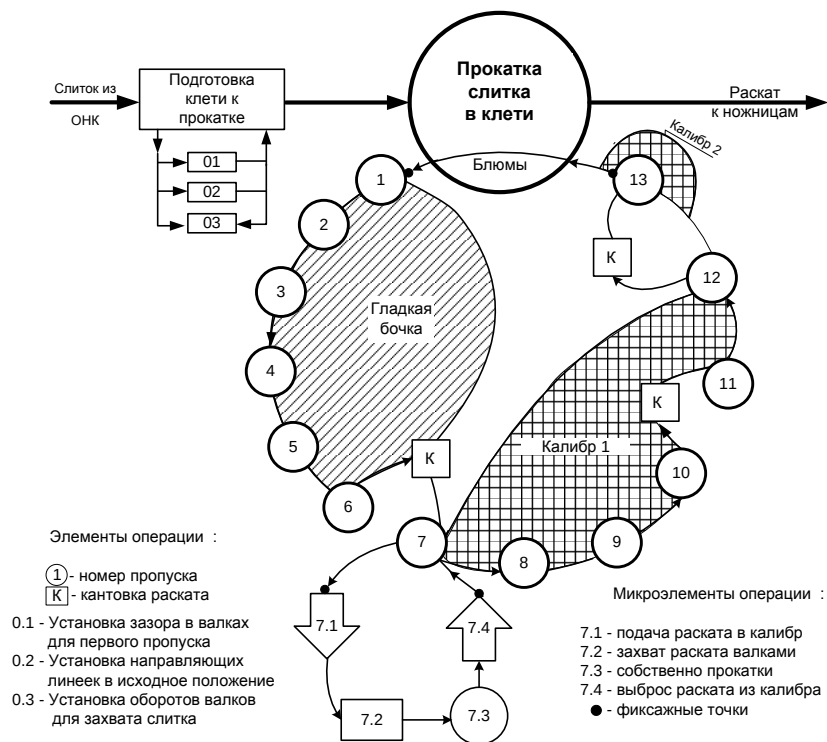


Рисунок 4 – Декомпозиционная схема процесса прокатки слитков

Таблица 4 – Определение фиксажных точек элементов операций

Для единицы материального потока			Для единицы оборудования		
Наименование элементов операции	Фиксажные точки элементов операции (моменты)		Наименование элементов операции	Фиксажные точки элементов операции (моменты)	
	начальная	конечная		начальная	конечная
Начальная пауза	Остановка слитка перед клетью	Начало захвата слитка валками	Время подготовки рабочей клетки к прокатке слитка	Начало подъема верхнего валка клетки	Установка зазора между валками для первой подачи слитка (пропуск 1)
Время деформации слитка или раската валками	Захват переднего конца слитка (раската) валками	Выход заднего конца раската из валков	Машинное время прокатки (пропуск)	Начало ускорения оборотов валков при захвате слитка (раската)	Окончание замедления оборотов валков после выхода раската
Пауза между пропусками	Выход заднего конца раската из валков	Захват заднего конца раската валками после реверсирования	Время подготовки механизмов к очередному пропуску	Начало замедления оборотов двигателя после выхода раската	Начало ускорения оборотов валков при захвате раската
Время кантовки раската перед очередным пропуском	Касание раската крюком кантователя	Окончание установки раската на рольганге	Время рабочего хода кантователя	Начало подъема кантователя из исходного положения	Начало вращения роликов рабочего рольганга

Таким образом, с целью создания нормативной базы технико-экономических показателей для ситуационного планирования и прогнозирования работы ПС предложено использовать комплекс взаимосвязанных графических и математических моделей. В статье приводится методика формирования комплекса графических моделей. Необходимо отметить, что разработанные авторами нормативные многовариантные математические модели функционирования ПС применены в системах управления объектами металлургических предприятий и опубликованы в статьях [1–3 и др.]. Графические модели, которые являются основой для создания соответствующих математических моделей ПС, недостаточно освещены. Поэтому в данной статье подробно рассматривается поэтапная процедура построения графических моделей, иллюстрируемая конкретными примерами.

Библиографический список

1. Мусатова А.И., Кулаков С.М. Особенности построения нормативной модели производительности волочильных станов // Научное обозрение – 2014, № 3. – С. 139 – 149.
2. Musatova A.I., Kulakov S.M., Kadykov V.N. Operating Cycles of Automated Production Sysytem. Steel in Translation, volume 41, Number 4, April 2011. – P. 294 – 300.
3. Кулаков С.М., Кадыков В.Н., Мусатова А.И. и др. Алгоритмизация нормирования тактов работы жесткосвязанных производственных систем // Известия ВУЗов. Черная металлургия – № 2003, № 12. – С.43 – 50.
4. Леушен И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии: учебник / И.О. Леушев. – М.: Форум. НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 208 с.
5. Окунев Л.Я. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб пособие / Л.Я. Окунев. – СПб.: Лань П, 2016. – 464 с.
6. Хрипунов Н.В. Развитие графических моделей управления качеством // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2010, № 5. – С. 144 – 147.
7. Фомина В.В. Изображение технологических процессов методом графических моделей // Образование, наука, производство, сб. научных трудов. – Уфа. 2003. С. 42 – 44.
8. Раков В.С. Диалоговые графические методы и модели многокритериальной оптимизации // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2011, № 9. – С. 37 – 41.
9. Загороднев Д.И. Оптимизация материальных потоков в распределенной системе управления машиностроительного предприятия на основе эвристических алгоритмов / Д.И. Загороднев, Л.А. Санакулова, Л.А. Симокова // Научно-технические ведомости. СПбГПУ. Серия «Наука и образование» – 2010, № 3 (106). – С. 101 – 107.

УДК 669.046.01

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАНАДИЯ В СИСТЕМЕ $V_2O_5 - C - Si$

Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, golodova_ma@mail.ru*

Аннотация: Представлены результаты экспериментального исследования процесса восстановления пентаоксида ванадия углеродом и кремнием, показавшие хорошее соответствие полученных экспериментальных данных с данными, полученными в ходе термодинамического моделирования.

Ключевые слова: ванадий, восстановление ванадия, пентаоксид ванадия, карбид ванадия, силициды ванадия.

EXPERIMENTAL STUDY OF RECOVERY OF VANADIUM IN SISTEM $V_2O_5 - C - Si$

Golodova M.A, Rogihina I.D., Nohrina O.I., Rybenko I.A.

*Siberian State industrial University,
Novokuznetsk, Russia, golodova_ma@mail.ru*

Abstract: The results of experimental research of vanadium pentoxide vanadium recovery process carbon and silicon, which showed good compliance with the obtained experimental data with the data ob-

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	4
КОНВЕРТЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ: СОСТОЯНИЕ, ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОГНОЗЫ	4
Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Фейлер С.В., Ганзер Л.А., Калиногорский А.Н. ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ.....	9
Протопопов Е.В., Числавлев В.В., Фейлер С.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВКИ МАРГАНЦА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО.....	14
Рожихина И.Д., Нохрина О.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ЧУГУНА И МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА В ШИХТЕ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ.....	18
Уманский А.А., Думова Л.В. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ СЫРЬЯ (АПС).....	23
Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Кузаков А.А. Пьянкин А.П., Тимкина Е.В., Пинаев А.А. О ГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ	29
Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАНАДИЯ В СИСТЕМЕ $V_2O_5 - C - Si$	35
Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	39
Уманский А.А., Думова Л.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА АГРЕГАТЕ «КОВШ-ПЕЧЬ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	44
Уманский А.А., Козырев Н.А., Бойков Д.В., Думова Л.В. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАРГАНЦА В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	48
Дмитриенко В.И., Протопопов Е.В., Дмитриенко А.В., Носов Ю.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ШЛАКА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ.....	51
Синельников В.О., Калиш Д., Шуцки М. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НА УКП ОСНОВНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ КОВШЕВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	56
Бабенко А.А., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Сычев А.В., Сельменских Н.И., Уполовникова А.Г. НЕРАВНОВЕСНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ И УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА В СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОМ АГРЕГАТЕ	61
Цымбал В.П., Сеченов П.А., Рыбенко И.А., Оленников А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОТЫ ВАННЫ РУДОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ	67
Кравцов К.И. ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЮМИНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «АЛЮМИНЩИК».....	71
Мартусевич Е.А., Буинцев В.Н. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ИНЖИНИРИНГ МЕТАЛЛУРГИЯ» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ШИРОКОГО КРУГА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ	75
Рыбенко И.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДАЧИ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ В КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ.....	82
Гусев А.А., Царуш К. А., Лицин К.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР И СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ	85
Сеченов П.А., Цымбал В.П.	

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

Труды XX Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 27,6 Уч.-изд. л. 30,0 Тираж 300 экз. Заказ № 521

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ