

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт материаловедения металлургии

Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»

Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ)

# **Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве**

**Сборник докладов II Всероссийской  
научно–практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2013)  
с международным участием**

**28-29 марта 2013 г.**



г. Екатеринбург  
2013

**Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве:** Сборник докладов II Всероссийской научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2013) с международным участием. 28-29 марта 2013 г. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 303 с.

В сборник включены доклады, представленные на II Всероссийской научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2013) с международным участием. Доклады отражают результаты научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых вузов, предприятий и организаций России и стран ближнего зарубежья по проблемам теории и практики в области металлургической теплотехники, систем автоматизации и информатизации широкого назначения. Тематика докладов включает следующие составляющие: теплотехника и экология металлургического производства; информационные системы и технологии в образовании, науке и производстве; автоматизация технологических процессов и производств. Проект проведения конференции получил поддержку Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ): по мнению экспертов Фонда, "... круг вопросов, анализируемых молодыми участниками конференции, важен для укрепления отечественной промышленности".

***Организационный комитет:***

Мальцев В.А. (сопредседатель оргкомитета)

Спирин Н.А. (сопредседатель оргкомитета)

Лавров В.В. (зам. сопредседателей, учёный секретарь оргкомитета)

Бурькин А.А.

Великий С.И.

Воронов Г.В.

Ерофеев М.М.

Зайнуллин Л.А.

Казяев М.Д.

Корелин А.В.

Максимов А.Г.

Малухин Д.Н.

Ярошенко Ю.Г.

***Программный комитет:***

Бухмиров В.В.

Васильев В.А.

Губинский М.В.

Девятов Д.Х.

Дмитриев А.Н.

Дружинин Г.М.

Еремин А.О.

Кулаков С.М.;

Курносов В.В.

Лавров В.В.

Лисиенко В.Г.

Михалев А.И.

Мышляев Л.П.

Прибытков И.А.

Рыболовлев В.Ю.

Сеничкин Б.К.

Спирин Н.А.

Темлянцев М.В.

Торопов Е.В.

Цымбал В.П.

Щипанов К.А.

Ярчук В.Ф.

Сборник подготовлен кафедрой «Теплофизика и информатика в металлургии»  
ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Воспроизведение сборника или его части без ссылки на издателя запрещается.

© ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина», 2013  
© Авторы статей, 2013

## Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»



Уральская школа металлургов-теплотехников заявила о себе в Политехническом институте Уральского государственного университета сразу же после его создания в 1920 году, когда великий русский ученый профессор **Владимир Ефимович Грум-Гржимайло** (с 1927 г. член-корр. АН СССР), отдавший более 30 лет развитию металлургии Урала, организовал и возглавил кафедру «*Металлургия стали и теория печей*». В 1920 – 1924 гг. он обобщил материалы собственных исследований по разработке первой в мире гидравлической теории промышленных печей.

В 1924 г. заведующим кафедрой стал профессор **Николай Николаевич Доброхотов** (академик АН УССР с 1939 г.) – специалист в области металлургии стали, газопечной теплотехники, газификации твердого топлива. Под его руководством разработаны и реализованы идеи скоростного сталеварения, предложены методы расчета газогенераторного процесса.

В 1927 году руководство кафедры перешло к заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, профессору, доктору технических наук **Марку Алексеевичу Глинкову**, который после организации в 1930 г. кафедры «*Газопечная теплотехника*» стал её первым заведующим вплоть до 1946 года. За это время в ведущих вузах СССР был организован выпуск инженеров по специальности «Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей», произошло становление металлургической теплотехники как науки, существенно улучшалась подготовка высококвалифицированных научных и технических кадров.

В 1946 году кафедру, которая с 1951 года стала называться кафедрой «*Металлургические печи*» возглавил профессор, доктор технических наук **Борис Иванович Китаев**, награжденный орденом Ленина. Им был создан творческий коллектив, работавший во всех научных направлениях металлургической теплотехники, автоматизации металлургических процессов и экологии. Научные достижения Уральской научной школы впервые получили признание на международных конгрессах в Люксембурге, Австралии, Индии. Монография «Heat Exchange in Shaft Furnaces» была издана в Оксфорде (Великобритания).

В 1957-59 гг. в связи с поездкой проф. Б.И.Китаева в Индию в качестве эксперта ЮНЕСКО заведующим кафедрой был назначен профессор, доктор технических наук **Самуил Григорьевич Тройб**. Ученый с богатым опытом заводской деятельности и работы в проектных организациях он проявил блестящие организаторские способности в создании учебных и исследовательских лабораторий кафедры, развертывании научно-исследовательских работ на заводах.

Руководивший коллективом кафедры с 1979 г. заслуженный деятель науки и техники, профессор, доктор технических наук, **Юрий Гаврилович Ярошенко** развил успехи своих предшественников: расширились связи с зарубежными коллегами в США, Канаде, Италии, Израиле и других странах, научные исследования распространились как на металлургические заводы, так и на машиностроительные предприятия, заводы промышленности строительных материалов, химии и энергетики.

С 1998 г. кафедрой, переименованной в кафедру *теплофизика и информатика в металлургии*, стал руководить заслуженный работник высшей школы, профессор, доктор технических наук **Владимир Иванович Лобанов**. Он сохранил и укрепил научные связи с вузами и НИИ России, Украины, Казахстана, значительно расширил поле деятельности Уральской научной школы металлургов-теплотехников, включив под её эгиду информационные технологии в металлургии.

С 2005 г. кафедру возглавил заслуженный работник высшей школы, профессор, доктор технических наук **Николай Александрович Спири**н, усилиями которого на кафедре сфор-

мировалось новое научное направление в металлургии, объединяющее теплофизику и информатику, организована подготовка специалистов и аспирантов в этой перспективной области знаний, осуществлена реконструкция лабораторий кафедры с использованием самого современного оборудования и компьютерной техники.

**Сегодня кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»** – неизменно входит в число ведущих и крупнейших выпускающих кафедр университета. В составе кафедры 45 сотрудников, в том числе 35 преподавателей, из них 10 профессоров, 20 доцентов, 2 старших преподавателя, 3 ассистента, 7 докторов и 21 кандидат технических наук. Среди них заслуженный деятель науки и техники РФ, 3 заслуженных работника высшей школы РФ, 2 заслуженных металлурга РФ, лауреат Премии Совмина СССР; 3 Лауреата премии Правительства РФ в области образования.

**Кафедра ведет подготовку специалистов по двум специальностям:**

- 230201 – «Информационные системы и технологии». Осуществляет подготовку в области создания, эксплуатации и модернизации информационных систем, разработки комплексов программ для решения технологических задач в металлургии. С 2010 года осуществляется набор в бакалавриат, а с 2012 года магистратуру по направлению «Информатика», профиль «Информационные системы и технологии».
- 150103 – «Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей». Готовит специалистов в области изучения физики явлений в промышленных печах и тепловых агрегатах, способных решать экологические проблемы и проблемы автоматизации в металлургии и других областях хозяйственной деятельности. В 2008 году открыт прием абитуриентов в бакалавриат, а в 2009 году – набор в магистратуру по направлению «Металлургия», профиль «Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей».

**Кафедра обеспечивает проведение** всего комплекса учебных занятий для студентов очного и очно-заочных форм обучения по дисциплинам:

- «Теплофизика» и «Теплотехника» для всех студентов института материаловедения и металлургии.
- «Автоматизация производственных процессов» для большинства специальностей института материаловедения и металлургии; химико-технологического института.
- «Экология» для большинства специальностей института материаловедения и металлургии.
- «Промышленная электроника» для большинства специальностей института материаловедения и металлургии.

**Кафедра располагает лабораториями, оборудованными современной аппаратурой и компьютерной техникой:**

- автоматизации технологических процессов;
- методов контроля и управления процессами теплообмена;
- тепло - и массопереноса;
- процессов очистки газов от примесей;
- механики жидкости и газов;
- компьютерного моделирования и исследования теплофизических процессов;
- двумя компьютерными классами.



**На кафедре создана научная школа «Энергоэффективные технологии и информационно-моделирующие системы в металлургии», которая утверждена в качестве ведущей научной школы университета тайным голосованием на Учёном совете УрФУ (25.06.2012 г., протокол № 9).**

**Основатель научной школы**

Профессор, доктор технических наук Китаев Борис Иванович – организатор и руководитель уральской школы металлургов-теплотехников, создатель теории теплообмена в шахтных печах и теории факела в пламенных металлургических печах, награжденный высшей наградой Родины - орденом Ленина.

**Руководители научной школы**

- Спирин Николай Александрович – заслуженный работник высшей школы РФ, зав. кафедрой «Теплофизика и информатика в металлургии» УрФУ, профессор, доктор технических наук. Под его научным руководством сформировалось новое научное направление, объединяющее теплофизику и информатику, организована подготовка специалистов и аспирантов в этой перспективной области знаний.
- Ярошенко Юрий Гаврилович – заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ, профессор, доктор технических наук, Почётный профессор УГТУ–УПИ, Почётный профессор Национальной металлургической академии Украины. Под его руководством развита теория тепломассобмена в шахтных печах и тепловых агрегатах, усовершенствованы методы математического и физического моделирования теплофизических процессов, решаются проблемы экологизации металлургических технологий.

Сегодня в составе научной школы 26 исследователей, в том числе заслуженный деятель науки и техники РФ, 3 заслуженных работника высшей школы РФ, 3 лауреата премии Правительства РФ, 7 докторов технических наук и 15 кандидатов наук. Сохранение преемственности поколений в науке обеспечено активным участием в работе школы молодых исследователей. В процессе развития научной школы создан коллектив из молодых учёных, среди которых талантливая молодёжь – доценты, научные сотрудники, аспиранты, ассистенты – лауреаты государственных научных стипендий для молодёжи, именных стипендий, победители олимпиад и конкурсов. Из 26 участников школы – 10 моложе 35 лет, в том числе молодых учёных, кандидатов технических наук в возрасте до 35 лет – 6, средний возраст участников – 49 лет, докторов технических наук – 71 год, кандидатов наук – 46 лет, профессоров – 72 года, доцентов – 41 год.

**Работает аспирантура и докторантура по специальностям:**

- 05.16.02. – Металлургия черных, цветных и редких металлов;
- 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»;
- 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами;
- 05.16.07 – Металлургия техногенных и вторичных ресурсов.

В аспирантуре обучается 10 человек, за последние 5 лет защищено 10 кандидатских диссертаций.

**Сотрудниками кафедры разработаны, внедрены на крупнейших металлургических предприятиях России:**

- новые конструкции шахтных, нагревательных и плавильных печей, топливосжигающих устройств.

- современные информационно-моделирующие системы для управления сложными энергонасыщенными комплексами (доменное, агломерационное производство, шахтные печи для обжига известняка и др.).

Среди доцентов, аспирантов – лауреаты государственных научных грантов. Ежегодно 5–6 студентов кафедры являются именными стипендиатами, включая стипендии Президента РФ, Правительства РФ, Фонда имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, губернатора Свердловской области, Ученого совета ВУЗа.

Ежегодно сотрудники кафедры проводят 1–2 научно-технические конференции с международным участием, публикуют около 200 научных работ, в том числе 40–50 статей в ведущих рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ, 60–70 докладов на международных и всероссийских конференциях, получают 10–20 патентов на изобретения. Объем финансирования научных работ на одну ставку профессорско-преподавательского составил в 2012 году 450 тыс. руб.

***У кафедры сложились крепкие творческие связи с коллективами:***

- *ведущих вузов* (Московский институт стали и сплавов (технический университет), Южноуральский государственный университет, Нижегородский государственный технический университет; Магнитогорский государственный технический университет, Сибирский государственный индустриальный университет, Национальная металлургическая академия Украины, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет и другие);
- *научно-исследовательских и проектных институтов* (Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники – ВНИИМТ, Институт металлургии УрО РАН, институт чёрной металлургии Национальной Академии Наук Украины, Урал-энергочермет, фирма «НАТСН» (Канада) и другие);
- *промышленных предприятий и фирм* (Магнитогорский и Нижнетагильский металлургические комбинаты, Уральская горно-металлургическая компания, Трубная Металлургическая Компания, Чусовской металлургические заводы, Верхнесалдинское металлургическое производственное объединение и другие).

***За годы существования кафедры:***

- *Опубликовано* сотрудниками 79 монографий и 47 учебников (учебных пособий) с грифом министерств и ведомств, некоторые из них переведены и изданы на английском, китайском, корейском, французском, болгарском и других языках. По этим учебникам обучаются студенты многих вузов не только нашей страны, но и стран ближнего и дальнего зарубежья.
- *Подготовлено* более 2500 инженеров, 230 кандидатов и 25 докторов технических наук.

***Кафедра гордится своими выпускниками*** – видными учеными и организаторами производства, директорами, главными инженерами и ведущими специалистами крупных заводов, ректорами и проректорами высших учебных заведений, крупными бизнесменами и общественными деятелями, заслуженными деятелями науки и техники, лауреатами Государственных премий и премий Правительства России, профессорами, докторами технических наук.

Адрес: 620002, Россия, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28, УрФУ, 3-й учебный корпус, кафедра "Теплофизика и информатика в металлургии".

Тел./факс: +7(343) 375-48-15 – заведующий кафедрой.

Тел.: +7(343) 375-44-51, 375-44-69, 375-48-38. Web: <http://tim.ustu.ru/>

# Секция 1.

## Актуальные проблемы теплотехники и экологии металлургического производства

### ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА КЛИМАТ

© Ахмедова Н.М., Хамраев Р.Б.

*Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои, Узбекистан*

Влияние человека на климат начало проявляться несколько тысяч лет тому назад в связи с развитием земледелия. Во многих районах для обработки земли уничтожалась лесная растительность, что приводило к увеличению скорости ветра у земной поверхности, некоторому изменению режима температуры и влажности нижнего слоя воздуха, а также к изменению режима влажности почвы, испарения и речного стока. В сравнительно сухих областях уничтожение лесов часто сопровождается усилением пыльных бурь и разрушением почвенного покрова, заметно изменяющими природные условия на этих территориях [1].

Вместе с этим уничтожение лесов даже на обширных пространствах оказывает ограниченное влияние на метеорологические процессы большого масштаба. Уменьшение шероховатости земной поверхности и некоторое изменение испарения на освобождённых от лесов территориях несколько изменяет режим осадков, хотя такое изменение сравнительно невелико, если леса заменяются другими видами растительности.

Более существенное влияние на осадки может оказать полное уничтожение растительного покрова на некоторой территории, что неоднократно происходило в прошлом в результате хозяйственной деятельности человека. Такие случаи имели место после вырубки лесов в горных районах со слабо развитым почвенным покровом. В этих условиях эрозия быстро разрушает незащищённую лесом почву, в результате чего становится невозможным дальнейшее существование развитого растительного покрова. Похожее положение возникает в некоторых областях сухих степей, где естественный растительный покров, уничтоженный вследствие неограниченного выпаса сельскохозяйственных животных, не возобновляется, в связи с этим области превращаются в пустыни.

Поскольку земная поверхность без растительного покрова сильно нагревается солнечной радиацией, относительная влажность воздуха на ней падает, что повышает уровень конденсации и может уменьшать количество выпадающих осадков [2]. Вероятно, именно этим можно объяснить случаи невозобновления естественной растительности в сухих районах после её уничтожения человеком.

Другой путь влияния деятельности человека на климат связан с применением искусственного орошения. В засушливых районах орошение используется в течение многих тысячелетий, начиная с эпохи древнейших цивилизаций.

Применение орошения резко изменяет микроклимат орошаемых полей. Из-за незначительного увеличения затраты тепла на испарение снижается температура земной поверхности, что приводит к понижению температуры и повышению относительной влажности нижнего слоя воздуха. Тем не менее, такое изменение метеорологического режима быстро затухает за пределами орошаемых полей, поэтому орошение приводит только к изменениям местного климата и мало влияет на метеорологические процессы большого масштаба.

Другие виды деятельности человека в прошлом не оказывали заметного влияния на метеорологический режим сколько-нибудь обширных пространств, поэтому до недавнего времени климатические условия на нашей планете определялись в основном естественными факторами. Такое положение начало изменяться в середине XX века из-за быстрого роста численности населения и особенно из-за ускорения развития техники и энергетики.

Современные воздействия человека на климат можно разделить на две группы, из которой к первой относятся направленные воздействия на гидрометеорологический режим, а

ко второй - воздействия, являющиеся побочными следствиями хозяйственной деятельности человека [1].

Деятельность человека достигла уже такого уровня развития, при котором её влияние на природу приобретает глобальный характер. Природные системы – атмосфера, суша, океан, а также жизнь на планете в целом подвергаются этим воздействиям. Известно, что на протяжении последнего столетия увеличивалось содержание в атмосфере некоторых газовых составляющих, таких, как двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и тропосферный озон ( $\text{O}_3$ ) [3]. Дополнительно в атмосферу поступали и другие газы, не являющиеся естественными компонентами глобальной экосистемы. Главные из них - фторхлоруглеводороды. Эти газовые примеси поглощают и излучают радиацию и поэтому способны влиять на климат Земли. Все эти газы в совокупности можно назвать парниковыми.

Механизм воздействия  $\text{CO}_2$  на климат заключается в так называемом парниковом эффекте. В то время как для коротковолновой солнечной радиации  $\text{CO}_2$  прозрачен, уходящую от земной поверхности длинноволновую радиацию этот газ поглощает и переизлучает поглощённую энергию по всем направлениям. Вследствие этого эффекта увеличение концентрации атмосферного  $\text{CO}_2$  приводит к нагреву поверхности Земли и нижней атмосферы. Продолжающийся рост концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере может привести к изменению глобального климата, поэтому прогноз будущих концентраций углекислого газа является важной задачей.

Основным антропогенным источником выбросов  $\text{CO}_2$  является сжигание всевозможных видов углеродосодержащего топлива [5]. В настоящее время экономическое развитие обычно связывается с ростом индустриализации. Среди множества химических элементов, без которых невозможно существование жизни на Земле, углерод является главным. Химические превращения органических веществ, связаны со способностью атома углерода образовывать длинные ковалентные цепи и кольца. Биогеохимический цикл углерода, естественно, очень сложный, так как он включает не только функционирование всех форм жизни на Земле, но и перенос неорганических веществ, как между различными резервуарами углерода, так и внутри них. Основными резервуарами углерода являются атмосфера, континентальная биомасса, включая почвы, гидросфера с морской биотой и литосфера. В течение последних двух столетий в системе атмосфера – биосфера – гидросфера происходят изменения потоков углерода, интенсивность которых примерно на порядок величины превышает интенсивность геологических процессов переноса этого элемента. По этой причине следует ограничиться анализом взаимодействий в пределах этой системы, включая почвы.

Известно более миллиона углеродных соединений, тысячи из которых участвуют в биологических процессах. Атомы углерода могут находиться в одном из девяти возможных состояний окисления: от +IV до –IV. Наиболее распространённое явление – это полное окисление, т.е. +IV, примерами таких соединений могут служить  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ . Более 99% углерода в атмосфере содержится в виде углекислого газа. Около 97% углерода в океанах существует в растворённой форме ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^{1-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ), а в литосфере – в виде минералов [4]. Примером состояния окисления +II является малая газовая составляющая атмосферы  $\text{CO}$ , которая довольно быстро окисляется до  $\text{CO}_2$ . Элементарный углерод присутствует в атмосфере в малых количествах в виде графита и алмаза, а в почве – в форме древесного угля. Ассимиляция углерода в процессе фотосинтеза приводит к образованию восстановленного углерода, который присутствует в биоте, мёртвом органическом веществе почвы, в верхних слоях осадочных пород в виде угля, нефти и газа, захоронённых на больших глубинах, и в литосфере – в виде рассеянного недоокисленного углерода. Некоторые газообразные соединения, содержащие недоокисленный углерод  $\text{C}_x\text{H}_y$  в частности метан, поступают в атмосферу при восстановлении веществ, происходящем в анаэробных процессах. Хотя при бактериальном разложении образуется несколько различных газообразных соединений, они быстро окисляются, и можно считать, что в систему поступает  $\text{CO}_2$ . В океанах содержится значительное количество растворённых соединений органического углерода, процессы окисления, которых до  $\text{CO}_2$  известны ещё недостаточно хорошо.

За последние десятилетия было создано большое количество моделей глобального углеродного цикла, рассматривать которые в данной работе не представляется целесообразным из-за того, что они в достаточной мере сложны и объёмны. Рассмотрим лишь кратко основные их выводы. Различные сценарии, использованные для прогноза содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере в будущем, дали сходные результаты. Ниже приведена попытка подвести общий итог наших сегодняшних знаний и предположений, касающихся проблемы антропогенного изменения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере:

1. С 1860 по 1984 год в атмосферу поступило  $(185 \pm 15) \cdot 10^{15}$  г С, за счёт сжигания ископаемого топлива, скорость выброса  $\text{CO}_2$  в настоящее время (по данным на 1984 год) равна  $5.2 \cdot 10^{15}$  г С/год [5].

2. В течение этого же периода времени поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу за вырубки лесов и изменения характера землепользования составило  $(150 \pm 50) \cdot 10^{15}$  г С, интенсивность этого поступления в настоящее время равна  $(1.6 \pm 0.8) \cdot 10^{15}$  г С/год [5].

3. С середины прошлого века концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере увеличилась от  $275 \pm 10$  до  $343 \pm 1$  млн.  $^{-1}$  в 1984 году [5].

4. Основные характеристики глобального углеродного цикла хорошо изучены. Стало возможным создание количественных моделей, которые могут быть положены в основу прогнозов роста концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере при использовании определённых сценариев выброса.

5. Неопределённости прогнозов вероятных изменений концентрации  $\text{CO}_2$  в будущем, получаемых на основе сценариев выбросов, значительно меньше неопределённостей самих сценариев выбросов.

6. Если интенсивность выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу в течение ближайших четырёх десятилетий останется постоянной или будет возрастать очень медленно (не более 0,5% в год) и в более отдалённом будущем также будет расти очень медленно, то к концу XXI века концентрация атмосферного  $\text{CO}_2$  составит около 440 млн.  $^{-1}$ , т.е. не более, чем на 60% превысит доиндустриальный уровень.

7. Если интенсивность выбросов  $\text{CO}_2$  в течение ближайших четырёх десятилетий будет возрастать в среднем на 1–2 % в год, т.е. также, как она возрастала с 1973 года до настоящего времени, а в более отдалённом будущем темпы её роста замедлятся, то удвоение содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере по сравнению с доиндустриальным уровнем произойдёт к концу XXI века.

8. Основные неопределённости прогнозов концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере вызваны недостаточным знанием роли следующих факторов:

– скорости водообмена между поверхностными, промежуточными и глубинными слоями океана;

– чувствительности морской первичной продукции к изменениям содержания питательных веществ в поверхностных водах;

– захоронения органического вещества в осадках в прибрежных районах (и озёрах);

– изменение щёлочности, и, следовательно, буферного фактора морской воды, вызванных ростом содержания растворённого неорганического углерода;

– увеличения интенсивности фотосинтеза и роста биомассы и почвенного органического вещества в континентальных экосистемах за счёт роста концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере и возможного отложения питательных веществ, поступающих из антропогенных источников;

– увеличения скорости разложения органического вещества почв, особенно в процессе эксплуатации лесов;

– образования древесного угля в процессе горения биомассы.

Величина ожидаемого изменения средней глобальной температуры при удвоении концентрации  $\text{CO}_2$  приблизительно соответствует величине её изменения при переходе от последнего ледникового периода к современному межледниковью. Более умеренное потребление ископаемого топлива в течение ближайших десятилетий могло бы продлить возможность его использования на более отдалённую перспективу. В этом случае концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере не достигнет удвоенного значения по сравнению с доиндустриальным

уровнем.

Проблема изменения климата в результате эмиссии парниковых газов должна рассматриваться как одна из самых важных современных проблем, связанных с долгосрочными воздействиями на окружающую среду, и рассматривать её нужно в совокупности с другими проблемами, вызванными антропогенными воздействиями на природу.

#### Список использованных источников

1. С.В. Белов. Безопасность жизнедеятельности. М.: Высшая школа, 1999. 286 с.
2. П.П. Куцкин, В.Л. Лапин. Безопасность технологических процессов и производств. М.: Высшая школа, 2003. 194 с.
3. Н.Н. Моисеев и др. Человек и биосфера. М.: Наука, 1985. 202 с.
4. Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков. Окружающая среда и человек. М.: Высшая школа, 1980. 260 с.
5. Ю.В. Новиков. Экология, окружающая среда и человек. М.: Гранд, 2005. 176 с.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

© Ахмедова Н.М., Хамраев Р.Б., Рахманова Д.Н.

*Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои, Узбекистан*

Все процессы в биосфере взаимосвязаны. Человечество – лишь незначительная часть биосферы, а человек является только одним из видов органической жизни. Разум выделил человека из животного мира и дал ему огромное могущество. Человек на протяжении веков стремился не приспособиться к природной среде, а сделать ее удобной для своего существования. Теперь мы осознаём, что любая деятельность человека оказывает влияние на окружающую среду, а ухудшение состояния биосферы опасно для всех живых существ, в том числе и для человека. Всестороннее изучение человека, его взаимоотношений с окружающим миром привело к пониманию, что здоровье – это не только отсутствие болезней, но и физическое, психическое и социальное благополучие человека. Здоровье – это капитал, данный нам не только природой от рождения, но и теми условиями, в которых мы живем.

В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. В природную среду всё в больших количествах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Увеличение масштабов разработки полезных ископаемых открытым способом при широком применении взрывчатых веществ и дизельной техники в сочетании с особенностями технологических процессов и свойств горных пород ухудшает санитарно-гигиенические условия не только в выработанном пространстве, но и в окружающей среде. Даже в периоды, когда в карьере наблюдаются благоприятные для проветривания рабочих зон температурные и ветровые условия, пылегазовые выбросы беспрепятственно поступают из карьеров в окружающую среду, приобретая залповый характер после прекращения штилей и инверсий. Все это приводит к повышенному уровню загрязнения пограничного слоя атмосферы и поверхности почвы в горнопромышленных районах [3]. Кроме того, по мере увеличения глубины разработки интенсивность пылегазовых выбросов и размеры зоны их распространения в окружающей среде возрастают, а естественное поступление в выработанное пространство свежего воздуха осложняется. В связи с этим возникает проблема управления пылегазовым режимом карьеров, которое в настоящее время осуществляется в основном путем изменения организации горно-транспортных работ, что выражается в их частичном или полном прекращении.

Поступление пыли и газов в атмосферу карьеров и окружающую среду тесно взаимосвязаны между собой и определяются одним и тем же комплексом неуправляемых и управ-

ляемых факторов. К главным неуправляемым факторам относятся климатические условия, ветровой и термический режимы карьера, горно-геологическая характеристика месторождения, а к управляемым – технология, техника и организация горного производства.

Климатические условия района расположения карьера влияют на загрязнение его атмосферы и окружающей среды через влажность воздуха и почвы, количество выпадающих осадков, скорость ветровых потоков, количество и продолжительность штилевых периодов и приповерхностных инверсий. Их учет позволяет правильно выбрать методы снижения загрязненности атмосферы карьера и пылегазовой нагрузки на окружающую среду.

Скорость ветра в карьере не остается постоянной и в целом соответствует её изменениям на поверхности, оказывая значительное влияние на загрязнение атмосферы в выработанном пространстве и вынос примесей в окружающую среду. При этом на запыленность атмосферы карьеров, помимо внутренних источников, оказывает существенное влияние пыль, сдуваемая с его бортов и прилегающей территории. Этим объясняется тот факт, что с увеличением скорости ветра на поверхности концентрация пыли в воздухе карьера растет за счет ее привноса входящей струей при одновременном уменьшении за счет улучшения воздухообмена. В тоже время при наличии только внутренних источников загрязнения атмосферы, например в карьере Мурунтау прослеживается четкая закономерность: с увеличением скорости ветра концентрация диоксида азота в воздухе уменьшается [3].

Интенсивность пылевыделения карьером с увеличением скорости ветра также возрастает, но до определенного предела, после которого она стабилизируется.

Для каждого карьера существует минимальная скорость ветра на поверхности, при которой воздухообмен выработанного пространства с окружающей средой ухудшается настолько, что в атмосфере карьера в целом или в его отдельных зонах начинают накапливаться примеси. В частности, для карьера Мурунтау сверхнормативное загрязнение атмосферы возникает при скорости ветра на поверхности менее 4,5 м/с вдоль длинной и менее 5,5 м/с – вдоль его короткой оси [3].

Существенное влияние на пылегазовые выбросы в атмосферу оказывает карьерный транспорт. Поступление пыли и газов в атмосферу карьеров и окружающую среду обусловлены не только натуральными объемами извлекаемой горной массы, но и в значительной степени единичной мощностью горнотранспортного оборудования.

Отрицательным результатом экстенсивного развития горного производства является увеличение пылегазовых выбросов по мере роста площадей и высоты отвалов [1] и, как следствие, расширение зон прямого воздействия на воздушный бассейн и прилегающую территорию. Расчеты показывают [2], что при увеличении высоты отвала с 20 до 100 м суммарная площадь его поверхности уменьшается в 4,0–4,8 раза, а площадь запыления при этом возрастает в 2,5–3,0 раза.

Влияние концентрации производства на поступление пыли и газов в атмосферу карьеров и окружающую среду неоднозначно.

Воздух в карьерах представляет собой смесь из атмосферного воздуха и вредных примесей техногенного или природного происхождения. К вредным примесям техногенного происхождения относятся оксиды углерода и азота, сероводород, сернистый газ, альдегиды, радон, пыль, сажа, дымы и другие вещества, образующиеся в результате выполнения технологических процессов, работы машин и механизмов или вызванные вмешательством человека в природную среду.

Источниками поступления углекислого газа и окиси углерода в атмосферу карьеров являются дренажные воды, пожары, термическое бурение, массовые взрывы, двигатели внутреннего сгорания. При содержании в воздухе до 0,5% углекислого газа считается безвредным для человека, а окись углерода оказывает вредное воздействие на организм человека, так как он легко соединяется с гемоглобином крови, вытесняя из неё кислород, и вызывает тем самым кислородное голодание организма.

Оксиды азота поступают в атмосферу карьеров от двигателей внутреннего сгорания, массовых взрывов и термических бурений. Наибольшую опасность из оксидов азота представляет диоксид азота, который приводит к отравлениям, связанных с отеком легких.

Сероводород действует на нервную систему, раздражает слизистую оболочку глаз и дыхательных путей. В атмосферу карьеров сероводород поступает из горных пород и дренажных вод.

Сернистый газ действует на слизистую оболочку глаз и верхние дыхательные пути. Источниками выделения сернистого газа в карьерах являются массовые взрывы в породах с высоким содержанием серы.

Из альдегидов наибольшую опасность для человека представляют акролеин и формальдегид. Формальдегид воздействует на слизистую оболочку носоглотки, центральную нервную систему, вызывает невроз кожи, а акролеин действует на слизистую оболочку носоглотки и глаз, вызывает головокружение, тошноту, рвоту и боли в желудке. Источники – двигатели внутреннего сгорания и термическое бурение.

С отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания в атмосферу карьеров поступает еще 3,4-бензапирен, при непосредственном контакте которого с живой тканью возникают злокачественные опухоли.

Традиционная технология горных работ на месторождениях полезных ископаемых, представленных в частности скальными и полускальными породами, предусматривает применение ряда процессов (бурение, взрывание, выемка, погрузка, транспортирование, дробление), т.е. не является поточной, а разрыв между технологическими звеньями, как известно, порождает дополнительное образование отходов и сопровождается отрицательным влиянием на окружающую среду (повышенное пыление – и газовыделение, сейсмическое воздействие, загрязнение грунтовых вод продуктами взрыва).

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что воздействие горного производства на окружающую среду весьма разнообразно, поскольку объекты природной среды тесно переплетены между собой и взаимозависимы.

#### **Список использованных источников**

1. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров: Справочник. – М.: недра, 1990. – 280 С.
2. Горлов В.Д. Расчет величины запыления земель, прилегающих к отвальному массиву// Горный журнал, 1990. – №7. – С. 52–54
3. Сытенков В.Н. Управление пылегазовым режимом глубоких карьеров. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 21– 47 С.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ УГАРА ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ МАРОК 40ХН, 34ХН1М, 5ХНМ ПРИ НАГРЕВЕ ПОД ОБРАБОТКУ ДАВЛЕНИЕМ**

**© Базайкина О.Л., Темлянцев М.В., Казимиров С.А.,  
Самойлов М.О., Чипурина А.О.**

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

Легированные стали марок 40ХН, 34ХН1М, 5ХНМ получили широкое распространение для изготовления деталей и металлоизделий различного назначения. В частности конструкционная легированная, хромоникелевая сталь марки 40ХН применяется для изготовления осей, валов, шатунов, зубчатых колес, муфт, шпинделей, болтов, рычагов и других ответственных нагруженных деталей, подвергающихся вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Конструкционная легированная сталь марки 34ХН1М применяется для изготовления аналогичных особо



ответственных высоконагруженных деталей, к которым предъявляются высокие требования по механическим свойствам и работающих при температурах до 500 °С. Инструментальная штамповая сталь марки 5ХНМ используется для изготовления молотовых штампов паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей свыше 3 т, прессовых штампов и штампов машинной скоростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов, блоков матриц для вставок горизонтально-ковочных машин. При производстве всех этих деталей и изделий стальные слитки или заготовки подвергаются нагреву в печах перед обработкой давлением. Контакт нагретой стали с окислительной атмосферой печи сопровождается безвозвратными потерями металла от угара, которые в зависимости от температурного режима нагрева могут достигать 1 – 3 % [1, 2]. В связи с этим исследование закономерностей угара стали при нагреве в печах актуально и имеет практическое значение.

В данной работе проведено исследование кинетики высокотемпературного окисления перечисленных марок сталей. Химический состав исследуемых сталей представлен в таблице.

Таблица

Химический состав исследуемых марок сталей

Марка стали	Содержание элементов, %										
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Mo	S	P	Al	N
34ХН1М	0,37	0,63	0,28	1,44	1,34	0,08	0,220	0,011	0,012	0,014	–
40ХН	0,43	0,63	0,29	0,60	1,07	0,07	–	0,008	0,014	0,009	0,007
5ХНМ	0,55	0,69	0,32	0,67	1,50	0,07	0,187	0,010	0,018	0,024	–

В экспериментах использовали образцы, имеющие форму дисков диам. 30 мм и толщиной 10 мм. Масса исходных образцов составляла 65 – 75 г. Образцы вытачивали из слитков. Нагрев осуществляли в электрической печи сопротивления СУОЛ–0,25.1/12,5–И1 с нагревателями из карбида кремния в атмосфере воздуха. Температуру образцов измеряли хромель-алюмелевой термопарой и многоканальным программным регулятором температур «Термодат 19Е2». Образцы нагревали до температур 1000, 1100 и 1200 °С и выдерживали при этих температурах 20, 40 и 60 мин. Угар определяли с помощью гравиметрического метода по потере массы образцов. Взвешивание образцов проводили на весах Vibra AF–220СЕ с точностью до 0,1 мг. Окалину с поверхности образцов удаляли посредством травления в растворе серной кислоты.

По результатам статистической обработки экспериментальных данных с применением пакета программ Stastica в координатах  $\ln k = f(1/T)$  определяли эмпирические коэффициенты  $A$  и  $B$  для расчета константы окисления  $k$  по соотношению:

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{B}{T}\right). \quad (1)$$

где  $T$  – температура, К.

По результатам обработки экспериментальных данных построены графики (рисунки 1 и 2), иллюстрирующие зависимость угара сталей исследуемых марок от температуры и времени выдержки.

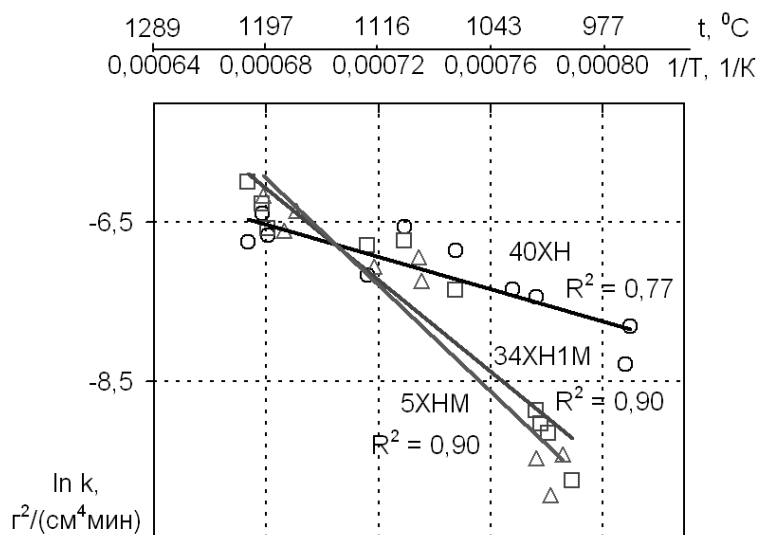


Рис. 1. Зависимость логарифма константы скорости окисления от температуры для сталей марок 40XH (○), 34XH1M (□), 5XHM (Δ)

Для прогнозных расчетов угара исследуемых марок сталей получены соотношения, позволяющие определять угар в зависимости от температуры и времени нагрева, погрешность аппроксимации экспериментальных данных составляет не более 10 %:

$$40XH \quad Y=1,18\exp(-5097,0/T)\sqrt{\tau}. \quad (2)$$

$$34XH1M \quad Y=806,23\exp(-14439,5/T)\sqrt{\tau}. \quad (3)$$

$$5XHM \quad Y=4301,16\exp(-16840,5/T)\sqrt{\tau}. \quad (4)$$

Из рисунка 2 видно, что увеличение температуры с 1000 до 1200 °С и времени выдержки от 20 до 60 мин приводят к росту угара стали марки 40XH с 0,09 до 0,29 г/см<sup>2</sup>, т.е. в 3,2 раза, 34XH1M с 0,05 до 0,39 г/см<sup>2</sup>, т.е. в 7,8 раза, а 5XHM 0,03 до 0,36 г/см<sup>2</sup>, т.е. в 12 раз. С точки зрения интенсификации угара сталь марки 40XH менее чувствительна к температурному фактору.

Результаты анализа экспериментальных данных показывают, что при аналогичном содержании других легирующих элементов в исследуемых сталях, молибден, имеющийся в марках 5XHM и 34XH1M, оказывает двоякое влияние на интенсивность окисления. По данным [3] при малых концентрациях и температурах 600 – 1000 °С он образует соединение Fe<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>, способствующее повышению защитных свойств окалина и замедляющее окалинообразование. В то же время известно, что при взаимодействии с кислородом молибден образует летучий оксид MoO<sub>3</sub> с температурами испарения и плавления около 600 и 795 °С, интенсивно разрыхляющий окалину и снижающий ее защитные свойства [1]. Это вероятно является причиной большего угара молибденсодержащих сталей по сравнению со сталью 40XH при температурах 1150–1200 °С.

Стали 5XHM и 34XH1M имеют примерно одинаковую интенсивность окисления во всем исследуемом температурном интервале, несмотря на то, что в стали марки 34XH1M, по сравнению с маркой 5XHM, содержится почти в 2 раза больше хрома, способствующего повышению защитных свойств окалина.

В целях снижения угара при нагреве под обработку давлением для сталей марок 5XHM, 34XH1M и других молибденсодержащих, аналогичных по составу, выдержку или томление с целью повышения равномерности нагрева и прогрева слитков или заготовок рекомендуется проводить при температурах менее 1000–1050 °С.

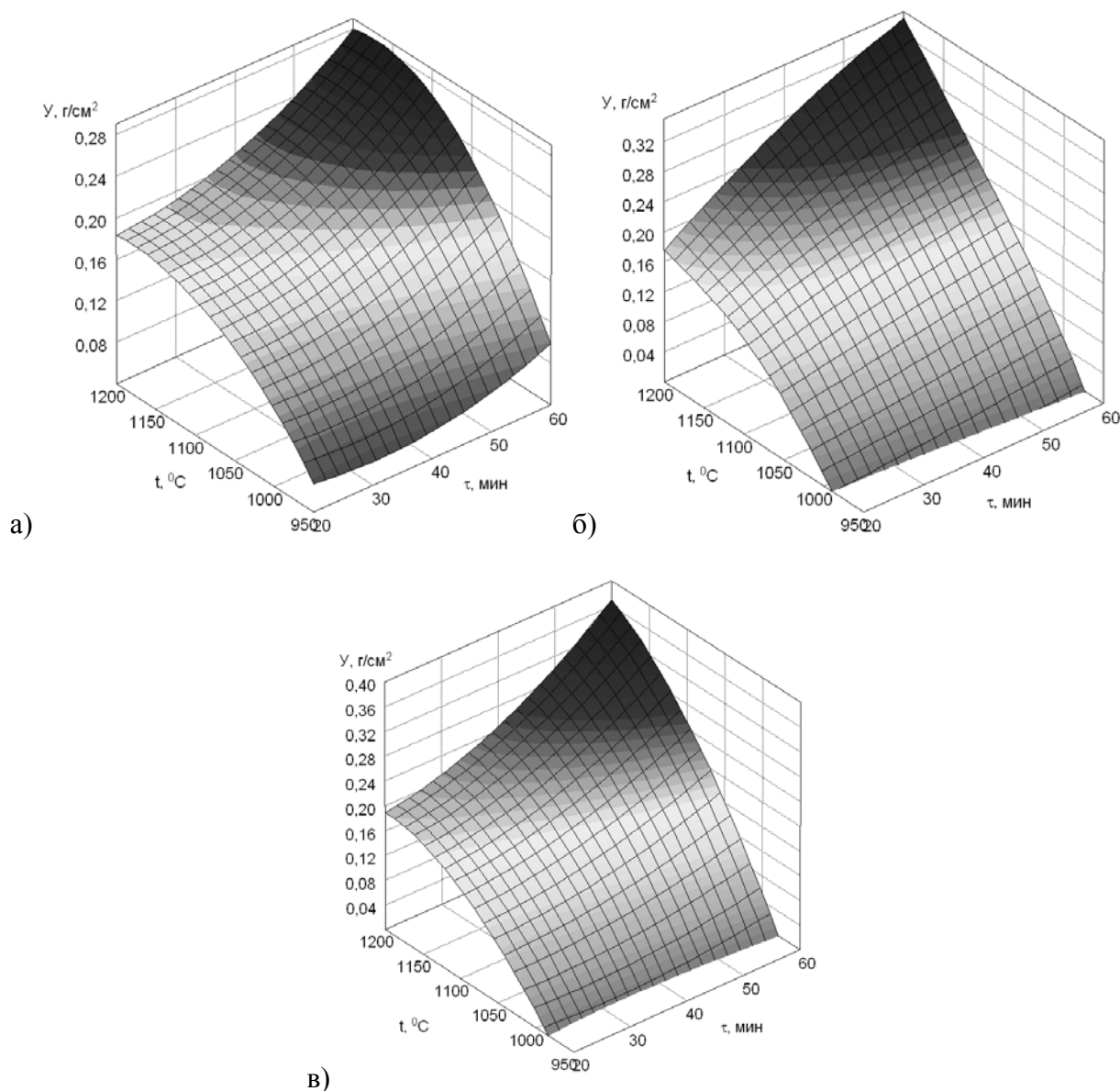


Рис. 2. Зависимость угара сталей марок 40ХН (а), 5ХНМ (б), 34ХН1М (в) от температуры и времени выдержки

### Список использованных источников

1. Темлянцев М.В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М.В. Темлянцев, Ю.Е. Михайленко. – М.: Теплотехник, 2006. – 200 с.
2. Скворцов А.А. Безокислительный и малоокислительный нагрев стали под обработку давлением / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, М.Я. Кузелев. – М.: Машиностроение, 1968. – 270 с.
3. Окисление и обезуглероживание стали / А.И. Ващенко, А.Г. Зеньковский, А.Е. Лифшиц и др. – М.: Metallurgy, 1972. – 336 с.
4. Северденко В.П. Окалина при горячей обработке металлов давлением / В.П. Северденко, Е.М. Макушок, Е.М. Равин. – М.: Metallurgy, 1977. – 208 с.

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШИХТЫ НА ТЕМПЕРАТУРУ ГАЗА НА ВХОДЕ В ЗОНУ СУШКИ ПРИ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

© **Боковиков Б.А.\***, **Клейн В.И.\***, **Петрышев А.Ю.\*\***, **Ярошенко Ю.Г.\*\***

*\* ООО «НПВП ТОРЭКС», г. Екатеринбург, Россия*

*\*\* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В череде многочисленных процессов, составляющих технологию агломерации железорудных материалов, на начальной стадии наиболее важен процесс сушки шихты. Этот процесс довольно полно освещен в литературе [1, 4, 5]. Однако, его анализ, как правило, проводится изолировано от других процессов, т.е. материальные потоки (газа и шихты) рассматриваются как независимые переменные. В реальном же процессе производительность агломашины определяется не по завершению процесса сушки, а по окончанию процесса спекания. В то же время интенсивность сушки и степень переувлажнения шихты влияют на газодинамику слоя, т.е. на величину скорости фильтрации, определяющую производительность машины. Такая сложная взаимосвязь тепломассообменных и газодинамических характеристик слоя вынуждает рассматривать агломерационный процесс в обязательной взаимосвязи всех явлений, т.е. проводить полный теплотехнический расчет агломашины.

Для исследования закономерностей сушки и переувлажнения слоя агломерационной шихты использовали теплофизическую математическую модель, в которой тепло- и массообмен в зоне сушки описан профессором Ф.Р. Шклярком наиболее точно [2] на основе данных Д.Б. Сполдинга [3]. Теплообмен по высоте слоя и физико-химические процессы, протекающие выше зоны сушки, в модели «НПВП ТОРЭКС» описаны с существенными уточнениями по сравнению с известной моделью Ю.А. Фролова [6]. В частности в процессе горения углерода учтены полидисперсность топлива и возможность увеличения зоны горения за счет дожигания оксида углерода.

В расчетах принята в качестве базы агломашина Абагурской аглофабрики площадью спекания  $90 \text{ м}^2$  с высотой слоя 300 мм, длиной горна 6 м и с содержанием углерода в шихте 3,4 % (на сухую массу). Температура газа на входе в слой принята над  $1^{\text{ой}}$  вакуум-камерой  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  (на длине 1 м) и далее под горном в диапазоне  $1050\text{--}980 \text{ }^\circ\text{C}$  (на основании экспериментальных данных).

При расчетных исследованиях процесса сушки варьировали входные параметры в следующих пределах:

для газа:

- скорость фильтрации  $0,20\text{--}0,30 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$  (постоянная по длине машины);
- влагосодержание  $3,5\text{--}10,0 \%$  по объему;

для шихты:

- влажность  $6,4\text{--}8,7 \%$  (на сухую массу);
- начальная температура  $25\text{--}65 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Основная особенность методики расчетов заключалась в том, что при любом значении входных параметров всегда подбирали величину производительности машины (скорости движения тележек) так, чтобы верхняя граница зоны горения топлива в конце машины находилась на определенном расстоянии от границы «слой–постель», что соответствует условиям нормального ведения технологического процесса. Кроме этого следует учитывать то, что при варьировании таких параметров шихты, как влажность и температура, скорость фильтрации оставалась постоянной, т.е. возможные изменения газодинамического сопротивления слоя не учитывали и анализировали изменение только тепломассообменных условий процесса. Результаты моделирования получали в графическом виде (кроме полей численных значений переменных)

В отличие от обжиговых машин для производства окисленных окатышей, где температура теплоносителя в зонах сушки задается в соответствии со свойствами сырых окатышей в диапазоне 250–400 °С, в агломерации температура газа на входе в зону сушки ( $T^1_c$ ) является функцией многих параметров шихты и газа. При моделировании для определения  $T^1_c$  по расчетным полям переменных строили графики зависимости локальной температуры газа от влажности шихты в области  $0 < U_{ш} < 5\%$ , представляющие собой практически прямые линии, и экстраполировали их в точку  $U_{ш} = 0$ . Результаты этой экстраполяции представлены на рисунке 1 в виде зависимости  $T^1_c$  от основных параметров аглопроцесса.

На этих графиках видно, что скорость фильтрации (удельный расход газов) незначительно изменяет температуру газа на входе в зону сушки (рисунок 1,а), тогда как повышение начальной температуры шихты с 25 до 65 °С снижает  $T^1_c$  примерно на 50 °С, а увеличение влажности на такую же величину повышает  $T^1_c$  (рисунок 1,б). Это является результатом предыстории формирования отдельных зон в начальный период процесса сушки.

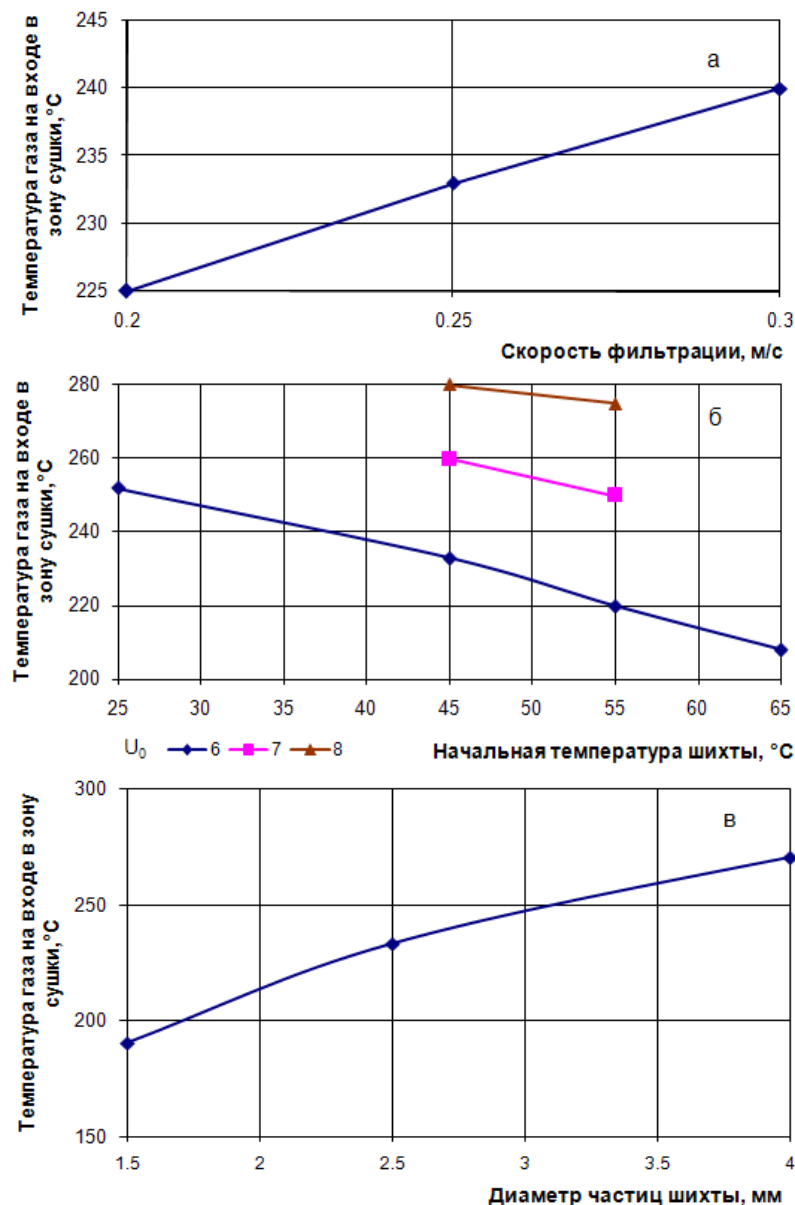


Рис. 1. Зависимость температуры газа на входе в зону сушки  $T^1_c$  от скорости фильтрации теплоносителя  $W_\phi$  – (а), начальной влажности шихты  $U_0$  и начальной температуры шихты  $t_{ш}$  – (б), диаметра частиц шихты  $d_{ш}$  – (в)

Особенно сильно повышается  $T^1_c$  при увеличении диаметра частиц шихты (при снижении удельной поверхности слоя). Для принятых пределов изменения удельной поверхности

слоя  $T^1_c$  меняется на 80 °С (рисунок 1,в). Поскольку  $T^1_c$  является потенциалом процесса сушки, следовательно, скорость испарения влаги практически пропорциональны величине  $T^1_c$ . Как видно из рисунка 1, величина  $T^1_c$  находится в пределах 200–300 °С (что значительно ниже, чем указано в работах [2, 4]) и изменение ее на 50–80 °С следует считать весьма существенным. Эти колебания  $T^1_c$  в основной период процесса связаны с изменениями условий теплообмена в слое аглошихты, в том числе в зоне горения и на начальном участке машины.

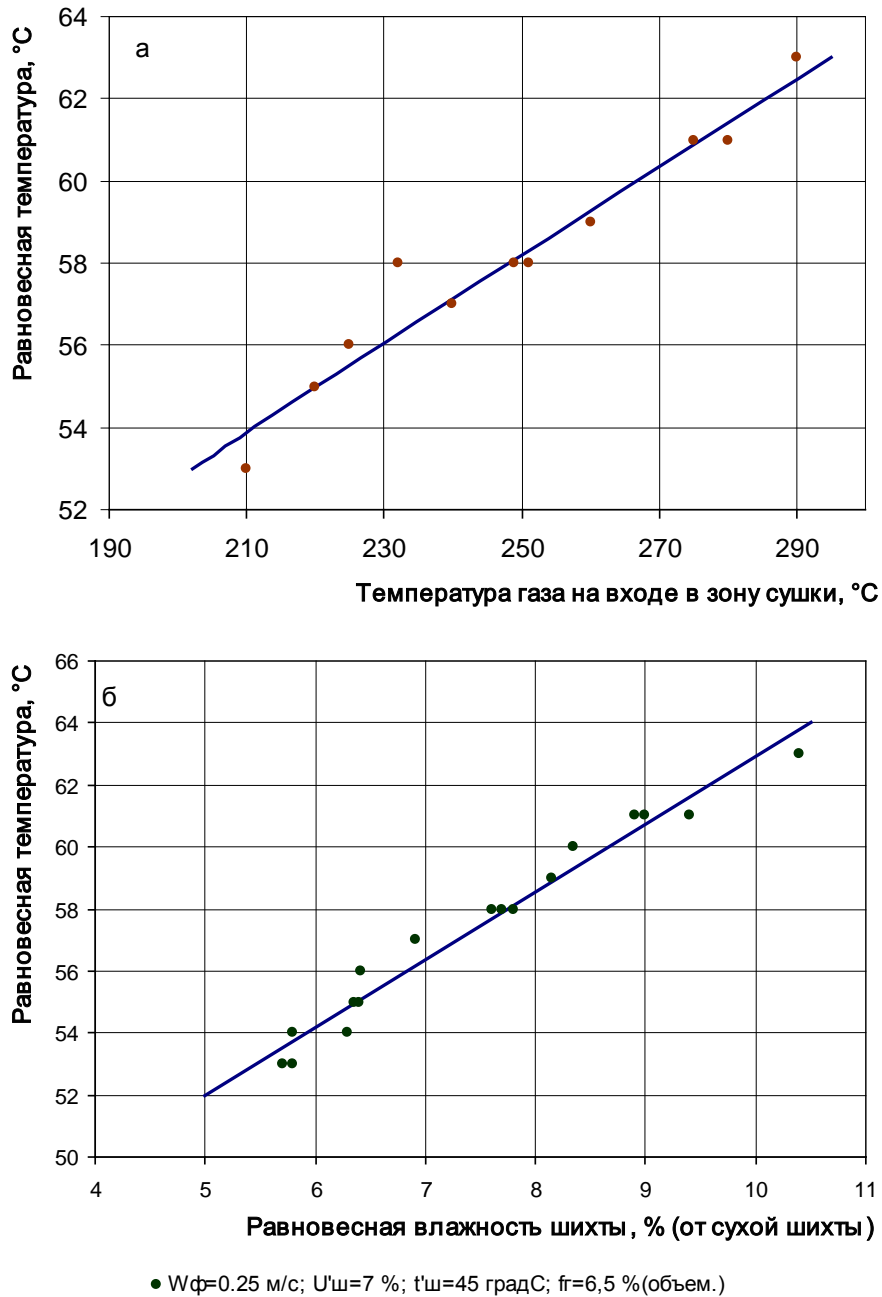


Рис. 2. Зависимость равновесной температуры ( $t_p$ ) от температуры газа на входе в зону сушки ( $T^1_c$ ) и ее связь с равновесной влажностью шихты ( $U_p$ )

Величина  $T^1_c$ , естественно, определяет и условия теплообмена в нижележащих горизонтах слоя, что приводит к изменению скорости сушки и равновесных значений температуры и влажности шихты. В агломерационном процессе многие параметры, теоретически влияющие на условия равновесия, изменяются в очень узких пределах. Так, например, влагосодержание газа над слоем может существенно изменяться только под горном, а зона сушки продолжается практически до конца машины, удельный расход газа (воздуха) при агломерации не может значительно изменяться при одинаковом содержании углерода в шихте (по ре-

зультатам моделирования даже увеличение скорости фильтрации в 1,5 раза приводит к снижению удельного расхода воздуха только на 10 %). Поэтому, при агломерации основным фактором, определяющим равновесную температуру, является температура газа на входе в зону сушки, которая сама зависит от технологических факторов, как это видно из рисунка 2.

На рисунке 2,а представлена расчетная зависимость равновесной температуры от температуры газа на входе в зону сушки. В широком диапазоне параметров аглопроцесса (скорость фильтрации  $W_{\phi} = 0,2-0,3$  м/с, влажность слоя  $U_0 = 6-8$  %, температура шихты  $t_{ш} = 25-65$  °С, влагосодержание газа  $f_r = 3,5-10$  %) эта зависимость практически линейна, но из нее несколько «выпадает» влияние удельной поверхности шихты (диаметра частиц шихты), существенно изменяющий характер теплообмена по всей высоте слоя. В целом эти результаты по характеру зависимости близки к балансовым расчетам в работе [4]. На рисунке 2,б показана взаимосвязь равновесных значений температуры и влажности шихты, имеющая также практически линейный характер в широком диапазоне принятых исходных параметров, что естественно, поскольку эти величины связаны тепловым и материальным балансами. Эта связь может быть описана следующим простым соотношением:

$$t_p = 41 + 2,2 \cdot U_p, \quad (1)$$

где  $t_p$  – равновесная температура, °С;

$U_p$  – равновесная влажность шихты, % на сухую массу.

Расчетная зависимость  $t_p$  от входной температуры газа  $T_c^1$  имеет вид:

$$t_p = 31,6 + 0,107 \cdot T_c^1, \quad (2)$$

отсюда зависимость  $U_p$  от  $T_c^1$  получится в виде:

$$U_p = 0,049 \cdot T_c^1 - 4,3. \quad (3)$$

Таким образом, установлены следующие особенности развития процесса сушки.

1. Температура газа на входе в зону сушки ( $T_c^1$ ) изменяется в узких пределах 200–300 °С в зависимости от параметров шихты и газа. При этом скорость фильтрации мало влияет на  $T_c^1$ . Более существенно влияние параметров шихты, в том числе размеров ее частиц, т.е. удельной поверхности слоя.

2. Равновесная температура газа и шихты ( $t_p$ ) определяется, главным образом, температурой газа на входе в зону сушки и в широком диапазоне входных параметров эта зависимость может быть описана линейной функцией вида  $t_p = 31,6 + 0,107 \cdot T_c^1$ . Равновесные значения температуры и влажности ( $U_p$ ) шихты связаны тепловым и материальным балансом и по результатам моделирования эта связь имеет линейный характер и описывается соотношением  $t_p = 41 + 2,2 \cdot U_p$ .

### Список использованных источников

1. Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н. Агломерация рудных материалов, Екатеринбург, УГТУ–УПИ, 2003. 400с.
2. Раева М. В., Шкляр Ф. Р., Фролов Ю. А. Модель тепло- и массообмена при сушке пористого слоя // Металлургическая теплотехника : темат. отр. сб. 1974. № 2. С. 154 – 162.
3. Споллдинг Д.Б. Конвективный массоперенос. М.: Энергия, 1965, 384 с. с ил.
4. Коротич В.В. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. – М.: Metallurgia, 1978. – 205 с.
5. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация. – М.: Metallurgia, 1967. – 368 с.
6. Фролов Ю.А. Докторская диссертация Теплотехническое исследование процесса агломерации и совершенствование технологии и техники для производства агломерата: дисс. док. т.н.: 05.16.02, защищена 20.05.2005 / Фролов Ю.А., Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ – 2005. – 53 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

© Брусницын А.П., Киселев Е.В.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

На машиностроительных заводах, где по различным причинам не используется углеводородное топливо, имеется большой парк электропечей. В настоящее время к выпускаемой продукции предъявляются новые, высокие требования. Электрические печи, построенные по проектам 60–70-х годов прошлого века, часто не обеспечивают требуемого уровня качества продукции.

На ОАО «Пневмостроймашина», г. Екатеринбург, где производится аксиально-поршневая гидравлика и её элементы, имеется большой парк электрических печей сопротивления.

В этих печах производится нагрев и термическая обработка ответственных деталей гидравлических систем и насосов различного назначения, поэтому электрические печи обеспечивают технологический процесс в малоокислительной атмосфере рабочего пространства. Конструкции печей, используемых на заводе, и особенности производства не позволяют эффективно расходовать электрическую энергию.

В основном, это происходит из за массивной футеровки этих печей (400–500 мм), кроме того, из за особенностей производства значительное количество энергии тратится на предварительный разогрев массивной кладки (таблица 1). Одной из распространённых на заводе конструкций печи, установленных в прокатном цехе является камерная электрическая печь сопротивления с размером пода 800x1300 мм (рисунок 1).



Рис. 1. Камерная электрическая печь сопротивления

Техническая характеристика представлена в таблице 1.



## Техническая характеристика электрической печи сопротивления

Наименование параметра	Норма	Размерность
1. Номинальная мощность	51	кВт
2. Номинальная температура	1200	°С
3. Номинальное напряжение питающей сети	380	В
4. Число тепловых зон	1	
5. Масса загрузки, не более	400	кг
6. Время разогрева электропечи		ч
До рабочей температуры	5,5	
До установившегося режима	20	
7. Электроэнергия, затраченная на разогрев, не более		кВт*ч
До рабочей температуры	275	
До установившегося режима	575	
8. Размеры рабочего пространства		мм
ширина	850	
длина	1160	
высота	598	

Футеровка состоит из: корунда легковесного, высокоглинозема МЛЮ–62, шамота легковесного ШЛ–0,4, перлитокерамики, карборунда, корвеириита, асбеста. На поду имеются опорные столбики, на которые укладываются подовые плиты. В столбиках предусмотрены пазы для обеспечения циркуляции атмосферы. Подовые плиты сделаны из карборунда.

Нагрев производится нагревателями, расположенными на стенках и поду печи. Нагреватели изготовлены в виде спиралей надетых на керамические трубки из проволоки сплава суперфехраль. На стенках трубки крепятся по краям в опорных столбиках, а в промежуточных положениях, зафиксированы консольными трубками, вмонтированными в футеровку. Нагреватели расположены горизонтально с зазором от боковых стенок, по всей высоте камеры нагрева. Вывода нагревателей выходят в пространство между ограничивающим кожухом и декоративными панелями через уплотняющие устройства.

Для производства различных деталей используются широкий сортамент марок сталей, например:

Сталь (сплав)	Применение
40Х, 30Х3МФА, 38Х2МЮА	Втулки, поршни, валы и т.д.

В целях совершенствования конструкции печи был произведен расчет нагрева металла печи существующей конструкции, а также потребляемой мощности, нагревателей и основных показателей тепловой работы печи.

Расчёт печи проводился при максимальной загрузке печи.

В результате расчёта для 6 цилиндрических заготовок с общей массой 300 кг и размерами: длиной 300мм и диаметром 190мм, при температуре нагрева 1140С производительность печи составила 200 кг/ч, удельная производительность 95 кг/(м<sup>2</sup>\*ч), тепловая мощность 49,5 кВт, КПД 39,8%, при этом потери тепла кладкой теплопроводностью составили 47%.

Основными направлениями совершенствования конструкции печи является замена массивной кирпичной кладки, изготовленной из материала с большим коэффициентом теплопроводности на современные виды волокнистых материалов.

Эти материалы, имеющие значительно меньший коэффициент теплопроводности по сравнению с кирпичными огнеупорами, позволяет значительно снизить (в 2 – 3 раза) потери тепла в окружающее пространство. Также, применение волокнистых материалов позволит

значительно снизить (в 3–5 раз) затраты энергии при разогреве печи до рабочей температуры.

В результате изменений конструкции печи планируется снижение затрачиваемой энергии на тепловую обработку металла на 40–50%.

В условиях прокатного цеха ОАО «Пневмостроймашина», где эксплуатируется несколько электропечей подобной конструкции, также можно будет получить значительный экономический эффект от снижения энергозатрат в технологическом производстве деталей, гидронасосов и т.д.

### Список использованных источников

1. Электрические печи сопротивления / Е.В.Киселев, В.Б.Кутьин, В.И.Матюхин – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2010. – 74 с.

2. Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи: учебник для вузов / 2-е изд., перераб. М.: Энергия, 1975. 384 с.

3. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Под ред. А. С. Телегина – М.: Металлургия, 1982. – 360 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА В ВАННЕ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

© Бурлаков А.А., Сабиров Е.Р., Швыдкий В.С.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

При разработке численной схемы плавильной печи целесообразно тщательно учесть особенности расплава. Первой такой особенностью является его большая плотность. Учитывая также большую вязкость и медленное движение (практически ползущее), можно уверенно считать расплав несжимаемой жидкостью. Конечно, его плотность зависит от температуры, а температура в ванне изменяется, но, во-первых, эта зависимость слабая и, во-вторых, температура расплава в ванне изменяется от 1000°C до 1580°C (максимум), что приводит к относительно малым изменениям плотности. Иными словами, с достаточной точностью можно считать для расплава  $\text{div} \mathbf{v} = 0$  и записать уравнения движения в виде:

- в проекции на ось  $x$

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right]; \quad (1)$$

- в проекции на ось  $y$

$$\rho \left( u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right]; \quad (2)$$

- в проекции на ось  $z$

$$\rho \left( u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + 2 \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \rho g; \quad (3)$$

Вязкость расплава существенно зависит от температуры. Однако уравнения (1)–(3) – это уравнения баланса импульса для бесконечно малого объема. При составлении этого ба-

ланса можно считать, что температура расплава, а, следовательно, и его вязкость, в пределах элементарного объёма одинакова. Тогда  $\mu$  можно вынести из-под знака производных, что приводит к упрощению уравнений.

В самом деле, например в уравнении (1) можно при этом выделить слагаемые

$$\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial x} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial z \partial x} = \mu \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0$$

и аналогично для уравнений (2) и (3). Заметим, что такой подход не исключает учёта зависимости  $\mu$  от температуры, поэтому окончательный вид уравнений движения можно представить следующим образом (для оси  $x$ )

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial z} \right).$$

Для других осей уравнение записывается аналогично.

Уравнение неразрывности также можно упростить. Хотя формально мы должны учитывать наличие внутренних источников (стоков) массы, фактически мы этого сделать не можем из-за неопределённости кинетики физико-химических превращений и отсутствия математического описания этой кинетики. Поэтому будем использовать уравнение неразрывности в форме

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0.$$

Здесь мы несколько противоречим сделанному выше утверждению о несжимаемости расплава, однако, во-первых, введение плотности под знаки производных не слишком усложняет уравнение, а, во-вторых, мы готовим почву для дальнейшего учёта теплообмена.

Построение дискретного аналога всегда нужно выполнять для безразмерных уравнений, поскольку в этом случае легче оценить порядок аппроксимации и устойчивость численной схемы. Поэтому введём соответствующие безразмерные параметры.

Будем отсчитывать компоненты скорости в долях среднерасходной скорости расплава в протоке  $V_0 = P/(86,4 \cdot \rho_0 \cdot z_2 \cdot b_2)$  м/с, где  $\rho_0$  – масштабное значение плотности,  $P$  – производительность печи,  $z_2$  – высота протока,  $b_2$  – ширина протока. Индекс "0" у теплофизических параметров характеризует значение при масштабной температуре  $T_0$ . В качестве характерной длины примем длину  $L$ :

$$U = \frac{u}{V_0}, V = \frac{v}{V_0}, W = \frac{w}{V_0}, X = \frac{x}{L}, Y = \frac{y}{L}, Z = \frac{z}{L}, H = \frac{h}{L}, B = \frac{b}{L},$$

$$Z_2 = \frac{z_2}{L}, B_2 = \frac{b_2}{L}, X_1 = \frac{x_1}{L}, \tilde{\rho} = \frac{\rho}{\rho_0}, \tilde{\mu} = \frac{\mu}{\mu_0}.$$

Здесь  $h$  – глубина слоя расплава в ванне,  $b$  – ширина ванны,  $x_1$  – длина загрузочной части ванны. Подстановка этих соотношений в консервативную форму записи уравнения в проекции на ось  $x$  (для других осей аналогично) приводит к выражению:

$$\frac{\partial P}{\partial X} + \frac{\partial}{\partial X} \left( \tilde{\rho} U^2 - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial U}{\partial X} \right) + \frac{\partial}{\partial Y} \left( \tilde{\rho} UV - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial U}{\partial Y} \right) +$$

$$+ \frac{\partial}{\partial Z} \left( \tilde{\rho} UW - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial U}{\partial Z} \right) = 0,$$

где  $P = p/(\rho_0 V_0^2)$  – безразмерное давление или число Эйлера,  $Re = \rho_0 V_0 L / \mu_0$  – число Рейнольдса,  $Fr = V_0^2 / (gL)$  – число Фруда.

Введём обозначения

$$F_1 = \tilde{\rho} U^2 - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial U}{\partial X}, G_1 = \tilde{\rho} UV - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial U}{\partial Y}, H_1 = \tilde{\rho} UW - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial U}{\partial Z},$$

$$F_2 = \tilde{\rho} UV - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial V}{\partial X}, G_2 = \tilde{\rho} V^2 - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial V}{\partial Y}, H_2 = \tilde{\rho} VW - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial V}{\partial Z},$$

$$F_3 = \tilde{\rho} UW - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial W}{\partial X}, \quad G_3 = \tilde{\rho} VW - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial W}{\partial Y}, \quad H_3 = \tilde{\rho} W^2 - \frac{\tilde{\mu}}{Re} \frac{\partial W}{\partial Z}.$$

Тогда уравнения движения можно переписать в виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial X} + \frac{\partial F_1}{\partial X} + \frac{\partial G_1}{\partial Y} + \frac{\partial H_1}{\partial Z} &= 0; \\ \frac{\partial P}{\partial Y} + \frac{\partial F_2}{\partial X} + \frac{\partial G_2}{\partial Y} + \frac{\partial H_2}{\partial Z} &= 0; \\ \frac{\partial P}{\partial Z} + \frac{\partial F_3}{\partial X} + \frac{\partial G_3}{\partial Y} + \frac{\partial H_3}{\partial Z} + \frac{\tilde{\rho}}{Fr} &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Решение данной системы уравнений предполагается выполнять с использованием конечно-разностных методов.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ВОЗДУШНОГО ДУТЯ МИНЕРАЛОВАТНОЙ ВАГРАНКИ ЗАВОДА В Г. БОГДАНОВИЧ

© Быков Р.С., Матюхин В.И.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Нагревательные и термические печи металлургической и машиностроительной промышленности являются одним из основных потребителей топлива в стране, причем в них, как правило, расходуют наиболее ценные сорта топлива. В подавляющем большинстве случаев промышленные печи работают с весьма низким термическим КПД, величина которого в производственных условиях чаще всего не превышает 20–30%. Низкий термический КПД промышленных печей обуславливается в основном очень большими потерями тепла с отходящими дымовыми газами, достигающими иногда 50–60% от количества тепла, подведенного в печь.

Лучшим методом повышения термического КПД печей, а следовательно, и экономии топлива является возврат в печь части тепла, содержащегося в отходящих дымовых газах, подогревом в рекуператорах воздуха, используемого для горения топлива.

Целью настоящего исследования является оценка существующей технологии работы рекуператоров: трубчатого радиационного и рекуператора из гладких стальных труб (г. Богданович), выявление недостатков в ее конструкции и эксплуатации, а также разработка и внедрение рекомендаций по улучшению ее показателей.

Подача воздушного дутья давлением около 400 мм вод. Ст. в печь осуществляется от отдельной воздуходувки номинальной производительностью до 9000 м<sup>3</sup>/ч через воздушный рекуператор радиационного типа, установленный на отходящих газах. Он обеспечивает подогрев воздушного дутья до температуры около 300 °С. Для дальнейшего повышения температуры подогрева воздушного дутья установлен дополнительный подогреватель с внешним источником тепла в виде продуктов сгорания природного газа.

Таблица 1

Исходные данные

Наименование параметра	Величина, ед.изм.
Объем нагреваемого воздуха	6300 м <sup>3</sup>
Объем дымовых газов	7000 м <sup>3</sup>
Температура подогрева воздуха	300 °С
Начальная температура воздуха	0 °С
Температура дымовых газов перед рекуператором	800 °С

По этим данным нами были произведены расчеты радиационного рекуператора. Предварительные расчеты показали, что реальные значения не соответствуют значениям, которые получились в расчетах.

Из полученных результатов можно сделать вывод, чтобы нагреть воздух до 300<sup>0</sup>С надо иметь рекуператор, высота которого составит 12,9 м. Эти данные не соответствуют тому, что установлено на заводе. Поэтому с помощью формулы теплового потока мы нашли температуру воздуха на выходе из рекуператора, которая составила 80<sup>0</sup>С.

Таблица 2

Показатели работы радиационного рекуператора

Наименование параметра	Величина, ед.изм.
Температура дымовых газов после рекуператора, $t_d$	726 <sup>0</sup> С
Средняя температура воздуха в рекуператоре, $t_v^{cp}$	326 <sup>0</sup> С
Дымовые газы должны отдать в рекуператоре тепла, $\Delta q_v$	217 411 Вт
Энтальпия дымовых газов по выходе из рекуператора, $q''_d$	2 147 032 Вт
Общий коэффициент теплоотдачи, $ad$	23,2 Вт/(м <sup>2</sup> * <sup>0</sup> С)
Поверхность нагрева рассчитываемого рекуператора, F	27 м <sup>2</sup>
Коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воздуху	20,9 Вт/(м <sup>2</sup> * <sup>0</sup> С)
Высота рекуператора, H	2,8 м

Из этих данных можно сделать вывод, что радиационный рекуператор не справляется со своей задачей, поэтому что бы обеспечить подогрев воздуха до температуры 580<sup>0</sup>С перед фурменным поясом надо иметь следующие показатели трубчатого рекуператора.

Таблица 3

Показатели работы трубчатого рекуператора

Наименование параметра	Величина, ед.изм.	
Температура дымовых газов после рекуператора, $t_d$	782 <sup>0</sup> С	
Средняя логарифмическая разность температур, $\tau_{cp}$	286 <sup>0</sup> С	
Средняя температура воздуха в рекуператоре, $t_v^{cp}$	330 <sup>0</sup> С	
Общая длина труб, $L_T$	3,39 м	
Габариты рекуператора	ширина	1,44 м
	длина	1,71 м

В ходе научно-исследовательской работы были сделаны следующие выводы: существующая система подогрева воздуха радиационным рекуператором не обеспечивает нагрев до 300<sup>0</sup>С, как заявляет завод-изготовитель.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ  
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕЛЬЦПРОЦЕССА**

© Васькова Е.О., Матюхин В.И., Матюхин О.В.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В условиях постоянно возрастающих потребностей промышленности в металлическом цинке процессу вельцевания твердых металлургических отходов отводится определяющая роль в выделении его соединений в оксидном виде. Для этого используются в основном процессы термической обработки и восстановления соединений цинка из твердой фазы во вра-

шающихся печах углеродом твердого топлива, поступающего в рабочее пространство совместно с исходной шихтой, при относительно высоких температурах (до 1250°C) и последующего окисления металлических возгонов цинка кислородом газовой среды.

Вращающаяся печь для реализации процесса вельцевания (рисунок 1) представляет собой горизонтально расположенный барабан диаметром до 5 м и длиной до 60 м, наклоненный к горизонту под углом 1–3 градуса и вращающийся со скоростью 0,6–2,0 об./мин. Исходная шихта, поступающая в рабочее пространство печи по течке, состоит из рудных компонентов (руда, хвосты, промпродукты, шлаки, золы и другие отходы) и кокса, подаваемого с избытком. Гранулометрический состав используемых материалов представлен преимущественно кусками размером менее 10 мм.

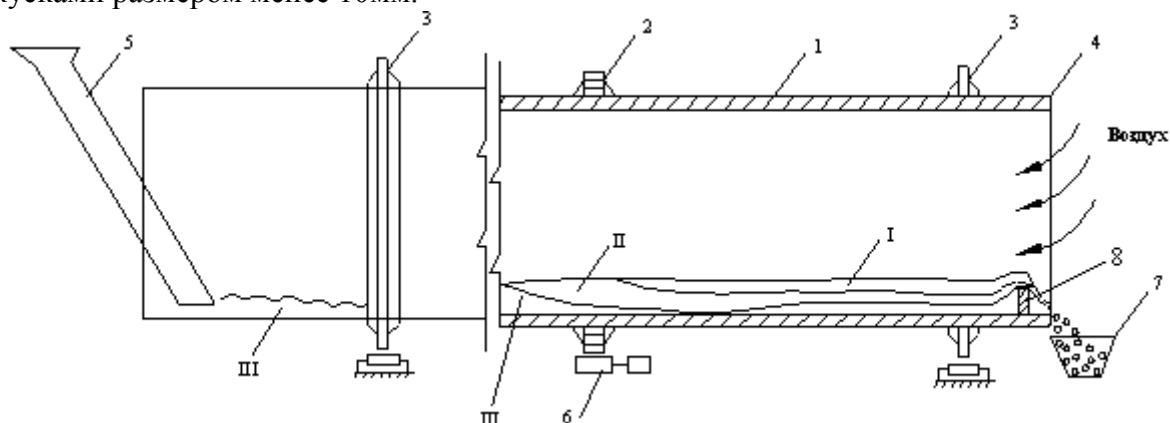


Рис. 1. Схема конструкции вельцпечи:

- 1 – металлический барабан; 2 – венцовая шестерня; 3 – опорный бандаж;
- 4 – разгрузочный конец печи; 5 – загрузочная течка; 6 – привод барабана;
- 7 – обожженный продукт (клинкер); 8 – разгрузочный порог.
- I – окислительная зона; II – восстановительная зона; III – подготовительная зона.

Нагрев и термическая обработка исходных шихтовых компонентов производится в потоке дымовых газов, которые образуются при слоевом сжигании твердого топлива, а также при использовании факельного горения внешнего газообразного или жидкого топлива в отдельных горелочных устройствах, расположенных на торцевой части разгрузочного конца барабана.

Наиболее часто основным источником тепла в вельцпроцессе используется слой кокса класса –10 мм, который сжигается непосредственно в рабочем пространстве при взаимодействии его с кислородом воздуха печной атмосферы.

Исходя из механизма движения материалов во вращающейся печи, горение кусков топлива происходит в основном вблизи поверхности перемещающегося слоя.

При слоевом способе сжигания твердого топлива в пересыпающемся слое (рисунок 2) его горение осуществляется в основном в диффузионном режиме и ограничивается глубиной не более 15–25 мм.

При использовании твердого топлива в вельцпроцессе происходит первоначальное его использование в качестве источника тепла вблизи поверхности слоя, образуя в печи окислительную зону. Последовательный нагрев исходных твердых компонентов шихты в рабочем пространстве вращающейся печи за счет конвективных и лучистых потоков создает условия для развития процессов восстановления диоксида углерода с образованием СО в газе и оксидов металлов в твердых компонентах шихты вблизи поверхности слоя. При этом химические реакции в материалах определенного размера испытывают значительные диффузионные затруднения вследствие кинетических ограничений процесса газового восстановления и контакта частиц между собой.

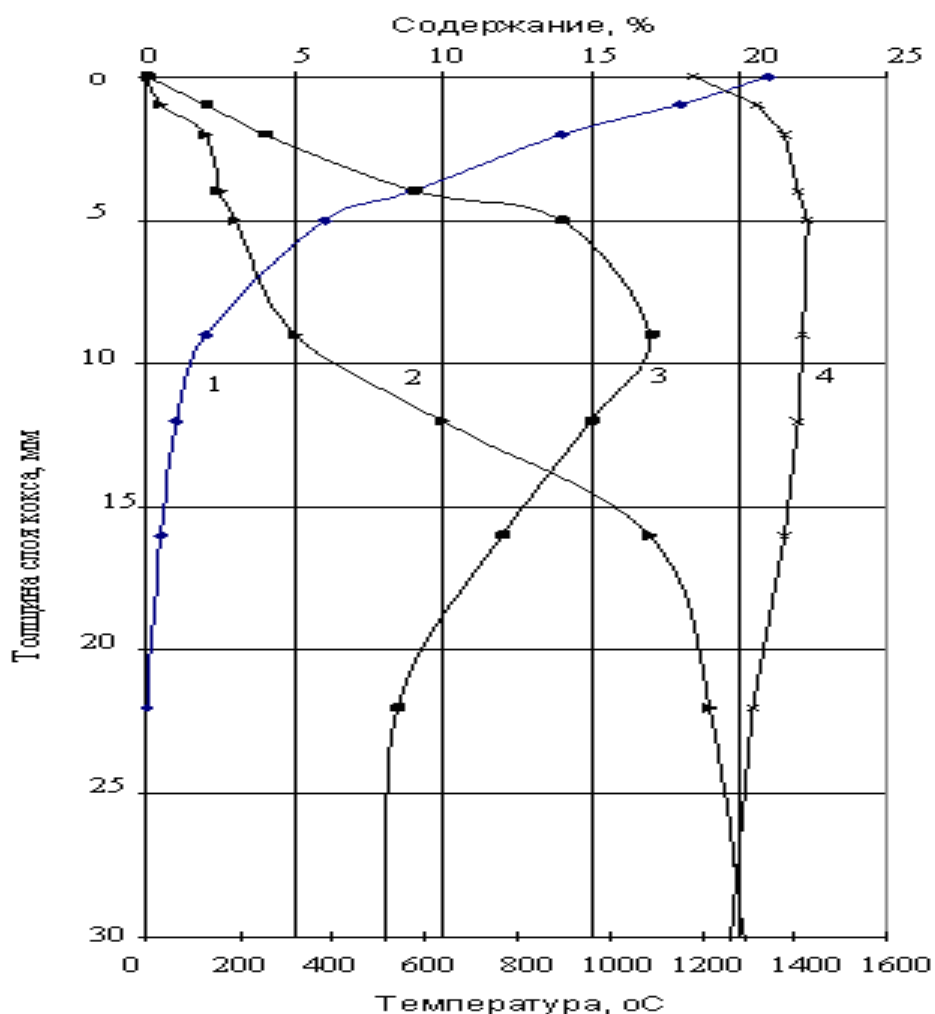


Рис. 2. Изменение температуры слоя горящего кокса (4) и состава газов вблизи поверхности слоя при скорости движения воздушного потока 0,2 м/с:  
1 – кислорода; 2 – монооксида углерода; 3 – диоксида углерода

Начиная с момента соприкосновения кислорода воздуха, поступающего в рабочее пространство вельцпечи, с углеродом топлива преимущественное развитие получают реакции полного окисления, способствующие повышению уровня температуры в слое. Далее по ходу движения газов создаются условия для осуществления эндотермических вторичных реакций и процессов термического разложения топлива (восстановительная зона).

Общая длина зоны горения и газификации кокса в слое зависит от крупности кусков топлива, порозности слоя, скорости газового потока, скорости реакций, определяемых температурой, реакционной способностью углерода и концентрацией кислорода в воздушном дутье.

По условиям развития теплообменных процессов по длине печи можно выделить условно три тепловых зоны: подогрева материалов (зоны сушки, разложения сульфатов и карбонатов, часть восстановительной зоны при преимущественном развитии процессов окисления металлических возгонов в газовой фазе), теплогенерации при окислении углерода твердого топлива, а также подогрева воздушного дутья и образования потока теплоносителя.

Экспериментальные исследования кинетики уплотнения исходных материалов в режиме изоскоростного нагрева позволили выделить два режима спекания исходных материалов: твердофазное и жидкофазное.

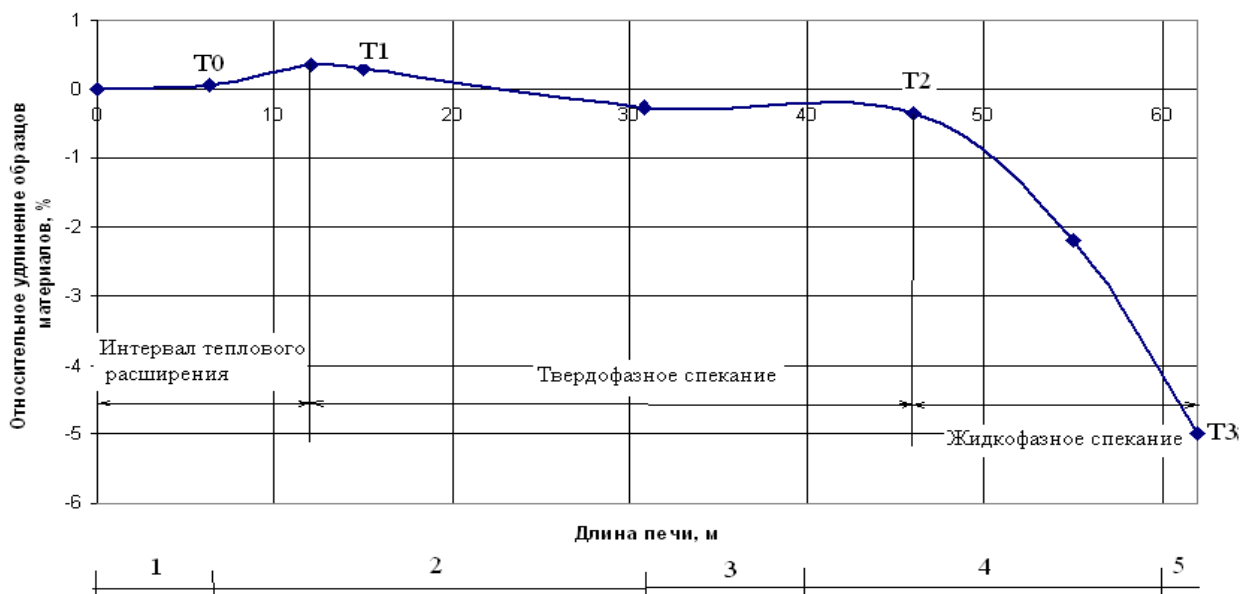


Рис. 3. Изменение линейных размеров образцов исходных материалов и протяженности зон их уплотнения во вращающейся печи:

- T0 – начало спекания; T1 – начало интенсивного твердофазного спекания;  
 T2 – начало образования жидкой фазы; T3 – начало интенсивного образования жидкой фазы;  
 1 – зона сушки; 2 – зона разложения сульфидов и карбонатов;  
 3 – восстановительная зона; 4 – окислительная зона; 5 – зона охлаждения

Анализ данных (рисунок 3) показывает, что при осуществлении вельцпроцесса нагрев шихтовых материалов во вращающейся печи производится в основном в режиме твердофазного спекания. Появление избыточной жидкой фазы в их структуре приводит к увеличению диффузионных затруднений для развития восстановительных процессов и снижает выход цинка. Лабораторными и промышленными исследованиями было показано, что одним из эффективных способов химической активации процесса спекания дисперсных компонентов является использование добавок углеродсодержащих материалов размещаемых во внутренней структуре сформированных кусков на стадии шихтоподготовки. Их влияние на развитие тепловых явлений в структуре нагреваемых материалов обеспечивается интенсивностью протекания окислительно-восстановительных реакций при взаимодействии углерода твердого топлива, включенного в структуру образцов, с кислородом и диоксидом углерода газовой среды уже на стадии подогрева. При этом формируемые продукты пиролиза углерода воздействуют на глубину и завершенность основных кристаллохимических преобразований минеральной основы сырья, что способствует повышению эффективности производства.

Таким образом, при вельцевании шлаковых компонентов во вращающейся печи в присутствии углерода твердого топлива развиваются сложные физико-химические процессы, учет развития которых позволит существенно изменить эффективность производства.



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ И КОКСА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

© Витькина Г.Ю., Дмитриев А.Н., Чесноков Ю.А.

*Институт металлургии УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия*

Традиционные способы совершенствования технологии доменной плавки – снижение расхода кокса и повышение производительности – в значительной степени исчерпаны. В их числе наиболее значимые: содержание железа в шихте, использование добавок к дутью (природный газ), нагрев дутья в воздухонагревателях и др. Наиболее перспективным способом, на наш взгляд, является повышение качества железорудного сырья и кокса.

Важным моментом в совершенствовании технологии доменной плавки является использование математического моделирования доменного процесса, которое позволяет изучать выходные параметры доменной плавки (расход кокса; производительность; степень использования восстановительного потенциала газа; температурные поля шихты и газа, в том числе трехмерные; линии равных степеней восстановления) при изменении входных параметров (параметры дутья; параметры шихты, включая распределение по радиусу и окружности; профиль печи и др.) без промышленных испытаний.

Нами используется следующий подход к решению практических задач: лабораторные исследования на экспериментальных установках с определением качественных характеристик железорудного сырья и кокса, аналитическое исследование с помощью математических моделей [1–5], опытно-промышленные и промышленные испытания.

## **Показатели качества железорудных материалов**

Для изучения влияния на эффективность доменной плавки нами выбраны следующие показатели качества – восстановимость и механическая прочность агломерата и окатышей.

Восстановимость агломерата и окатышей – важнейшая характеристика их качества, которую необходимо учитывать при оценке потребительских свойств подготовленного железорудного сырья [6,7]. Под восстановимостью понимается способность железорудного материала с большей или меньшей скоростью отдавать кислород от оксидов железа газу-восстановителю. Ее роль возрастает по мере совершенствования доменного процесса и сокращения удельного расхода кокса.

Восстановимость определяется по ГОСТ 17212–84 (Россия). Восстановимость определяется как отношение массы отнятого кислорода к массе первоначально связанного кислорода, выраженное в процентах.

Восстановимость может быть определена также как стандартизированная степень восстановления, которая обычно рассчитывается по убыли в массе или по изменению химического состава восстанавливаемого образца [8].

Восстановимость агломерата определяется минералогическим составом, структурой и пористостью окучкованных материалов. Эти факторы в свою очередь зависят от основности агломерата, которая также влияет на его восстановимость, причем это влияние имеет сложный характер. При переходе от неофлюсованного агломерата к офлюсованному до основности  $CaO/SiO_2 = 1,2-1,6$  восстановимость существенно улучшается; с ростом основности она снижается, затем вновь возрастает [9].

Пористость материалов в значительной степени определяет его восстановимость. Пористость промышленных агломератов изменяется в зависимости от разных факторов от 25 до 45 % при широком диапазоне размеров пор [10].

На российских аглофабриках содержание  $FeO$  в агломерате (в среднем по России около 14–15 %) задается исходя из соотношения необходимой для доменной плавки холодной прочности и низкого расхода топлива на агломерацию, что не позволяет получить высокую восстановимость конечного продукта. В связи с этим возникает задача достижения

предельно низкого содержания  $FeO$  в агломерате, с обеспечением при этом максимальной восстановимости при сохранении высокой прочности.

#### Показатели качества кокса

По новому опыту эксплуатации доменных печей с большим удельным расходом при вдувании угля и мазута, можно сделать вывод, что кокс по химическим и физическим свойствам должен удовлетворять более высоким требованиям, чем прежде. Из приоритетных для исследования физико-химических свойств кокса в настоящее время выделяют реакционную способность  $CRI$  (*Coke Reactivity Index*) и «горячую» прочность кокса  $CSR$  (*Coke Strength after Reaction*), определяемые общепризнанным методом  $NSC$ , предложенным корпорацией *Nippon Steel*. На базе этого метода в зарубежных странах разработаны и применяются стандарты: британский  $BS\ 4262-84$ , американский  $ASTM\ D\ 5341-93$  и проект  $ISO\ 18894:2006$ , а в России –  $ГОСТ\ Р\ 50921-2005$  [11].

Реакционная способность кокса является показателем интенсивности взаимодействия углерода кокса с диоксидом углерода в стандартных условиях испытания (при температуре нагрева кокса свыше  $1100^{\circ}C$ ), и определяется общей зольностью коксуемого угля или угольной шихты, а также марочным составом угольной шихты [12]. Окончательное (рабочее) значение реакционной способности кокса формируется внутри печи при взаимодействии кокса с парами и пылью печной атмосферы шахты.

Считается, что показатель  $CRI$  должен быть как можно ниже и обеспечивать минимальный расход углерода на газификацию по реакции Будуара (1) [13,14].



Диапазон требований к показателям качества кокса на зарубежных и отечественных заводах довольно широк, однако для большинства коксохимических заводов рекомендуемый показатель  $CRI$  находится в пределах 20–30 %.

Измерения на различных типах кокса показали, что, как и ожидалось, с уменьшением реакционной способности  $CRI$  заметно повышается его «горячая» прочность кокса  $CSR$ . Низкая реакционная способность определяет уменьшение степени развития реакций прямого восстановления железа, что снижает расход углерода кокса как теплоносителя и восстановителя.

#### Оценка кинетических характеристик кокса

В работе исследовался кокс доменный ОАО «Уральская Сталь» (г. Новотроицк). Характеристики указаны в табл. 1 [15].

Таблица 1

Характеристики кокса ОАО «Уральская сталь»

Наименование	Количество
Технический анализ кокса, %	
$W_p$	2,55
$A_c$	12,1
$S_{об}$	0,64
$V_r$	0,95
Прочность $M_{25}$	86,8
$M_{10}$	7,6
Ситовый состав, %	
> 80	21,3
80–60	37,9
60–40	31,9
40–25	5,9
25–0	3,0

Для определения реакционной способности кокса и определяющих ее кинетических характеристик были проведены по опыты на установке, соответствующей требованиям

ГОСТа Р 50921–2005 (аналог сертифицированной установки с соблюдением всех параметров). Сущность метода заключается в реакции кокса с диоксидом углерода при температуре 1100°C и определением массы остатка кокса после реакции. Показателем реакционной способности является выраженная в процентах потеря массы кокса после реакции с диоксидом углерода.

Показатель реакционной способности кокса определялся по формуле (2):

$$CRI = 100 \cdot \frac{\Delta G}{G}, \quad (2)$$

где  $\Delta G$  – убыль массы кокса, г;  $G$  – масса навески кокса, г.

Всего было проведено три эксперимента при различных температурах нагрева  $T_1 = 900^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 1000^\circ\text{C}$ ,  $T_3 = 1100^\circ\text{C}$  в ходе которых фиксировалась убыль веса по времени, представленная на рис. 1 (данные обработаны методами линейной аппроксимации).

Для обработки экспериментальных данных использовался математический аппарат, предложенный в работах [3, 16].

$$\Delta G = \frac{K_{np} \cdot (CO_2^0 - f(\Delta G)) \cdot G \cdot 273 \cdot P \cdot \tau}{1867 \cdot (1 + f(\Delta G)) \cdot \rho \cdot T \cdot 101,3} \quad (3)$$

где  $K_{np}$  – приведенная константа скорости реакции,  $\text{с}^{-1}$ ;  $CO_2^0$  – объемная доля  $CO_2$  на входе в реактор;  $f(\Delta G)$  – функция, с помощью которой учитывается среднее уменьшение  $CO_2$  в слое кокса;  $G$  – масса навески, г;  $P$  – давление газа, кПа;  $\tau$  – время опыта, с;  $\rho$  – плотность кокса,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;  $T$  – заданная температура нагрева, К.

Полученные рассчитанные величины представлены в табл. 2. Приведенная константа скорости реакции в нашем случае примет вид:

$$K_{np} = \eta K_x = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (4)$$

где  $k_0$  – предэкспоненциальный множитель,  $\text{с}^{-1}$ ;  $E$  – энергия активации, кДж/моль;  $R$  – газовая постоянная, кДж/моль·град.

Применяя метод определения энергии активации кокса из [17], получим для исследуемого кокса  $k_0 = 3,9 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$ ;  $E = 244,7 \text{ кДж}$ .

Исследован кокс промышленной крупности ОАО «Уральская Сталь» при различных температурах нагрева. Рассчитаны константа скорости, энергия активации реакции, позволяющие в первом приближении прогнозировать состав отходящего газа на выходе из слоя кокса при различных температурах процесса.

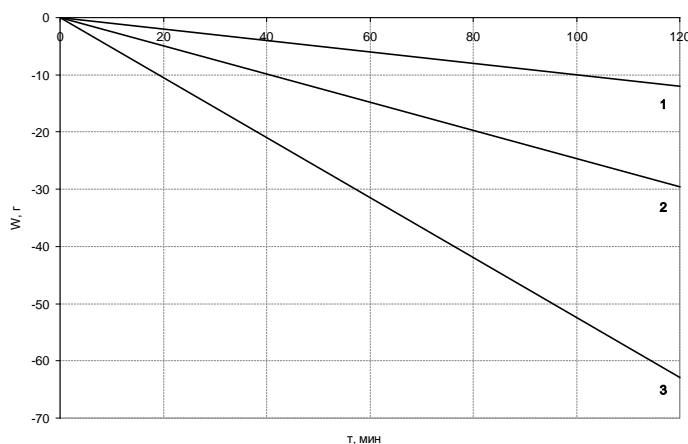


Рис. 1. Кинетические кривые угара кокса при температуре нагрева  $T$ :  
1 – 900°C (1173 К), 2 – 1000°C (1273 К), 3 – 1100°C (1373 К)

### Влияние восстановимости и прочности железорудных материалов на показатели доменной плавки

С помощью балансовой логико-статистической модели [3] проведены расчеты для доменной печи №9 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», и за основу взят базовый вариант работы печи за 2009 г.: производительность печи, т чугуна/сут – 4488; расход кокса, кг/т чугуна – 437,61. Рассчитаны варианты влияния изменения восстановимости (от 69,46 до 94,46 %) и прочности (от 65,13 до 90,13 %) на технико-экономические показатели доменной плавки.

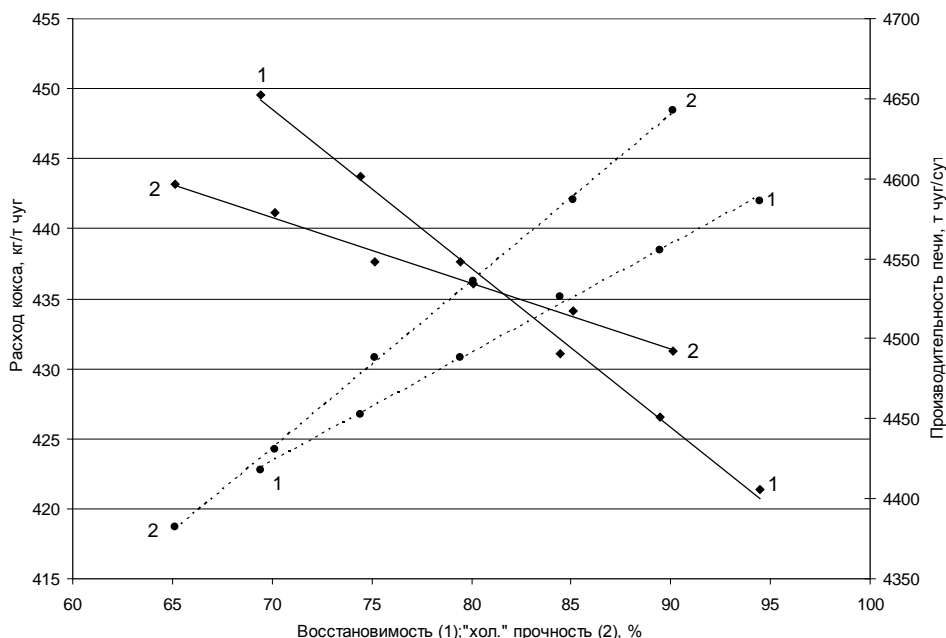


Рис. 3. Влияние восстановимости (1) и «холодной» прочности (2) на расход кокса (—), производительность печи (---)

Как и ожидалось, существует известная альтернатива между этими двумя металлургическими характеристиками железорудного сырья: если ставится вопрос о достижении максимальной производительности доменной печи, то этого можно добиться путем повышения величины «холодной» прочности железорудной шихты и, напротив, если существует необходимость в снижении расхода кокса, то в качестве приоритета будет стоять задача увеличения восстановимости шихты (при прочих равных условиях). Для получения оптимальных значений производительности печи и расхода кокса рекомендуется применять железорудные материалы с показателями восстановимости и «холодной» прочности выше 80 % (рис. 3).

### Влияние реакционной способности кокса на показатели доменной плавки

В работе исследовался кокс ОАО «Уральская Сталь». Усредненные металлургические характеристики кокса, масс. %: зольность – 12,1; влажность – 4,6; сернистость – 0,51; летучие – 1,1. Для определения реакционной способности кокса проведены опыты с коксом крупностью 20 мм на установке, соответствующей требованиям ГОСТа.

За основу взят базовый вариант работы доменной печи №3 ОАО «Уральская Сталь» за 2009 г. Отчетные характеристики печи: полезный объем печи, м<sup>3</sup> – 1513; расход кокса, кг/т чугуна – 480,60; Расход железорудной части шихты, кг/т чугуна – 1694,80; выход доменного газа, м<sup>3</sup>/т чугуна – 1283,20; выход шлака, кг/т чугуна – 411; основность шлака  $CaO/SiO_2$  – 1,08; содержание серы S в чугуне, % – 0,017.

Для расчета зависимостей производительности и расхода кокса в доменной печи значение реакционной способности варьировалось от 28 до 45 % (рис. 4). При увеличении реакционной способности кокса на 17 % производительность печи снизилась на 234,1 т чугуна/сут (9,44 %), расход кокса увеличился на 55,02 кг/т чугуна (11,48 %) для указанных условий, т.е.

на 1 % увеличения значения реакционной способности производительность снижается на 0,555 %, а расход кокса увеличивается на 0,675 %.

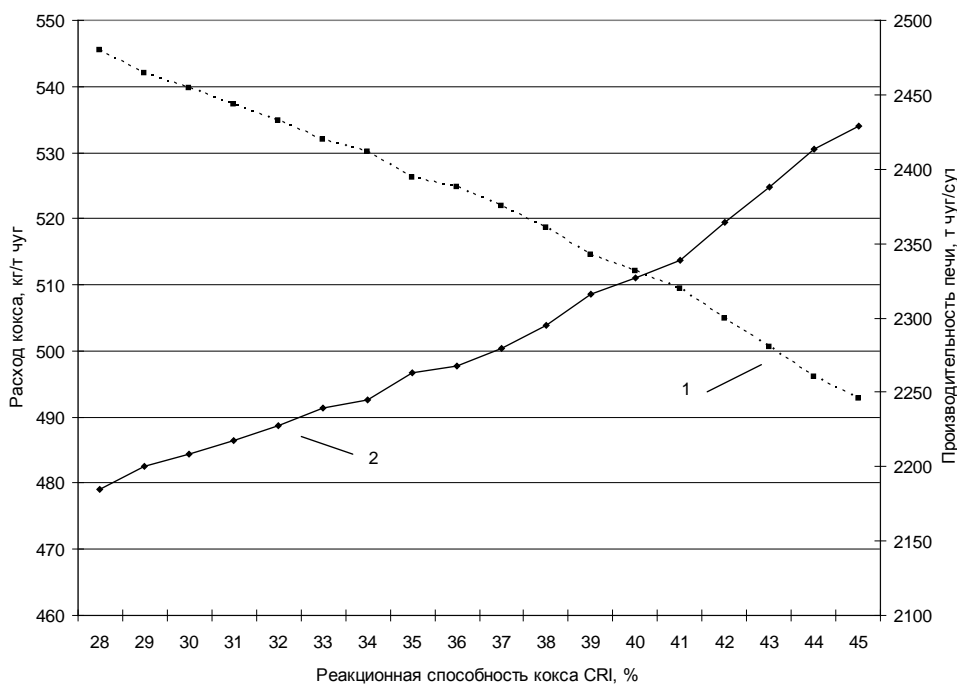


Рис. 4. Влияние реакционной способности кокса на производительность (1) и расход кокса (2) в доменной печи

### Заключение

Таким образом, с помощью балансовой логико-статистической модели доменного процесса показано влияние таких характеристик железорудного сырья, как восстановимость и «холодная» прочность, реакционная способность на эффективность доменного процесса.

При расстановке приоритетов улучшения того или иного технико-экономического показателя доменного процесса следует учитывать, что наиболее оптимальные результаты производительности и расхода кокса можно достичь путем применения железорудного сырья с показателями восстановимости и «холодной» прочности выше 80 %.

Очевидно, что снижение значения реакционной способности кокса является экономически целесообразным и позволит улучшить эффективность доменного процесса. Также целесообразно усовершенствование технологии получения кокса с низкими показателями реакционной способности.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ (заявка № 13–08–01223), Проекта УрО РАН № 12–М–23457–2041.

### Список использованных источников

1. Аржадеева Г.Ю., Дмитриев А.Н., Пастухова З.Н., Чесноков Ю.А. Качество железорудного сырья и кокса – резерв совершенствования технологии доменной плавки / Сборник трудов Седьмой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 28–30.04.2009, Санкт-Петербург, Россия. С. 301–302.
2. Дмитриев А.Н., Шумаков Н.С., Леонтьев Л.И., Онорин О.П. Основы теории и технологии доменной плавки. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 547 С.
3. Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса.– Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 164 С.
4. Dmitriev A.N., Chesnokov Yu.A. Reduction Kinetics of Iron Ore Materials by Gases. Defect and Diffusion Forum, Vols. 283–286. 2008. P. 45–52.

5. Dmitriev A.N., Perepechaev V.P., Chesnokov Yu.A. Influence of Elements Oxides Microadditives with Major Cationic Radius on Properties of Silicate Bundle. Defect and Diffusion Forum, Vols. 297–301. 2010. P. 1295–1300.
6. Аржадеева Г.Ю., Дмитриев А.Н., Чесноков Ю.А. Исследование влияния качественных характеристик железорудного сырья на показатели доменной плавки. / Высокие технологии, исследования, промышленность. Т. 4: сборник трудов Девятой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 22–23 апреля 2010, Санкт–Петербург, Россия. С. 175–176.
7. Dmitriev A.N. The role of reducibility in achievement of the minimal coke consumption in the blast furnace smelting. Defect and Diffusion Forum, Vols. 258–260. 2006. Pp. 91–100.
8. Кобелев В.А., Пузанов В.П. К проблеме восстановимости железорудного агломерата // Сталь. 2000. № 12. С. 6–8.
9. Л.И. Леонтьев, Ю.С. Юсфин, Т.Я. Малышева и др. Сырьевая и топливная база черной металлургии. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 304 С.
10. Волков Ю.П., Шпабер Л.Я., Гусаров А.К. Эксплуатация доменных печей. М.: Металлургия, 1991. 240 С.
11. Степанов Ю.В. О методах определения и оценки качества кокса // Бюллетень «Черная металлургия». 2005. № 1. С. 24–32.
12. Dmitriev A.N., Chesnokov Yu.A., Arzhadeeva G. Yu. Mathematical Model of Forecasting of Coke Quality Indicators. Defect and Diffusion Forum, Vols. 297–301. 2010. P.1290–1294.
13. Можаренко Н.М. Опытнo-промышленные испытания кокса, полученного по новым технологиям // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. тр. / Ин-т черн. металлургии НАН Украины. Украина, 2008. № 16. С. 187–195.
14. Dmitriev A.N., Chesnokov Yu.A., Arzhadeeva G.Yu., Lazebnaya Yu.P. Mathematical Model of Forecasting the Iron Ore Materials and Coke Quality Indicators. Defect and Diffusion Forum, Vols. 312–315. 2011. P.1198–1203.
15. Ладыгичев М.Г., Чижикова В.М., Лобанов В.И. и др. Сырье для черной металлургии. Справочник. Т.1. Сырьевая база и производство кускованного сырья (сырье, технологии, оборудование). – М.: Машиностроение–1, 2001. – 896 с.
16. Абрамов С.Д., Шаврин С.В., Ченцов А.В. Оценка характеристик кокса, определяющих его реакционную способность // Восстановление, теплообмен и гидродинамика в доменном процессе. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1970. С.32–48.
17. Коган В.Е., Зенин Г.С., Пенкина Н.В. Физическая химия. Часть 2. Химическая кинетика. – СПб: СЗТУ, 2005. – 226 с.

## **РАЗРАБОТКА РЕГЕНЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОХОДНОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕЧИ**

© Воробьева Л.А.

*Национальная металлургическая академия Украины,  
г. Днепрпетровск, Украина*

Наибольшим промышленным потребителем топливно-энергетических ресурсов является горно-металлургический комплекс, в котором основным топливоиспользующим оборудованием являются печи. Нагревательные и термические печи металлургии и машиностроения нуждаются в улучшении показателей использования топлива и экологического состояния окружающей среды. Одним из основных направлений энергосбережения в нагревательных печах является глубокая утилизация теплоты продуктов сгорания на выходе из рабочего пространства печей с использованием малогабаритных теплообменников с нестационарным режимом работы.

Целью данной работы является разработка регенеративной системы отопления для проходной роликовой печи № 3, установленной в трубоволоочильном цехе ЗАО «Centravis production Ukraine», путем повышения степени утилизации теплоты печных газов.

Проходная роликовая печи предназначена для термообработки труб из нержавеющей сталей диаметром 20–95 мм, с толщиной стенок 1,5–33 мм и длиной 1,5–12 м. Режим термообработки включает в себя нагрев труб до температуры 1200 °С, выдержку при этой температуре и охлаждение. Движение труб в печи непрерывное, скорость движения 0,5–5 м/мин. Фактическое время работы печи за год  $\tau_T = 4000$  ч/год [1]. Схема газовой роликовой печи представлена на рис. 1.

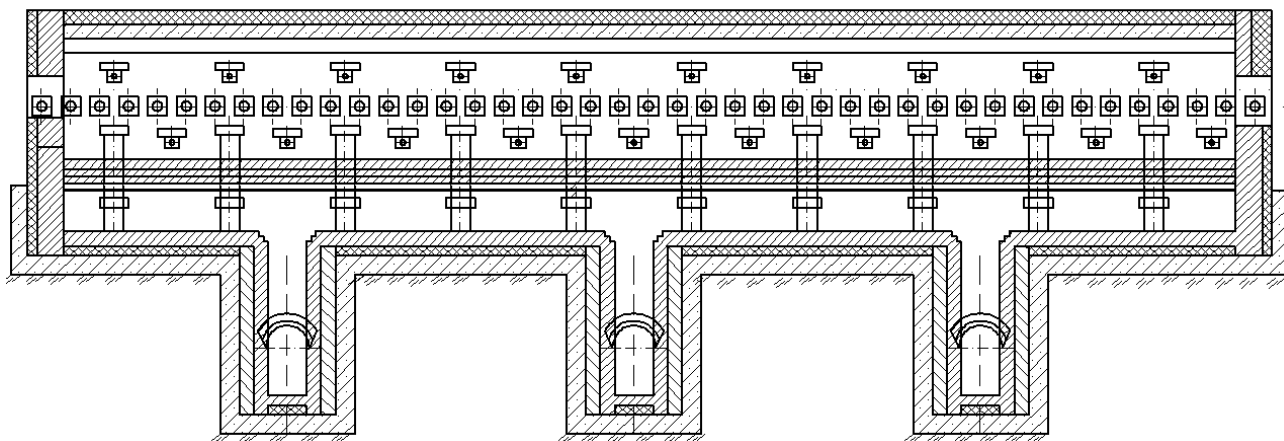


Рис. 1. Схема газовой роликовой печи

Длина рабочего пространства печи составляет 19952 мм (по кладке), ширина – 2320 мм (по кладке). Высота печи между плоскостью осей роликов и высшей точкой свода составляет 1081 мм, высота от пода до плоскости осей роликов – 782 мм, общая высота – 1863 мм.

Печь отапливается природным газом с теплотой сгорания 35 МДж/м<sup>3</sup> и оборудована 40-ка горелками типа ГНП-4. Существующая печь по длине имеет две зоны: нагрева и выдержки. В каждой зоне установлено по 20 горелок ГНП-4: 10 в верхней (над роликами) и 10 в нижней части боковых стен. Верхний ряд горелок сдвинут относительно нижнего ряда в горизонтальной плоскости на 722 мм. Согласно техническому паспорту печи [1] средний часовой расход природного газа на печь равен 380 м<sup>3</sup>/ч при давлении газа перед горелкой 4 кПа. Коэффициент расхода воздуха  $n_B = 1,12$  (действительный удельный расход воздуха при  $n_B = 1,12$  составит  $L_D = 9,95$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). Удельный выход дыма  $v_D = 10,8$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>). Тепловая мощность проходной роликовой печи  $M = 3694$  кВт.

Воздух, идущий на горение, подогревается в металлическом трубчатом рекуператоре до температуры  $t_B = 200$  °С при температуре уходящих из печи дымовых зов  $\bar{t}_{д.печ} = 1000$  °С. Коэффициент использования теплоты топлива (КИТ) в проходной роликовой печи с металлическим трубчатым рекуператором составляет  $\eta_{рек} = 0,565$ . КПД печи не превышает 10 %.

Для перевода печи на регенеративное отопление предлагается при сохранении количества зон уменьшить количество горелок в 2 раза (с 40 до 20 шт.). В результате с каждой боковой стены будут установлены по 10 регенеративных горелок (5 горелок в верхней части стены и 5 горелок в нижней). На рис. 2 представлена предлагаемая схема регенеративной горелки с двумя трубчатыми малогабаритными регенераторами.

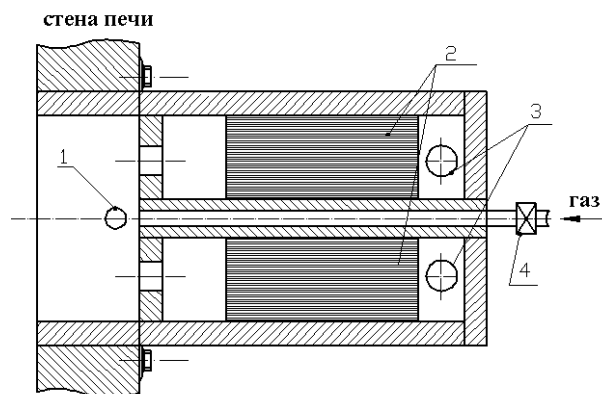


Рис. 2. Горизонтальный разрез регенеративной горелки с двумя трубчатыми регенераторами:

1 – запальная горелка и контроль пламени; 2 – металлические трубчатые регенераторы; 3 – воздухо- и дымопроводы; 4 – электромагнитный газовый клапан

Насадка теплообменника набрана из труб с наружным диаметром 6 мм, толщиной стенки 1 мм, выполненных из стали X18H10T и расположенных горизонтально с шагом в рядах 7 мм [2]. Регенеративные горелки с двумя трубчатыми регенераторами работают постоянно без отключения газа. Горячие дымовые газы с температурой 1000 °С, поступают из печи в правый регенератор, нагревают насадку и уходят в дымопровод 3. В это время в левом регенераторе воздух, поступающий из воздухопровода 3, нагревается и используется для сжигания газа. После перекидки дымовоздушного клапана в правом регенераторе нагревается воздух, а в левом – охлаждается дым. Затем цикл работы заново повторяется.

Насадка, состоящая из пучка труб коррозионностойкой стали для данного завода выбрана не случайно. С целью экономии средств на стоимости теплообменника для сборки регенератора может использоваться обрезь труб, которые производятся на предприятии ЗАО «Centraviv Production Ukraine». Данная насадка обладает высокой степенью утилизации теплоты уходящих дымовых газов, малым аэродинамическим сопротивлением, не подвержена разрушению из-за термических напряжений, легкозаменяема и способна продолжительное время работать в условиях запыленных дымовых газов.

После установки регенеративных горелок температура воздуха, идущего на горение, увеличится с 200 °С до 850 °С. КИТ составит  $\eta_{\text{рег}}=0,82$ . Средний расход природного газа на роликовую печь после внедрения предложенных мероприятий будет равным  $V_{\text{рег}} = 259,3 \text{ м}^3/\text{ч}$  (на одну горелку  $V_{\text{рег.г}}=13 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

В результате реализации предложений по замене существующей системы отопления проходной роликовой печи ЗАО «Centraviv Production Ukraine» на регенеративную систему с применением трубчатых регенераторов будет сэкономлено 31,8 % при увеличении КИТ с 0,56 до 0,83.

**Расчет трубчатого малогабаритного теплообменника при заданной тепловой мощности регенеративной горелки**

Расчет трубчатого теплообменника выполнен по алгоритму, описанному в [3].

*Исходные данные для расчета трубчатого регенератора:*

– топливо: природный газ. При горении природного газа с теплотой сгорания  $Q_{\text{H}}^{\text{p}}=35 \text{ МДж}/\text{м}^3$  получен следующий расчетный состав продуктов горения:  $\text{CO}_2=5,8 \%$ ;  $\text{H}_2\text{O}=11,0 \%$ ;  $\text{O}_2=8,5 \%$ ;  $\text{N}_2=74,7 \%$ ;

– средние за период температуры дыма и воздуха на входе в насадку  $\bar{t}_{\text{д0}}=1000 \text{ °С}$  и  $\bar{t}_{\text{в0}}=20 \text{ °С}$ ;



- после замены рекуперативной системы отопления печи на регенеративную систему, средняя за период температура воздуха ( $\bar{t}_{в.вых}$ ), увеличится с 200 °С до 850 °С. Благодаря этому калориметрическая температура горения топлива возрастет. Чтобы сохранить температуру горения на прежнем уровне, необходимо увеличить коэффициент расхода воздуха до  $n_B=1,5$  (действительный удельный расход воздуха при  $n_B=1,12$  получен равным  $L_n=14,15 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . Удельный выход дыма  $v_d=15,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ );
- средняя за период температура дыма на выходе из регенератора  $\bar{t}_{д.вых}=170 \text{ °С}$  (для получения температуры дымовых газов на выходе из насадки, равной  $150 \div 200 \text{ °С}$  через насадку теплообменника, необходимо пропустить 85 % дыма от общего его расхода, а остальные 15 % продуктов горения направить в обход регенератора через существующие дымовые борозды;
- расход газа  $13 \text{ м}^3/\text{ч}$  (тепловая мощность горелки 126 кВт);
- расход дыма и воздуха  $V_d=169,2 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $0,047 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и  $V_B=183,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $0,051 \text{ м}^3/\text{с}$ );
- начальная температура трубной насадки –  $t_0=20 \text{ °С}$ ;
- характеристика труб насадки, расположенных в регенеративной камере горизонтально с шагом между осями труб в рядах  $\gamma=7 \text{ мм}$ :
  - = наружный диаметр  $d_{нар}=6 \text{ мм}$ ;
  - = толщина стенки  $\delta_{ст}=1 \text{ мм}$ ;
  - = материал X18H10T;
- длительность периодов нагрева и охлаждения по 60 с;
- перепад температуры подогрева воздуха за период дутья –  $\Delta t_B \leq 100 \text{ °С}$ .

*Результаты расчета:*

- поперечное сечение камеры регенератора  $0,22 \times 0,22 \text{ м}$ ;
- высота насадки 0,5 м;
- необходимая скорость воздуха в камере перед насадкой при н.у. 0,97 м/с;
- перепад температуры подогрева воздуха за период дутья 67 °С;
- коэффициент регенерации теплоты 77,1 %;
- масса насадки 59,2 кг для одной горелки, а для двадцати горелок – 1184 кг;
- аэродинамическое сопротивление насадки 196 Па.

**Список использованных источников**

1. Технический паспорт проходной печи с роликовым подом стана № 3, инв. № 25939 установленной в трубоволочильном цехе ЗАО «Никопольский завод нержавеющей труб», 2006. – 36 с.
2. Губинский В. И. Алгоритм расчета трубчатого теплообменника регенеративной горелки / В. И. Губинский, Л. А. Воробьева, А. О. Еремин // Металлургическая теплотехника: сб. научн. тр. Национальной металлургической академии Украины. – 2009. – С. 87–94.
3. Патент на винахід № 92293. Трубна насадка регенеративного теплообмінника; Губинський В. Й., Губинський М. В., Воробйова Л. О., Єрьомін О. О., Сибір А. В. Номер заявки: А2009 123 49; Заявл. 30. 11. 2009. Опубл. 11.10.2010. Бюл. №19.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

© **Воронцов Е.Ю., Лисиенко В.Г., Пономарев Н.Н.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Задача эффективного управления технологическими процессами остается актуальной проблемой для предприятий различных отраслей промышленности. Одним из составляющих факторов комплексной проблемы задачи управления является автоматическое поддержание технологических параметров на заданном уровне. С этой целью на предприятиях широко используются ПИД-регуляторы [1].

Настройка регуляторов может быть осуществлена несколькими способами, при этом она зависит от динамических параметров системы. Методы настройки регулятора позволяют определить параметры регулятора в аналитической форме или получать алгоритмы определения параметров настройки. Они позволяют системе управления оставаться устойчивой и достигать заданной цели. Эти методы требуют определенных знаний об управляемых процессах.

Большинство методов настройки ПИД-регуляторов основано на использовании в качестве объекта управления апериодического звена первого порядка, и, следовательно, не могут дать точной настройки и требуемого качества регулирования [2,3]. В данной статье рассмотрим такие методы настройки, как AMIGO, А.П. Копеловича и Зиглера–Никольса.

Используя современное аппаратное и программное обеспечение можно настроить ПИД-регулятор, опираясь на реальные передаточные функции, описывающие различные технологические процессы. В связи с этим актуальным является представление объекта управления звеном более высокого порядка. В данной статье мы представим объект управления как апериодическое звено второго порядка с запаздыванием

Метод настройки AMIGO был получен путем практического исследования систем управления и анализом их свойств (производительность, устойчивость и т.п.) [4,5]

При настройке методом AMIGO передаточная функция объекта управления:

$$G(s) = \frac{1}{(Ts + 1)^2} \quad (1)$$

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид

$$C(s) = K_c \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} + sT_d \right] \quad (2)$$

Выражения для определения настроек по методу AMIGO имеют вид:

$$K_c = \left( 0,2 + 0,45 \frac{T}{\tau} \right), \quad (3)$$

$$T_i = \left( \frac{0,4\tau + 0,8T}{\tau + 0,1T} \right) \tau, \quad (4)$$

$$T_d = \left( \frac{5\tau T}{0,3\tau + T} \right) 0,1. \quad (5)$$

Метод А.П. Копеловича базируется на представлении передаточной функции объекта управления в форме

$$G(s) = \frac{k}{(Ts + 1)} e^{-s\tau} \quad (6)$$

для статических объектов управления и в форме

$$G(s) = \frac{k}{s} e^{-s\tau} \quad (7)$$

для астатических объектов управления.

Метод А.П. Копеловича позволяют получить три оптимальных процесса регулирования: аperiodический с минимальным временем регулирования, с двадцати процентным перерегулированием и с минимальным среднеквадратичным отклонением от задания.

Опыты для определения оптимальных настроек проводили на электронной моделирующей установке и на промышленных объектах. Эти опыты позволили уточнить данные, приведенные в [6], и определить настройки для тех типов регуляторов и процессов, которые раньше не рассматривались.

Приближенные значения оптимальных настроек для аperiodического процесса могут быть просчитаны по формулам

$$K_c = \frac{0.95}{k_{об} \tau / T} \quad (8)$$

$$T_i = 2.4\tau \quad (9)$$

$$T_d = 0.4\tau \quad (10)$$

Недостатки метода Копеловича состоят в невозможности использования в расчетах передаточной функции общего вида и ограниченном количестве типов переходных процессов.

Метод Зиглера–Никольса [7], или метод незатухающих колебаний, применим для настройки систем автоматического регулирования с объектом управления, передаточная функция которого задана полиномами произвольных степеней. Согласно методу вначале определяются значения критического коэффициента передачи  $K_u$  и критической постоянной времени  $T_u$ , при которых система находится на границе устойчивости. Далее значения настроек рассчитываются по формулам [8], приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Формулы расчета настроек по методу Зиглера–Никольса

Регулятор	$K_c$	$T_i$	$T_d$
П	$K_u/2$		
ПИ	$K_u/2,2$	$T_u/1,2$	
ПИД	$K_u/1,7$	$T_u/2$	$T_u/8$

Объект управления представлен передаточной функцией второго порядка:

$$G_1(s) = \frac{1 \cdot e^{-5s}}{(3s + 1)(s + 1)} \quad (11)$$

После аппроксимации по методу, изложенному в [9], приводим объект управления к виду (6):

$$G_1(s) = \frac{0,99 \cdot e^{-5,64s}}{2,85s + 1}, \quad (12)$$

где  $k_{об} = 0,99$ ,  $T = 2,85$  с,  $\tau = 5,64$  с.

Критерий приближения (11) к (12) переходной характеристики основан на точном совпадении частотных свойств объекта в пределах полосы пропускания.

Система управления с ПИД-регулятором представлена на рисунке 1. Значения рассчитанных значений настроек приведены в таблице 2. Рассчитанные значения показателей качества регулирования приведены в таблице 3.

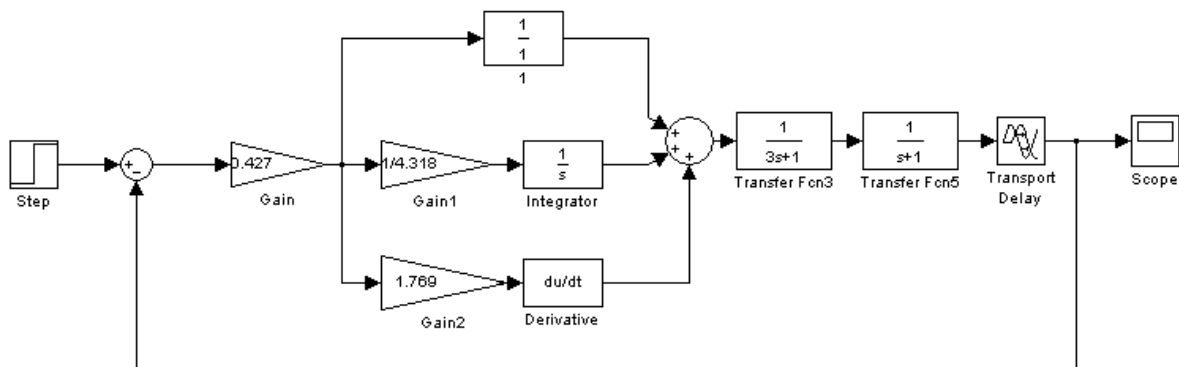


Рис. 1. S-модель системы управления с объектом второго порядка

Таблица 2

Значения рассчитанных значений настроек регулятора

Метод	$K_c$	$T_i$	$T_d$
AMIGO	0,432	4,3178	1,7695
Копеловича	0,485	6,84	1,14
Зиглера–Никольса	0,962	7,75	1,938

Таблица 3

Рассчитанные значения показателей качества регулирования

Метод	время нарастания, $t_n$ , с	быстродействие, $t_{уст}$ , с	перерегулирование, %	интегральный квадратичный критерий качества
AMIGO	19,3	40	4	8,67
Копеловича	200	92	0	8,06
Зиглер–Никольса	14,2	28	15	13,52

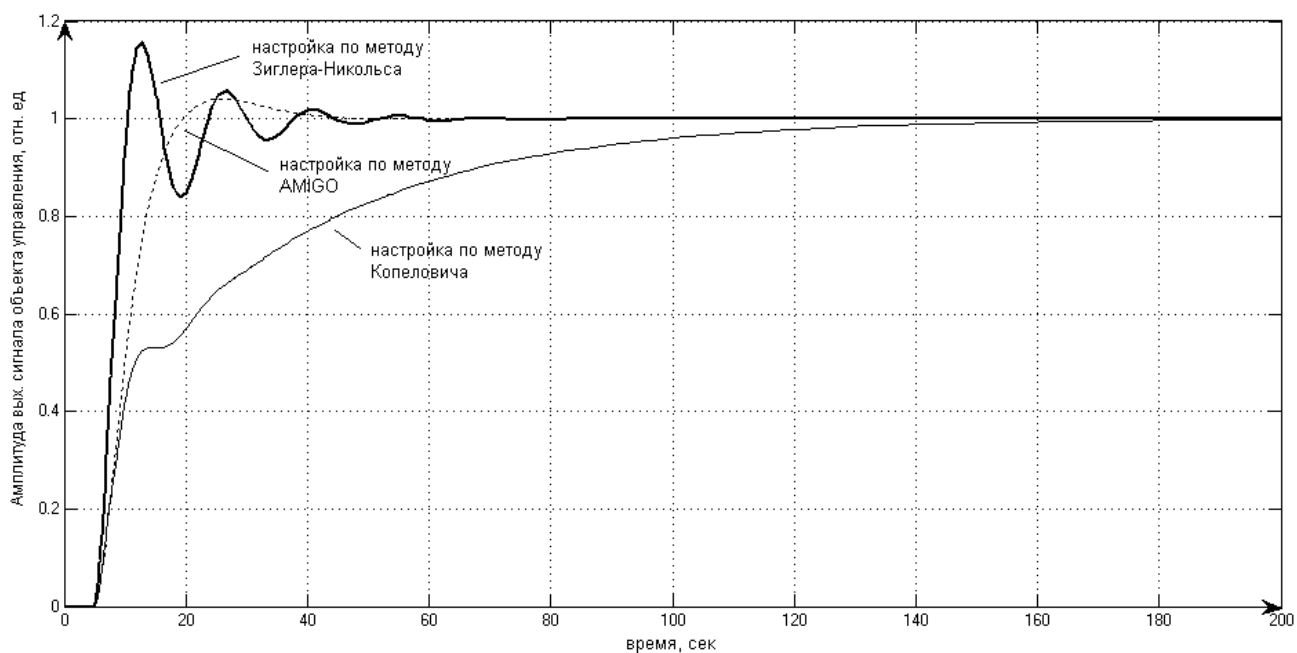


Рис. 2. Реакция системы на единичное ступенчатое воздействие

Таким образом, в статье были рассмотрены методы настройки ПИД-регулятора, такие как AMIGO, А.П. Копеловича и Зиглера–Никольса, на примере моделирования системы автоматического регулирования с объектом управления второго порядка с запаздыванием в программной среде Matlab.

Были аналитически вычислены настройки ПИД-регулятора ( $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) согласно алгоритмам каждого из рассмотренных методов (таблица 2). В пакете расширения Simulink была создана S-модель системы управления (рисунок 1) и промоделирована реакция системы на единичный ступенчатое воздействие, после чего построили графики переходных процессов при настройке ПИД-регулятора каждым из методов (рисунок 2).

По графикам переходных процессов определили показатели качества регулирования (таблица 3) и сделали следующие выводы.

Метод настройки AMIGO обладает более высоким показателем быстродействия и малым временем регулирования по сравнению с остальными методами настройками. Данный метод можно использовать для настройки процессов высоко-инерционных объектов с запаздыванием, например, таких как электрическая печь сопротивления, в которой уменьшение времени нагрева до заданной температуры позволит существенно снизить расход потребляемой электрической энергии.

Метод настройки А.П. Копеловича имеет весьма низкое быстродействие и не имеет перерегулирования. Его можно использовать для тех типов процессов, к которым не предъявляют жестких требований по быстродействию.

Метод настройки Зиглера–Никольса никак не учитывает требования к запасу устойчивости системы. Судя по медленному затуханию переходного процесса в системе, этот метод даёт слишком малый запас устойчивости. Однако часто он используется только для генерации начальных приближений параметров, которые затем уточняются методами оптимизации и с помощью нечётких правил.

Следует отметить, что в статье была использована модель идеального ПИД-регулятора. Для настройки реальных объектов необходимо использовать модель, рассмотренную в [10].

#### Список использованных источников

1. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. – Современные технологии автоматизации, 2008, №1. – с.86–99.
2. Guillermo J. Silva, Aniruddha Datta. S. P. Bhattacharyya. "PID Controllers for Time-Delay Systems". Boston. ISBN 0–8176–4266–8.2005.
3. P.Cominos and N.Munro, "PID Controllers: Recent Tuning Methods and Design to Specification", IEE Proc. D, Control Theory and Applications, Vol. 149, No. 1, pp 46–53, 2002.
4. Hang, C.C., K.J. Astrom and W.K. Ho, "refinement of Ziegler–Nichols Tuning Formula", IEE Proc. Pt. D, Vol. 138, pp. 111–118. 1991.
5. K.J. Astrom and Hagglund, "The Future of PID Control", IFAC J. Control Engineering Practice, Vol. 9, pp.1163–1175. 2001.
6. Чесноков Ю.Н., Гусев О.А. Проектирование систем регулирования на ПК /Под ред. В.В.Муханова. Екатеринбург: УГТУ, 1999. – 108 с.
7. Автоматическое управление в химической промышленности/ Под ред. Е.Г. Дудникова. М.: Химия, 1987.
8. J.G. Ziegler and N.B. Nichols, "Optimum Settings for Automatic Controllers", Trans. ASME, Vol.64, pp.759–768, 1942.
9. Ala Eldin Abdallah Awouda and Rosbi bin Mamat, "New PID Tuning Rule Using ITAE Criteria", *International Journal of Engineering (IJE)*, Volume 3, Issue 6, January 2010, pp. 597–608.
10. Ротач В.Я. Расчет настройки реальных ПИД-регуляторов // Теплоэнергетика. 1993. №10. С. 31–35.

## ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ СФЕРИЧЕСКОЙ ЛУНКИ НА ТЕПЛООБМЕН

© Гусаков А.А., Митяков В.Ю., Можайский С.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

Одним из способов интенсификации теплообмена в металлургии является нанесение на теплообменные поверхности сферических лунок. Несмотря на интерес к интенсификации теплообмена с помощью лунок, оптимальная форма и взаимное расположение лунок до сих пор не установлены. Эта задача имеет столько взаимовлияющих факторов, что изначально представляет интерес разобраться с влиянием на теплообмен одиночной лунки на поверхности. В работе исследуется влияние относительной глубины лунки на интенсификацию теплообмена.

Для экспериментов изготовили модели в виде коробчатой конструкции одиночных лунок с относительной глубиной 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, и 0,5. Стенки модели выполнены из листовой меди толщиной 0,6 мм. Таким образом, поверхность модели имеет постоянную температуру, близкую к 100 °С (рис. 1).

Модели с лункой обдували воздухом в рабочей части аэродинамической трубы кафедры «Теоретические основы теплотехники» СПбГПУ. Труба позволяет вести опыты при скоростях потока 0,3 ... 50 м/с, причем степень турбулентности потока  $Tu \leq 0,3 \%$ .

В наших экспериментах было предложено устанавливать градиентные датчики теплового потока (ГДТП) [1] по одной образующей лунки, а также на пластине. Для получения данных по всей поверхности лунки модель поворачивалась вокруг оси лунки. Для обеспечения условий обтекания, не зависящих от угла поворота пластины, была сделана модель с центральной подвижной частью, и внешней неподвижной. Подвижная часть соединялась со специальным поворотным столом, позволяющим поворачивать ее вокруг оси с точностью 1°. Неподвижная часть крепилась в рабочей части аэродинамической трубы. При переходе от лунки одной относительной глубины к другой заменялась лишь внутренняя подвижная часть, а наружная, неподвижная, оставалась на месте. Конструкция модели с подвижной частью позволила получить данные при одинаковых условиях обтекания на всем наборе моделей.

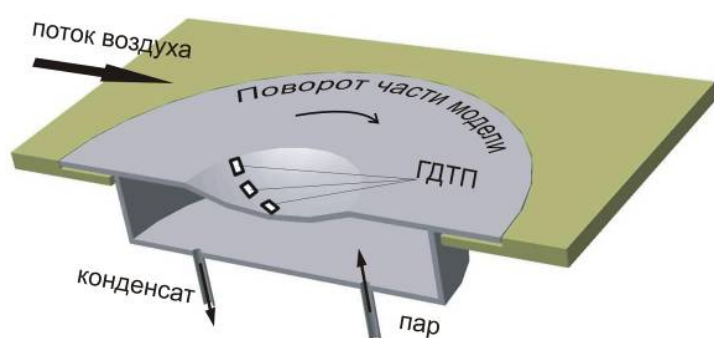


Рис. 1. Схема и внешний вид поворотной модели

Инструментальная база аэродинамической трубы, включающая систему PIV-диагностики, позволяет проконтролировать нулевой угол атаки при набегании потока на модель.

При обработке данных считалось, что течение в лунках симметрично относительно продольной оси. Такое допущение было сделано на основе опытов по визуализации течения, а также ряда работ посвященных физическому и компьютерному моделированию [2, 3 и 4], в которых показано, что при ламинарном режиме картина течения симметрична. В случае, если режим течения в лунке турбулентный, то мгновенная картина течения не симметрична, но в среднем по времени течение симметрично [4]. Расчеты показали, что картина обтекания несимметрична только при наличии в потоке сильных возмущений.

Сигнал ГДТП оцифровывался с помощью аналого-цифрового преобразователя и регистрировался с помощью программы для записи и обработки информации ZetLab. Обработывались средние значения сигнала по промежутку времени, равному 20 с.

Данные опытов обрабатывались с помощью программы Golden Software Surfer 8.0, которая позволяет строить трехмерные графики распределения величин. Для каждой лунки построены графики распределения локального коэффициента теплоотдачи, отнесенного к среднему значению коэффициента теплоотдачи на пластине (рис. 2). На них хорошо видны участки, где происходит интенсификация теплообмена.

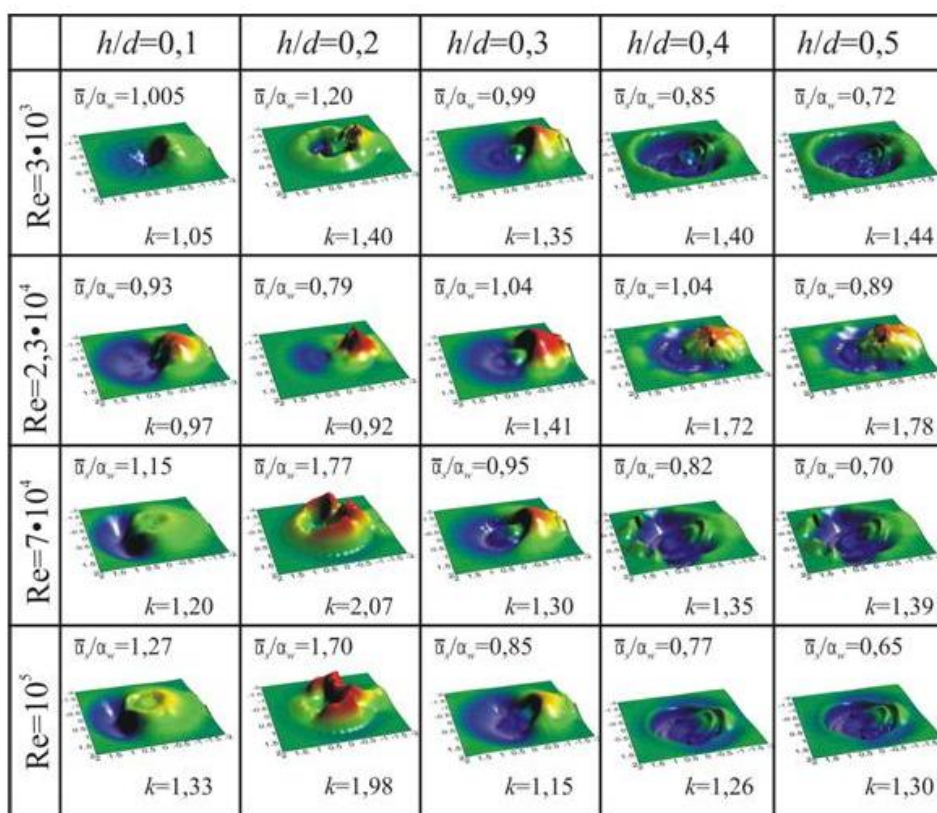


Рис. 2. Местные значения коэффициента теплоотдачи в лунке (отнесенные к значениям для пластины)

Как видно из построенных графиков, распределение коэффициентов теплоотдачи по лунке не равномерное и интенсификация происходит не над всей поверхностью. Оценить вклад лунки в интенсификацию теплообмена можно лишь посчитав средний коэффициент теплоотдачи по всей площади лунки. На рис.2 показано относительное увеличение теплоотдачи с учетом увеличения площади теплообмена за счет облунения.

Зависимость распределения относительных коэффициентов теплоотдачи по поверхности лунок с относительной глубиной 0,4 и 0,5 практически идентичны. Только в одном из четырех исследуемых режимов на глубоких лунках и в следе за ними, есть небольшие области с интенсификацией теплообмена. Для остальных трех режимов по всей поверхности лунки коэффициент теплоотдачи уменьшается. За верхним по потоку уступом, образованным кромкой лунки, есть область, где коэффициент теплоотдачи падает более, чем в два раза. Увеличение коэффициента теплоотдачи не наблюдается и в следе за лункой.

Уменьшение коэффициента теплоотдачи в глубоких лунках, возможно, связано с тем, что массообмен между средой внутри луки и основным потоком незначителен.

Можно выделить значение числа Рейнольдса  $Re=2,3 \cdot 10^4$ , при котором, независимо от относительной глубины лунки, есть зоны, где коэффициент теплоотдачи больше значения коэффициента теплоотдачи на пластине. Для лунки с относительной глубиной 0,2 область с относительным коэффициентом теплоотдачи, меньшим единицы, наименьшая для всех исследованных режимов обтекания.

Интересно проследить увеличение коэффициента теплоотдачи не только в самой лунке, но и за ней. Отчетливо видно, что эффект интенсификации в следе за лункой полностью исчезает на расстоянии, равном диаметру лунки.

По результатам теплотрии (рис.2) видно, что интенсификация теплового потока максимальна в лунке с относительной глубиной 0,2. Коэффициент теплоотдачи на передней кромке выше, чем на пластине и сначала монотонно убывает, а затем возрастает по мере продвижения к центру лунки. На задней кромке лунки существенно возрастает теплоотдача. Несмотря на более низкие, в сравнении с пластиной, локальные коэффициенты теплоотдачи внутри лунки, значительная интенсификация по периметру и задней части приводит к тому, что средние коэффициенты теплоотдачи по всей лунке на 20–40% выше, чем на плоской пластине без лунок.

Эксперименты показали, что в качестве интенсификаторов теплообмена возможно использовать лунки малой относительной глубины. Развитие поверхности за счет облунения само по себе не вносит однозначного вклада в суммарный тепловой поток.

### Список использованных источников

1. Сапожников С.З., Митяков В.Ю., Митяков А.В. Градиентные датчики теплового потока: СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 168с.
2. Терехов В.И., Калинина С.В., Мшвидобадзе Ю.М. Экспериментальное исследование развития течения в канале с полусферической каверной // Сибирский физико-технический журнал. 1992. Вып.1. С.77–85.
3. Громов П.Р., Зобнин А.Б., Рабинович М.И., Сущик М.М. Рождение уединенных вихрей при обтекании мелких сферических углублений // Письма в ЖТФ, т.12. вып.21, 1986. с.1323–1328.
4. Исаев С.А., Леонтьев А.И., Пышный И.А. Вихревая интенсификация теплообмена при обтекании траншейных и луночных рельефов (численное моделирование) // XXVII Сибирский теплофизический семинар СТС–XXVII. Статья №058. – Москва–Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН. 2004. 103 с.



## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ НА ОСНОВЕ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ГОТОВОГО ПРОДУКТА**

© Дерман В.С., Федоров С.С., Дворецкий Д.С., Толстопят О.А.

*Национальная Металлургическая Академия Украины (НМетАУ),  
г. Днепрпетровск, Украина*

Значительная часть промышленной продукции проходит стадию высокотемпературной обработки исходного сырья при температурах от 1000 до 3000°C в печах плотного или кипящего слоя [1, 2]. В зависимости от технологии готовый продукт часто имеет соответствующий тепловой потенциал, утилизация которого представляет определенные трудности [3].

Перспективным направлением использования физической теплоты готового продукта является применение замкнутой технологической схемы, когда теплота идет на нагрев исходного сырья [3].

Выбор конструкции такого утилизатора теплоты определяется целым рядом факторов: рабочей температурой в печи, фракционным составом материала, физическими свойствами сырья и готового продукта, а также техническими условиями промышленной площадки. Например, для материалов крупностью от 10 мм и выше целесообразно применение для решения этой задачи аппаратов на основе плотного слоя; для частиц 0,5–5 и <100 мкм соответственно кипящего и взвешенного.

Применительно к высокотемпературным печам кипящего слоя для обработки частиц углеродного материала практическая реализация схемы утилизации теплоты возможна на основе контактных теплообменников – аппаратов кипящего слоя с промежуточным инертным теплоносителем в виде азота. Азот поступает в холодильник готового продукта, где нагревается, охлаждая готовый продукт, и затем, направляется в верхний теплообменник, где нагревает исходное сырье.

Целью данной работы явилось исследование тепловой эффективности использования таких утилизаторов теплоты.

Как известно эффективный теплообмен обеспечивает противоточное движение теплоносителей. Основной проблемой использования аппаратов кипящего слоя в качестве утилизаторов теплоты является наличие идеального прямотока, когда температуры теплоносителей на выходе равны. В результате интенсивного перемешивания в объеме камеры устанавливается одинаковая температура материала, а изменяется только лишь температура газов по направлению их движения. При чем из-за развитой поверхности дисперсных частиц ( $1000\text{--}24000\text{ м}^2/\text{м}^3$ ) это изменение наблюдается на незначительном начальном участке восхождения газового потока.

В случае аппаратов кипящего слоя противоточная схема движения достигается на основе так называемых секционных каскадных схем (рис. 1), где материал проходит последовательно несколько температурных камер. Переход из одной камеры в другую осуществляется через специальные переливные патрубки, так как кипящий слой ведет себя аналогично жидкой среде. С увеличением числа секций секционного теплообменника схема приближается к классическому противотоку.

В соответствии с целями и задачами была разработана математическая модель такого утилизатора, которая включала уравнения теплопередачи и теплового баланса, а также зависимости по определению гидравлических характеристик кипящего слоя.

При исследовании влияния количества секций на эффективность работы утилизатора была получена зависимость температур нагрева газа и материала (табл. 1) для заданной температуры термообработки 2700°C.

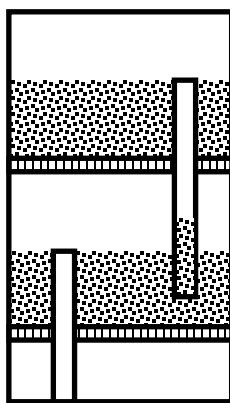


Рис. 1. Схема одной ступени секционного аппарата

Таблица 1

Зависимость температур нагрева газа и материала от количества секций

Параметр	Варианты компоновки утилизатора теплоты (количество нижних секций : количество верхних секций)									
	1:1	1:3	2:2	3:1	4:2	3:3	2:4	5:3	4:4	3:5
Температура нагрева инертного газа, °С	1525	2064	1911	1525	1911	2064	2132	2064	2132	2164
Температура нагрева материала, °С	619	856	1000	845	1115	1173	1124	1227	1253	1234

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что наиболее приемлемой комбинацией числа секций теплоутилизационных аппаратов является одинаковое количество верхних и нижних камер, что обеспечивает наибольшую степень подогрева сырья, а, следовательно, и экономию энергии. На основании этого было определено, что наиболее эффективными являются теплообменники с количеством секций от 2:2 до 4:4. Схема 1:1 малоэффективна с точки зрения экономии энергоресурсов. Переход от схемы 4:4 к компоновке 5:5 дает незначительный прирост в экономии энергии в основном технологическом процессе (табл.2).

Таблица 2

Экономия энергозатрат

Число верхних и нижних секций	Экономия энергии
1:1	22,9%
2:2	37,0%
3:3	43,4%
4:4	46,4%
5:5	47,8%

Для повышения эффективности работы слоевых печей кипящего слоя целесообразно использование утилизаторов теплоты в виде секционных каскадных теплообменников, обеспечивающих подогрев готового продукта.

Проведены исследования влияния количества секций на эффективность работы такого утилизатора при рабочей температуре основного технологического процесса 2700°С. Согласно полученным результатам оптимальным можно считать утилизаторы с компоновкой секций по схеме 2:2, 3:3, 4:4.

## Список использованных источников

1. Тодес О. М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем: гидравлические и тепловые основы работы. – Л.: Химия, 1981. – 296 с., ил.
2. Бородуля В.А. Высокотемпературные процессы в электротермическом кипящем слое. Минск, «Наука и техника», 1973, стр. 176
3. Розенгарт Ю.И., Якобсон Б.И., Мурадова З.А. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование. – Киев: Вышшк., 1988. – 328 с.

## РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ СКОРОСТИ ОКИСЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ НАКЛАДОК ПРИ НАГРЕВЕ ПОД ЗАКАЛКУ

© Дружинин Г.М., Самойлович Ю.А., Попов Е.В.

*ОАО «Научно–исследовательский институт металлургической теплотехники»,  
г. Екатеринбург, Россия*

На Нижнесалдинском металлургическом заводе (НСМЗ) запущено производство рельсовых накладок, являющихся одним из основных элементов верхнего строения железнодорожного пути.

Нагрев рельсовых накладок перед закалкой осуществляется в толкательной печи проходного типа – двухручьевой с верхним и нижним нагревом металла. Рельсовые накладки длиной от 500 до 1000 мм перемещаются по направляющим из жаропрочной стали, установленным на поперечных перегородках из шамотного кирпича. Печь отапливается природным газом с использованием скоростных рекуперативных горелок типа REKUMAT M300 и REKUMAT M250 производства фирмы WS (Германия). Установленная тепловая мощность печи – 1500 кВт, полная производительность печи – до 5 тонн в час.

После ввода нагревательной печи в эксплуатацию выявлена нежелательная тенденция к избыточному прогреву рельсовых накладок, который сопровождается усиленным окалинообразованием. В результате на выходе из нагревательной печи наблюдается слипание между собой соседних накладок, что приводит к частичной отбраковке продукции и нарушению ритмичной работы технологического комплекса.

В связи с этим возникла необходимость определения рациональных режимов работы нагревательной печи с пониженным окалинообразованием. Решение этой задачи расчетным путем нуждается в наличии адекватной математической модели процесса нагрева в печи рельсовых накладок.

Определение поля температур в нагреваемой накладке основано на численном решении уравнения нестационарной теплопроводности

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\lambda \text{grad}T) + Q(x, y, z, t) \quad (1)$$

при задании начального условия

$$T(t_0) = T_0 \quad (2)$$

Граничные условия на поверхности заготовки учитывают совместный теплообмен излучением и конвекцией [1].

На рис. 1 приведена конфигурация рельсовой накладки типа Р65, и указаны основные размерные показатели поперечного сечения: высота – 130мм, ширина – 45,6мм, толщина тонкой стенки накладки – 21мм. Там же указаны четыре наиболее характерные точки поперечного сечения накладки, расположенные на верхней (1) и нижней (2) кромках, а также в центре массивной части верха и низа накладки.

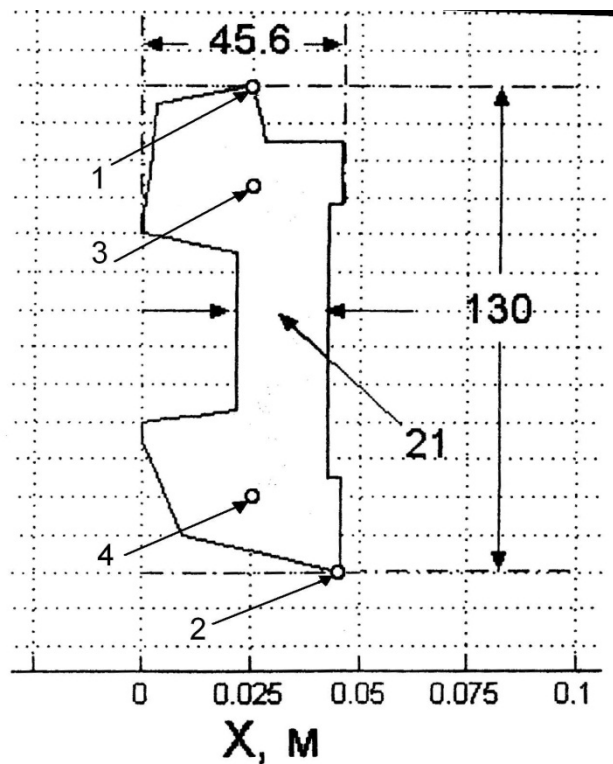


Рис. 1. Конфигурация рельсовой накладке формата Р65 и расположение контрольных точек в поперечном сечении

При настройке теплового режима печи через ее рабочее пространство пропускали опытную заготовку, оснащенную хромель-алюмелевыми термопарами; горячие спаи термопар измеряли температуру в двух контрольных точках поперечного сечения, указанных номерами 3 и 4 на рис 1.

На рис. 2 кружками указанные в опытах показатели температуры металла в центре массивной части верха рельсовой накладке (точка 3 на схеме рис. 1).

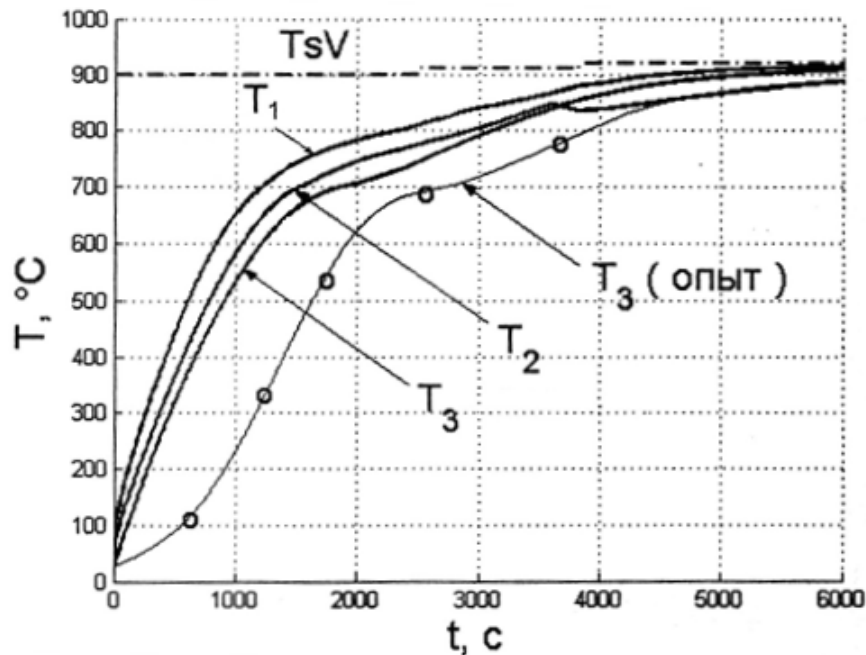


Рис. 2. Изменение во времени температур на вершинах накладке (точки 1, 2 рис. 1) и в центре массивного участка верха накладке (точка 3 рис. 1) для режима №1; кружки – результаты измерения температуры в массивной части верха накладке

Приведенные расчетные исследования показали, что вполне удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных значений температур в контрольной точке №3 сечения заготовки получается при изменении температуры греющих газов в первой зоне к торцу посада (вытяжному зонду) с 900°С до 300° (рис. 3), что соответствует практическим значениям на уровне металла.

Исследованию кинетики окисления стали при повышенных температурах посвящено большое число работ. Считается доказанным, что зависимость скорости окисления от температуры подчиняется закону Аррениуса [2 – 4].

В конкретных расчетах скорости окисления стали формула Аррениуса преобразуется к виду дифференциального уравнения

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{K_0}{2h} \exp\left[-\frac{B}{T(t)}\right] \quad (3)$$

при соблюдении начального условия

$$h|_{t=t_0} = h_0 \quad (4)$$

где  $K_0$  – константа, мм<sup>2</sup>/ч;  
 $\Delta C$  – разность концентраций диффундирующего реагента на границах окисла;  
 $D$  – коэффициент диффузии;  
 $n$  – коэффициент пропорциональности.  
 $B$  – константа, К;  
 $h$  – толщина слоя окалины, м.

Введем в рассмотрение параметр

$$W = \frac{dh^2}{dt} = K_0 \exp\left(-\frac{B}{T}\right) \quad (5)$$

где  $W$  – количество окалины, пропорциональное количеству продиффундировавшего кислорода, г/м<sup>2</sup>,

и приведем интеграл дифференциального уравнения к виду

$$h_k^2 = K_0 \int_{t_0}^{tk} \left\{ \exp\left[-\frac{B}{T_{\text{зад}}(t)}\right] \right\} dt \quad (6)$$

Осуществляя интегрирование в решении (6) при заданном графике изменения во времени температуры поверхности заготовки и извлекая квадратный корень из полученного значения  $h_k^2$ , получим значение толщины слоя окалины к моменту завершения процесса нагрева металла в печи ( $h_k$ ). При вычислениях необходимо использовать значения эмпирических показателей скорости окисления  $K_0$  и  $B$  для исследуемой марки стали.

Опыт показывает, что для большинства промышленных марок стали скорость окисления при низких температурах пренебрежимо мала и становится ощутимой лишь при температуре, превышающей 700 – 800°С. На основании этих данных прирост толщины слоя окалины на поверхности нагреваемых заготовок учитывался лишь в том интервале времени нагрева, где температура поверхности превышает пороговое значение температуры  $T_{кр} = 750^\circ\text{C}$ .

В качестве первого варианта определим толщину слоя окалины для условий нагрева рельсовой накладке при существующем режиме нагрева с заданной зависимостью изменения температуры во времени в точке 1 поперечного сечения накладке, представленной графиком на рис. 3. Используя понятие пороговой температуры  $T_{кр} = 750^\circ\text{C}$ , рассчитывалась толщина слоя окалины для интервала времени  $t_R = 3700\text{с}$ , начало которого совпадает с моментом достижения данной температуры.

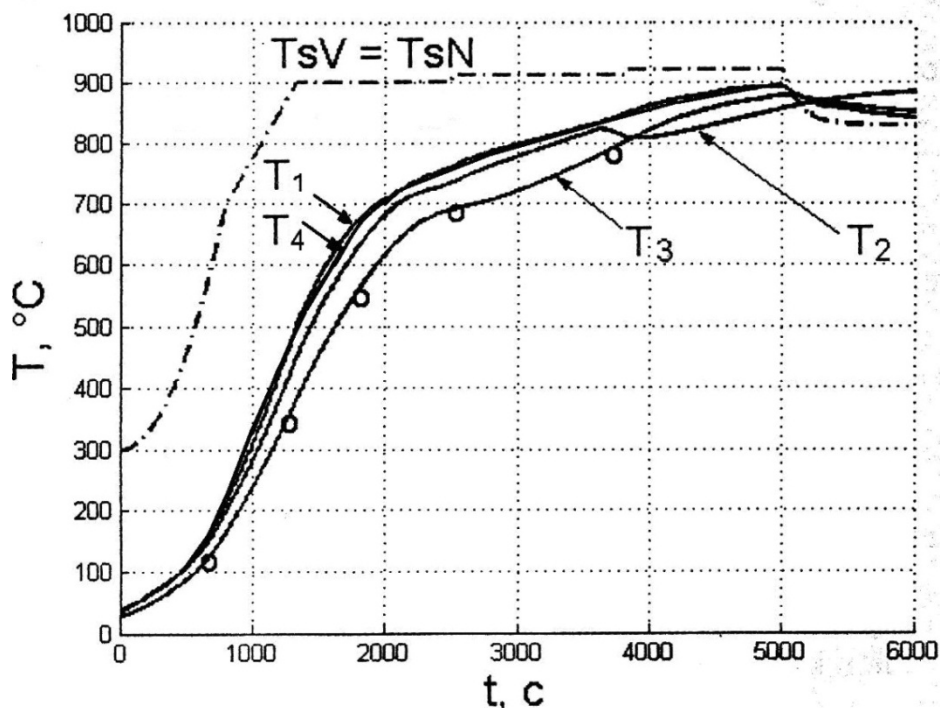


Рис. 3. Изменение во времени температур на вершинах накладке (точки 1, 2 рис. 1) и поверхности верха рельсовой накладке (4) для режима №1; кружки – результаты измерения температуры в массивной части верха накладке

При вычислениях используем значения показателей скорости окисления углеродистой стали  $K_0=2 \cdot 10^4 \text{ мм/с}$  и  $B=18000 \text{ К}$  по данным Н.П.Кузнецовой [2, 3].

Выполнение расчета с использованием MATLAB-программы приводит к значению толщины слоя окалины в точке 1 верха накладке, равному  $h_{max}=2,72 \text{ мм}$ .

В качестве второго варианта определялась толщина слоя окалины в той же точке верха накладке при режиме нагрева, позволяющем сократить длительность пребывания металла при температурах превышающих пороговое значение  $750^\circ\text{C}$ . Один из возможных вариантов скорректированного режима отопления нагревательной печи состоит в соблюдении следующих условий:

- для первой зоны печи – отключение верхней и нижней горелок;

- для второй и третьей зон печи следующее изменение уставок температуры  $T_s$  для сводовых термпар: для верхних участков зон – снижение до уровня  $860^\circ\text{C}$ , для нижних участков – повышение до уровня  $950^\circ\text{C}$ .

В этом случае длительность пребывания металла при температурах, превышающих пороговое значение  $750^\circ\text{C}$ , составляет  $t_R=1850 \text{ с}$ .

Повторяя вычисления с использованием MATLAB-программы, получаем значение максимальной толщины слоя окалины, равное  $1,17 \text{ мм}$ .

Таким образом, при скорректированном режиме отопления нагревательной печи представляется возможным более чем в два раза сократить толщину слоя окалины на верхней поверхности рельсовой накладке.

Полученные расчетные результаты представляют интерес, но их достаточно трудно проверить экспериментальным путём.

В производственных условиях наблюдается осыпание окалины, нарастающей на окисляемой поверхности заготовок, что не позволяет определять реальную толщину окисленного металла в процессе нагрева. Структура нарастающей окалины существенно зависит от химического состава стали; в ряде случаев возникает рыхлая, пористая окалина. Оценка степени угара металла по толщине слоя рыхлой, пористой окалины является недостаточно надежной и может использоваться в основном для сравнительной оценки.

Более надежным и пригодным для практического применения является, на наш взгляд, способ оценки угара металла, примененный Темлянцевым М.В. [5]. Степень угара металла при нагреве определяется из решения дифференциального уравнения

$$\frac{dM}{dt} = K_0 \exp\left(-\frac{B}{T}\right), \quad (7)$$

где  $M$  – удельная степень угара ( $\text{гр}/\text{см}^2$ ),  $T$  – абсолютная температура (К),  $K_0$  и  $B$  – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в статье [5]:

$K_0 = 16,5 \text{ гр}^2/\text{см}^4\text{мин}$ ) и  $B = 14085 \text{ К}$  для стали М54, содержащей 0,45 – 0,62% С; 0,50 – 0,85% Мn; 0,15 – 0,35% Si.

Значения удельной массы угара  $M$  ( $\text{гр}/\text{см}^2$ ) определяются в результате интегрирования дифференциального уравнения (7) при задании начального условия

$$M=0 \text{ при } t=t_0 \quad (8)$$

где  $t_0$  – момент времени, при котором температура на окисляемой поверхности превышает критическое значение, соответствующее началу интенсивного окисления металла.

В ходе интегрирования учитывается изменение во времени температуры на окисляющейся поверхности нагреваемой заготовки; при этом зависимость  $T=T_{нов}(t)$  определяется на основании решения соответствующей задачи теплопроводности (1).

В расчетах исследована степень окисления поверхности рельсовой накладки так же для двух вышеописанных режимов нагрева.

При этом длительность интенсивного окисления составляет  $t_R \cong 60$  минут для режима №1 и  $t_R \cong 40$  минут для режима №2.

Определение удельной массы угара осуществляется с использованием двух MATLAB-программ путем численного определения значений интеграла

$$M^2 = K_0 \int_{t_0}^{t_k} \left\{ \exp\left[-\frac{B}{T_{ria}(t)}\right] \right\} dt \quad (9)$$

Результаты интегрирования с последующим извлечением квадратного корня из величины  $M^2$  привели к следующим значениям удельной массы угара стали марки М54:

– для режима нагрева №1:

$$M=0,0576 \text{ гр}/\text{см}^2;$$

– для режима нагрева №2:

$$M=0,0402 \text{ гр}/\text{см}^2.$$

Таким образом переход от существующего режима №1 к более экономичному режиму №2 сопровождается снижением угара металла на 31 – 32% для изученной марки стали.

### Список использованных источников

1. Дружинин. Г.М., Попов Е.В. Математическая модель нагрева металла в методической печи толкательного типа // Изв.ВУЗов. Черная металлургия, 2012, №5.
2. Кузнецова Н.П., Колченко Г.И. Влияние окалинообразования на интенсивность теплообмена в методических печах // Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 1988, №7, С. 123–126.
3. Шишкин В.А., Кузнецова Н.П. Исследование теплового состояния и потерь металла с угаром при горячем посаде непрерывнолитых слябов в нагревательные печи // Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 2007, №5, С. 55–58.
4. Темлянцев М.В., Михайличенко Ю.Е. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением. М. Теплотехник, 2006, – 200с.
5. Темлянцев М.В., Стариков В.С. Темлянцев Н.В. Исследование окисления и обезуглероживания сталей для рельсов и рельсовых накладок при нагреве под прокатку // Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 2004, №8, С36–38.

## **КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ СТАНА 5000 ОАО "ВМЗ" НА БАЗЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**© Епишин А.В., Кузнецов В.В., Машкина А.Ю., Чугунников С.Л.**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»)  
г. Москва, Россия*

В настоящее время, в управлении любым производственным процессом используется определенный, рассчитанный заранее алгоритм действий. Данный алгоритм тщательно просчитывается группой инженеров, как правило, профессионалов высшей квалификации. Но на бумаге, чертежах, программе и в реальном воплощении часто бывают расхождения, связанные не только с человеческим фактором при проектировании, но и монтаже, пуско-наладке, особенностей эксплуатации.

Данные расхождения могут привести к неэффективной работе агрегата, невозможности использования потенциала оборудования на 100%. А каждый упущенный процент полезного действия, это затраченные деньги на топливо, электричество, увеличение вредных выбросов и менее рациональное использование рабочих часов персонала. И что, не самое мало важное, снижение прибыли от сниженной производительности.

Для снижения погрешностей между проектируемым и реальным процессом следует проводить промышленный эксперимент. Также он необходим для калибровки и проверки качественного выполнения технологического процесса по истечении какого-то времени. Проведение такого эксперимента не требует каких-то сверхусилий или больших затрат. Следует лишь качественно и с полной ответственностью подойти к каждому из этапов эксперимента.

В данной статье рассмотрен промышленный эксперимент, проведенный на двух идентичных нагревательных печах с шагающими балками конструкции фирмы "Fives Stein" стана 5000 Выксунского Metallургического Завода. Данные печи предназначены для нагрева массивных слябов толщиной 300 – 400 мм.

Первым этапом любого эксперимента должна быть подготовка, необходим полный доступ к информации по объекту исследования, подготовка необходимых материалов, а также вовлечение сотрудников комбината, отвечающих за все аспекты работы агрегата. В данном случае, было проведено комплексное исследование тепловой изоляции печи, подготовлен специальный сляб, устройство для автономного измерения температур внутри и снаружи сляба, активизированы сотрудники цеха и теплотехнической лаборатории завода. На рис. 1 представлена схема размещения и установки 9-ти гибких термоэлектрических термометров на экспериментальном слябе, 10-ая термопара контролировала температуру среды над заготовкой.

На базе системы автономного измерения температурных режимов нагрева металла (АРТ) созданы и отработаны методики эффективного изучения тепловой работы печей станов горячей прокатки и получены результаты, раскрывающие реальную картину процессов в печах и позволяющие существенно улучшить их функционирование. Следует отметить, что в содружестве с фирмой "PhoenixTM" (Великобритания) созданы уникальные устройства для установки и защиты электронных записывающих систем, устанавливаемых на металле и находящихся в печи значительное время при весьма высоких температурах. Система Phoenix TM оснащена приёмно-передающим устройством, работающим на общепринятой промышленной частоте сигнала 433 МГц. На печах КПК ОАО «ВМЗ» и нагревательных печах стана 5000 использовалась система мониторинга температуры с максимально возможными характеристиками по времени нахождения в печи для согласованных габаритных размеров заготовок и заданных технологических режимов нагрева.



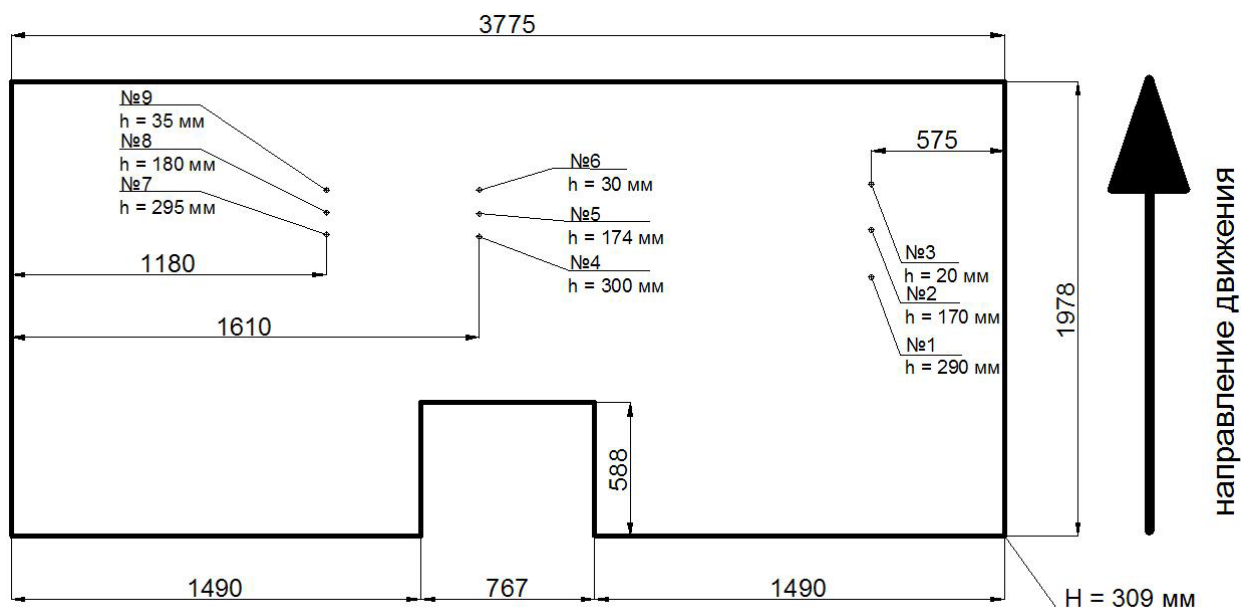


Рис. 1. Схема размещения и установки термопар

На рис. 2 представлен общий вид собранного контейнера теплозащиты испарительного типа закрепленный на экспериментальном слябе после выдачи из печи.



Рис. 2. Экспериментальный сляб с АРТ после выдачи из печи

С помощью выше описанной системой АРТ технологи цеха и персонал печей достаточно быстро получили надежные данные о реальном температурном режиме нагрева металла. После проведения экспериментов на двух нагревательных печах стана 5000, проведения анализа полученных данных были получены интересные и крайне важные результаты. Самым главным отличием стало отклонение температур реального процесса от рассчитанных математической моделью (ММ). Также были замечены отличия в показании зональных термопар от температуры газовой печи над АРТ. По результатам эксперимента удалось выявить недостаточную степень равномерной прогреваемости металла, которая недопустима по техническому заданию, но до проведения эксперимента не была известна. Что неизбежно

приводило к повышению количества брака и повышенному износу, последующего за печью, прокатного оборудования. На выходе из печи максимальный перепад составил до  $60^{\circ}\text{C}$ . Недостатки ММ также подчеркиваются и сравнением поведения изменения реального и расчётного максимального перепада температур по слябу в процессе его продвижения через печь. Такой характер изменения данного параметра массивного металла, как это следует из расчётов по ММ, практически не может быть осуществлён в реальности. График изменения максимального перепада температур по слябу представлен на рис. 3.

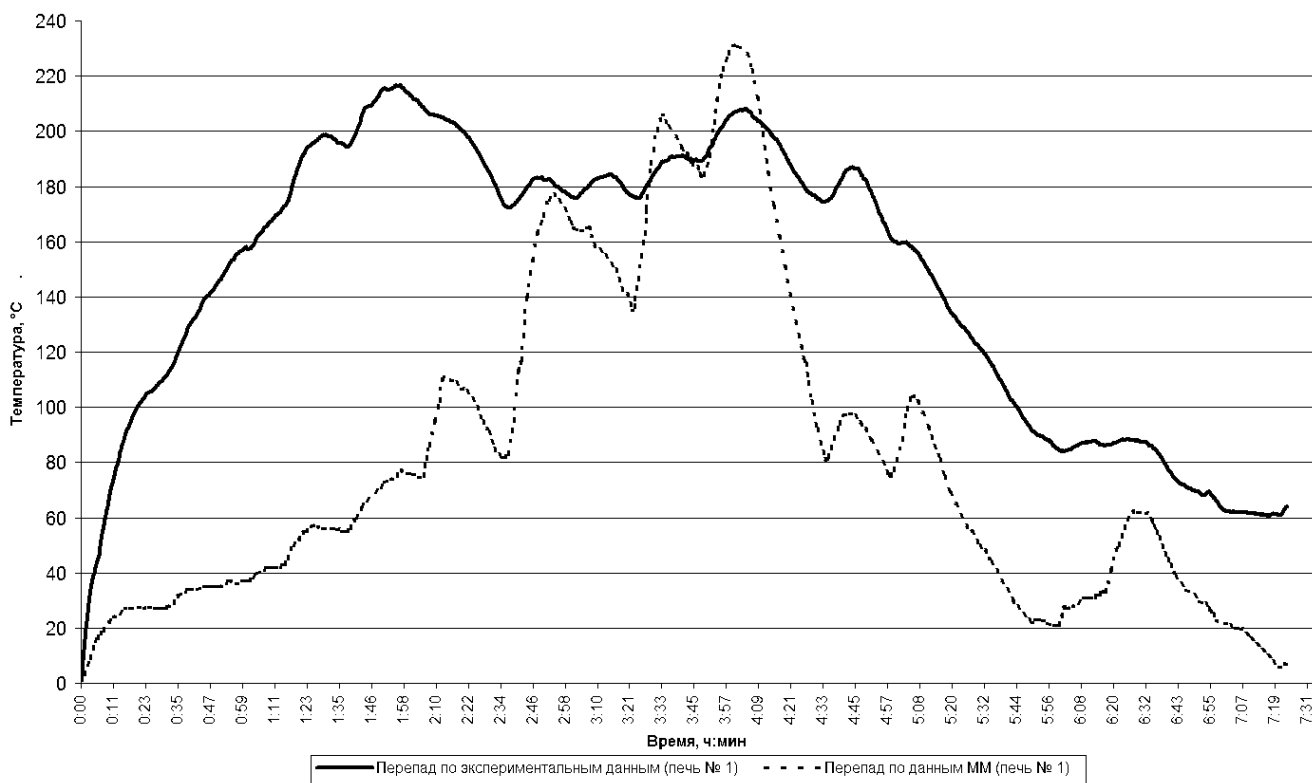


Рис. 3. График изменения максимального перепада температур в слябе

Анализ результатов изучения тепловой работы печей позволяет сделать выводы о достоинствах и недостатках данных печных агрегатов. Печи с шагающими балками стана 5000 в целом решают поставленную задачу – обеспечивают нагрев массивных слябов перед станом 5000.

Данные нагревательные печи обеспечивают достаточно низкий удельный расход топлива, пониженное образование окалины, низкое содержание  $\text{O}_2$  в дымовых газах, т.е. хорошее сжигание топлива. Однако данные печи имеют существенные недостатки.

В обоих экспериментах сляб не был нагрет до параметров, необходимых по технологии и гарантированных поставщиком печей. Вместо заданных по математической модели (ММ) АСУ ТП  $t_{\text{мет}} = 1170^{\circ}\text{C}$  и максимального перепада температур по слябу  $20^{\circ}\text{C}$ , температура поверхности в обоих экспериментах не была достигнута, а максимальная неравномерность нагрева металла составила: для печи № 2 –  $39^{\circ}\text{C}$ , для печи № 1 –  $64^{\circ}\text{C}$ .

Наблюдается значительная неравномерность нагрева металла по длине заготовки (т.е. по ширине печи). График изменения температур по сечениям сляба представлен на рис. 4.

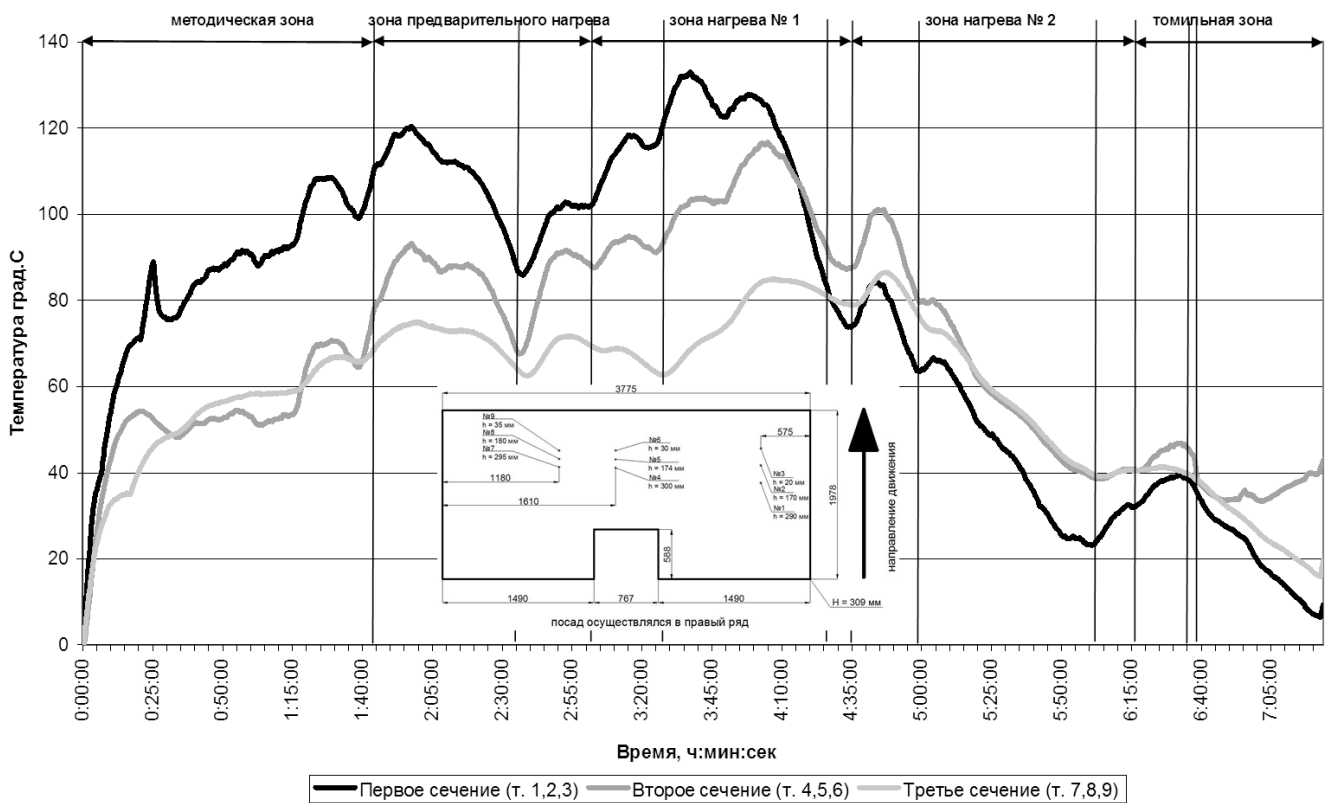


Рис. 4. График изменения температур по сечениям сляба

Из всех выше представленных результатов можно сделать вывод о том, что ММ неадекватно описывает нагрев слябов в печи: она нечетко отслеживает реальный механизм теплообмена по длине печи (в методической зоне и зоне предварительного нагрева радиационные и конвективные тепловые потоки выше, чем заложены в ММ, а в конце печи – эти показатели завышены); не учитывается неравномерность нагрева как по длине заготовки (по ширине печи), так и по толщине металла.

Аналогичные исследования были проведены и на других печах Выксунского металлургического завода, а также на печах Магнитогорского металлургического комбината. Как показали наши исследования, в целом печное оборудование, поставляемое фирмами из Германии, Франции, Бельгии и Италии (“LOI”, “Danielli”, “Fives Stein”) характеризуется положительно: они имеют низкий удельный расход топлива, пониженное окалинообразование и уменьшенные выбросы оксидов азота, качественное информационное сопровождение управления процессом нагрева. Однако, они характеризуются также существенными недостатками, которые, в частности, проявляются в том, что не полностью подтверждаются параметры функционирования, заявляемые поставщиками, в том числе и по качеству нагрева, необходимого для эффективного функционирования станов горячей прокатки для получения металла высшего качества, например для магистральных трубопроводов высокого давления транспортируемого газа.

Практически на всех печах не обеспечивается достижение декларируемых поставщиком печей величин перепадов в нагретой заготовке перед её выдачей из печи. Отклонение данного параметра готового металла от заданного достигает весьма значительных величин: от 5–10 до 30–50 °С.

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЧАСТИЦ ЛИСАКОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

© Епишин А.Ю., Карелин В.Г., Зайнуллин Л.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет*

*имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,*

*г. Екатеринбург, Россия*

*ОАО «ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия*

Успешное обесфосфоривание лисаковского гравитационно-магнитного концентрата целиком и полностью опирается на качественное проведение предварительного окислительного обжига материала. Данный процесс является неотъемлемым звеном технологической цепочки [1] и предшествует стадии выщелачивания фосфора слабым водным раствором серной кислоты. Поэтому необходимо установить возможные критерии и параметры обжига лисаковского железорудного концентрата, позволяющие производить на следующем технологическом этапе наиболее полное удаление фосфора. При этом важно наряду с результатами лабораторных экспериментов учитывать реальные промышленные условия прокаливания материала.

При различных режимах обжига лисаковского гравитационно-магнитного концентрата было установлено влияние высоких температур на структуру оолитовых частиц посредством оптической микроскопии. Данный метод позволил сравнить исходный и прокаленный материал при различных температурах по внешним признакам.

Окислительный обжиг лисаковского железорудного концентрата в условиях стационарного слоя проводили в лабораторной печи «Накал» ПЛ – 10/14.

При наблюдении исходных частиц железорудного концентрата под оптическим микроскопом можно разделить их по внешним признакам на следующие основные группы:

– оолитовые частицы серых оттенков с коричневыми вкраплениями правильной овальной геометрической формы, крупные, ровные, имеющие внешнюю поверхность без видимых дефектов (см. рисунок 1);

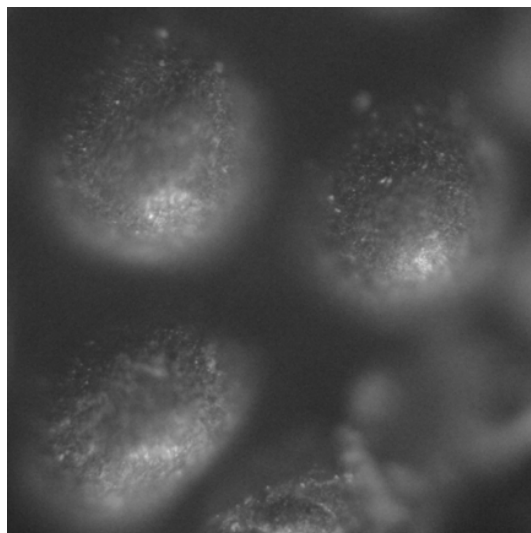


Рис. 1. Фото исходных частиц концентрата правильной геометрической формы

– частицы неправильной геометрической формы, искаженные, угловатые, небольшие, имеющие неровную поверхность с изъянами (см. рисунок 2);

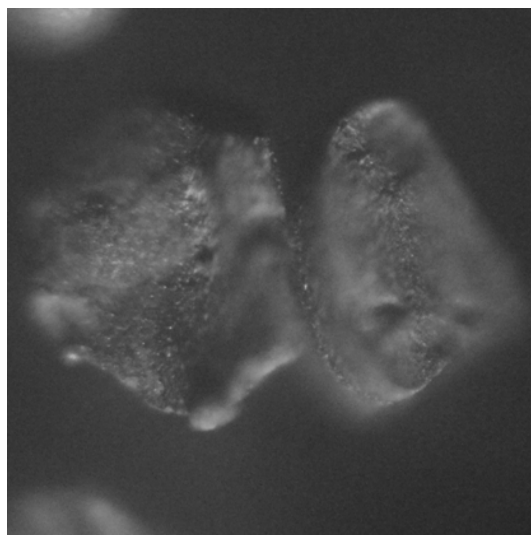


Рис. 2. Фото исходных частиц концентрата неправильной геометрической формы

– кварцевые частицы, светло-коричневого оттенка, относящиеся к пустой породе (см. рисунок 3).

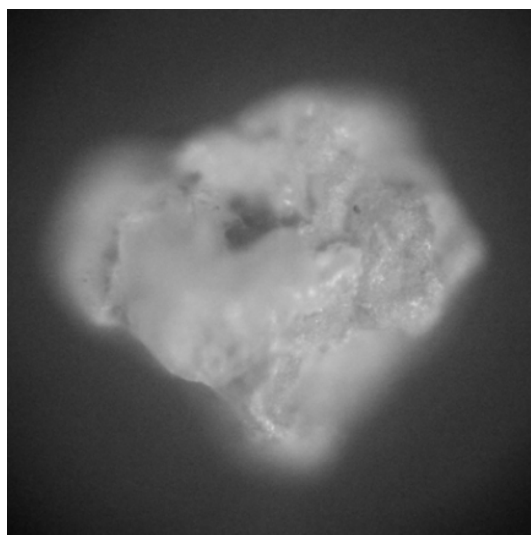


Рис. 3. Фото исходных кварцевых частиц

При обжиге лисаковского железорудного концентрата в лабораторной печи при температуре 400 °С и выдержке 60 минут оолитовые частицы принимают темно-коричневый оттенок, внешняя поверхность выглядит пористой, неуплотненной. Такие внешние признаки, судя по всему, обусловлены выделением большого количества низкотемпературной гидратной влаги при температурах 300 – 350 °С [2]. Формой частицы практически не отличаются от исходных, где наряду с ровными овальными находятся частицы неправильной геометрической формы, а также кварц.

При температуре 800 °С и выдержке 60 минут цвет частиц концентрата остается темно-коричневым, как и для прокаливания при 400 °С. На крупных оолитах правильной формы появляются мелкие неглубокие трещины, а на частицах меньших размеров трещины относительно глубже (см. рисунок 4).

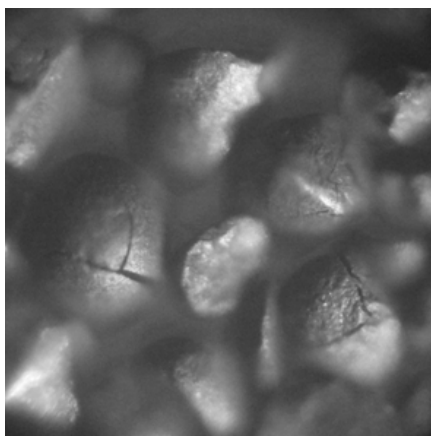


Рис. 4. Фото частиц концентрата после обжига при температуре 800 °С

Для температуры прокаливания 850 °С и выдержки 60 минут цвет частиц железорудного концентрата остается темно-коричневым. На некоторых частицах обнаруживаются достаточно глубокие трещины (см. рисунок 5), но основная масса ровных оолитов, как и прежде, покрыта неглубокими мелкими поверхностными трещинами.

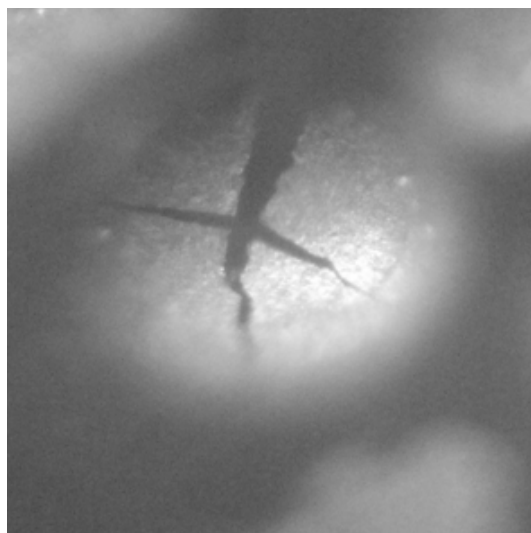


Рис. 5. Оолитовая частица с глубокой трещиной

Цвет частиц при температуре 900 °С и выдержке 60 минут становится предпочтительно черным с блеском, реже остается темно-коричневым. Присутствует обильное количество трещин подобно сетке, как на ровных овальных частицах, так и на неровных, в том числе половинках и четвертинках. При этом такие трещины остаются довольно неглубокими. Также наблюдается достаточное количество разрушившихся частиц на половинки и четвертинки.

При обжиге лисаковского железорудного концентрата в лабораторной печи при температуре 950 °С и выдержке 60 минут практически все оолитовые частицы становятся черными с блеском. На круглых и овальных частицах образуются глубокие трещины. При данном температурном режиме наблюдается большое количество обломков. Присутствуют также овальные целые частицы с неглубокими поверхностными трещинами, но их не много.

Температура обжига более 1000 °С приводит к спеканию железорудного концентрата (см. рисунок 6), частицы слипаются между собой гроздьями, имеют глубокие крупные трещины, сколы, образуется большое количество половинок, четвертинок и осколков.

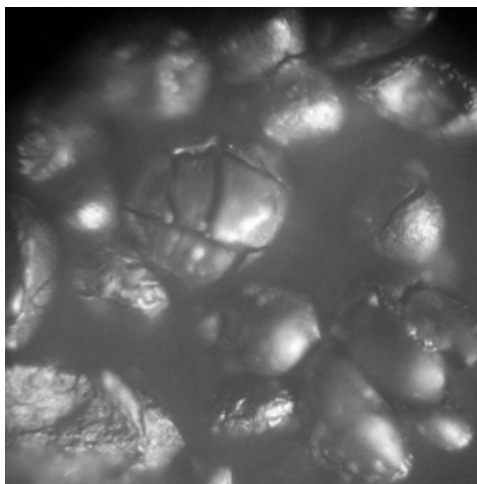


Рис. 6. Фото частиц концентрата после обжига при температуре 1100°C

Таким образом, у частиц лисаковского железорудного концентрата с повышением температуры прокаливания изменяются внешние признаки. Цвет оолитов в исходном материале серый, а при увеличении температуры до 400 °С меняется на темно-коричневый. Затем выше 900 °С преобладающими становятся оттенки черного, имеется свойственный высоким температурам блеск на частицах.

Более важным внешним признаком, характерным для высоких температур обжига лисаковского гравитационно-магнитного концентрата является трещинообразование, приводящее во многих случаях к расколу оолитов на мелкие части. При 400 °С на частицах концентрата трещины не образуются, а поверхностный слой имеет пористую структуру, что вызвано выделением большого количества низкотемпературной гидратной влаги. При 800 °С на частицах образуются мелкие неглубокие трещины, которые с дальнейшим повышением температуры становятся более крупными. Образование трещин при температурах обжига более 800 °С обусловлено выделением высокотемпературной гидратной влаги из частиц в процессе разложения гидратного фосфорсодержащего компонента [3]. Так как при повышенных температурах происходит уплотнение частиц, то уплотненная поверхность разрушается под давлением водяных паров.

Спекообразование железорудного концентрата наблюдается лишь при температурах выше 1000 °С, частицы слипаются между собой, образуя грозди, слой становится плотным. Поверхность оолитов местами вспучивается в виде небольших полусфер, что является отличительной чертой спекшегося концентрата.

#### Список использованных источников

1. Naydyonov V.A. – Experience of operation of Lisakovsk deposit of brown Iron Ore: International Seminar on Vision Mineral Development 2005. – Bhubaneswar, India. P. 83 – 87.
2. Карелин В.Г., Резвов Г.А., Кузовникова Е.А. Кинетические особенности дегидратации лисаковского концентрата в кипящем слое. – *Металлургическая теплотехника*, 1975, № 4, С. 153 – 156.
3. Епишин А.Ю., Зайнуллин Л.А., Карелин В.Г. Исследование обжига лисаковского железорудного концентрата для определения температуры разложения гидратного фосфорсодержащего минерала // *Материалы 10-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и специалистов «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России»*. – Магнитогорск: МГТУ, 2009. – С. 144 – 147.

# ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В ЦЕЛЯХ ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ КУЗБАССА

© Зоря И.В., Оленников А.А., Чапаев Д.Б.

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

Актуальным на сегодняшний день является уменьшение потребления топлива, тепловой и электрической энергии за счет их наиболее полного и рационального использования во всех сферах деятельности. Решение вопросов использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) является одним из главных приоритетов научно-технического поиска в разработке и внедрении современных энергосберегающих технологий. Известно, что потенциал энергосбережения в России достигает примерно 40 ÷ 45 % от потребляемых энергоресурсов.

На кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Сибирского государственного индустриального университета активно выполняются исследования в области энергосбережения и использования вторичных энергетических ресурсов. Последние работы кафедры ТГСВ в этой области:

- 1) разработка методов утилизации ВЭР отжиговых печей стекольного производства;
- 2) разработка методов утилизации ВЭР энергоблоков для нужд теплоснабжения сооружений энергокомплексов на предприятиях угольной промышленности;
- 3) разработка методов по использованию ВЭР металлургических агрегатов для нужд электро- и теплоснабжения [1, 2];

Остановимся на последней работе. Исследование выполняется по заданию ОАО «Сибирский Сантехпроект», г. Новокузнецк. В рамках этой работы использование энергии отходящих газов металлургических агрегатов в целях отопления и вентиляции производственных помещений, разработана схема системы отопления с утилизацией теплоты отходящих газов.

В настоящее время для отопления производственных зданий существуют следующие схемы: приготовленная товарная вода в котельных агрегатах через теплообменник подогревает вторичный теплоноситель, который проходя через систему труб, поступает в индивидуальный тепловой пункт здания, где происходит распределение теплоносителя по теплоиспользующим установкам; в котельной дымовые газы из топок котлов по газоходу поступают в воздухонагревательные установки (ВНУ). В ВНУ дымовые газы отдают часть теплоты наружному воздуху, нагревая его от расчетной температуры  $-39^{\circ}\text{C}$  до  $300^{\circ}\text{C}$ . После ВНУ дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу, а подогретый воздух поступает на отопление производственных помещений.

Авторами предлагается один из способов утилизации тепловой энергии отходящих газов металлургических агрегатов в целях теплоснабжения производственных помещений. Для чего в газоходу устанавливается теплоутилизатор (рекуператор), по трубкам которого течет теплоноситель системы теплоснабжения отопительных агрегатов – вода, нагреваемая в теплоутилизаторе от  $70^{\circ}\text{C}$  до  $95^{\circ}\text{C}$  (расчетные условия).

Принципиальное значение имеет место установки теплоутилизатора системы воздушного отопления в газовом тракте. При решении этого вопроса необходимо учитывать температуры отходящих газов после теплоутилизатора и после ВНУ. При установке теплоутилизатора между металлургическим агрегатом и ВНУ в зависимости от расхода теплоносителя системы теплоснабжения отопительных агрегатов и расхода отходящих газов возможно снижение температуры последних на выходе из теплоутилизатора до значения, достаточного для конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях ВНУ, что недопустимо. При установке теплоутилизатора между ВНУ и дымовой трубой возможен аналогичный процесс в теплоутилизаторе.

При возникновении угрозы образования конденсата, приемлемой, на наш взгляд, является схема, в которой теплоутилизатор установлен параллельно ВНУ. При этом опасности



конденсации паров в следующем по ходу движения отходящих газов теплообменном аппарате не возникает.

При схеме установки теплоутилизатора в газоходе перед ВНУ, либо параллельно ВНУ необходим расчет обоих теплообменников, так как при установке теплоутилизатора перед ВНУ уменьшается расчетная температура дымовых газов на входе в воздухонагреватель, а при параллельной установке снижается расчетный расход дымовых газов в ВНУ.

Конструктивные характеристики теплоутилизатора системы отопления определяются исходя из площади поверхности нагрева,  $m^2$ , по известной формуле

$$F = \frac{Q}{K \Delta t}, \quad (1)$$

где  $Q$  – количество теплоты, участвующей в теплообмене;  $K$  – коэффициент теплопередачи;  $\Delta t$  – температурный напор.

Значение  $Q$ , равное тепловой мощности системы отопления, забирающей теплоту отходящих газов, определяется по уравнению теплового баланса теплоутилизатора

$$Q = \varphi (I_p' - I_p'' + \Delta \alpha_p I_B), \quad (2)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сохранения теплоты, зависящий от теплопотерь энергоутилизатора в окружающую среду;  $I_p'$ ,  $I_p''$  – энтальпии дымовых газов на входе в теплоутилизатор и на выходе из него, соответственно;  $I_B$  – энтальпия присасываемого в теплоутилизатор воздуха;  $\Delta \alpha_p$  – присос воздуха в теплоутилизатор. Присосы воздуха учитываются, только если теплоутилизатор находится на всасывающей стороне дымососа.

Из этого уравнения можно найти энтальпию и температуру дымовых газов на выходе из теплоутилизатора, в случае, если он установлен в газоходе между котлоагрегатом и ВНУ. В случае установки теплоутилизатора между ВНУ и дымовой трубой, либо при параллельной установке температуру дымовых газов после него можно принять равной расчетной температуре уходящих газов.

Значение  $K$  теплоутилизатора можно определить, пользуясь нормативной литературой (Нормативным методом теплового расчета котельных агрегатов, разработанным ЦКТИ им. И.И. Ползунова и ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского). Тогда для шахматных и коридорных пучков стальных труб значение  $K$  рассчитывается по формуле

$$K = \psi \xi (\alpha_k + \alpha_l), \quad (3)$$

где  $\psi$  – коэффициент тепловой эффективности, зависящий от вида топлива, сжигаемого в металлургическом агрегате;  $\xi$  – коэффициент использования, учитывающий уменьшение тепловосприятия поверхности нагрева вследствие неравномерного омывания ее дымовыми газами, частичного протекания дымовых газов мимо нее и образования застойных зон;  $\alpha_k$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией от дымовых газов к поверхности нагрева;  $\alpha_l$  – коэффициент теплоотдачи, учитывающий передачу теплоты излучением в конвективных поверхностях нагрева.

Температурный напор  $\Delta t$ , °С, определяется для прямого тока, перекрестного тока с числом ходов более четырех как среднелогарифмическая разность температур

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\bar{\delta}} - \Delta t_M}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\bar{\delta}}}{\Delta t_M}}, \quad (4)$$

где  $\Delta t_{\bar{\delta}}$  и  $\Delta t_M$  – соответственно большая и меньшая разности температуры отходящих газов и температуры нагреваемой жидкости в теплоутилизаторе, °С.

Наибольшую трудность в расчете теплоутилизатора представляет собой определение коэффициентов теплоотдачи конвекцией  $\alpha_k$  и излучением  $\alpha_l$ . Коэффициент  $\alpha_k$  зависит от скорости отходящих газов в теплоутилизаторе и направления их движения (продольное, поперечное омывание пучка), вида пучка труб (коридорный, шахматный) и их диаметра, от

числа рядов труб по ходу отходящих газов, расстояния между трубами, геометрии поверхности труб (гладкая, рифленая и т.д.). Коэффициент  $\alpha_{\text{л}}$  зависит от температуры отходящих газов, их запыленности и степени черноты, степени загрязнения стенок труб. Эти коэффициенты можно определить либо непосредственно экспериментальным путем, либо пользуясь эмпирическими зависимостями, приведенными в специальной литературе.

Результатом работы по решению задачи утилизации теплоты отходящих газов для воздушного отопления производственных помещений является разработка конкретных проектных решений для действующих металлургических агрегатов в Кузбассе. Использование тепловой энергии отходящих газов металлургических агрегатов для отопления производственных помещений позволит сэкономить около 30% топлива за отопительный период.

### **Список использованных источников**

1. Оленников А.А. Программный комплекс для моделирования вариантов утилизации энергии от агрегата типа СЭР / Оленников А.А., Цымбал В.П. // Системы управления и информационные технологии. – 2009. Вып. 2.2(36). – С. 277–280.
2. Оленников А.А. Варианты и оценка эффективности использования вторичных энергоресурсов для агрегатов жидкофазного восстановления / Оленников А.А., Цымбал В.П. // Изв. Вузов. Чер. металлургия. – 2008, №6. – С. 43–51.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЫПУЧЕСТИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА НА ОАО «СУМЗ»**

**© Зырянцев О.А., Гольцев В.А.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Сырьевые материалы, в частности медный концентрат, на предприятие ОАО «СУМЗ» поступает в сыпучем виде с помощью железнодорожного транспорта. Обычно, это стандартные вагоны открытого типа. Однако, в силу погодных условий медный концентрат подвергается влиянию влаги, что приводит к утере материалом сыпучих свойств. Этот факт серьезно усложняет дальнейшую разгрузку вагонов на территории предприятия. Медный концентрат комьями прилипает к стенкам вагона, поэтому рабочим приходится вручную счищать остатки материала. Технологию же в первую очередь беспокоит избыточная влага, попадающая в рабочее пространство печи. Это приводит к дополнительным тепловым затратам, что в свою очередь вызывает увеличение расхода топлива и снижение КПД агрегата.

Чтобы решить проблему избыточной влажности медного концентрата руководство предприятия ОАО «СУМЗ» приняло решение о создании гаража размораживания руд, в котором будет происходить восстановление сыпучести сырьевого материала. Проектирование данного агрегата было поручено инжиниринговой компании ОАО «Уралэнергочермет». Результатом интеллектуальной деятельности инженеров стала технологическая схема процесса, изображенная на рисунке 1.

Природный газ с давлением 10 кПа поступает на теплогенераторы АГОС–6 производства ОАО "Энергоцветмет", г. Москва. Расход природного газа при работе данных теплогенераторов составит 600 м<sup>3</sup>/ч.

Дымовые газы, образующиеся в результате сгорания природного газа, разбавляются дымовыми газами, забираемыми из камер нагрева, и поступают обратно в эти камеры нагрева. Таким образом, в проекте реализована рециркуляция дымовых газов.

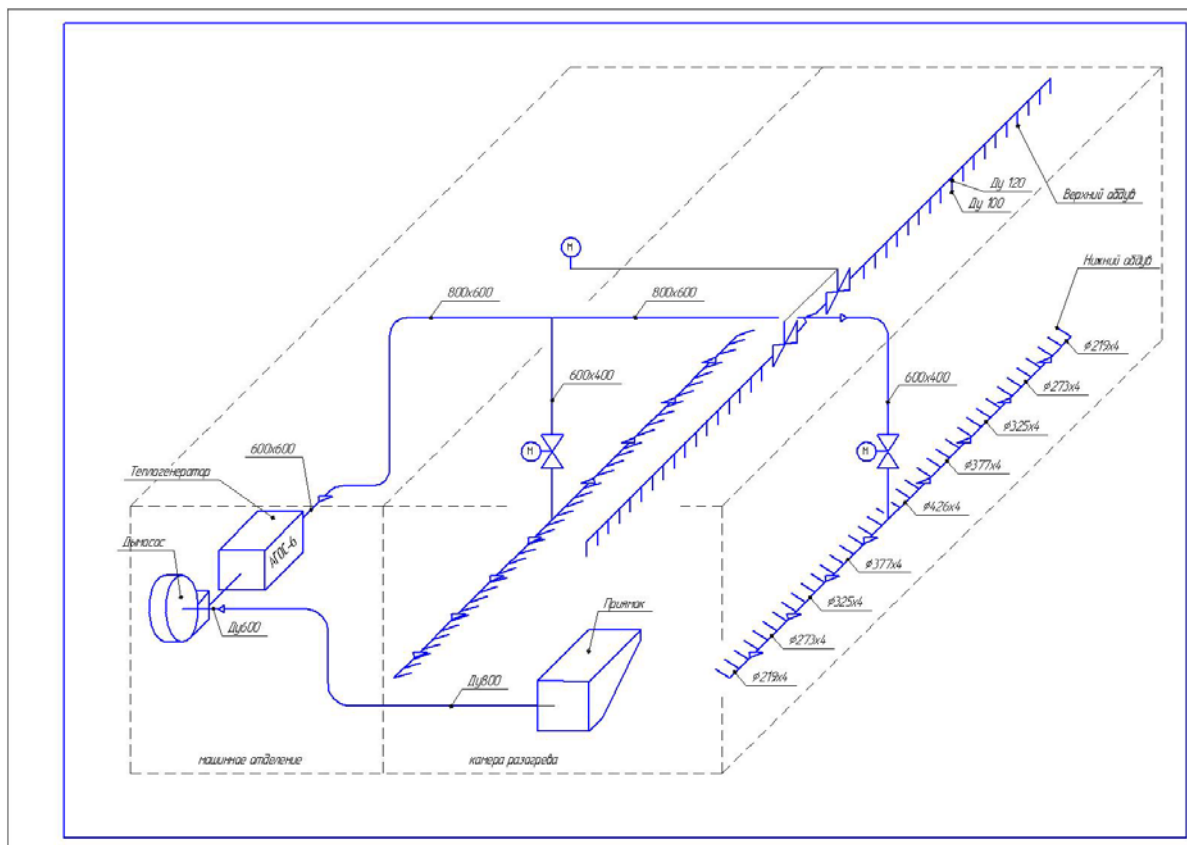


Рис. 1. Схема технологическая процесса

Технологическое оборудование гаража размораживания руд размещено в четырех машинных отделениях. В каждом машинном отделении установлено два теплогенератора АГОС–6, к каждому теплогенератору подключен дымосос ДН–10у, подающий дымовые газы из камеры нагрева вагонов в камеру сгорания теплогенератора. Далее, подогретые дымовые газы поступают в камеру нагрева вагонов.

Проектом предусмотрен постоянный контроль за температурой окружающей среды в камере нагрева вагонов с выводом информации на пульт управления в операторскую.

Обогрев машинных отделений не предусмотрен, необходимая температура окружающего воздуха в этих помещениях будет обеспечиваться за счет теплопотерь от газоиспользующего оборудования и трубопроводов подачи подогретых дымовых газов в камеру сгорания.

На случай остановки технологического оборудования в машинных отделениях предусмотрен электрокалорифер, обеспечивающий возможность проведения работ по ремонту и обслуживанию оборудования. Кроме того, в случае падения температуры окружающего воздуха в машинном отделении ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (нижняя граница рабочего диапазона теплогенераторов АГОС–6), произойдет автоматическое отключение теплогенераторов и дымососов, после чего включатся электрокалориферы.

Подача подогретых дымовых газов от теплогенератора в камеру нагрева вагонов осуществляется по стальному трубопроводу, затем в камере нагрева поток разделяется на три части, за счет чего осуществляется равномерный подвод теплоносителя к вагону (сверху и с двух сторон).

Номинальная производительность по разогреваемому медному концентрату составляет 2500 т/сутки.

Дальнейшее развитие работы связано с изучением теплофизических свойств замороженного медного концентрата и отработкой теплотехнических режимов его разогрева.

## ОСОБЕННОСТИ НОВЕЙШЕГО U-ОБРАЗНОГО РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ GTI RASERT

© Кабиров Р.А., Дружинин Г.М.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

Задача получить нагреватель с наилучшими технико-экономическими показателями является основной на данный момент.

В настоящее время предложено довольно много методов теплового расчета печей с газовыми радиационными трубами. Все они связаны с тепловой работой самого нагревателя и процессами горения и теплообмена внутри него. А правильная организация горения является одним из основных путей повышения стойкости нагревателя и экономичности его работы.

Регенеративные горелки REGEMAT.

Конструктивно регенеративные горелки REGEMAT представляют собой не одну, а три горелки, интегрированные в одном компактном корпусе: эти горелки с потребляемой мощностью до 200 кВт, нагревающие пространство печи до температуры 850 °С, выше которой возможен режим беспламенного горения FLOX и пара регенеративных горелок, с общей потребляемой мощностью 200 кВт. По достижении 850 °С стартовая горелка отключается и в работу вступает регенеративная пара, которая с тактом в 10 секунд удаляют продукты сгорания либо подают нагретый воздух в печь. В этом режиме горелка работает с максимальной эффективностью (КИТ до 90%). Воздух на горение при этом нагревается до 1000 °С при температуре в печи 1250°С, выбросы же NO<sub>x</sub> благодаря режиму беспламенного горения, остаются очень низкими.

При необходимости (напр. масса садки больше запланированной, необходимость повышения производительности выше номинала и т.д.) существует возможность использовать стартовую горелку и перейти в режим повышенной мощности Boost с потребляемой мощностью до 400 кВт.

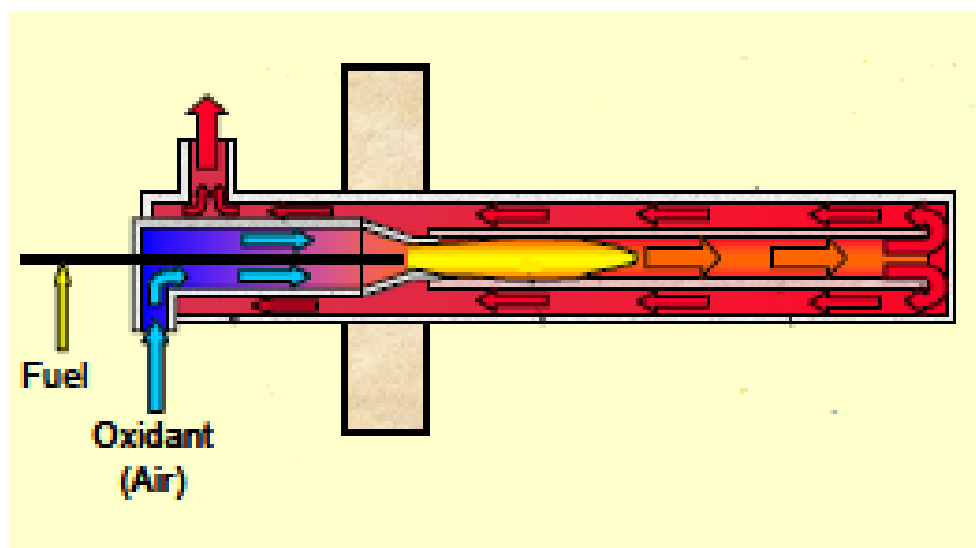


Figure 1. Conventional SERT Design

Source: Gas Technology Institute, 2008

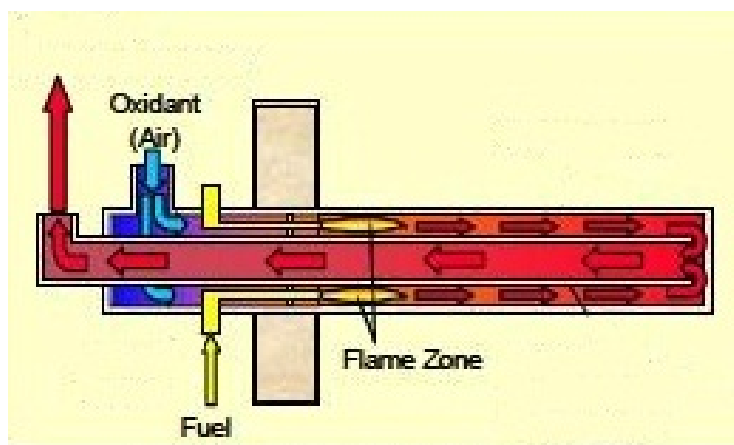


Figure 2. GTI RASERT Concept

Gas Technology Institute (GTI) и североамериканская Компания-производитель (NAMCO) развили новую технологию, названную обратным кольцом, представленную в виде радиационной трубы (RASERT), показанной на рисунке 2. Уникальный дизайн RASERT – улучшение по сравнению с другими проектами, так как сгорание происходит в повороте или кольце, вокруг центральной трубы, которая передает выхлопные продукты, следующие из сгорания к концу горелки. Там, отходящее тепло может быть восстановлено и передано воздуху, входящему в горелку. У нагревателя горелки RASERT могут быть намного более высокие КИТ, чем у SERT (single ended radiant tube) и производят более низкие температуры, влияющее на непосредственно конструкцию трубы, чем другие системы SERT, так как сгорание происходит вне трубы. Компоненты RASERT могут, поэтому, быть произведены из низко стоящих материалов.

Тепловая эффективность – количество полезного тепла, переданной печи, отнесенное на полное тепло, которое выработано, когда топливный газ сожжен.

Система SERT, привыкшая прежде к модификации, была приблизительно на 50 процентов тепло эффективна (50 процентов тепла вошли в печь, и 50 процентов уходили в продукты горения или через стены нагревателя). Новая система RASERT, как показывали исследования, была приблизительно на 65 процентов тепло эффективна (65 процентов тепла вошли в печь, и 35 процентов уходили в продукты горения или через стены нагревателя).

Увеличение тепловой эффективности позволяет оператору обработать то же самое количество законченной стали при горении меньшего количества природного газа.

#### Итоги проекта

Улучшенный дизайн RASERT был развит в сотрудничестве с североамериканской Компанией-производителем и утвержден посредством тестирования в лаборатории Газового Технологического Института в NAMCO. Двенадцать горелок RASERT были установлены в Фонтане, Калифорнийском Сталелитейном заводе. Эти нагреватели заменили существующие там ранее U-образные радиационные нагреватели и были исследованы более подробно после установки. Модификация, как показали исследования, предоставляла следующие преимущества:

- сокращение потребления топлива на 25 процентов. Тепловая эффективность горелок в зоне перед модификацией составляла приблизительно 50 процентов. После модификации RASERTs обеспечил приблизительно 65-процентную тепловую эффективность;
- выход  $\text{NO}_x$  был уменьшен на 55 процентов;
- выход CO был уменьшен на 58 процентов;
- выход  $\text{CO}_2$  был уменьшен на 25 процентов.

#### Заключение

Технология RASERT, как показывали результаты, была эффективна и экономически выгодней. Также, исследование радиационного нагревателя в лаборатории Газового Технологического института, финансируемой спонсорами, показало, что у улучшений, кроме того продемонстрированных в этом проекте, есть высокий потенциал, который будет включен в новый и улучшенный опытный образец для оценки.

#### Выгоды для Калифорнии

В результате модификации в Зоне 6, приблизительно 2 миллиарда британской тепловой единицы (1кВт=3500 BTU) природного газа ежегодно будут сохранены на средства Фонтаны, и модификация уменьшит выход NOx от Зоны 6 приблизительно на 492 фунта (223 кг.) ежегодно. Модификация уменьшит выход CO приблизительно на 243 фунта ежегодно и выход CO<sub>2</sub> приблизительно на 232,000 фунтов (116 тонн) ежегодно. Кроме того, данная технология очень выгодна с экономической точки зрения.

### **ВЛИЯНИЕ ОТВАЛА КЛИНКЕРА ВЕЛЬЦЕВАНИЯ ЦИНКОВОЙ РУДЫ НА ЭКОЛОГИЮ ПАЧИСАЙ И РЕГИОНА В ЦЕЛОМ**

© Колесников А.С., Гонтаренко К.И., Овчинникова В.Н., Муртазина Е.Р.

*РГП «Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова», г. Шымкент, Казахстан*

По данным Шымкентского областного управления экологии на сегодняшний день в Кентауском регионе хранится около 150 млн.т. отвалов и хвостов обогащения. Они, занимая огромные площади земель, приводят к загрязнению поверхностных и подземных вод тяжелыми металлами, а также органическими и неорганическими кислотами. В настоящей работе показан механизм загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов на примере отвала клинкера Ачисайского металлургического завода.

Запущенный в эксплуатацию в 1966 году на Ачисайском полиметаллическом комбинате металлургический завод с вельц установками для переработки окисленных цинковых руд переработав большую массу руды с выделением из руды окиси цинка оставил после себя 4,7 млн.т клинкеров вельцевания, размещенного в высокогорной местности. Как и всякий отход производства клинкер вельцевания представляет угрозу окружающей природной среде. Клинкер вельцевания характеризуется следующим химическим составом: 1,5–2%Zn, 0,1–0,2%Pb, 0,001%Cd, 13–16%CaO, 2–3%MgO, 16–20%SiO<sub>2</sub>, 3–5%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 20–23%Fe<sub>общ.</sub>, 16–17%C.

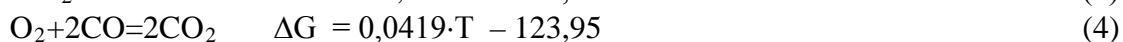
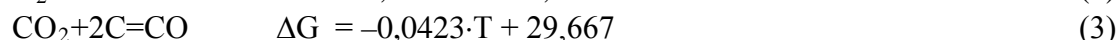
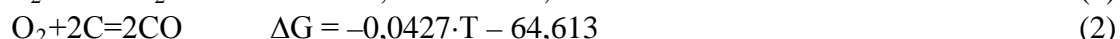
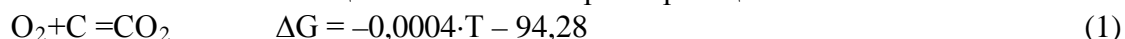
Как видно одним из компонентов клинкера является углерод, содержание которого составляет около 0,7– 1,0 млн т. В процессе длительного хранения под воздействием давления, происходит разогрев массы клинкера, который в представляет собой материал в виде окатышей со средневзвешенным диаметром ~ 6,19мм и с развитой поверхностью газопроницаемости. В таблице 1 представлен гранулометрический состав клинкера.

Таблица 1

Гранулометрический состав клинкера

№/№	Фракция, мм	Масса, кг	%
1	<1	3,3	11,0
2	1÷3	4,5	15,0
3	3÷5	6,3	21,0
4	5÷7	6,6	22,0
5	7÷10	4,5	15,0
6	>10	4,8	16,0
Σ		30	100

Под воздействием ветра, проникающего в полость насыпной массы клинкера происходит возгорание коксовой составляющей отвала клинкера по реакциям:



Явление возгорания клинкера наблюдается преимущественно в ветреную погоду не зависимо от времени года.

Следует отметить, что на расстоянии 2–3 км расположен поселок. Местность здесь горная с преобладанием ветров восточного и северо-восточного направлений. Климат континентальный расчетные температуры наружного воздуха следующие:

– средняя температура воздуха самого жаркого месяца +28,3°C; средняя температура воздуха самого холодного месяца –5,6°C; минимальная температура –38°C; максимальная температура +46°C; среднегодовое количество осадков – 238мм.

Ветровой режим места расположения отвала клинкера как в зимнее так и в летнее время характеризуется значительной повторяемостью ветров северо-западного, восточного, юго-восточного и северо-восточного направления. Южные и юго-западные ветра отмечаются очень редко. В таблице 2 представлены данные о скорости и повторяемости ветра.

Таблица 2

Данные скорости и повторяемости ветра

№	Показатели	Размерность	Значения	
			Зима (январь)	Лето (июль)
1	Повторяемость направлений ветра и средняя скорость по направлениям	$\frac{\%}{\text{м/сек}}$		
1.1	С	—	5/2,8	12/3,6
1.2	СВ	—	11/3,9	26/4,9
1.3	В	—	32/3,7	15/5,3
1.4	ЮВ	—	14/3,1	4/2,9
1.5	Ю	—	4/3,4	2/3,7
1.6	ЮЗ	—	6/4,4	4/4
1.7	З	—	11/3,9	12/4,9
1.8	СЗ	—	17/3,7	25/5,5
1.9	Штиль	—	26	11
2	Максимальная из средних скоростей по румбам за январь и скорость ветра превышающая повторяемость	м/сек	10	8

Метерологические характеристики и коэффициенты, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере принятые по [1] представлены в таблице 3.

Самопроизвольное выгорание углерода наносит не только экологический ущерб, посредством увеличения доли углекислого газа в атмосфере, (так только при 3% угаре углерода в год с отвала клинкера в атмосферу выбрасывается более 110000 тн углекислоты), но и наносит экономический ущерб в размере более 45млрд. тенге в год и такая ситуация при не принятии мер по утилизации отвала клинкера вальцевания Ачисайской цинковой руды будет продолжаться не менее 30 лет.

В результате возгорания помимо окислов углерода образуются оксиды серы и азота, взаимодействия которых с влагой приводят к снижению рН дождевых и талых вод и растворяют в себе ионы тяжелых металлов в частности Zn, Pb, Cd. Эти компоненты, с дождевыми и талыми водами способны переходить в грунтовые воды, что приводит к возникновению проблемы очистки ее от губительного для здоровья вредных примесей [2].

Таблица 3

Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

№	Характеристика	Обозначение	Размерность	Величина
1.	Коэффициент температурной стратификации	A	С мг·град/г	200
2.	Коэффициент учета местности	η		1
3.	Наружные температуры для расчета приземных концентраций вредных веществ в атмосфере	t	°С	-38 – +46
4.	Средняя наиболее холодного месяца	t <sup>х.м.</sup> <sub>ср</sub>	°С	-5,6
5.	Максимальная наиболее холодного месяца	t <sup>х.м.</sup> <sub>макс</sub>	°С	-38
6.	Максимальная наиболее жаркого месяца	t <sup>ж.м.</sup> <sub>макс</sub>	°С	+46

На рисунке 1 представлена зависимость влияния энергии Гиббса ( $\Delta G$ , ккал.) от температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) на протекание реакций образования ионов тяжелых металлов в водной среде:

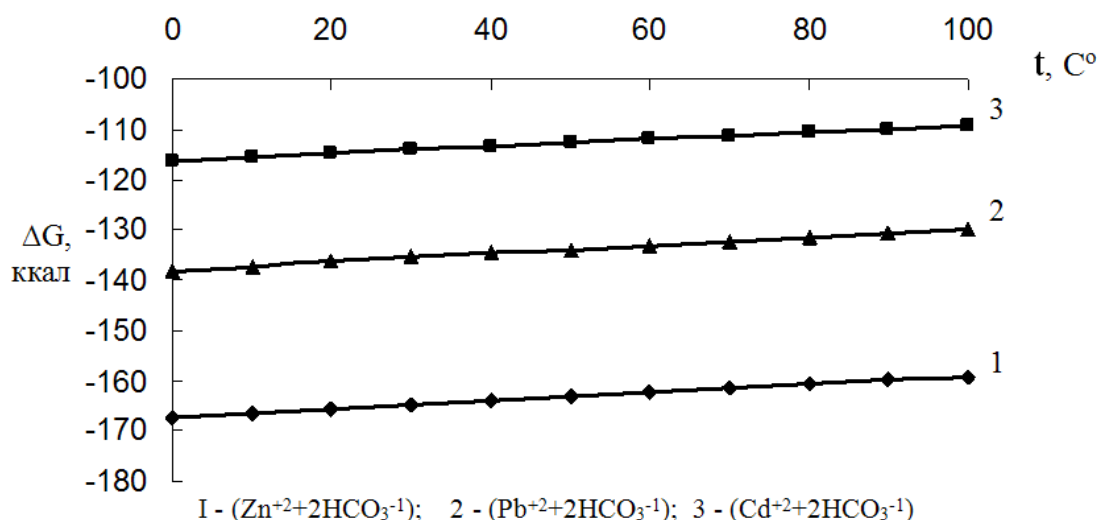
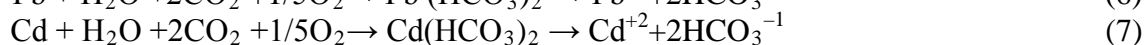
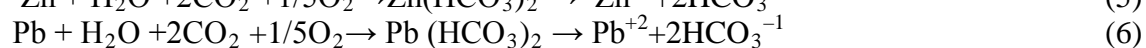
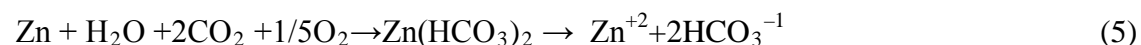


Рис. 1. Влияние температуры на  $\Delta G$  реакций

Как видно из рисунка ионы цинка, свинца и кадмия имеют право на образование в водной среде, а также ее миграции в дальнейшем в почву и растения. О токсичности рассмотренных элементов можно судить из таблицы 4.

Таблица 4

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) Zn, Pb, Cd в воздухе, воде, почве и характер их воздействия на человека [3–6]

№/№	Вещество	Воздух (ПДКс.с)	Почва	Вода	Характер воздействия
1	Цинк	50 мкг/м <sup>3</sup>	23,0 мг/кг	0,3 мг/л	Транслокация
2	Свинец	300нг/м <sup>3</sup>	20,0 мг/кг	30мкг/л	Поражение нервной системы, печени и кроветворных органов, обогащение и накопление в пищевых цепях
3	Кадмий	300нг/м <sup>3</sup>	1,0 мг/кг	1,0мкг/л	Канцерогенез



По данным областной СЭС, в грунтовых водах, отобранных недалеко от хвостохранилищ содержание тяжелых металлов в несколько раз превышает норму (таблица 5).

Таблица 5

Содержание химических элементов в грунтовых водах

№	Наименование	Количество в мг/л
1	Свинец	7,08
2	Цинк	6,0
3	Ионы $\text{SO}_2^{-2}$	522,0
4	Ионы $\text{Cl}^-$	14,0
5	Ионы $\text{Cu}^{2+}$	180,0
6	Ионы $\text{K}^+, \text{Na}^+$	5,0
7	Общая минерализация	939–1264,0

Анализ почвы в регионе показали, что превышение ПДК свинца в почве составляет до 40 раз. Растения, произрастающие в Кентауском регионе, теряют свои полезные свойства в зависимости от концентрации свинца в почве. Загрязнение окружающей природной среды сказывается и на здоровье населения региона и особенно на подрастающем поколении. Проведенными исследованиями [7] показано: что по основным параметрам физического развития подростков 15–17 лет с средним физическим развитием составляет 67,6%, нижесредним 17,0% и низким 3,2%, что значительно ниже аналогичных показателей регионов с меньшим промышленным загрязнением. Отклонения в физическом развитии имелось у 1/5 обследованных юношей призывного возраста. В дисгармонизации физического развития видится роль антропогенного загрязнения, о чем свидетельствует высокая обратная корреляционная связь между содержанием солей тяжелых металлов в воде ( $r = -0,83$   $-0,97$ ) и в почве ( $r = -0,68$   $-0,74$ ).

Таким образом, механизм загрязнения окружающей среды от отвала клинкера не только по причине разноса мелочи ветром [8], но более глубокий, а именно:



Рис. 2. Схема воздействия отвала клинкера на окружающую среду

#### Выводы:

- наиболее опасным техногенным отходом является отход, месторасположение которого находится выше уровня моря;
- по своей структуре является причиной активного загрязнения окружающей среды;
- необходимо принять неотложные меры по утилизации отвала клинкера вельцевания Ачисайской цинковой руды

#### Список использованных источников

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОДН–86, а с1997 года–РДН 211.2.01–97).Л.: Гидрометеиздат, 1987
2. Гальперин М.В. Экологические основы природопользования: Учебник. – М.ФОРУМ: ИНФРА–Мю–256с.
3. Ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест №3,02,0367–99
4. СанП и П 3.01.070.98 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Утв. Главным государственным санитарным врачом РК.
5. Список «Предельно-допустимых концентраций химических веществ в почве (ПДК)» Утв. Главным государственным санитарным врачом РК.№3.02.002–97 от 24.11.97.РДН 211.3.03.03–2000.
6. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия,1985.528 с.
7. Автореферат к.м.н. Кистаубаевой З.К. "Состояние здоровья и иммунологическая реактивность подростков города Кентау" Алматы 2002г. 25с.
8. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.2-е изд., – М.: Гидрометеиздат, 1984.192 с.

### ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СЛОЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИИ

© Колибаба О.Б., Бухмиров В.В., Сулейманов М.Г.

*Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина,  
г. Иваново, Россия*

В инженерной практике приходится рассчитывать температурное поле садки мелких тел как единого условного изотропного пористого тела с порозностью,  $f$ . Перенос теплоты в таком теле обусловлен теплопроводностью по твердому скелету и газу, заполняющему поры, излучением и конвекцией в порах, причем последняя определяется интенсивностью фильтрации газа через поры [1].

На основе численного решения задачи при использовании теории планирования эксперимента получены формулы для расчета температур поверхности, центра и средней по массе температуры насыпной садки [2]. Задача расчета температурного поля слоя с учетом фильтрации газов формулируется системой уравнений:

$$c_3(\vartheta) \frac{\partial \vartheta}{\partial Fo} = b \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (\lambda_3(\vartheta) \frac{\partial \vartheta}{\partial x}); \quad (1)$$

$$\vartheta(x, 0) = \vartheta_0 \quad (2)$$

$$\lambda_3(\vartheta) \frac{\partial \vartheta(1, Fo)}{\partial x} = A_0(1 + A_1 \sqrt{\frac{Fo}{Fo_k}}); \quad \frac{\partial \vartheta(0, Fo)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

$$\vartheta = \frac{T - T_0}{T_0} ; \quad Fo = \frac{\lambda_{0,\vartheta} \cdot \tau}{C_{0,\vartheta} \cdot R^2} ; \quad b = \frac{w \cdot f \cdot C_2 \cdot R}{\lambda_{0,\vartheta}} ; \quad A_0 = \frac{q_0 \cdot R}{\lambda_{0,\vartheta} \cdot T_0} ; \quad A_1 = \frac{a_1}{q_0} ;$$

где  $R$  – расчетный размер;  $w$  – скорость фильтрации,  $T_0$  – начальная температура садки,  $C_{0,\vartheta}$ ,  $\lambda_{0,\vartheta}$  – эффективные теплофизические свойства садки при  $\vartheta = 0$ .

Зависимость  $\lambda_3(\vartheta)$  аппроксимируют функцией:

$$\lambda_3(\vartheta) = \lambda_{0,\vartheta} \left( 1 + p \cdot \vartheta + \frac{1}{2} p^2 \vartheta^2 \right) \quad (4)$$

Искомую зависимость  $\vartheta(Fo)$  аппроксимируют [3] полиномом 2 степени.

Для решения задачи применяется планирование численного эксперимента с построением полного факторного композиционного ротатабельного плана. В результате решения задачи получены формулы для расчета обогреваемой  $\vartheta(1, Fo)$ , необогреваемой  $\vartheta(0, Fo)$  поверхностей и средней по массе температуры  $\vartheta_{cp}(Fo)$  слоя.

### Список использованных источников

1. Васильев Л.Л., Танаева С.А. Теплофизические свойства пористых материалов. Минск, «Наука и техника», 1971, 268 с.
2. Бровкин Л.А. Температурные поля тел при нагреве и плавлении в промышленных печах. Иваново, изд. Ивановского гос. университета, 1973, 364 с.
3. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. Под ред. А.В. Лыкова. М., «Энергия», 1973, 336 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОДА РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ФИЛИАЛА ПСЦМ ОАО «УРАЛЭЛЕКТРОМЕДЬ»

© Кузнецов И.Д.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Руднотермическая печь (РТП) размещается в помещении шихтарника плавильного отделения свинцово-баббитного цеха на территории филиала «Производство сплавов цветных металлов» (ПСЦМ) ОАО «Уралэлектромедь».

Проектом предусматривается перепрофилирование производства на выпуск штейна медного и увеличение производительности печи по шихте с 37,2 до 50 т/сут.

В проекте предусмотрены изменения размеров рабочего пространства печи: длина печи составит 3295 мм, ширина – 2000 мм, а высота – 1895 мм. Так же изменится толщина кладки печи: рабочая торцевая стенка составит 575 мм, остальные стенки 460 мм.

В торцевой рабочей стенке будут располагаться:

1. Два штейновых шпура, диаметром 20 мм, на высоте 150 мм, по разные стороны от оси печи;
2. Шлаковый шпур, диаметром 30 мм, в рабочей торцевой стенке на высоте 450 мм от пода печи;

Кладку печи выполняют из шамотного кирпича.

Под будут выкладывать из трёх слоёв:

- первый слой будет состоять из шамотного кирпича;
- второй слой – смесь кварцевого песка с шамотной крошкой;
- третий слой, имеющий вид обратного свода, будет выкладывается из хромито-периклазового кирпича общей толщиной 460 мм.

Свод, толщиной 230 мм, выполняют вперевязку из шамотного кирпича. В своде печи будут установлены три обечайки для электродов, обечайка с отверстиями для замера уровня

штейна и установки импульсной трубки для замера давления под сводом печи, опора газохода, а также два камня для течек (рисунок 1).

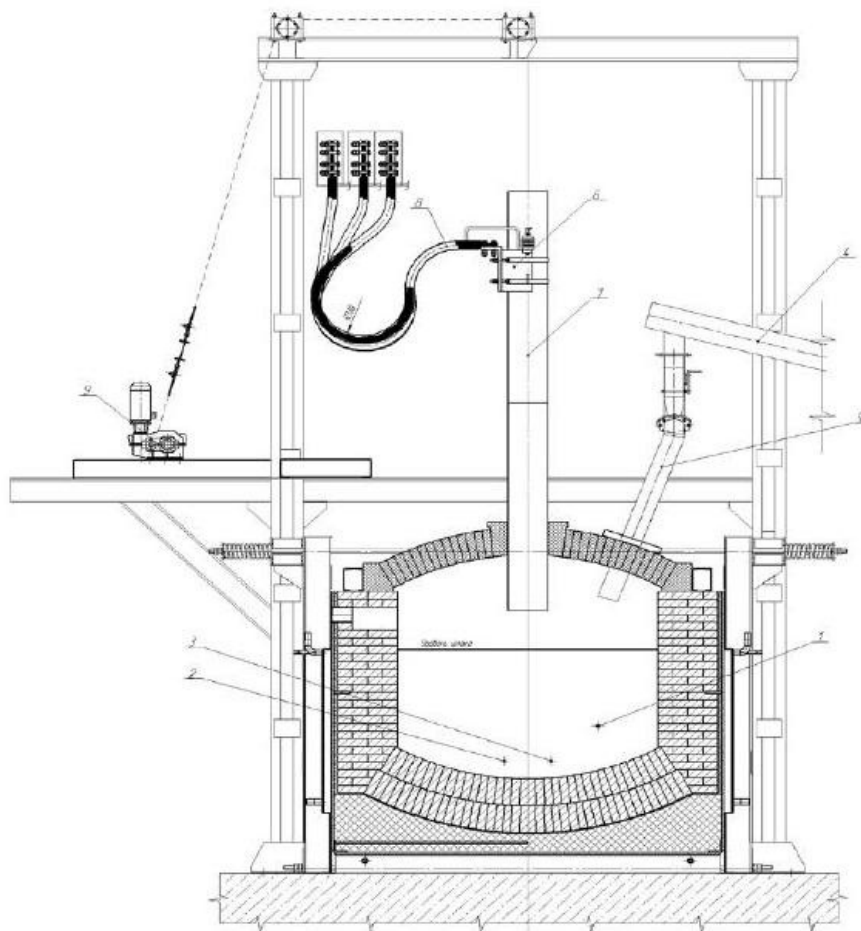


Рис. 1. Поперечный разрез РТП:

- 1 – шпуровое отверстие для выпуска шлака; 2 – запасное шпуровое отверстие для выпуска штейна; 3 – шпуровое отверстие для выпуска штейна;
- 4 – шнековый конвейер; 5 – распределительное устройство; 6 – электродержатель;
- 7 – электрод; 8 – гибкий шинопровод; 9 – лебёдка для перемещения электродов.

Тепловой режим работы печи, определяемый глубиной погружения электродов в расплав шлака, регулируется автоматически с помощью отдельной для каждого электрода электрической лебёдки.

Из-за увеличения производительности печи возникла необходимость охлаждения пода печи. Т.к. печь трёхэлектродная, то при увеличении производительности, увеличивается теплопотери через кладку пода печи. Для того чтобы снизить теплопотери была спроектирована система воздушного охлаждения пода печи. Весь обдув осуществляется за счет одного центробежного вентилятора среднего давления ВР-280-4 (рисунок 2).

После вентилятора воздух перемещается в общий коллектор, после которого равномерно распределяется по шести соплам, направленным на под печи. Равномерность распределения воздуха в шести соплах достигается за счет установки шиберных заслонок перед самими соплами (рисунок 3).

Установка шиберной заслонки с регулировочной гайкой позволяет регулировать поток воздуха на конкретный участок пода печи, в зависимости от теплопотерь через под. Необычная форма сопла позволяет распределить поток воздуха по всему участку пода, за который отвечает данное сопло.

За счет равномерности распределения воздушного потока решается задача повышения стойкости пода руднотермической печи и увеличения межремонтного периода.

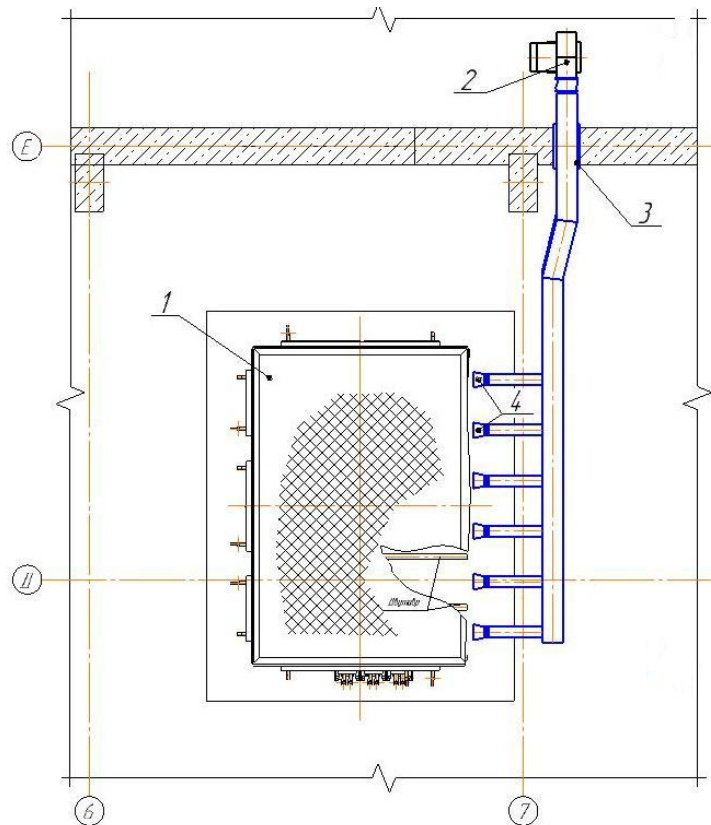


Рис. 2. Система охлаждения пода РТП (вид сверху):  
 1 – руднотермическая печь; 2 – центробежный вентилятор среднего давления ВР-280-4; 3 – общий коллектор; 4 – сопла

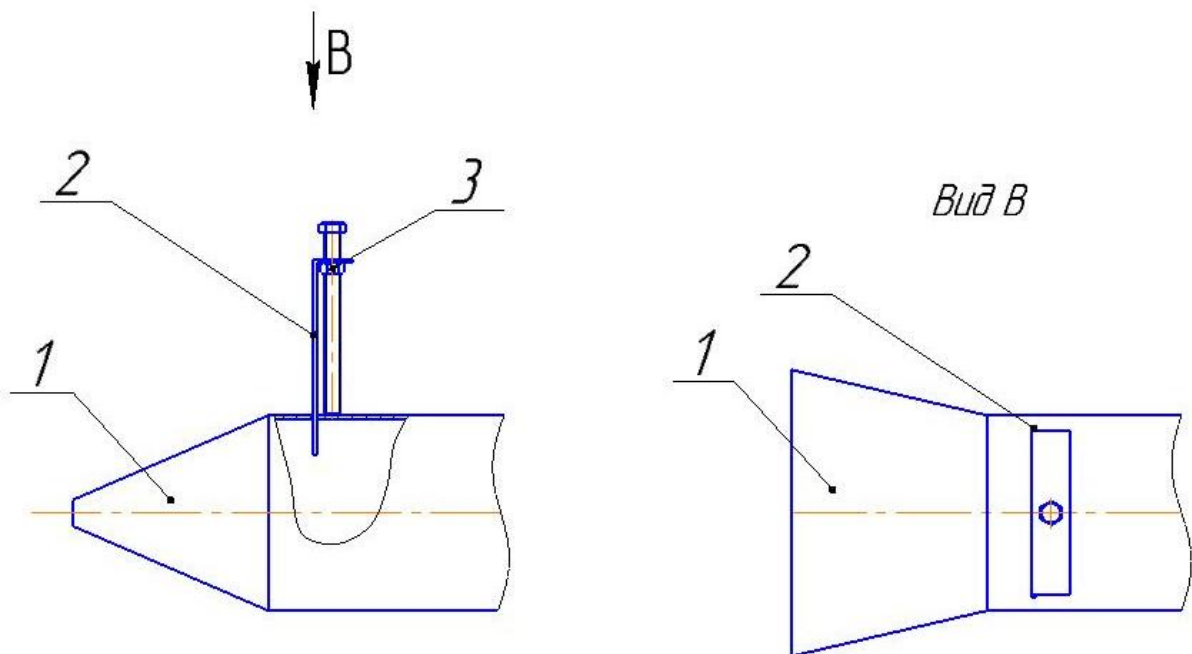


Рис. 3. Чертёж сопла:  
 1 – сопло; 2 – шиберная заслонка; 3 – регулировочная гайка

# ПРИБЛИЖЁННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

© Куликов И.С., Кадникова Д.В., Швыдкий В.С.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

Анализ закономерностей распространения излучения в излучающей и поглощающей среде, выполненный с использованием закона Бугера, приводит к интегро-дифференциальному уравнению переноса следующего типа

$$\frac{1}{\beta_v(s)} \frac{dI_v(s, \Omega)}{ds} + I_v(s, \Omega) = S_v(s, \Omega), \quad (1)$$

где спектральная функция источника  $S_v(s, \Omega)$  имеет вид

$$S_v(s, \Omega) \equiv (1 - \omega_v) I_{v,b}(T) + \frac{1}{4\pi} \omega_v \int_{4\pi} P(\Omega' \cdot \Omega) I_v(s, \Omega') d\Omega'. \quad (2)$$

Здесь  $\omega_v = \alpha_v(s)/\beta_v(s)$  – спектральное *альбедо*;  $\alpha_v(s)$  – коэффициент рассеяния;  $\beta_v(s)$  – коэффициент ослабления;  $I_v$  – спектральная интенсивность излучения;  $I_{v,b}$  – то же по Планку для а.ч.т.;  $P(\Omega' \cdot \Omega)$  – вероятность интенсивности излучения в данном направлении;  $\Omega' \cdot \Omega = \cos\theta_0$ ,  $\theta_0$  – угол между падающим и рассеянным лучами. Последнее слагаемое правой части (2) характеризует *индикатрису* излучения.

Если при  $s = s_0$   $I_v(s, \Omega) = I_0$ , то формальное решение (1)

$$I_v(s, \Omega) = I_{v0} \exp\left[-\int_{s_0}^s \beta_v(s') ds'\right] + \int_{s_0}^s \beta_v(s') S(s', \Omega) \exp\left[-\int_{s_0}^s \beta_v(s'') ds''\right] ds'. \quad (3)$$

Математические трудности, возникающие при решении интегро-дифференциальных уравнений с реальной индикатрисой излучения, привели к появлению ряда приближённых методов в теории переноса излучения. В приближении *оптически тонкого* и *оптически толстого слоёв* (последнее называется также *диффузионным приближением*, или *приближением Росселанда*) используются упрощения, вытекающие из предельного значения толщины среды (других приближений в целях экономии места здесь не рассматриваем).

Приближённые методы полезны с той точки зрения, что они дают различные простые способы решения сложных задач переноса излучения.

**Приближение оптически тонкого слоя.** Приближение оптически тонкого слоя основано на предположении, что оптическая толщина среды  $\tau_0$  чрезвычайно мала (т.е.  $\tau_0 \ll 1$ ). В

этом случае интегроэкспоненциальные функции  $E_n(z) = \int_0^1 \eta^{n-2} e^{-z/\eta} d\eta$ , где  $n$  – порядок

функции, и экспоненту можно представить в виде

$$E_2(\tau) = 1 - O(\tau); \quad E_3(\tau) = \frac{1}{2} - \tau + O(\tau^2); \quad e^{-\tau} = 1 - \tau + O(\tau^2). \quad (4)$$

Если подставить эти выражения в формальные решения, рассмотренные ранее, то можно получить относительно простые выражения для функции источника, интенсивностей излучения на граничных поверхностях, плотности потока результирующего излучения и других величин.

**Выражение для функции источника.** Формальное решение для спектральной функции источника в предположении изотропного излучения и осевой симметрии имеет вид

$$S_v(\tau) = (1 - \omega_v) I_{v,b}[T(\tau)] + \frac{1}{2} \omega_v \left[ I_v^+(0) E_2(\tau) + I_v^-(\tau_0) E_2(\tau_0 - \tau) + \int_{\tau'=0}^{\tau_0} S_v(\tau') E_1(|\tau - \tau'|) d\tau' \right], \quad (5)$$

где  $T$  – абсолютная температура;  $\nu$  – частота;  $I_v^+(0)$  и  $I_v^-(\tau_0)$  – спектральные интенсивности излучения на границах плоского слоя (см. рис. 1).

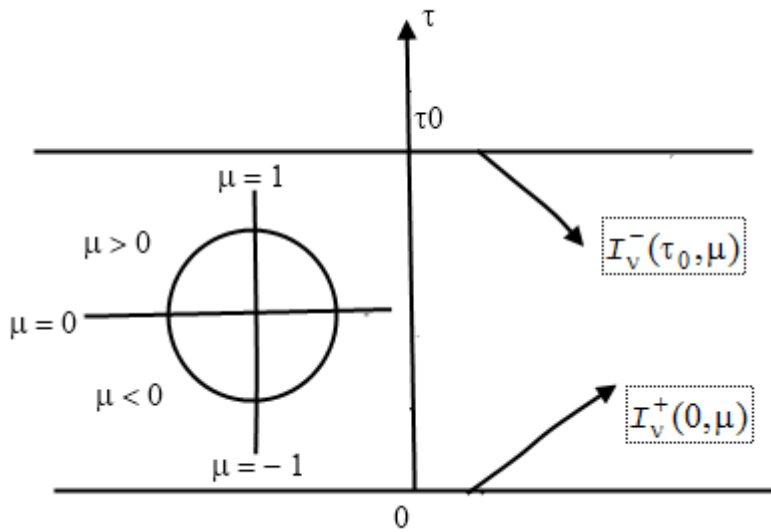


Рис. 1. Система координат при формальном решении уравнения переноса излучения в плоском слое

Для оптически тонкого слоя (т.е. при  $\tau_0 \ll 0$ ), подставляя в (5) приближённые выражения (4) и пренебрегая слагаемыми, имеющими порядок  $\tau_0$ , получаем

$$S_v(\tau) = (1 - \omega_v) I_{vb}[T(\tau)] + \frac{1}{2} \omega_v [I_v^+(0) + I_v^-(0)] \quad (6)$$

Отсутствие здесь интегрального слагаемого говорит о том, что не происходит ослабления излучения,

испускаемого самой средой. Физический смысл этого явления состоит в пренебрежимо малом влиянии самопоглощения излучения из-за очень малой оптической толщины среды.

**Выражения для интенсивности излучения на граничных поверхностях.** Рассмотрим уравнения для интенсивностей излучения на граничных поверхностях изотропно рассеивающего плоского слоя с диффузно отражающими границами

$$I_v^+(0) = \varepsilon_{1v} I_{vb}(T_1) + 2r_{1v}^d \left[ I_v^-(\tau_0) E_3(\tau_0) + \int_0^{\tau_0} \int_0^1 S_v(\tau', -\mu') e^{-\tau'/\mu'} d\tau' d\mu' \right] \quad \text{при } \mu > 0, \quad (7a)$$

$$I_v^-(\tau_0) = \varepsilon_{2v} I_{vb}(T_2) + 2r_{2v}^d \left[ I_v^+(0) E_3(\tau_0) + \int_0^{\tau_0} \int_0^1 S_v(\tau', \mu') e^{-(\tau_0 - \tau')/\mu'} d\tau' d\mu' \right] \quad \text{при } \mu < 0. \quad (7b)$$

Здесь  $\varepsilon_{1v}$  и  $\varepsilon_{2v}$  – спектральные полусферические степени черноты,  $r_{1v}^d$  и  $r_{2v}^d$  – спектральные полусферические диффузные отражательные способности граничных поверхностей.

Учитывая приближённые соотношения (4) и пренебрегая слагаемыми, имеющими порядок  $\tau_0$ , перепишем уравнения (7) в виде

$$I_v^+(0) = \varepsilon_{1v} I_{vb}(T_1) + r_{1v}^d I_v^-(\tau_0), \quad \mu > 0, \quad (8a)$$

$$I_v^-(\tau_0) = \varepsilon_{2v} I_{vb}(T_2) + r_{2v}^d I_v^+(0), \quad \mu < 0. \quad (8b)$$

Разрешив эту систему относительно интенсивностей излучения на граничных поверхностях, получаем

$$I_v^+(0) = \frac{\varepsilon_{1v} I_{vb}(T_1) + r_{1v} \varepsilon_{2v} I_{vb}(T_2)}{1 - r_{1v} r_{2v}}, \quad I_v^-(\tau_0) = \frac{\varepsilon_{2v} I_{vb}(T_2) + r_{2v} \varepsilon_{1v} I_{vb}(T_1)}{1 - r_{1v} r_{2v}}, \quad (9)$$

где для простоты опущен индекс  $d$  при  $r_{iv}$ .

**Выражение для плотности монохроматического потока результирующего излучения.** Формальное решение уравнения переноса излучения для случая изотропного рассеяния даёт следующее выражение для плотности потока монохроматического излучения

$$Q_V^{\text{pez}}(\tau) = 2\pi \left[ I_V^+(0)E_3(\tau) + \int_0^\tau S_V(\tau')E_2(\tau-\tau')d\tau' \right] - 2\pi \left[ I_V^-(\tau)E_3(\tau_0-\tau) + \int_\tau^{\tau_0} S_V(\tau')E_2(\tau'-\tau)d\tau' \right]. \quad (10)$$

При использовании (4) выражение (10) упрощается и принимает вид

$$Q_V^{\text{pez}}(\tau) = 2\pi \left\{ I_V^+(0) \left( \frac{1}{2} - \tau \right) + \int_0^\tau S_V(\tau')d\tau' - I_V^-(\tau_0) \left[ \frac{1}{2} - (\tau_0 - \tau) \right] - \int_\tau^{\tau_0} S_V(\tau')d\tau' \right\}. \quad (11)$$

Здесь сохранены слагаемые порядка  $\tau_0$ , и поэтому это выражение имеет такой же порядок точности. Если слагаемыми порядка  $\tau_0$  пренебречь, то (11) упростится и примет вид

$$Q_V^{\text{pez}} = \pi [I_V^+(0) - I_V^-(\tau_0)]. \quad (11a)$$

Если граничные поверхности непрозрачны и  $r_{1v} = 1 - \varepsilon_{1v}$ ,  $r_{2v} = 1 - \varepsilon_{2v}$ , то, подставляя выражения (8) в (11a), получаем

$$Q_V^{\text{pez}} = \frac{\pi [I_{vb}(T_1) - I_{vb}(T_2)]}{\frac{1}{\varepsilon_{1v}} + \frac{1}{\varepsilon_{2v}} - 1}, \quad (11b)$$

т.е. обычное выражение, используемое для расчёта плотности монохроматического потока результирующего излучения между двумя непрозрачными пластинами, разделёнными прозрачной средой.

**Приближение оптически толстого слоя (приближение Росселанда, или диффузионное приближение).** Среда называется оптически толстой, если средняя длина свободного пробега фотона (т.е. величина, обратная коэффициенту ослабления) мала по сравнению с её характерным размером. Главное преимущество этого приближения состоит в том, что оно даёт очень простое выражение для плотности потока результирующего излучения. Ниже мы дадим краткий вывод выражения для плотности монохроматического потока излучения в приближении оптически плотного слоя.

Запишем формальные решения уравнения переноса излучения для плотности монохроматического потока излучения  $Q_V^{\text{pez}}(\tau)$  и спектральной функции источника  $S_V(\tau)$ :

$$Q_V^{\text{pez}}(\tau) = 2\pi \left[ \int_0^1 I_V^+(0, \mu) e^{-\tau/\mu} \mu d\mu + \int_0^\tau S_V(\tau')E_2(\tau-\tau')d\tau' \right] - 2\pi \left[ \int_0^1 I_V^-(\tau_0, -\mu) e^{-(\tau_0-\tau)/\mu} \mu d\mu + \int_\tau^{\tau_0} S_V(\tau')E_2(\tau'-\tau)d\tau' \right] \quad (12)$$

и

$$S_V(\tau) = (1 - \omega_v) I_{vb}[T(\tau)] + \frac{1}{2} \omega_v \left[ \int_0^1 I_V^+(0, \mu) e^{-\tau/\mu} d\mu + \int_0^1 I_V^-(\tau_0, -\mu) e^{-(\tau_0-\tau)/\mu} d\mu + \int_{\tau'=0}^{\tau_0} S_V(\tau')E_1(|\tau-\tau'|)d\tau' \right]. \quad (13)$$

Разложим функцию источника  $S_V(\tau)$  в ряд Тейлора в окрестности  $\tau$ :

$$S_V(\tau') = S_V(\tau) + (\tau'-\tau) \left. \frac{dS_V(\tau')}{d\tau'} \right|_\tau + \frac{1}{2!} (\tau'-\tau)^2 \left. \frac{d^2 S_V(\tau')}{d\tau'^2} \right|_\tau + \dots \quad (14)$$

Для оптически толстой среды  $\tau$ ,  $\tau_0$  и  $(\tau_0 - \tau)$  очень велики всюду, за исключением областей вблизи границ. Таким образом, рассматриваются области вдали от границ, где можно считать, что  $\tau$ ,  $\tau_0$  и  $(\tau_0 - \tau) \gg 1$ .

Для больших  $\tau$  интегроэкспоненциальная и экспоненциальная функции стремятся к нулю



$$e^{-\tau} \rightarrow 0, \quad E_n(\tau) \rightarrow 0, \quad \tau^n E_n(\tau) \rightarrow 0 \quad \text{для } \tau \rightarrow \infty, n=1,2,3,\dots \quad (15)$$

Подставляя разложение (14) в (12) и (13), беря по частям интегралы с переменной интегрирования  $\tau$  и упрощая полученные выражения с помощью (15), получаем

$$S_v(\tau) = I_{vb}[T(\tau)], \quad (16)$$

$$q_v^{\text{рез}}(\tau) = -\frac{4\pi}{3} \frac{dS_v(\tau)}{d\tau} = -\frac{4\pi}{3} \frac{dI_{vb}[T(\tau)]}{d\tau}. \quad (17)$$

Приведённые формулы справедливы для оптически толстой среды в области, удалённой (оптически) от границ. Выражение (17) называется приближением оптически толстого слоя для плотности монохроматического потока результирующего излучения  $q_v^{\text{рез}}(\tau)$ .

Теперь можно записать выражение для плотности интегрального потока результирующего излучения в приближении оптически толстого слоя:

$$q^{\text{рез}}(\tau) = -\frac{4\pi}{3} \int_{v=0}^{\infty} \frac{dI_{vb}[T(\tau)]}{d\tau} d\nu, \quad \text{или} \quad q^{\text{рез}}(y) = -\frac{4\pi}{3} \int_{v=0}^{\infty} \frac{1}{\beta_v} \frac{dI_{vb}[T(y)]}{dy} d\nu. \quad (18)$$

Здесь  $\beta_v = \kappa_v + \sigma_v$  – спектральный коэффициент ослабления, складывающийся из спектрального коэффициента поглощения и спектрального коэффициента рассеяния.

Производная от  $I_{vb}[T(y)]$  по  $y$  равна

$$\frac{dI_{vb}(T)}{dy} = \frac{dI_{vb}(T)}{dI_b(T)} \frac{dI_b(T)}{dy}. \quad (19)$$

Подставляя (19) в (18), получаем

$$q^{\text{рез}}(y) = -\frac{4\pi}{3} \frac{dI_b(T)}{dy} \int_{v=0}^{\infty} \frac{1}{\beta_v} \frac{dI_{vb}(T)}{dI_b(T)} d\nu. \quad (20)$$

Определим *средний по Росселанду коэффициент ослабления*  $\beta_R$  как

$$\frac{1}{\beta_R} = \int_{v=0}^{\infty} \frac{1}{\beta_v} \frac{dI_{vb}(T)}{dI_b(T)} d\nu. \quad (21)$$

Тогда выражение (20) примет вид

$$q^{\text{рез}}(y) = -\frac{4\pi}{3\beta_R} \frac{dI_b(T)}{dy} \quad \text{или} \quad q^{\text{рез}}(y) = -\frac{4\bar{\sigma}}{3\beta_R} \frac{d(n^2 T^4)}{dy}, \quad (22)$$

так как

$$I_b(T) = \frac{n^2 \bar{\sigma} T^4}{\pi}, \quad (23)$$

где  $n$  – показатель преломления среды, а  $\bar{\sigma}$  – коэффициент Стефана – Больцмана.

Для постоянного  $n$  выражение (22) может быть представлено в виде

$$q^{\text{рез}}(y) = -\lambda_r \frac{dT}{dy}, \quad \text{где } \lambda_r \equiv \frac{16n^2 \bar{\sigma} T^3}{3\beta_R}. \quad (24)$$

Коэффициент  $\lambda_r$  называют *коэффициентом лучистой теплопроводности* по аналогии с известным в теории теплопроводности коэффициентом теплопроводности. Выражение (24) имеет тот же вид, что и соответствующее выражение для плотности теплового потока за счёт теплопроводности; отсюда видно, что приближение оптически толстого слоя описывает процесс переноса излучения как диффузионный процесс.

Выражение (22) [или (24)] называют *приближением Росселанды* или *диффузионным приближением* для плотности потока излучения. Средний по Росселанду коэффициент ослабления  $\beta_R$ , определяемый выражением (21), может быть рассчитан с помощью функции излучения второго рода.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СТАНА 550 ОАО «ЧУСОВСКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

© Лимонова Т.В., Казяев М.Д.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

Чусовской металлургический завод является поставщиком рессорной стали для автомобильных заводов России. Производство осуществляется в прокатных цехах. В одном из них находится стан «550» перед которым установлена методическая толкательная печь. Конструкция печи представлена на рисунке 1.

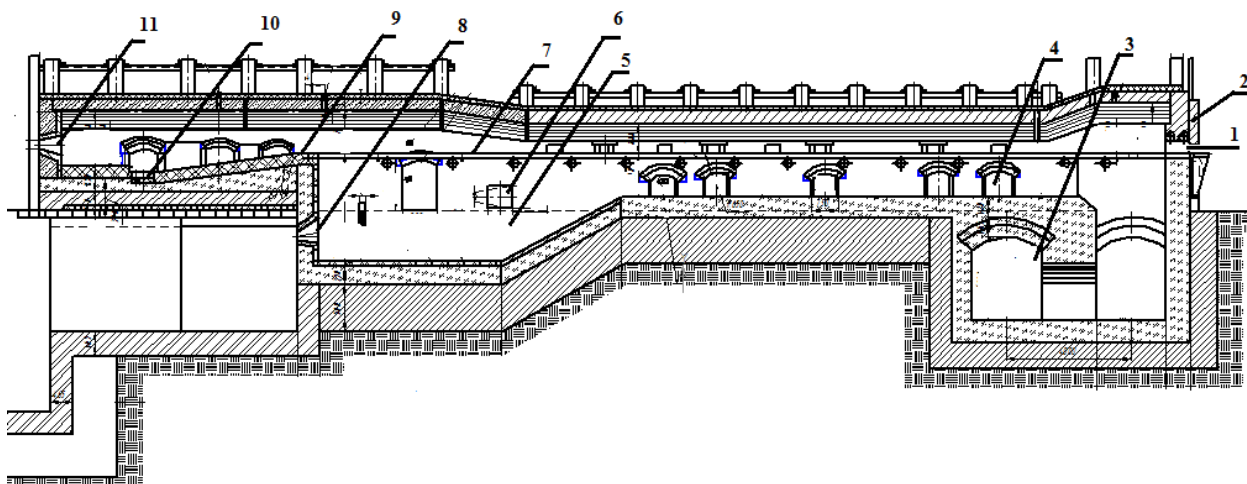


Рис. 1. Конструкция печи:

- 1 – окно загрузки; 2 – заслонка; 3 – боров; 4 – смотровое окно;  
5 – камера нижнего подогрева; 6 – боковые горелки; 7 – глissажные трубы;  
8 – горелки камеры нижнего подогрева, 9 – монолитный под;  
10 – водоохлаждаемый желоб; 11 – торцевые горелки

В печи осуществляется двусторонний нагрев металла, торцевая загрузка и боковая выдача нагретых заготовок, есть сплошная подина.

Печь нагревает заготовки сечением 110\*110 до 255\*124 мм, длиной от 2 до 3 м и массой до 580 кг. Заготовка в печи перемещается по двум водоохлаждаемым глissажным трубам. Нагревательная печь оборудована 9-ю горелками: 4- в торцевой стене сварочной зоны; 2- в боковых стенах нижней части сварочной зоны; 3 горелки- в торцевой стене камеры нижнего подогрева.

Первоначально печь отапливалась природно-доменной смесью, а потом была переведена на природный газ практически без изменения конструкции.

Верхнее отопление только торцевое. Печь работает по двухзонному режиму. Выдержки на сплошном поду нет. Перегрев металла на последней стадии, это приводит к быстрому выходу свода печи из строя, что особенно проявилось при переходе на природный газ. Техническая характеристика существующей методической печи представлена в таблице 1. Тепловой баланс существующей методической печи представлен в таблице 2.

Техническая характеристика

Наименование	Размерность	Величина
Длина печи по кладке	мм	25250
Длина активного пода	мм	23010
Длина монолитной части активного пода	мм	3800
Ширина печи от стенки до стенки	мм	3480
Высота методической зоны	мм	800
Высота камеры нижнего подогрева	мм	2400
Высота свода сварочной зоны	мм	1300
Производительность печи	т/ч	11,5-24
Температура заготовки на посадке	$^{\circ}\text{C}$	20
Температура заготовки на выдаче	$^{\circ}\text{C}$	1220
Тепловая мощность ( $Q_{\text{общ}}$ )	кВт	10131,3
Площадь активного пода	$\text{м}^2$	80,07
Топливо: природный газ	кДж/м <sup>3</sup>	33400
Способ нагрева	Открытый нагрев продуктами горения	
Давление газа перед печью	кПа	4-6
Давление воздуха перед печью	кПа	4-6
Общий расход газа на печь	м <sup>3</sup> /ч	1094
Температура подогрева воздуха	$^{\circ}\text{C}$	112

Таблица 2

Тепловой баланс существующей методической печи

Приход теплоты	кВт	%
Хим. теплота горения топлива ( $Q_{\text{хим}}$ )	10725	92,46
Физическое тепло подогретого воздуха ( $Q_{\text{в}}$ )	484	4,17
Теплота экзотермических реакций ( $Q_{\text{экз}}$ )	391	3,37
Итого:	11600	100,00
<u>Расход теплоты</u>		
Теплота, затраченная на нагрев металла ( $Q_1$ )	3229	27,84
Потери теплоты с уходящими газами ( $Q_2$ )	4632	39,93
Потери теплоты в окружающую среду ( $Q_5$ ),	3252	28,04
В том числе: $Q_{5\text{охл}}$	2361	20,35
$Q_{5\text{т}}$	700	6,03
$Q_{5\text{изл}}$	191	1,65
Невязка	487	4,2
Итого:	11600	100,00

Суммарный коэффициент полезного действия печи:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\Delta Q_1}{Q_{\text{х}} + Q_{\text{в}}} * 100\%; \quad \eta_{\Sigma} = \frac{3229}{10725 + 484} * 100 = 28,8 \%$$

Удельный расход условного топлива:

$$b = \frac{BQ_{\text{н}}^{\text{р}}}{29,31 \cdot P}; \quad b = \frac{0,303 \cdot 33400}{29,31 \cdot 3,194} = 108,2 \frac{\text{кг у.т}}{\text{т}}$$

Как видно из приведённых расчётов удельный расход условного топлива высокий, а коэффициент полезного действия низкий. Сейчас современные печи работают с коэффициентом полезного действия до 50%. Из этого следует, что печь нуждается в техническом перевооружении. Меры, которые необходимо предпринять:

- Изменение схемы отопления. Печь должна быть переоборудована из двухзонной в трёхзонную. Для этого необходимо ввести дополнительное отопление в верхней части печи.
- Замена топливосжигающих устройств на современные конструкции.
- Изменение конструкции свода: арочный кирпичный свод заменить на плоский панельный свод, выполненный из Z-блоков.

Предполагаемые изменения конструкции печи показаны на рисунке 2.

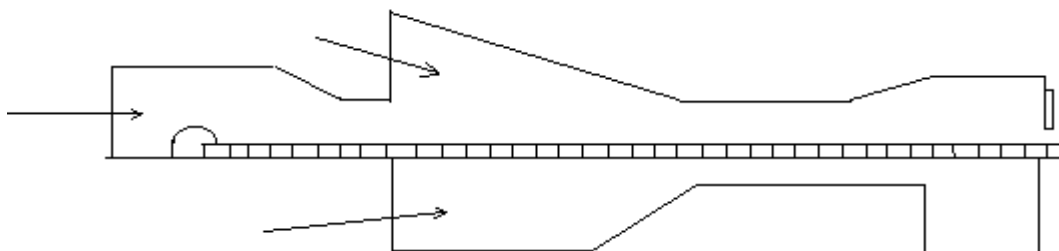


Рис. 2. Схема отопления трёхзонной методической печи

Для приведенной схемы печи был рассчитан тепловой баланс по следующим исходным данным:

Теплота сгорания топлива  $Q_{н}^p = 34000$  кДж/м<sup>3</sup>.

Производительность печи 20 т/ч.

Температура подогрева воздуха  $t_{в} = 320$  °С.

Структура теплового баланса приведена в таблице 3.

Таблица 3

Тепловой баланс методической печи после технического перевооружения

Приход теплоты				Расход теплоты			
№	Статья	кВт	%	№	Статья	кВт	%
1	$Q_x$	9001,5	88,25	1	$\Delta Q_m$	4530	40,37
2	$Q_{в}$	1315,67	11,75	2	$Q_2$	5325,6	47,8
				3	$Q_3$	290,7	2,61
				4	$Q_5$	1031,5	9,22
	Итого	11217,2	100,0		Итого	11507,7	100,0

Основные показатели тепловой работы печи:

Удельный расход условного топлива:

$$b = \frac{BQ_{н}^p}{29,31 \cdot P};$$

$$b = \frac{0,287 \cdot 34500}{29,31 \cdot 5,6} = 60,32 \frac{\text{кг у.т}}{\text{т}}$$

Коэффициент использования тепла в рабочем пространстве печи:

$$\eta_{ит} = 1 - \frac{Q_2 + Q_3}{Q_x + Q_{в}};$$

$$\eta_{ит} = 1 - \frac{5363 + 292,7}{99015 + 1315,67} = 0,496 = 49,6\%.$$

Суммарный коэффициент полезного действия:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\Delta Q_1}{Q_x + Q_B};$$

$$\eta_{\Sigma} = \frac{4530}{11217,2} = 0,404 = 40,4\%.$$

При этом произошли следующие изменения в показателях тепловой работы:

- Снижение удельного расхода топлива

$$\Delta b = \frac{b' - b''}{b'} * 100 = \frac{108,2 - 60,32}{108,2} * 100 = 44,2\%.$$

- Увеличение коэффициента полезного действия

$$\Delta \eta = \frac{\eta'' - \eta'}{\eta'} * 100 = \frac{40,4 - 28,8}{28,8} * 100 = 40,3\%.$$

### Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических печей / Под ред. А. С. Телегина – М.: Металлургия, 1982. – 360 с.
2. В. Л. Советкин, Л. А. Федяева. Теплофизические свойства веществ – Свердловск: УГТУ – УПИ, 1990. – 104с.
3. Теория и практика теплогенерации / С. Н. Гущин, М. Д. Казяев, Ю. В. Крюченков и др. – Екатеринбург: изд. УГТУ – УПИ, 2005. – 379с.
4. Гусовский В.Л. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей / Гусовский В. Л. [и др.]. - М.: Металлургия, 1981. – 272с.
5. Дипломное и курсовое проектирование теплотехнических агрегатов: методические указания к оформлению дипломных и курсовых работ/ Н.Б. Лошкарев, А.Н. Лошкарев, Л.А. Зайнуллин. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. 50с.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ

### СТАНА ТПА – 140 ОАО «СИНТЗ»

© Пестерева Д.В., Казяев М.Д.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

СинТЗ – один из основных поставщиков труб различного класса. Выпускает как горячекатаные так и холоднотянутые трубы. Существует несколько прокатных агрегатов, один из которых ТПА–140, который катает трубы из заготовки диаметром от 115 – 156 мм и длиной от 1500- 3800 мм разных марок сталей. Перед ТПА -140 установлена кольцевая методическая печь, конструкция которой показана на рисунке 1, техническая характеристика печи представлена в таблице 1.

По данным, приведенным в таблице 1, составлен тепловой баланс существующей кольцевой печи, представленный в таблице 2.

Основные показатели работы печи:

Удельный расход условного топлива

$$b = (Q_n^P * V) / (29,31 * P_M) = 74,85 \text{ кг.у.т/т.}$$

Коэффициент полезного действия

$$\eta = 30,3\%.$$

Предлагается техническое перевооружение печи:

1. Замена горелок на рекуперативные скоростные.
2. Футеровка свода и стен до уровня пода заменяются на керамоволокнистые блоки.

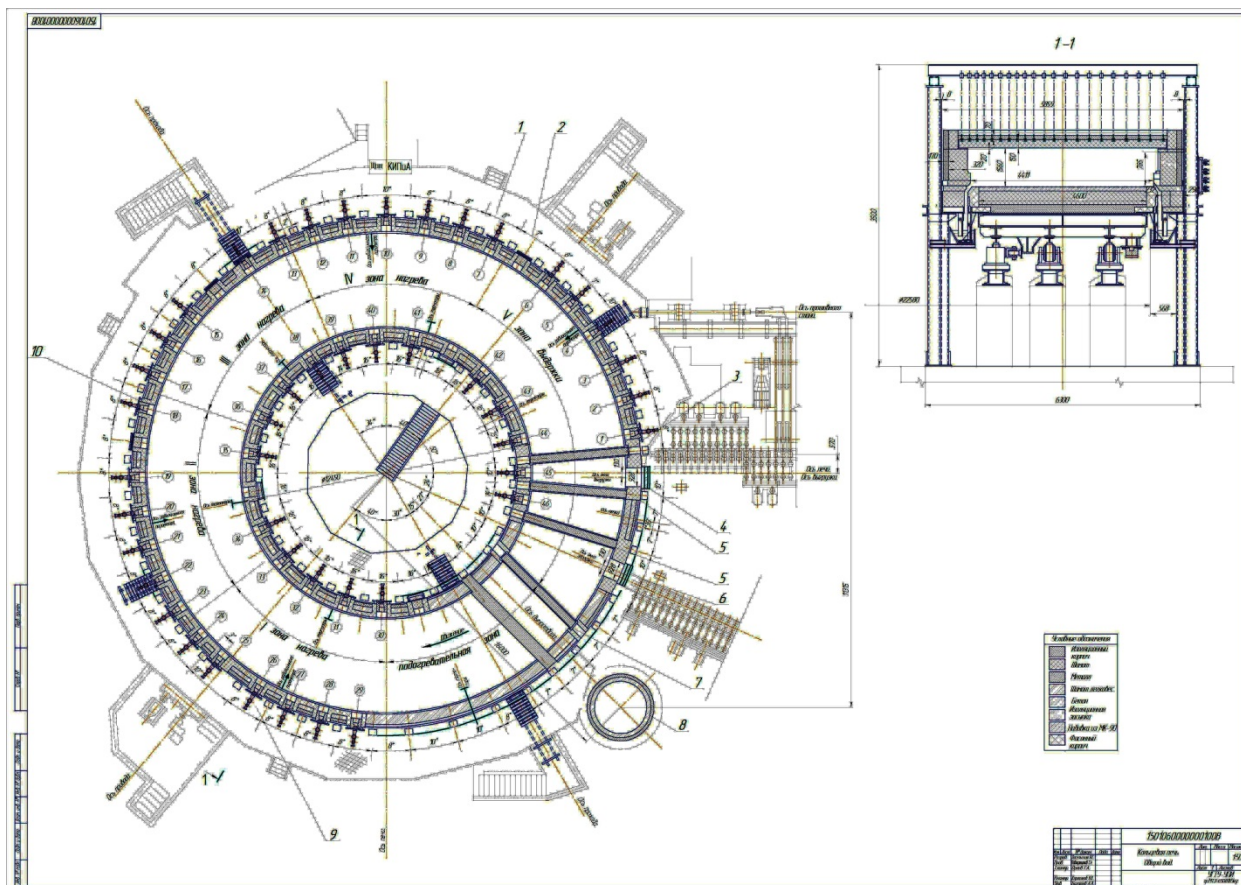


Рис. 1. Кольцевая методическая печь

Таблица 1

Техническая характеристика кольцевой печи

№	Наименование параметров	Единицы измерения	Фактическая величина
1	Тип печи	кольцевая печь	
2	Внутренние размеры рабочего пространства: - диаметр, Dнар/Dвн - длина по среднему диаметру (Dср-18,325 м) - ширина - высота от свода до пода	м  м м	22,744/13,90  57,3 4,411 1,54
3	Размеры заготовок - диаметр - длина	мм м	105-160 1,5-3,8
4	Время нагрева заготовок	мин	52-67
5	Температура металла на выдаче	°С	1200-1250
6	Температура рабочего пространства печи	°С	970-1300
7	Общий вес металла в печи	т	до 90
8	Максимальная производительность печи	т/час	61
9	Вид топлива	природный газ	
10	Теплота сгорания	кДж/м <sup>3</sup>	33450
11	Расход газа на печь	м <sup>3</sup> /час	1990-4000
12	Расход воздуха на печь	м <sup>3</sup> /час	22000-45000
13	Количество продуктов сгорания	нм <sup>3</sup> /час	до 48000

№	Наименование параметров	Единицы измерения	Фактическая величина
14	Тип топливосжигающего устройства	Газомазутная горелка	стальпроекта
15	Количество горелок -неотапливаемая зона -зона 1 -зона 2 -зона 3 -зона 4 -зона 5	шт	44 9 9 8 9 9
16	Тип рекуператора	петлевой трубчатый 5-ти зонный	
17	Вентилятор: -количество -тип	шт	2 ВМ-15
18	Дымосос центробежный: -количество -тип	шт	2 Д-2
19	Дымовая труба: -высота -диаметр устья трубы -диаметр основания трубы	м м м	45 2,1 3,148
20	Экономайзер:	Системы ВТИ °С	120

Таблица 2

Тепловой баланс существующей кольцевой печи

Приход теплоты				Расход теплоты			
№	Статья	кВт	%	№	Статья	кВт	%
1	$Q_x$	37163	87,4	1	$\Delta Q_m$	12876,3	30,3
2	$Q_v$	5355,6	12,6	2	$Q_{vх.г}$	16384,7	38,5
				3	$Q_{\Sigma\text{пот}}$	13257,6	31,2
	Итого	42518,6	100		Итого	42578,6	100

Применение скоростных рекуперативных горелок позволяет поднять температуру подогретого воздуха до  $t_b=550^{\circ}\text{C}$ .

Керамоволокнистая футеровка печи позволяет снизить теплотери в окружающее пространство на 40%.

В результате расчета теплового баланса по новым условиям получены теплотехнические характеристики печи, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Новый тепловой баланс

Приход теплоты				Расход теплоты			
№	Статья	кВт	%	№	Статья	кВт	%
1	$Q_x$	26442,2	81,4	1	$\Delta Q_m$	12876,2	39,6
2	$Q_v$	6046,5	18,6	2	$Q_{vх.г}$	11658	35,9
				3	$Q_{\Sigma\text{пот}}$	7954,5	24,5
	Итого	32488,7	100		Итого	32488,7	100

Сравнивая показатели работы печи до и после технического перевооружения получаем следующие результаты:

Снижение абсолютного расхода топлива может составить:

$$\Delta B = ((B' - B'')/B') * 100 = ((1,111 - 0,7905)/1,111) * 100 = 40\%.$$

Удельный расход условного топлива в новых условиях:

$$v = (0,7905 * 33450) / (29,31 * 16,94) = 53,3 \text{ кг.у.т./т.}$$

Увеличение коэффициента полезного действия в новых условиях:

$$\Delta \eta = (39,6 - 30,3) / 30,3 = 38,6\%.$$

## **СПОСОБ ВЫПЛАВКИ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ В ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ – ПРОЦЕСС ЛП–Ш**

© Попов В.В., Лисиенко В.Г.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Легирование стали ванадием даже в небольших количествах – до 0,1% V значительно увеличивает эксплуатационные свойства стали [1].

Однако схемы выплавки легированных ванадием сталей имеют ряд проблем. Например, при использовании металлизированных ванадийсодержащих окатышей [2], их доля может составлять до 30–50%. и для увеличения механической прочности таких окатышей процесс их металлизации в шахтных печах проводят при температурах на 150–200 °С превышающих температуры при процессах металлизации окатышей из обычных руд, не содержащих титан. Кроме того, для процесса металлизации в окисленные окатыши из титаномагнетитовых руд вынуждены для увеличения их механической прочности добавлять известь, но при повышении основности, снижает прочность получаемых при этом металлизированных окатышей [3–5]. Указанные недостатки усложняют и удорожают стоимость металлизированных ванадиевых окатышей, приводят к частичной потере их прочности, что в свою очередь, повышает себестоимость, получаемой в электродуговых печах легированной ванадием стали.

При использования ванадиевого шлака в количестве 3–3,5% от массы металлошихты и степени усвоения ванадия металлом 80–90% обеспечивается содержание ванадия в стали до 0,27–0,3%. Однако недостатком использования ванадиевого шлака является применение в металлошихте до 90% металлического лома, что приводит к перманентному загрязнению стали нежелательными элементами (в основном цветными металлами), и снижению качества стали. Особенно этот недостаток проявляется при электроплавке сталей на стальное литье: возможно появление трещин и снижение твердости стали.

Обеспечение прямого легирования стали ванадием при повышении качества стали за счет уменьшения в ней примесей цветных металлов, а также снижение энергетических и материальных затрат, является весьма актуальной задачей

Эта задача решается тем, что в предлагаемом усовершенствованном способе выплавки легированной ванадием стали – ЛП–Ш (легирование прямое с усовершенствованным составом шихты) – используется усовершенствованный состав шихты: конверторный ванадиевый шлак, металлургический лом и чугун в шихте. Причем для плавки используют металлошихту состоящую из:

- 30–50% металлизированных окатышей (брикетов), не содержащих оксида Ti и V;
- ванадийсодержащего чугуна с содержанием ванадия 0,5–0,6%;
- при этом доля массы конверторного ванадиевого шлака от массы металлизированных окатышей составляет 2–10%, доля ванадиевого чугуна от массы металлошихты составляет 10–15%.

Перед подачей окатышей или брикетов в электродуговую печь осуществляют их подогрев до температуры 300–500 °С и довосстановление отходящими газами дуговой печи. Чугун в металлошихте используют в жидком виде; плавку проводят в электродуговой печи постоянного тока.



Таким образом, в способе ЛП–Ш в шихте дуговой электропечи применяются металлизированные окатыши или брикеты, не содержащие оксида титана (30–50%), ванадийсодержащий или литейный чугун (10–15%) и металлический лом 35–60%. Тем самым доля металлического лома при выплавке легированной ванадием стали уменьшится в 1,5–2,5 раза, что соответственно приводит к снижению насыщения стали цветными металлами. При этом наличие в шихте конверторного ванадиевого шлака в количестве 2–10% от массы металлизированных окатышей (или брикетов) обеспечивает легирование стали ванадием до 0,07 и 0,4% соответственно. А при наличии в ванадиевом чугуне до 0,5% ванадия и доле чугуна 10–15% от массы металлошихты, содержание ванадия в стали дополнительно увеличивается на 0,04–0,065%. В случае необходимости содержания ванадия в стали до 0,3% и доле ванадиевого шлака 8–10% от массы металлизированных окатышей используется обычный или литейный чугун без содержания ванадия.

С увеличением доли чугуна в электросталеплавильном производстве до 30 и 50% расход электроэнергии сокращается на ~100 и 200 кВт · ч/т, что соответствует энергоемкости (с учетом КПД производства электроэнергии) ~40 и 80 кг у.т./т. Однако с увеличением доли чугуна в шихте энергоемкость процесса возрастает пропорционально энергоемкости чугуна, что в конечном итоге приводит к соответствующему увеличению энергоемкости электросталеплавильного производства [4].

Использование жидкого чугуна вместо твердого приводит к снижению расхода электроэнергии на выплавку стали до 4 кВт/т на 1% жидкого чугуна в шихте [6].

Нагрев металлизированных окатышей с использованием отходящих газов электропечи (по типу шахтных электропечей) до температуры 300–500<sup>0</sup>С дополнительно снижает расход электроэнергии дуговой электропечи на 7–10%. При этом, при наличии в отходящих газах восстановительных газов (оксид углерода, водород), происходит довосстановление железа в металлизированных окатышах на 2–3%, что приводит к уменьшению выхода шлака и дополнительному снижению расхода электроэнергии в дуговой электропечи.

Данный способ реализуется в печах как переменного, так и постоянного тока. Однако в печах постоянного тока обеспечиваются лучшие возможности реализации окислительного и восстановительного периода плавки вследствие лучшего взаимодействия шлака с более спокойной металлической ванной [6].

Предложенный способ представлен на рис. 1.

Процесс идет следующим образом. В электропечь 1 с использованием съемного свода 2 из бункера 5 загружается металлический лом, с использованием загрузочного устройства 10 загружается известь. С каждого электрода 3 проводится нагрев и проплавление шихты. Из бункера 6 в электропечь загружается твердый чугун или из ковша 7 заливается жидкий чугун. Металлизированные окатыши и брикеты загружаются через бункер 4. Подача конверторного ванадиевого шлака проводится с помощью загрузочного устройства 9. Подогрев металлизированных окатышей или брикетов и их довосстановление отходящими газами электропечи осуществляется путем присоединения электропечи 1 через газход к бункеру (шахте) с металлизированным сырьем. Введение дополнительных компонентов шихты и раскислителей осуществляется загрузочным устройством 8.

Состав металлизированных окатышей (масс. %): 87,0–84,0 Fe<sub>общ</sub>; 77,0–83,0 Fe<sub>мет</sub>; 4,0–9,0 FeO; 0,9–1,4 C; 0,6–0,8 CaO; 7,9–8,5 SiO<sub>2</sub>; 0,015–0,018 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,004–0,006 S. Степень металлизации составляет 91–96%, насыпная плотность – 2–3 т/м<sup>3</sup>, пористость – до 50–60 %.

Состав жидкого чугуна (масс. %): 0,04 P; 0,46–0,48 V; 4,0–4,5 C; 0,14–0,20 Si; 0,23–0,28 Mn; 0,12–0,14 Ti; 0,031–0,039 S. Температура чугуна 1280–1300<sup>0</sup>С.

Состав конверторного ванадиевого шлака (масс. %): 2–4 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 17–18 Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 26–32 Fe<sub>общ</sub>; 8–9 TiO<sub>2</sub>; 9–10 MnO; 18–20 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1–3 Fe<sub>дисп</sub>; 1,2–1,5 CaO.

Состав металлолома (масс. %): 0,02 S; 0,27 C; 0,17 Si; 0,5 Mn; 0,02 P; 96 Fe.

Если использовать электропечь вместимостью 5 т, то расход материалов составит: 0,5–0,75 т жидкого чугуна; 1,5–2,5 т металлизированных окатышей; 0,03–0,25 т конверторного ванадиевого шлака; 0,5 т извести; 1–2,47 т металлолома.

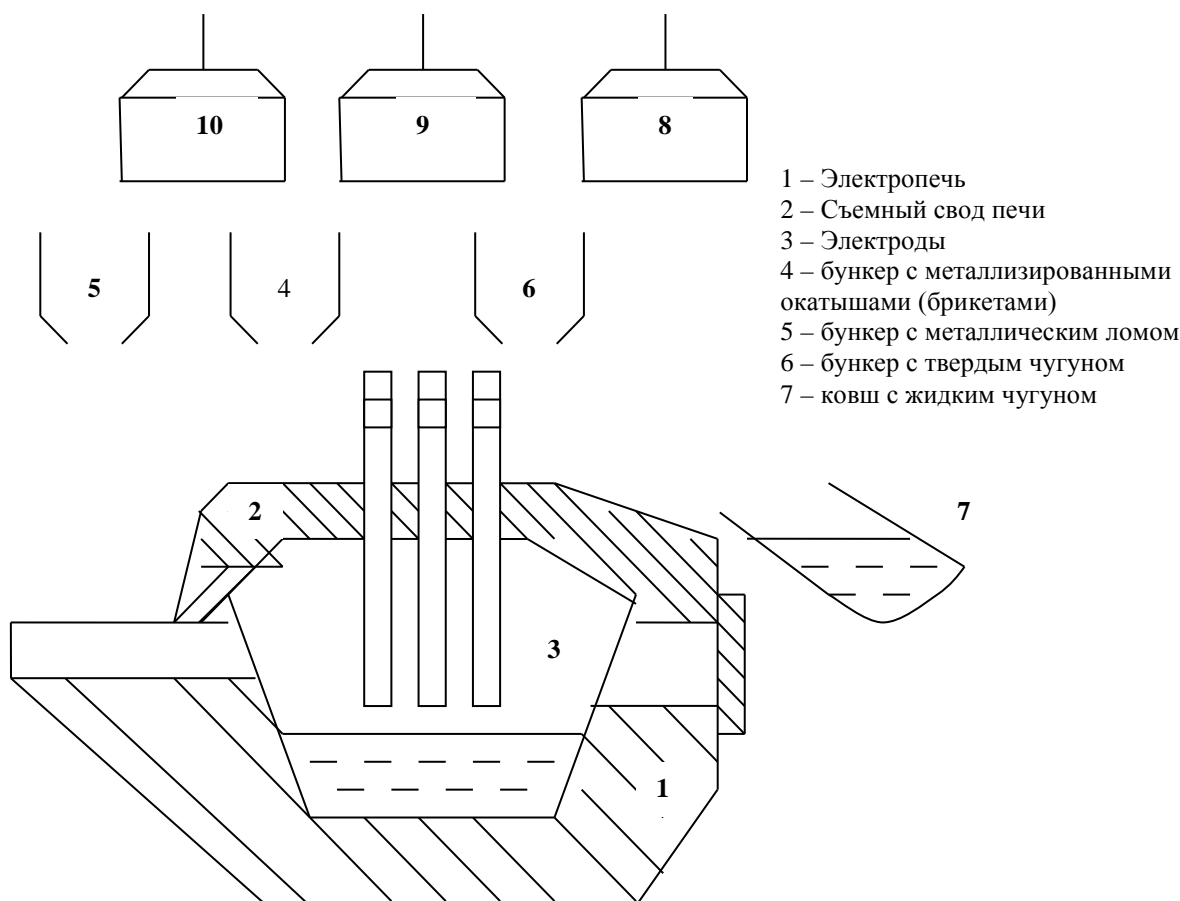


Рис. 1. Способ выплавки стали в электродуговой печи

Для достижения высокой степени извлечения ванадия в сталь в конце восстановительного периода содержание оксидов железа в шлаке должно составлять  $0,5 \div 1,5\%$ . С учетом этого при содержании ванадия в металлизированных окатышах  $0,42\%$  достигается заданное количество ванадия в стали ( $0,07-0,09$ ).

Примерный состав отходящих из ЭДП газов по экспериментальным данным:  $4-7\% \text{CO}$ ,  $10-20\% \text{CO}_2$ ,  $1-2\% \text{O}_2$  [7]. Общий объем покидающих ЭДП газов близок к объему проходящего через печь воздуха и зависит от времени плавки (пропорционально времени возрастает объем просасываемого воздуха) [6]. Поэтому в материальном балансе ЭДП статьи прихода кислорода и расхода газов приведены без учета проходящего через печь воздуха (учитываются только затраты кислорода на окисление углерода шихты ЭДП).

Материальный баланс выплавки стали в ЭДП представлен в табл. 1.

Таблица 1

Материальный баланс для процесса ЛП-Ш в ЭДП

ПРИХОД, кг/т стали		РАСХОД, кг/т стали	
Углеродсодержащий лом	479	Сталь	1000
Металлизированные окатыши	493		
Жидкий чугун	154	Шлак	120
Известь	23	Газы	25
Кислород	16		
ИТОГО:	1165	ИТОГО:	1145

Невязка баланса: 
$$H_M = \frac{1165 - 1145}{1165} \times 100\% = 1,7\%$$

Расчет статей теплового баланса проводится на 1 т стали на основе материального баланса ЭДП. Тепловой баланс выплавки стали в ЭДП представлен в табл.2.

Таблица 2

Тепловой баланс для процесса ЛП–Ш в ЭДП

ПРИХОД ТЕПЛА, МДж/т стали		РАСХОД ТЕПЛА, МДж/т стали	
Тепло электроэнергии	985	Теплосодержание металла	1058
		Теплосодержание шлака	92
Физическое тепло шихты	797	Тепло эндотерм. реакций	62
Тепло экзотермических реакций	268	Тепло отходящих газов	325
		Теплопотери	513
ИТОГО:	2050	ИТОГО:	2050

### Выводы:

1. Усовершенствованный способ ЛП–Ш направлен на легирование стали ванадием. Схема получила название **Способ выплавки легированной ванадием стали из комплексной шихты** (Патент на изобретение №2355780, приоритет от 02.07.2007 г.).
2. С учетом специфики процесса рассчитаны материальные и тепловые балансы электродуговой печи процесса ЛП–Ш. На основе анализа результатов расчетов сделана оценка эффективности процесса ЛП–Ш, которая показала, что предлагаемый состав шихты ЭДП обеспечивает резкое снижение цветных примесей в получаемой легированной ванадием стали, а также снижает энергоемкость стали.
3. В усовершенствованном процессе выявлены резервы для снижения в сталях примесей цветных металлов, снижения материальных и энергетических затрат на процесс металлизации окатышей (брикетов) при сохранении их металлической прочности. Использование в шихте жидкого чугуна обеспечивает дополнительное снижение расхода электроэнергии.

### Список использованных источников

1. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М.: Металлургия, 1985, 408 с.
2. Ладыгина Н.В. Разработка моделей и алгоритмов анализа и оценки эффективности бескоксовых металлургических производств на примере получения легированной ванадием стали. Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Екатеринбург – 2004.
3. Смирнов Л.А., Дерябин Ю.А., Шаврин С.В. Металлургическая переработка ванадий-содержащих титаномагнетитовых руд. Челябинск: Металлургия, 1990, 256 с.
4. Лисиенко В.Г., Соловьева Н.В., Трофимова О.Г., Альтернативная металлургия: проблема легирования, модельные оценки эффективности / Под ред. В.Г. Лисиенко. М.: Теплотехник, 2007. – 440 с.
5. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Плавильные агрегаты: теплотехника, управление и экология. Справочное издание в 4-х книгах. Кн.2/ Под ред. В.Г. Лисиенко. М.: Теплотехник, 2005 г. – 912 с.
6. Дружинина О.Г. Разработка алгоритмов и моделей энерго-экологического анализа технологических процессов и оценка энергозатрат на примере металлургических технологий: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Екатеринбург, 1998. 24 с.

7. Зубков Ю.Ю. (2008). Дефосфорация высоколегированных расплавов с целью вовлечения в производство отходов металла и шлака с повышенным содержанием фосфора. Москва: Автореферат на соискание ученой степени Кандидата технических наук.

8. Тулин Н.А., Боковиков Б.А., Пчелкин С.А., и др. Развитие бескоксовой металлургии/ Под.ред. Н.А. Тулина, К.М. Майера. М.: Металлургия, 1987. – 328 с.

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С РАСПЛАВОМ МЕДИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ**

**© Порох О.В., Воронов Г.В.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Медная катанка предназначена для производства электротехнических изделий и, в основном, выпускается методом непрерывного литья и прокатки из катодной меди марки М00к по ГОСТ 546–88. Медная катанка является одним из главных составляющих в последующем производстве кабельной продукции.

Процесс производства медной катанки является высокотехнологичным и требует использования высокоточного оборудования для поддержания требуемого качества производимой продукции.

Существует две основные технологии производства медной катанки: «Contirod», принадлежащая немецкой компании «SMS Meer» (холдинг «SMS Group») и «Southwire», принадлежащая американской компании «Southwire Company». В нашей стране представлены обе эти технологии.

На предприятии ОАО «Уралэлектромедь», занимающем первое место в стране по объему производимой катанки, применяется технология «Contirod», на заводах ЗАО «Русская медная компания», занимающего второе место – установлена линия «Southwire».

В данной работе рассматривается технология «Contirod» с использованием природного газа в качестве источника тепловой энергии.

Особенностью использования природного газа является необходимость учитывать химический состав дымовых газов, соприкасающихся с поверхностью жидкой меди, и режим аэродинамического потока, которые определяют массообмен и теплообмен между газовой средой и поверхностью расплава меди.

Природный газ вносит дополнительные возмущения в механизм массообмена продуктов сгорания и движущейся поверхности потока жидкой меди. Аэродинамический режим движения продуктов сгорания создает весьма чувствительное воздействие к возможным массообменным процессам с гидродинамической поверхностью потока жидкой меди. Периодически происходящее внезапное появления брака при производстве катанки, связанного с резким изменением содержания водорода [H] и кислорода [O] в меди подтверждают такое предположение.

Неконтролируемые и случайные изменения в показателях брака катанки не находят аргументированного объяснения. Однако, очевидно, что, по какой-то причине, происходит изменение химического состава продуктов сгорания. На первом этапе анализа возникшей ситуации нами предложен алгоритм расчета горения природного газа с учетом диссоциации углекислого газа {CO<sub>2</sub>} и водяных паров {H<sub>2</sub>O}.

Рассматриваемая технологическая схема производства медной катанки включает в себя шахтную печь для плавки катодов, промежуточный желоб, печь–миксер, разливочный желоб, кристаллизатор и прокатный стан.

Физико-химические реакции, газовой среды с жидкой медью, после выхода расплава из шахтной печи и в последующих элементах технологической схемы, оказывают влияние на качество жидкой меди на этапе разлива.

Считается, что основными элементами, влияющими на качество готовой продукции (медной катанки), являются кислород и водород, которые негативно влияют на качество медной катанки. Водород вызывает так называемые поверхностные трещины, а кислород значительно ухудшает электротехнические свойства меди и приводит к появлению трещин по всему объему катанки при прокатке и вытяжке.

Переход водорода и кислорода в расплав меди происходит в результате процессов массообмена, протекающих между поверхностью расплава и газовой средой, соприкасающейся с расплавом.

Для составления модели процесса перехода ионов кислорода и водорода в расплав меди, в первую очередь, необходимо провести анализ химического состава продуктов сгорания природного газа и их с расплавом меди, последовательно в каждом из указанных элементов технологической схемы (шахтная печь для плавки катодов, промежуточный желоб, печь-миксер, разливочный желоб, кристаллизатор и прокатный стан).

В первом приближении следует рассмотреть сочетание компонентов Cu, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и активных частиц O<sup>2-</sup>, H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Cu<sup>+</sup>, N<sup>2+</sup>.

На первом этапе составления физико-химической модели протекающих реакций рассмотрены взаимодействия ионов меди с ионами H<sup>+</sup>, N<sup>2+</sup>, O<sup>2-</sup>, CO.

Вследствие малых концентраций науглероживающих компонентов и низкой растворимости углерода в меди, насыщение расплава меди углеродом из газовой фазы представляется маловероятным, поэтому в рассматриваемой модели данные реакции не учитываются.

Азот в меди не растворяется до температуры расплава 1400 °С (при атмосферном давлении). Данный факт представляется интересным для дальнейшего изучения, так как возможны варианты использования азота для продувки расплава меди, интенсифицируя тем самым процесс дегазации расплава.

Растворимость водорода в меди, зависит от его концентрации в газовой среде над расплавом и температуры расплава меди.

Парциальное давление водорода в печи может изменяться в широких пределах, но для расчетов с достаточной точностью можно принять это давление равным парциальному давлению водяных паров [1].

Количество водорода, которое может раствориться в меди непосредственно связано с содержанием кислорода как в расплаве меди, так и в атмосфере над расплавом. Кислород является наиболее активным газом по отношению к меди.

Кислород в меди может находиться и в растворенном состоянии, и образовывать оксиды.

Известно, что металл не растворяет соли и оксиды других металлов, а растворяет только свои низшие оксиды и соединения, обладающие полупроводниковыми свойствами [1], таким образом, в расплаве чистой (рафинированной) меди может присутствовать как растворенный атомарный кислород, так и оксиды меди.

В большинстве металлических расплавов (в т.ч. расплаве меди) растворимость кислорода с понижением температуры уменьшается. Однако газы в металлах, в том числе и кислород, могут растворяться только в атомном состоянии. Особенность поведения кислорода состоит в том, что этот газ при кристаллизации и последующем охлаждении сплава никогда не выделяется в свободном состоянии. При этом кислород из жидкого раствора либо целиком остается в твердом растворе, либо переходит в жидкие или твердые оксиды при кристаллизации, концентрируясь по границам зерен кристаллов. Для того, чтобы оксид существовал в самостоятельной фазе, необходимо определенное давление кислорода, которое называют равновесным.

Графическую зависимость, описывающую равновесное соотношение между концентрациями кислорода и водорода в меди, называют кривой Аллена, для которой при постоянной температуре будет выполняться следующее равенство:  $[\%H]^3 [\%O]^2 = 1,88 \cdot 10^{-10} = \text{const.}$

Согласно опытам Аллена, медь поглощает весь свободный кислород, находящийся в газовой фазе над расплавом, следовательно, над расплавом может присутствовать только свободный водород и кислород в связанном состоянии.

Следует отметить, что на поверхности расплава происходит реакция водяного пара и меди:  $[Cu] + H_2O = [Cu] + 2[H] + [O]$ .

Медь поглощает освобождающийся при реакции разложения кислород, и в атмосфере над расплавом возникает парциальное давление водорода, которое обратно пропорционально содержанию кислорода в расплаве. Соответственно, количество растворенного водорода зависит не только от содержания кислорода в расплаве и его температуры, но и от давления водяного пара над расплавом.

Основные реакции, происходящие с продуктами сгорания природного газа в газовой фазе над расплавом, и уравнения констант равновесия этих реакций приведены ниже.

Реакция 1:  $2H_2 + O_2 \leftrightarrow 2H_2O$ ;

$$k = \frac{(H_2O)^2}{(H_2)^2(O_2)}$$

$$\lg k = \frac{25116,1}{T} - 0,9466 \lg T - 7,216 \cdot 10^{-4} T + 1,618 \cdot 10^{-7} T^2 - 1,714;$$

Реакция 2:  $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ ;

$$k = \frac{(CO_2)(H_2)}{(CO)(H_2O)}$$

$$\lg k = \frac{-2207,2}{T} + 0,9115 \lg T - 0,09738 T + 1,487 \cdot 10^{-7} T^2 + 0,098;$$

Реакция 3:  $2CO + O_2 \leftrightarrow 2CO_2$ ;

$$k = \frac{(CO_2)^2}{(O_2)(CO)^2}$$

$$\lg k = \frac{-29530,5}{T} - 2,769 \lg T + 0,001225 T - 1,356 \cdot 10^{-7} T^2 - 2,15.$$

Графики зависимости констант равновесия реакций, рассмотренных выше, от температуры приведены на рисунке 1.

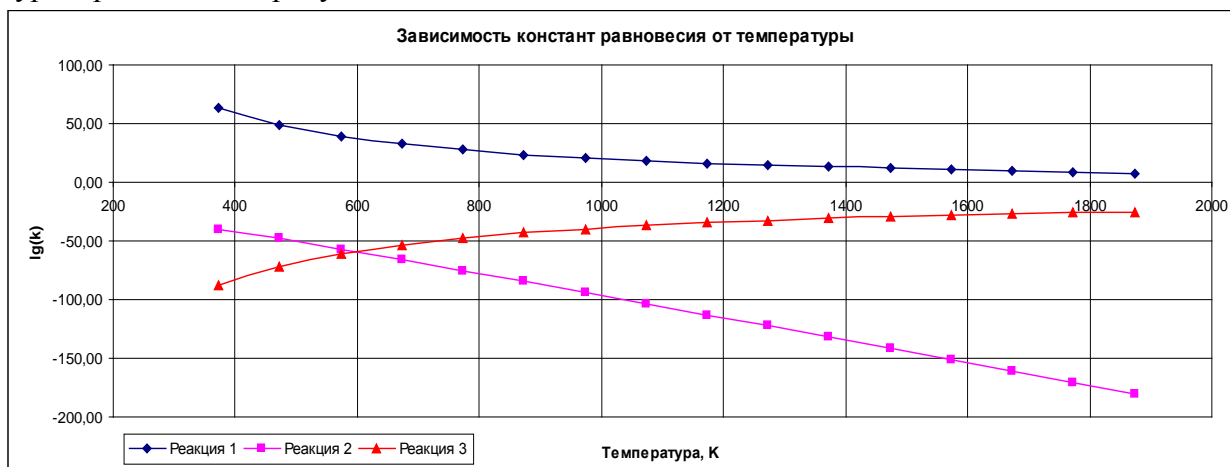


Рис. 1. Графики зависимостей констант равновесия от температуры

Далее, используя эмпирические зависимости степени диссоциации водяного пара и углекислого газа от их концентрации в продуктах сгорания при различных температурах (рисунки 2 и 3), рассмотрим, как будет изменяться концентрация анализируемых продуктов сгорания при:

- 1) изменении температуры газовой фазы и постоянном коэффициенте соотношения газ–воздух (рисунок 4);
- 2) постоянной температуре газовой фазы и изменяющемся коэффициенте соотношения газ–воздух (рисунок 5).

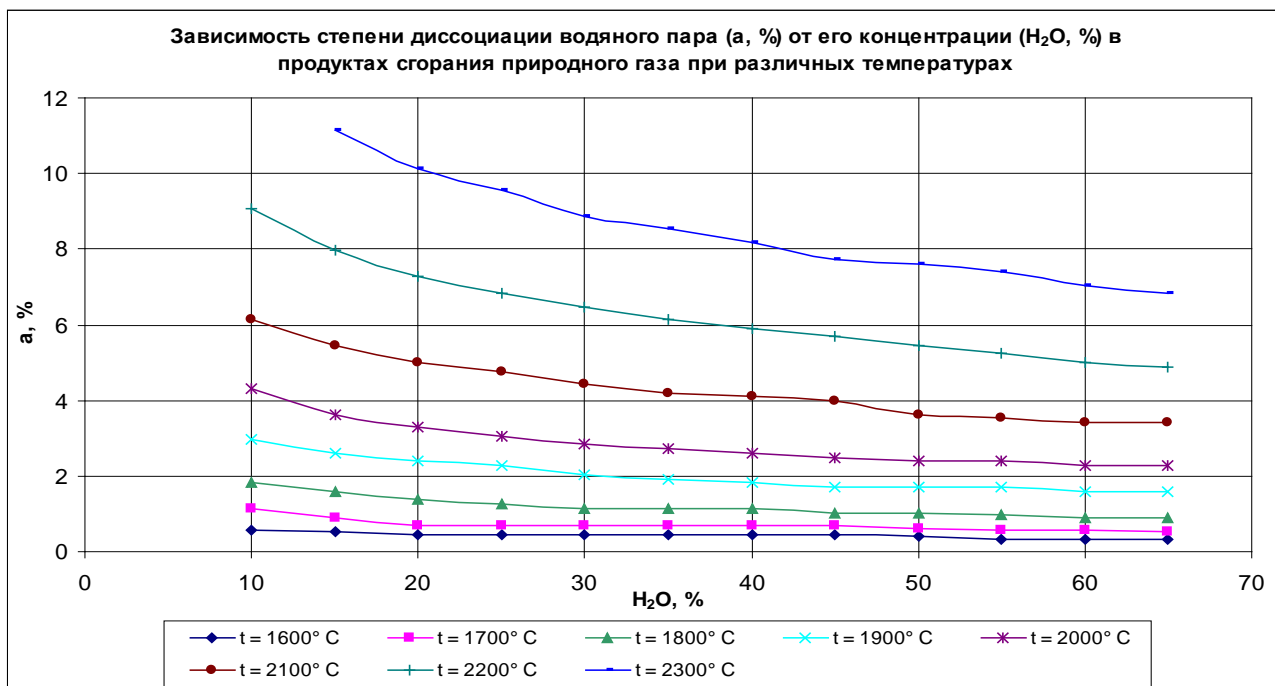


Рис. 2. Зависимость степени диссоциации водяного пара от его концентрации в продуктах сгорания при различных температурах

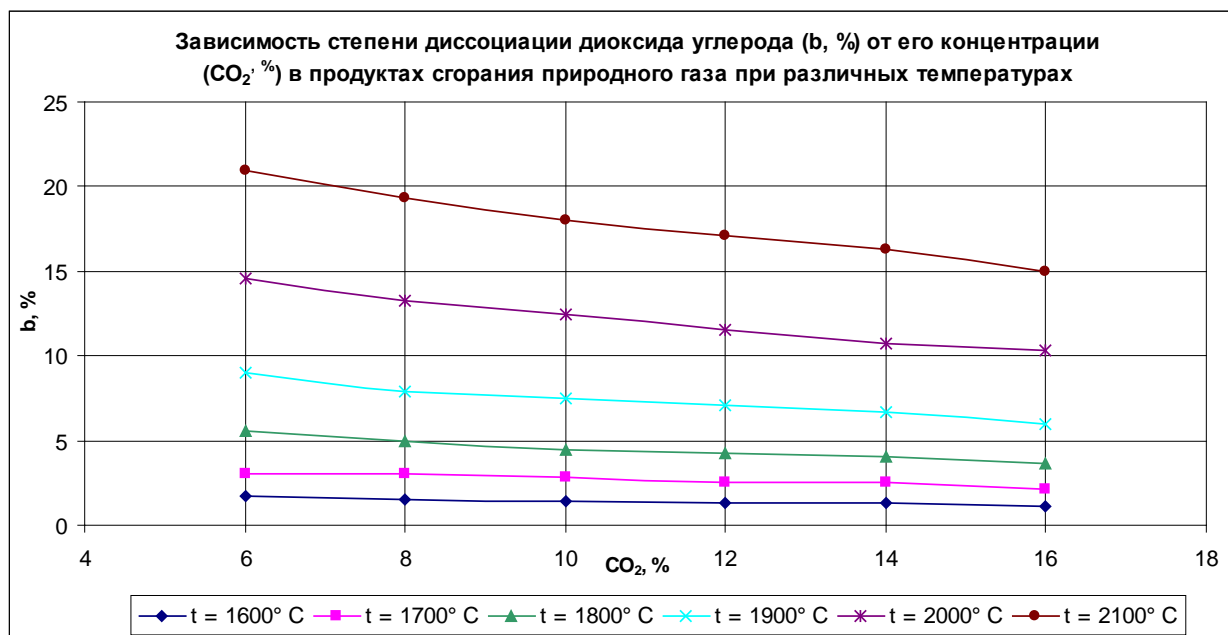


Рис. 3. Зависимость степени диссоциации углекислого газа от его концентрации в продуктах сгорания при различных температурах

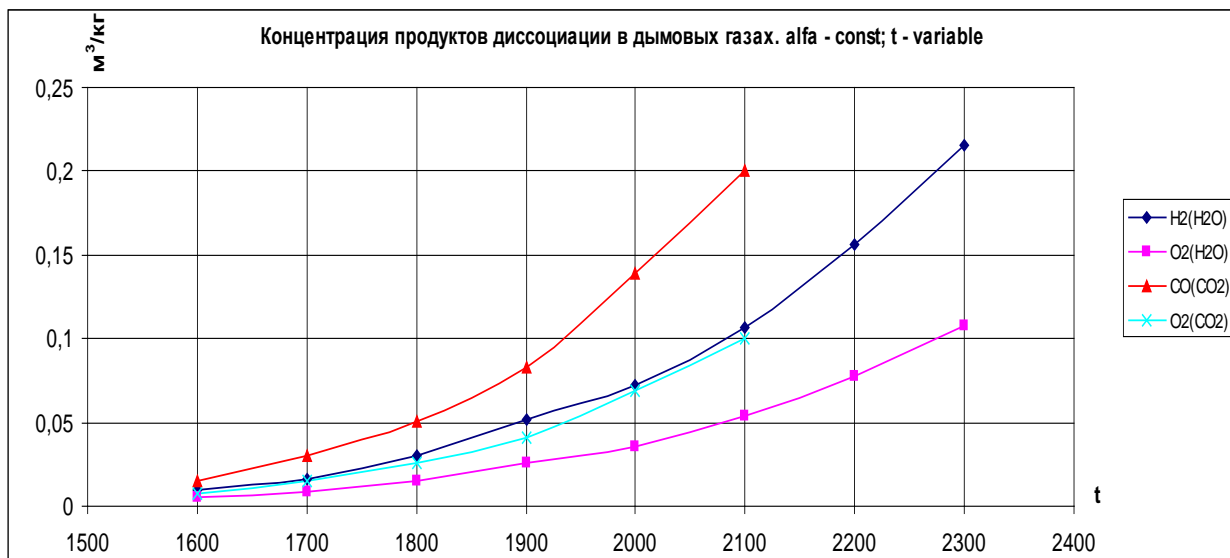


Рис. 4. Изменение концентрации дымовых газов при постоянном коэффициенте соотношения газ–воздух и изменяющейся температуре газовой фазы

Как видно из графиков на рисунке 4 диссоциация продуктов окисления природного газа  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  происходит с заметным результатом при температуре выше  $1700^\circ\text{C}$ .

Анализ массообменных процессов при стационарном тепловом режиме дифференцированный по элементам технологической линии «Contirod»: шахтная печь, соединительный желоб, печь–миксер, литейный желоб, кристаллизатор позволяет в полной мере учесть возможные факторы, влияющие на содержание водорода [H] и кислорода [O] в готовом продукте.

Баланс водяных паров в продуктах сгорания, учитывающий количество водяных паров, образующееся из водорода, углеводородов природного газа и влагосодержания воздуха, подаваемого на горение, позволяет оценить возможные пути перехода водорода в медь. Водяные пары – единственный поставщик водорода в медь при условии полного выгорания углеводородов.

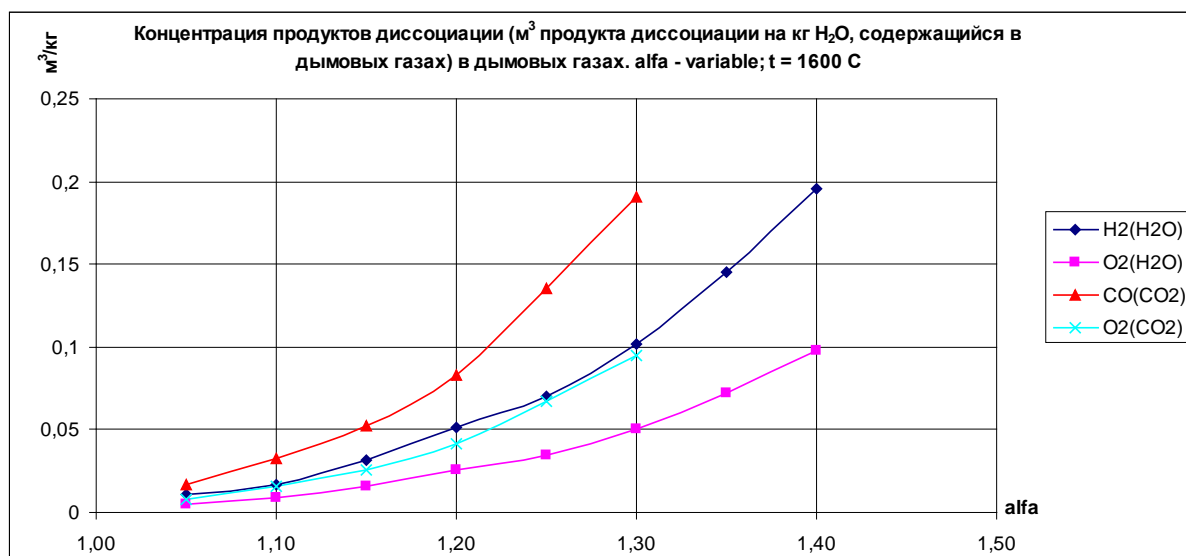


Рис. 5. Изменение концентрации дымовых газов при постоянной температуре газовой фазы и изменяющемся коэффициенте соотношения газ–воздух



Равновесная концентрация свободного кислорода в продуктах сгорания природного газа зависит не только от его избыточного количества, коэффициента расхода воздуха, степени диссоциации  $\{CO_2\}$  и  $\{H_2O\}$ , но и от возможной реакции взаимодействия водяного пара с жидкой медью при непосредственном их контакте.

#### Список использованных источников

1. Мир художественного литья. История технологии / Бех Н.И., Васильев В.А., Гини Э.Ч., Петриченко А.М. УРСС. — М.: 1997.
2. Цветное литье: Справочник / Н. М. Галдин, Д. Ф. Чернега, Д. Ф. Иванчук и др.; под общ. ред. Н. М. Галдина. — М.: Машиностроение, 1989. — 528 с.
3. Физико-химические основы литейного производства: Учебник / Васильев В. А. — М.: Изд-во МГТУ, 1994. — 320 с.
4. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Н.П. Лякишев — М.: 1996.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ПОСЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ

© Спитченко Д.И.\*, Вохмяков А.М.\*, Киселев Е.В.\*,  
Казяев М.Д.\*, Казяев Д.М.\*\*

\* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

\*\* ООО «НПК «УралТермоКомплекс», г. Екатеринбург, Россия

На заводах тяжелого машиностроения эксплуатируют вертикальные печи для термической обработки крупных длинномерных поковок.

На ОАО «Уралмашзавод» подобные печи применяют для нагрева роторов турбин и прокатных валков с целью их термической обработки. Построенные в начале прошлого века, эти печи к настоящему моменту морально и физически устарели. Повышенные требования к качеству термической обработки предопределяют модернизацию этих тепловых агрегатов.

В данной статье изложены конструктивные особенности и тепловая работа до и после технического перевооружения одной из вертикальных печей кузнечно-прессового цеха Уралмашзавода.

#### *Конструкция и тепловая работа печи до технического перевооружения*

Камерная вертикальная печь №22 была построена по кирпичной технологии, с двухслойной футеровкой. Огнеупорный слой был выполнен из шамота класса А, теплоизоляционный слой – из шамота легковеса. Толщина футеровки составляла 460 мм, что при работе печи в периодическом режиме приводило к значительной аккумуляции тепла кладкой. Свод печи был выполнен в виде двух раздвижных полукрышек. Загрузка печи осуществлялась сверху. Высота рабочего пространства печи 12м, внутренний диаметр – 3м. Изделия в печи подвешивают на специальной траверсе, опирающейся на балки. Устаревшая конструкция крышки приводила к неплотностям и, как следствие, к большим тепловым потерям с выбивающимися газами, что негативно сказывалось на расходе топлива. Дымоотведение из рабочего пространства осуществлялось через дымоотводящий канал, расположенный в поду печи, дымовой боров и дымовую трубу, общую для нескольких печей. Печь была оснащена 13 горелками конструкции УЗТМ. Подогрев воздуха, подающегося на горение, отсутствовал. Ведение теплового режима печи осуществлялось вручную обслуживающим персоналом.

Применение кирпичной футеровки, горелок устаревшей конструкции, ручное управление печью приводило к низкому КПД печи, значительным энергозатратам, низкому качеству нагрева и снижению производительности.

Для подтверждения описанного выше был рассчитан тепловой баланс для режима нормализации при нагреве ротора максимальной массой 60 т. Баланс составлен для интервала температур 700...960 °С, при котором устанавливается максимальная скорость нагрева садки, требующая максимальных затрат топлива.

В ходе расчета использовались следующие исходные данные:

- максимальная масса изделия – 60 т;
- максимальная скорость подъема температуры – 80 °С/ч;
- время нагрева  $\tau = 3,25$  ч;
- теплота сгорания природного газа:  $Q_p^H = 34000$  кДж/м<sup>3</sup>;
- коэффициент избытка воздуха:  $\alpha = 1,2$ ;
- начальная температура металла:  $t_{м.нач} = 700$  °С;
- теплоемкость металла при  $t_{м.нач}$ :  $c_{м.нач} = 0,645$  кДж/(м<sup>3</sup>К);
- конечная температура металла:  $t_{м.кон} = 960$  °С;
- теплоемкость металла при  $t_{м.кон}$ :  $c_{м.кон} = 0,689$  кДж/(м<sup>3</sup>К);
- масса специальной оснастки (траверсы):  $m = 20$  т;
- средняя температура отходящих газов:  $\bar{t}_{ух.г} = 880$  °С.

По приведенным исходным данным был составлен тепловой баланс (таблица 1):

Таблица 1

Тепловой баланс печи до технического перевооружения  
за период подъема температуры от 700 °С до 960 °С

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
1 Химическая теплота топлива – $Q_x$	6480,4	100	1 Теплота на нагрев металла – $\Delta Q_1$	1079,04	16,65
			2 Теплота, теряемая с отходящими газами – $Q_2$	2923,95	45,12
			3 Потери теплоты с приспособлениями – $Q_{спр}$	359,55	5,55
			4 Аккумуляция теплоты футеровкой печи и потери теплоты теплопроводностью – $Q_5 + Q_6$	2117,85	32,68
Суммарный приход теплоты	6480,4	100	Суммарный расход теплоты	6480,4	100

Основные показатели работы печи:

Общая тепловая мощность печи за период подъема температуры от 700 до 960 °С:

$$Q_{общ} = B \cdot Q_p^H = 6480,4 \text{ кВт}$$

Удельный расход условного топлива за тот же период:

$$b = \frac{B \cdot Q_p^H}{29,31 \cdot P_m} = \frac{6480,4}{29,31 \cdot 5,13} = 43,1 \frac{\text{кг у.т}}{\text{т}}$$

Коэффициент полезного действия печи:

$$\eta_{общ} = \frac{\Delta Q_m}{Q_{прих}} \cdot 100 = \frac{1079,04}{6480,4} \cdot 100 = 16,65\%$$

Массивная кирпичная футеровка печи аккумулирует значительное количество теплоты в сумме с высокими потерями теплоты теплопроводностью (32,68 %). Использование кирпичной футеровки, а так же отсутствие узла утилизации тепла отходящих газов приводит к низкому КПД печи – 16,65 %.

Для увеличения КПД печи, уменьшения расхода топлива, увеличения производительности печи, повышения качества продукции, а также для улучшения условий труда и экологической обстановки проведено полное техническое перевооружения печи.

При этом осуществлен комплекс мер, обеспечивающих коренное изменение конструкции печи:

- кирпичная футеровка заменена на современную керамоволокнистую;
- установлены рекуперативные горелки;
- смонтирована автоматическая система управления тепловым режимом и механическим оборудованием печи.

Для этих условий и для того же режима нормализации рассчитан тепловой баланс (таблица 2) и основные показатели работы печи.

Таблица 2

Тепловой баланс печи за период подъема температуры от 700 °С до 960 °С после технического перевооружения

Приход	кВт	%	Расход	кВт	%
1 Химическая теплота топлива – $Q_x$	2482	87,37	1 Теплота на нагрев металла – $\Delta Q_1$	1079,04	38
2 Физическая теплота подогретого воздуха – $Q_b$	358,62	12,62	2 Теплота, теряемая с отходящими газами – $Q_2$	1067,14	37,57
			3 Теплота, теряемая теплопроводностью через кладку – $Q_{5т}$	62,13	2,19
			4 Потери теплоты с приспособлениями – $Q_{5пр}$	359,55	12,67
			5 Аккумуляция теплоты футеровкой печи – $Q_6$	272,76	9,6
Суммарный приход теплоты	2840,62	100	Суммарный расход теплоты	2840,62	100

Основные показатели работы печи:

Из уравнения теплового баланса найден средний расход топлива 0,073 м<sup>3</sup>/с, или 263 м<sup>3</sup>/ч.

Общая тепловая мощность печи за период подъема температуры от 700 до 960 °С составила:

$$Q_{общ} = V \cdot Q_p^H = 0,073 \cdot 34000 = 2482 \text{ кВт.}$$

Удельный расход условного топлива за тот же период:

$$b = \frac{V \cdot Q_n^P}{29,31 \cdot P_m} = \frac{0,073 \cdot 34000}{29,31 \cdot 5,13} = 16,51 \frac{\text{кг у.т}}{\text{т}},$$

где  $P_m = 5,13$  кг/с – производительность печи при нагреве ротора массой 60т за время 3,5 часа.

Суммарный коэффициент полезного действия печи:

$$\eta_{общ} = \frac{1079,04}{2840,62} \cdot 100 = 38\%.$$

В соответствии с предложенным комплексом мер на Уралмашзаводе было проведено техническое перевооружение вертикальной термической печи.

*Конструкция и тепловая работа печи после технического перевооружения*

Продольный и поперечный разрезы печи показаны на рисунках 1 и 2.



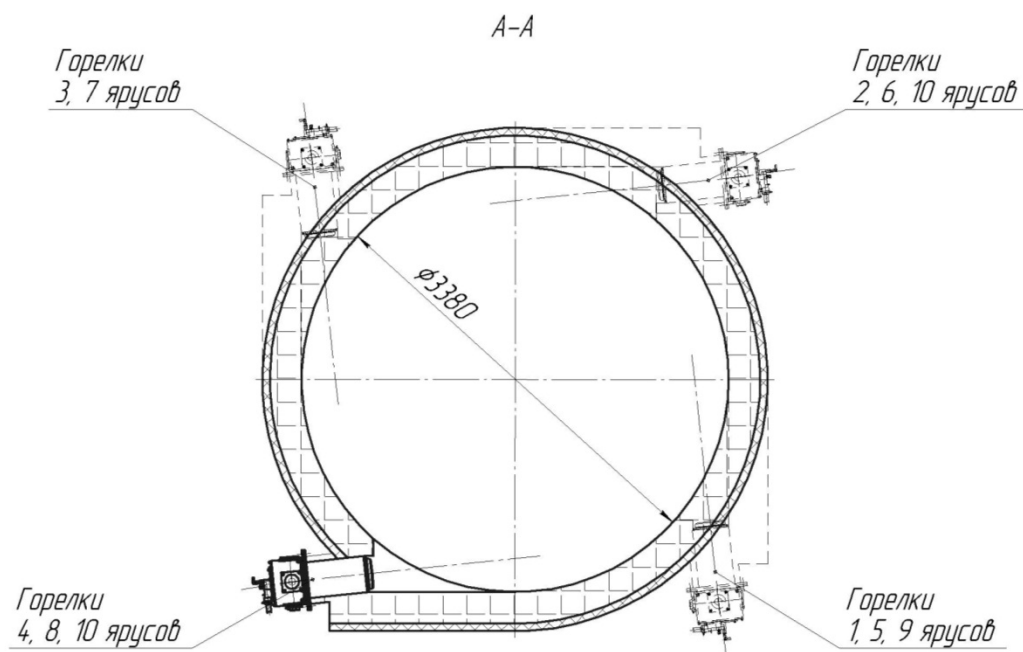


Рис. 2. Поперечный разрез печи



Рис. 3. Общий вид верхней части рабочего пространства вертикальной печи

Стенки и крышка печи футерованы современными волокнистыми материалами в два слоя. Внутренний слой из керамоволокнистых огнеупорных модулей «FIBRATEC HPS 1260» производства чешской компании «Keratech», имеющих классификационную температуру 1260 °С, внешний слой – из волокнистых матов «Rockwool wired mat 80». Под печи выполнен по кирпичной технологии в 2 слоя. Общий вид футеровки стен верхней части рабочего пространства печи керамоволокнистыми блоками виден на рисунке 3.

Фото сделано в момент проведения пуско-наладочных работ. Крышки печи раздвинуты, для визуального контроля работы горелок.

На печи установлено 11 скоростных горелок рекуперативного типа ECOMAX 5FTR мощностью по 250 кВт каждая. Горелки оснащены гладкими стальными рекуператорами, расположены тангенциально по одной в каждом из десяти ярусов по высоте и работают в импульсном режиме, по принципу «включено-выключено». В нижнем ярусе расположено две горелки для компенсации теплотрат на нагрев кирпичного пода. Горелка каждого последующего яруса повернута на 90° относительно предыдущего, что показано на рисунке 2. Схема горелки представлена на рисунке 4.

Рабочее пространство печи разделено на пять виртуальных зон управления. В каждой зоне, кроме нижней, расположено две горелки, в нижней зоне расположено три горелки. На каждую зону предусмотрена установка двух термопар. Управление температурным режимом в зоне осуществляется по показаниям основной термопары, вторая термопара служит для контроля. В случае выхода основной термопары из строя, управление осуществляется по показаниям контрольной термопары до момента устранения неисправности основной термопары.

Благодаря применению скоростных горелок стало возможным проводить охлаждение садки с заданной скоростью непосредственно в рабочем пространстве. Охлаждение осуществляется путем продувки рабочего пространства воздухом через горелки. Возможность охлаждения садки в печи значительно упростило процедуру проведения режима нормализации.

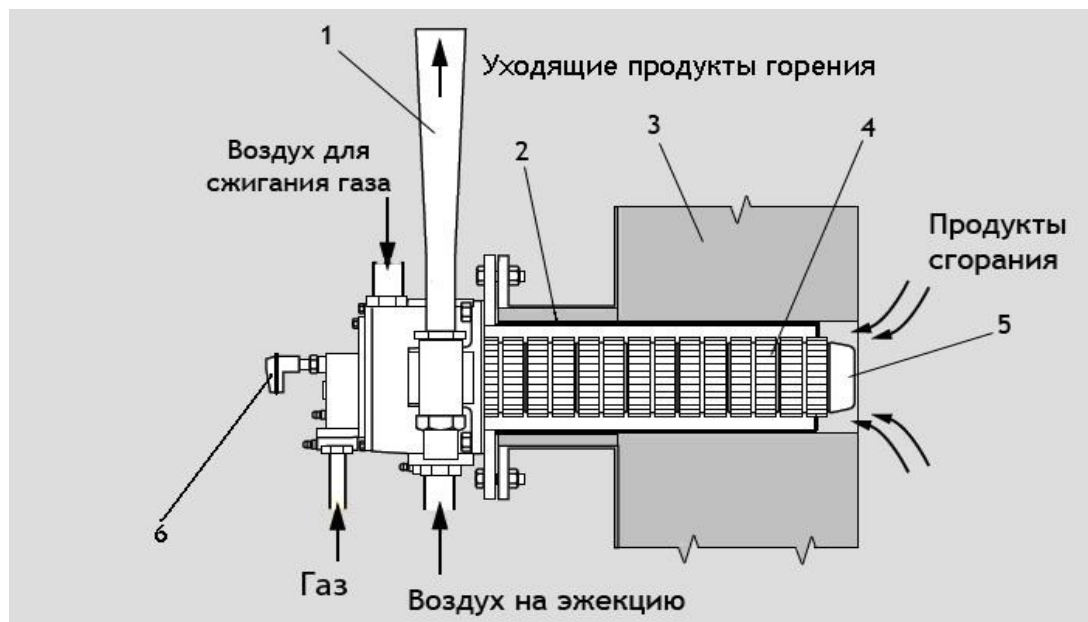


Рис. 4. Рекуперативная горелка ECOMAX:  
1 – эжектор, 2 – жаровая труба, 3 – футеровка печи, 4 – рекуператор,  
5 – носик горелки, 6 – электрод зажигания и контроля пламени

После окончания работ по техническому перевооружению были проведены гарантийные испытания печи на двух режимах (нормализация и отпуск), осуществляемых непрерывно друг за другом.

Для этого в печь поместили опытную садку. На рисунке 5 представлен разрез печи с опытной садкой (ротор массой 23 т), закрепленной на траверсе массой 7 т. На поверхности ротора в характерных точках были закреплены восемь контрольных гибких термопар (рисунок 5), подключенных к регистрирующей аппаратуре.

В ходе гарантийных испытаний проверялась способность автоматики печи осуществлять заданную скорость подъема температуры, поддерживать постоянной температуру как в зонах печи, так и в контрольных точках на металле, а также осуществлять охлаждение садки с заданной скоростью.

Техническим заданием были установлены скорости подъема температуры, охлаждения и допустимые отклонения температуры при выдержках (таблица 3).

Таблица 3

Технологические условия нагрева и охлаждения ротора

Интервал температуры, °С	Скорость, °/ч	
При нагреве	100 ... 500	20
	500 ... 700	40
	700 ... 960	60
При охлаждении	960 ... 100	При нормализации: максимально по мощности продувки через горелки
	690 ... 200	При отпуске: 20 °/ч
Отклонение температуры при выдержках		± 5 °С

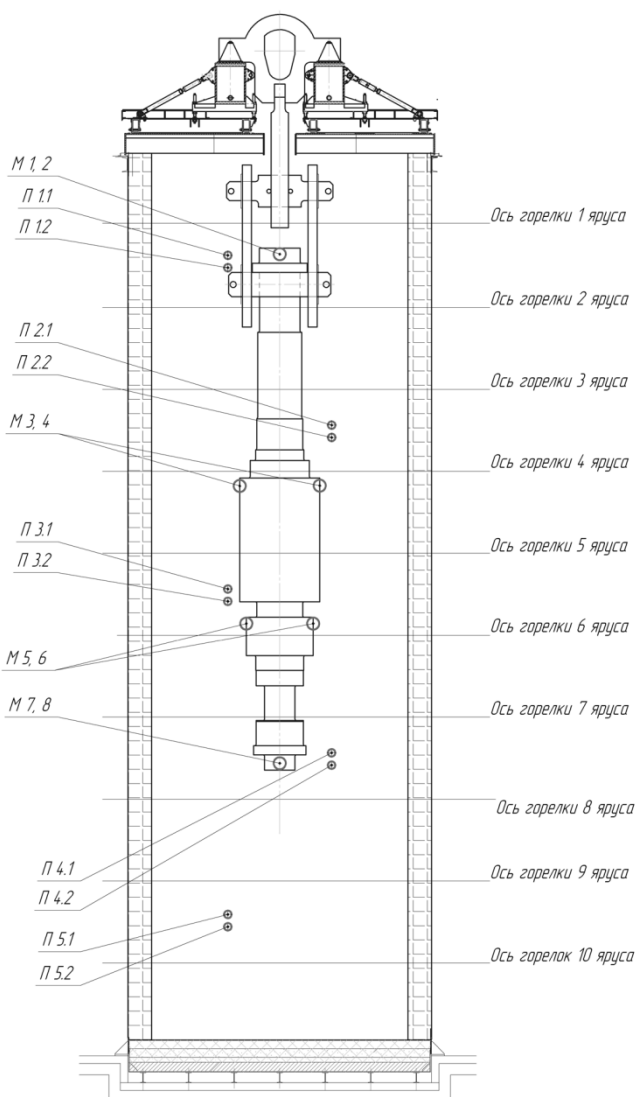


Рис. 5. Расположение контрольных термопар на садке:

П – печная термопара (стационарная); первая цифра (1, 2, ... 5) – номер зоны; вторая цифра: 1 – основная термопара; 2 – контрольная термопара; М 1... М8 – гибкие термопары, установленные на поверхности металла.

На рисунке 6 представлен температурный режим печи, осуществленный при гарантийных испытаниях.

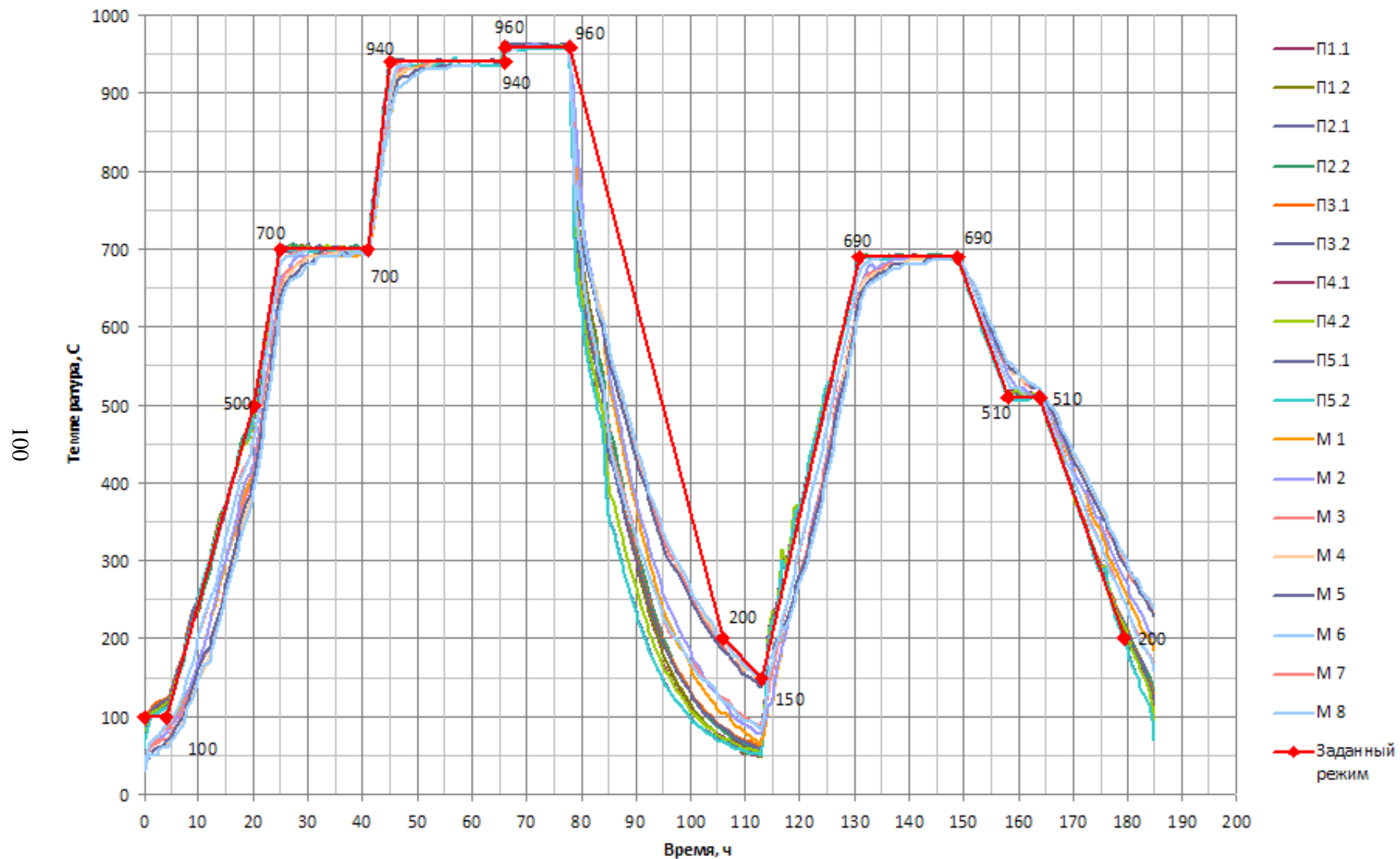


Рис. 6. Режим нормализации с отпуском при гарантийных испытаниях печи условные обозначения «П» и «М» см. на рисунке 5



Анализ графика изменения температур показал, что на этапах подъема температур автоматика управления выдерживает заданные скорости подъема температур, перепад по зонам печи составлял не более 5 °С. Перепад температур на изделии по показаниям контрольных термопар составлял не более 10 °С, несмотря на большую разницу диаметров частей ротора. Разница между печными и контрольными термопарами на металле при подъеме температуры печи составляла не более 100 °С, что вызвано большой массой нагреваемого ротора и быстрым нагревом поверхности нетеплопроводной футеровки печи. При выдержках разница показаний между печными и контрольными термопарами сокращалась до нуля. При охлаждении в интервале температур 960...700 °С средняя скорость падения температуры составила 87 °С/ч. Далее наблюдалось падение скорости охлаждения, увеличение перепада температур по длине ротора, вызванное большой разницей диаметров частей ротора, увеличение перепада температур между рабочим пространством и поверхностью ротора. В ходе охлаждения ротора при отпуске с технологически заданной скоростью 20 °С/ч, перепад температур по длине ротора составлял 5 ... 30 °С, а между рабочим пространством и изделием – 10 .. 50 °С, что соответствовало требованиям технического задания.

Для сравнения теоретических и практических данных был проведен расчет удельного расхода условного топлива для периода подъема температур в интервале 700 ... 960 °С.

Средний расход топлива за этот период составил 53,67 м<sup>3</sup>/ч, или 0,015 м<sup>3</sup>/с; производительность печи – 1,39 кг/с, отсюда удельный расход составил:

$$b = \frac{0,015 \cdot 34000}{29,31 \cdot 1,39} = 12,45 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{т}}$$

Полученный в ходе гарантийных испытаний удельный расход условного топлива, даже при более низкой производительности, меньше теоретического на 25% за тот же интервал подъема температур, что объясняется импульсным режимом отопления печи. Изменение производительности вызвано различием садки: масса ротора 23т, вместо 60т, масса траверсы 7т, вместо 20т.

Температурный режим после технического перевооружения не изменялся.

Применение современных горелочных устройств, АСУ ТП позволило сократить перепад температур по поверхности изделия, благодаря чему можно ставить вопрос о сокращении теплотехнических выдержек. Стало возможным проведение охлаждения садки в рабочем пространстве печи при продувке через горелки.

Таким образом, применение современного оборудования и методов исследования, изложенных в данной статье, позволило получить следующие результаты:

1. В ходе гарантийных испытаний подтверждено расчетное значение удельного расхода условного топлива и резкое снижение абсолютного расхода топлива в сравнении с таковым до технического перевооружения.
2. Нагрев металла прошел в соответствии с установками технологического задания; высокое качество нагрева позволяет рассмотреть вопрос о возможности сокращения времени технологических выдержек.
3. Проведение охлаждения изделия в рабочем пространстве печи позволяет отказаться от дополнительного оборудования, сократить фактическое время проведения режима, устранив перегрузку изделия из печи в специальную охлаждающую камеру.
4. Применение современной системы автоматизации позволяет исключить «человеческий фактор» при управлении печью, поддерживать заданные скорости изменения температуры при нагреве и охлаждении с минимальным отклонением температур по зонам печи.

#### Список использованных источников

1. Б.И. Китаев «Теплотехнические расчеты металлургических печей» 1е издание [Текст] / Б.И. Китаев, Б.Ф. Зобнин и др - М.: Металлургия, 1970 – 528с.

2. С.Н. Гущин «Теория и практика теплогенерации»/ С.Н. Гущин, М.Д. Казяев, Ю.В. Крюченков и др.; под ред. В.И. Лобанова и С.Н. Гущина – Екатеринбург УГТУ, 2005 – 379с.

## **ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ НАКЛАДОК**

© Старцева М.В. \*, Липунов Ю.И. \*\*, Эйсмонтт К.Ю. \*\*, Ярошенко Ю.Г. \*

\* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г.Екатеринбург, Россия

\*\* ОАО «ВНИИМТ», г. Екатеринбург, Россия

Рельсовая накладка – это один из ответственных элементов верхнего строения железнодорожного пути. Важной технологической операцией при производстве рельсовых накладок наиболее часто применяемых типов Р65 и Р50 является закалка в масле (ГОСТ 4133–73). Как известно, при испарении масла, а это неизбежно происходит при закалке горячего металла, образуются следующие вещества: углеводороды, оксикислоты, оксиды серы, серосодержащие соединения – меркаптаны, дисульфиды, оксиды азота, нитросоединения, фенолы, полиароматические углеводороды, фосфоросодержащие органические соединения [1]. Есть данные [2], свидетельствующие, что превышение ПДК по содержанию масляного аэрозоля в атмосфере цехов, использующих нефтяные масла типа И20А, составляет 8–30 раз. Кроме этого, закалочные масла должны соответствовать следующим требованиям: иметь определённый уровень вязкости, который постоянно нужно контролировать; обладать большой стойкостью к испарению, иметь высокую химическую и термическую стабильность. В случае, когда закалочный бак с маслом открытого типа, то необходима мощная система вентиляции, к которой выдвигаются специальные требования по пожаробезопасности. Было установлено, что закаливающая способность масла при одинаковой температуре зависит от вязкости. Со временем вязкость масла увеличивается, поэтому снижается его охлаждающая способность. Основными причинами этого являются: насыщение продуктами разложения с течением времени при закалке, скопление в закалочном баке окалины [3]. Кроме этого, с ростом вязкости увеличивается унос масла из закалочного резервуара, поэтому необходимо его добавление. А через некоторое время требуется полная замена масла, отработанное – подлежит регенерации. Существуют предельные нормы, при которых масло считается негодным к использованию:

- 1) повышение вязкости более чем на 40% по сравнению с исходной;
- 2) содержание смол более 10%;
- 3) содержание механических примесей более 0,15%;
- 4) кислотность более 2—2,5 мг КОН/г [3].

Для поддержания рабочих характеристик масла и увеличения срока годности в него добавляют специальные присадки, которые в том числе уменьшают пенообразование и положительно влияют на его моющие средства. Несмотря на эти меры, масло остаётся пожароопасным, требует подогрева в холодное время года и является источником выброса вредных веществ в атмосферу. Таким образом, для осуществления закалки в масле требуется целый хозяйственный участок для осуществления необходимых операций по обслуживанию.

Альтернативный способ термоупрочнения рельсовых накладок способом струйного водяного охлаждения был предложен Центром новых систем охлаждения и термоупрочнения металлов ОАО «ВНИИМТ». В качестве закалочного устройства применяется система регулируемого водяного охлаждения секционного типа. Термоупрочнение заготовок производится с четырёх сторон плоскими потоками воды (рисунок 1) при их транспортировке на проходном режиме по рольгангу через устройство. Между первой и второй секциями имеется промежуток, когда накладка остывает на воздухе. Струи от форсунок направлены под углом к плоскости охлаждаемой накладке. Расход воды с каждой стороны накладке, регулируется

раздельно. Это позволяет обеспечить отличные друг от друга условия охлаждения для разномассивных элементов. На каждую секцию организован отдельный подвод воды. Для охлаждения воды на участке имеется градирня, подача которой осуществляется с устройства закали через фильтр, таким способом реализован цикл оборотного водоснабжения.

Такой способ упрочнения по сравнению с упомянутым традиционным – объёмная заковка в масле – имеет сразу несколько преимуществ:

- высокая управляемость процессом за счёт возможности регулирования скорости охлаждения разномассивных элементов в различных температурных интервалах. Это позволяет после термоупрочнения обеспечить оптимальное сочетание прочностных и пластических характеристик, высокий уровень служебных свойств накладок;
- экологичность и безопасность благодаря применению воды, а не масла, в качестве закалочной среды;
- отсутствие хозяйственного участка, призванного обслуживать отделение заковки;
- использование воды оборотного цикла предприятия.

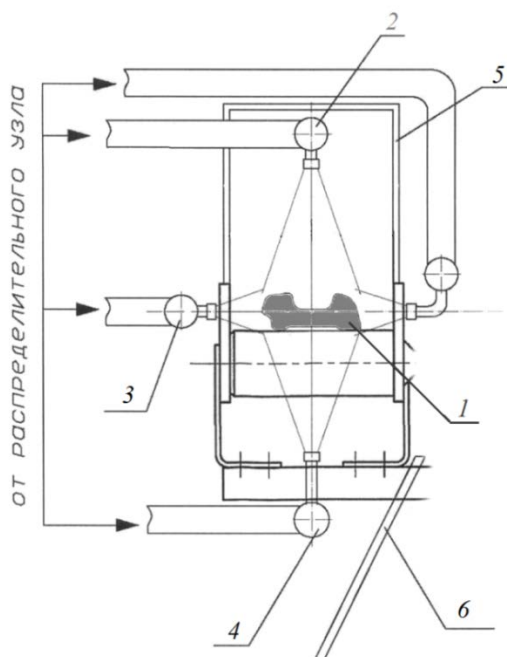


Рис. 1. Схема устройства регулируемого охлаждения:

- 1 – рельсовая накладка Р65; 2 – верхние коллекторы с форсунками; 3 – боковые коллекторы с форсунками; 4 – нижние коллекторы с форсунками; 5 – камера; 6 – слив воды в бак

С целью определения параметров устройства для промышленной реализации технологии термообработки на опытно-промышленном стенде ОАО «ВНИИМТ» были проведены исследования по охлаждению накладки Р65. Показания термометра №3 в стендовом эксперименте приведены на рисунке 2.

Результаты эксперимента, представленные на этом рисунке, показывают изменение температуры накладки при последовательном прохождении под форсунками секций №1 и №2 (температурные минимумы на кривой 1 и 2). С использованием разработанного во ВНИИМТ программного обеспечения [4] также были выполнены расчеты ускоренного охлаждения рельсовой накладки при различных граничных условиях. Поле температуры по сечению тела для случая двумерной задачи было рассчитано в результате численного решения уравнения теплопроводности Фурье. Задача реализована в программный модуль и учитывает зависимость коэффициентов удельной теплоёмкости и теплопроводности от температуры. Полученные данные стендовых исследований и расчётного анализа позволили уточнить рабочие режимы устройства в условиях производства.

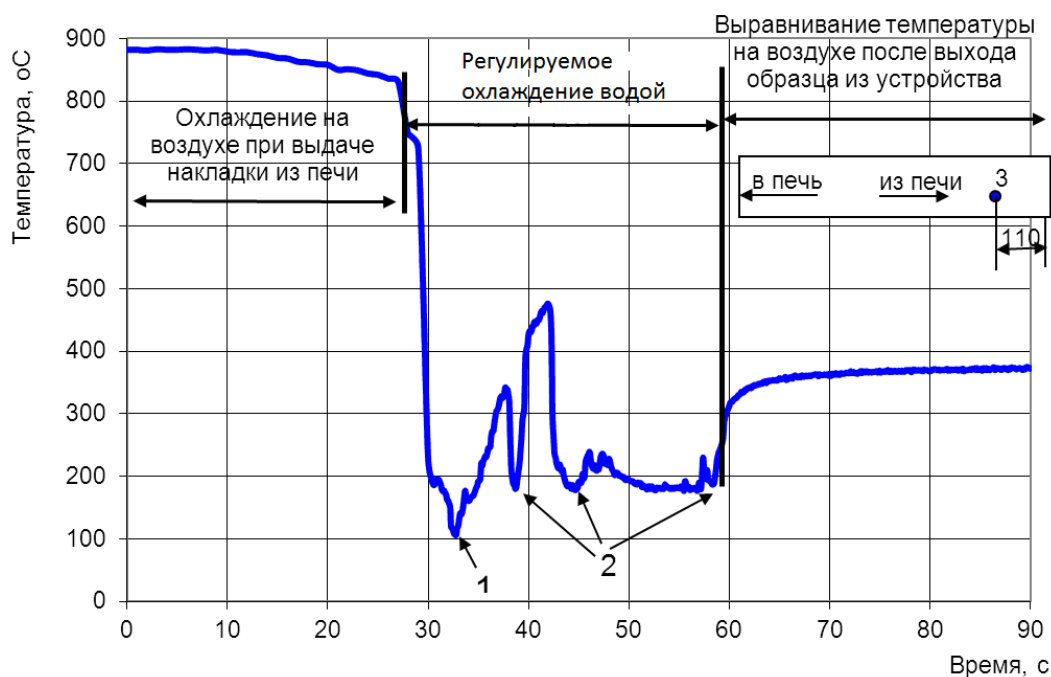


Рис. 2. Изменение температуры во времени рельсовой накладке при охлаждении устройстве ВНИИМТ (данные стендового эксперимента):

- Показания термопары № 3, установленной на поверхности шейки рельсовой накладке Р65. 1 – температурный минимум в результате воздействия форсунок секции №1;
- 2 – температурные минимумы в результате воздействия форсунок секции №2.

Последние полученные данные по механическим свойствам на промышленном устройстве ВНИИМТ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Механические свойства термоупрочнённых накладок в устройстве регулируемого охлаждения на предприятии ОАО «ЕВРАЗ НТМК» филиал НСМЗ.

Накладки	Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Твёрдость, НВ
«НТМК»	963–985	640–655	12–16	31–41	236–269
«КМК»	872–912	545–555	13–19	31–37	241–255
Требования ГОСТ 4133–73	не менее 844	не менее 530	не менее 10	не менее 30	в пределах 235–388

В таблице 1 указаны данные механических свойств для двух видов проката: «Объединенного Западно-Сибирского металлургического комбината» (ранее «НКМК») и «ЕВРАЗ НТМК» филиал Нижнесалдинский металлургический завод (НСМЗ). Эти сорта отличаются по содержанию углерода, поэтому для каждого из них был определён подходящий тепловой режим работы устройства с учётом ранее выполненных стендовых испытаний. Тепловые режимы были скорректированы в процессе проведения пуско-наладочных работ с исследованием механических свойств в лаборатории завода НСМЗ.

В заключении следует отметить, что новая технология водяного струйного охлаждения обеспечивает требования ГОСТ 4133–73 к рабочим характеристикам рельсовых накладок и позволяет экологично вести процесс термоупрочнения с использованием в качестве закалочной среды воды, исключая тем самым, известные сложности при закалке в масле.

#### Список использованных источников

1. Солдатенко Н.А., Карманов В.В., Ходяшев М.Б. Экологические аспекты утилизации моторных масел в качестве закалочных жидкостей//Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2011. – №7. – с.60–63.
2. Закалочная среда ПК–М. Электронный ресурс  
URL: [http://www.termoobrabotka.com.ua/rus/parts\\_polyterm\\_t.html#link1](http://www.termoobrabotka.com.ua/rus/parts_polyterm_t.html#link1)
3. В.Б. Райцес «Термическая обработка: В помощь рабочему-термисту». — М.: Машиностроение, 1980.— 192 с, ил.
4. Липунов Ю.И. «Разработка новой технологии и устройства для термоупрочнения рельсовых накладок»\ Ю.И. Липунов, К.Ю Эйсмондт, Ю.Г.Ярошенко, М.В. Старцева, Е.В Некрасова Теория и практика тепловых процессов в металлургии сб. докл. межд. научно-практ. конференции. 18–21 сент. 2012 г. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 437с. (с. 290–295).

## **ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОКАТЫШЕЙ В СЛОЕ АГЛОМЕРАТА В БУНКЕРЕ КОМПАКТНОГО БЗУ НА РАВНОМЕРНОСТЬ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ В КОЛОШНИКОВОЕ ПРОСТРАНСТВО ПЕЧИ**

© Теплых Е.О., Сибгатуллин С.К., Харченко А.С., Махмутов Р.Ф.

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

Равномерное распределение компонентов шихты по окружности колошника доменной печи и оптимальное по радиусу обеспечивает снижение градиента температур по периферии, повышение степени использования газового потока, вследствие чего уменьшение температур в газоотодах. Это может позволять вести плавку с повышенным перепадом давления газов [1]. Его рост на каждые 10 кПа в условиях ровного схода шихтовых материалов обеспечивает снижение удельного расхода кокса на 8 кг/т чугуна и повышение производительности печи более чем на 2 % [2]. Однако, на печах, оснащенных компактным бесконусным загрузочным устройством (БЗУ) лоткового типа возникают сложности в обеспечении равномерного окружного распределения материалов [3,4]. Это связано с многокомпонентностью используемой шихты.

На равномерность поступления материалов в колошниковое пространство печи в значительной степени влияет расположение компонентов шихты в бункере БЗУ относительно друг друга. Для выявления рационального режима загрузки шихты в доменную печь провели серию опытов на физической модели однократного компактного загрузочного устройства лоткового типа, изготовленной в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 2, 4, 6 ОАО «ММК» [5, 6].

Исследовали влияние расположения окатышей в слое агломерата при изменении их доли от общего количества железорудных материалов.

Для определения воздействия этих факторов на равномерность распределения компонентов шихты применили планирование эксперимента [7]. При составлении матрицы планирования использовали полный двухфакторный план с варьированием на трех уровнях.

В качестве выходного параметра использовали коэффициент равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ:

$$K_{\text{КШ}} = 1 - \frac{\sigma_i}{\text{КШ}_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_i$  – среднеквадратическое отклонение по массе  $i$ -тых порций компонентов шихты, поступающих из бункера;

$\text{КШ}_{\text{ср}}$  – среднее значение поступающих из бункера порций шихты, по массе.

Для математического описания выходного параметра от указанных факторов выбрано уравнение:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_{12} + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_3x_1x_2^2 + b_4x_2x_1^2 + b_5x_1^2x_2^2, \quad (2)$$

где  $x_1, x_2$  – факторы, влияния которых на параметр исследуются;

$b$  – коэффициенты уравнения регрессии.

В процессе эксперимента в бункер БЗУ загружали агломерат и окатыши. Окатыши располагали под агломератом, в среднем его слое и над ним. Варьируя долю окатышей по отношению к общему количеству железорудных материалов в интервале от 10 до 50 %, оставляя неизменным общее количество загружаемых в бункер материалов, производили их выпуск в колошниковое пространство печи. По ходу выпуска отбирали пробы и отделяли материалы друг от друга. Определяли долю каждого материала по мере их истечения и затем по формуле (1) рассчитывали коэффициент равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ.

В ходе эксперимента было соблюдено равенство критерия Ньютона для реальной печи ( $N_{дп}$ ) и модели ( $Ne_M$ ):

$$Ne = \frac{F \times \tau_{п}^2}{M_{п} \times L}, \quad (3)$$

где  $M_{п}$  – масса, поступающей шихты из бункера БЗУ, кг;

$L$  – расстояние, на которое перемещаются материалы, м;

$\tau_{п}$  – время, за которое происходит перемещение на расстояние  $L$ , с;

$F$  – сила тяжести материала, Н.

Каждый эксперимент дублировали, после чего находили дисперсию каждого опыта. Затем по критерию Кохрена определяли однородность данного ряда дисперсий.

Обработкой экспериментальных данных определены коэффициенты уравнения (2), значимость которых оценили по критерию Стьюдента.

Коэффициент равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ для проведенных экспериментов описывается следующим полиномом:

$$Y = 0,66 + 0,24A - 0,1O, - 0,17AOK - 0,42A^2 - 0,06OK^2 - \\ - 0,01A,0^2 + 0,18O,1^2 + 0,05A^2OK^2 \quad (4)$$

где  $A$  – доля агломерата, располагающаяся под окатышами в шихтовом бункере БЗУ, %;

$OK$  – доля окатышей от железорудной части шихты, %;

В полученном уравнении все факторы представлены в кодированной форме и изменяются от  $-1$  до  $1$ . Зависимости коэффициента равномерности от исследованных факторов приведены на рис. 1, 2.

Согласно рис. 1 наиболее высокий коэффициент равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи, равный  $0,77$  обеспечивается следующей загрузкой: вниз 68 % агломерата, затем окатыши в количестве 10 % от железорудной части шихты, после чего оставшиеся 32 % агломерата. При загрузке в бункер 10 и 30 % окатышей равномерность поступления компонентов шихты снижается. В значительной степени это связано с менее равномерным выходом агломерата. Однако в условиях расположения окатышей в нижней части бункера под агломератом увеличение их доли способствует повышению коэффициента равномерности поступления их в колошниковое пространство печи (рис. 2).

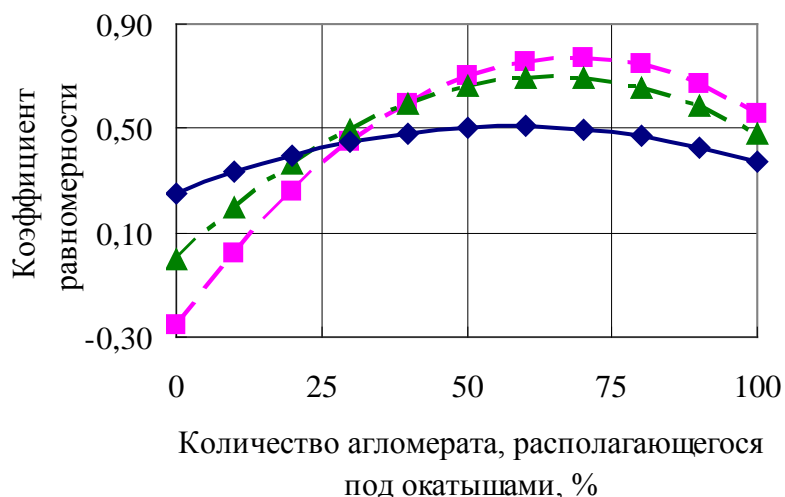


Рис. 1. Зависимость равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ от доли агломерата, располагающегося под окатышами, при доле окатышей от железорудной части шихты 10 % (-■-), 30 % (-▲-) и 50 % (-◆-) по массе

Расположение окатышей в верхней части бункера БЗУ над агломератом обеспечивало наиболее высокую равномерность поступления материалов, чем при их размещении в нижней части бункера. При этом увеличение их доли так же отрицательно отражалось на равномерности их поступления в колошниковое пространство печи.

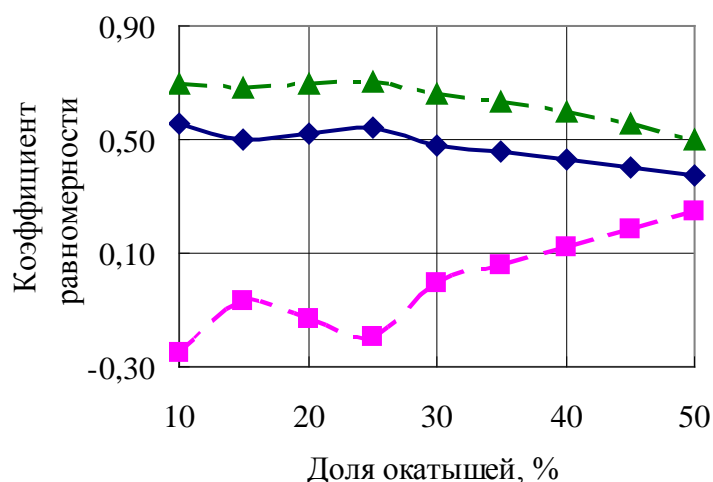


Рис. 2. Зависимость равномерности поступления компонентов шихты из бункера БЗУ от доли окатышей в железорудной части шихты при расположении их в среднем слое агломерата (-▲-), под ним (-■-), на нем (-◆-)

**Выводы:** Проведением планированного эксперимента на физической модели одно-трактового компактного загрузочного устройства, изготовленного в масштабе 1:5 по отношению к линейным размерам БЗУ доменных печей № 2, 4, и 6 ОАО “ММК”, установлено влияние последовательности загрузки агломерата и окатышей на равномерность их выхода из бункера. Наиболее высокий коэффициент равномерности поступления компонентов шихты в колошниковое пространство печи, равный 0,77 обеспечивали следующей загрузкой: вниз 68 % агломерата, затем окатыши в количестве 10 % от железорудной части шихты, после чего оставшиеся 32 % агломерата. При увеличении доли окатышей количество агломерата располагающегося под ними целесообразно уменьшать для обеспечения максимальной величины коэффициента равномерности.

## Список использованных источников

1. А.В. Чевычелов, М.Н. Евстафьев, В.А. Бегинюк, С.К. Сибатуллин, Е.О. Теплых, А.С. Харченко. Влияние последовательности набора материала в бункер компактного БЗУ на эффективность работы доменной печи. Черные металлы. Специальный выпуск 2012. С. 43–45.
2. Н.М. Крюков, В.С. Новиков, С.К. Сибатуллин и др. Работа доменной печи с повышенным перепадом давления газа. Производство чугуна. Свердловск: УПИ, 1978 С. 79–84.
3. Пыхтева К.Б., Загайнов С.А., Глеугабулов Б.С., Филиппов В.В., Журавлев Д.Л., Николаев Ф.П. Анализ особенностей формирования порций и истечения материалов из бункера БЗУ при загрузке шихты // Сталь. 2008. № 6. С. 14–19.
4. А.С. Харченко, С.К. Сибатуллин, Е.О. Теплых, Гушин Д.Н. Влияние различных факторов на равномерность распределения коксового орешка в колошниковом пространстве доменной печи, оснащенной БЗУ лоткового типа. Межрегиональный сборник научных трудов. Теория и технология металлургического производства № 10. Магнитогорск, 2010. С. 33–38.
5. А.С. Харченко, С.К. Сибатуллин, Н.П. Сысоев. Поступление коксового орешка совместно с агломератом и окатышами из шихтового бункера БЗУ в колошниковое пространство доменной печи. Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 8. С 18–19.
6. С.К. Сибатуллин, А.С Харченко, С.И. Гаврюшкин, А.В. Чевычелов Истечение материалов из шихтового бункера лоткового загрузочного устройства доменной печи по видам крупности. Межрегиональный сборник научных трудов. Теория и технология металлургического производства № 9. Магнитогорск, 2009. С. 21–25.
7. Спирин Н.А. Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Конспект лекций. Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004 – 257.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

© Усенко А.Ю., Бикмаев С.Р.

*Национальная металлургическая академия Украины,  
г. Днепрпетровск, Украина*

В настоящее время для эффективного энергосбережения широко используются теплонасосные технологии производства теплоты. Стимулом для широкого практического использования тепловых насосов (ТН) является практически неограниченные ресурсы источников тепла низкого температурного потенциала, которые не являются ценными для прямого технологического использования.

К преимуществам применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения по сравнению с другими способами теплоснабжения следует отнести: экономичность (для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2 ÷ 0,35 кВт·ч электрической энергии); упрощенные требования к системам вентиляции помещений и высокий уровень пожарной безопасности (все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования); возможность переключения с режима отопления на режим кондиционирования летом; надежность; компактность.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема парокомпрессионного теплового насоса. Суть работы заключается в том, что при испарении хладагента в испарителе (И) отбирается низкопотенциальное тепло от источника теплоты. Полученные пары хладагента сжимаются в компрессоре (КМ), что приводит к повышению температуры хладагента до необходимого уровня, после чего он поступает в конденсатор (К), где отдает свое тепло нагре-



ваемой среде. В схеме присутствует переохладитель (ПО) конденсата, что позволяет повысить эффективность использования низкопотенциального тепла.

На рисунке 1:  $Q_{и}$  – теплота, отдаваемая низкопотенциальным теплоносителем и получаемая хладагентом при его испарении;  $Q_{по}$  – теплота, отдаваемая хладагентом в переохладителе конденсата для повышения эффективности процесса;  $Q_{к}$  – теплота, отдаваемая хладагентом при его конденсации и получаемая высокопотенциальным теплоносителем (потребителем тепловой энергии);  $L$  – работа, необходимая для сжатия хладагента.

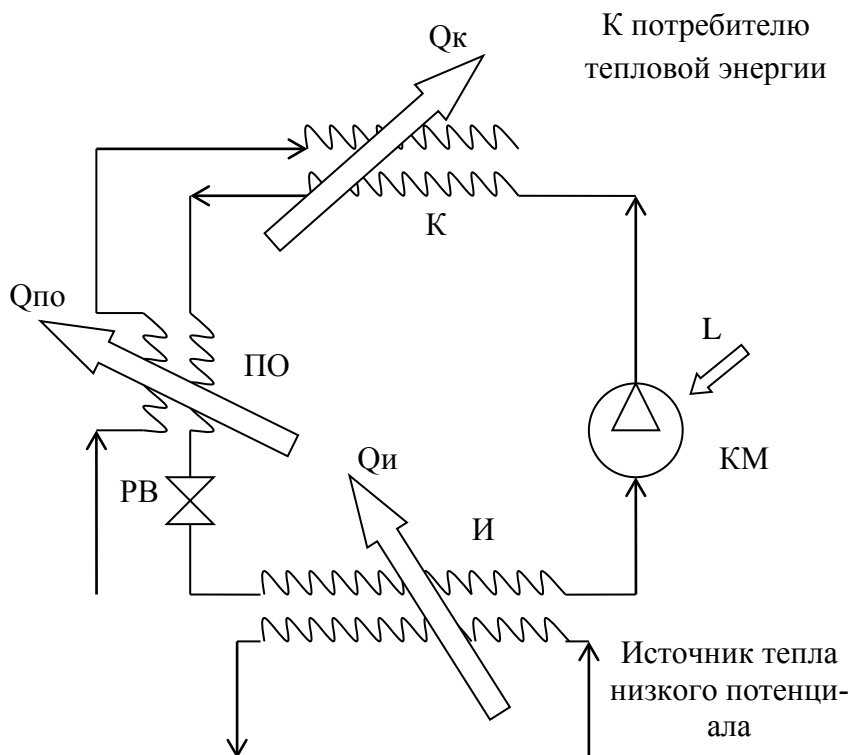


Рис. 1. Цикл парокомпрессионного теплового насоса

Тепловые насосы можно отнести к отдельному виду теплоэнергетического оборудования, для них нельзя использовать понятие коэффициента полезного действия, так как ТНУ позволяют производить больше энергии, чем затрачивается на выработку. Отношение произведенной теплоты к затраченной энергии на осуществление цикла теплонасосной установки называется коэффициентом преобразования теплоты (coefficient of performance – COP).

Анализ величины COP цикла холодильной машины заключается в анализе термодинамических свойств рабочего вещества. Этот метод был сформулирован и описан Р. Планком еще в 1930-х годах. Рассчитывая значение COP для холодильной машины, работающей на разных рабочих веществах по циклу, предложенному Р. Планком, определяют величину COP рабочего вещества в определенном температурном режиме работы. В рекламной продукции заводов-изготовителей рабочих веществ широко используется величина COP рабочего вещества в стандартном режиме. Очевидно, что величина COP цикла холодильной машины будет зависеть не только от температурного режима работы, но и от свойств примененного вещества. Поэтому выбор рабочего тела имеет большое значение для повышения эффективности работы ТНУ.

Рациональный выбор холодильных агентов усложняется одной из серьезных проблем – немедленный перевод тепловых насосов, которые разрабатываются, выпускаются и находятся в эксплуатации, на альтернативные, или экологически чистые рабочие вещества. Мотивацией этой проблемы стал Монреальский протокол, который обвинил в разрушении озонового слоя молекулу хлора. Как известно, у отечественных холодильных установках наряду с

аммиаком широко применяли фреон R22. Сегодня для замены R22 рекомендуются следующие смеси: R404, R507, R410, R407, R407C [1].

Ниже приведен анализ термодинамических свойств новых холодильных агентов. Сравним их с наиболее популярным «старым» холодильным агентом R22.

Достаточно важной величиной является объемная холодопроизводительность агента. Объемная холодопроизводительность агента для поршневых компрессорных машин должна быть по возможности большей, так как при этом уменьшается объем всасываемого компрессором пара и, соответственно, размеры компрессора. Рассмотрим это при одинаковых температурах конденсации и кипения.

При работе на R22, холодопроизводительность цикла составит 160 кДж/кг при объеме засасываемого компрессором пара 0,09 м<sup>3</sup>/кг, а при работе на R404 холодопроизводительность цикла  $q_0 = 125$  кДж/кг при объеме засасываемого компрессором пара 0,15 м<sup>3</sup>/кг, то есть в 1,7 раза больше по сравнению с R22.

Давление в испарителе при рабочих температурах кипения, желательно иметь выше атмосферного, чтобы избежать вакуума. При наличии вакуума, возможно проникновение в систему воздуха, что ухудшает работу машины. Это требование можно выполнить, применяя холодильные агенты с низкими температурами кипения при атмосферном давлении. Давление в конденсаторе, при обычных температурах охлаждающей среды, не должен быть чрезмерно высоким. Снижение предельного давления в машине позволяет облегчить конструкцию. Кроме того, снижаются требования к уплотнению, и уменьшается опасность утечки холодильного агента через неплотности. Турбокомпрессорные холодильные машины экономичнее работают при больших объемах всасывания, поэтому для них пригодны холодильные агенты с малой объемной холодопроизводительностью. Температура замерзания холодильного агента должна быть значительно ниже рабочей температуры кипения, для того чтобы исключить возможность замерзания его в испарителе.

Критическая температура должна быть достаточно высокой, чтобы можно было осуществлять процесс сжижения при температуре окружающей среды, а также для обеспечения более экономичной работы машины.

Сопоставление технико-экономических и энергетических показателей холодильных установок, работающих на фреоне R22 и его заменителе R404, выполнен в работе [2]. Целесообразность замены холодильного агента R22 на озонобезопасную смесь R404 следует рассматривать с учетом следующих факторов:

- удельная холодопроизводительность в R404 ниже, чем в R22, что приводит к перерасходу электроэнергии;
- при равных температурах конденсации, давление в R404 на 18% выше, чем в R22, что требует повышенных расчетных давлений аппаратов и приводит к снижению срока службы компрессоров на 20–25%;
- при ровных поверхностях конденсатора температура конденсации в R404 на 5°C выше, чем в R22, что приводит к дополнительной перерасходу электроэнергии на 11%;
- стоимость R404 в 10 раз выше стоимости R22.

Вещества на основе гидрофторуглеродов, таких, как R404 и R507, все чаще приходят на смену устаревшим хладагентам. Оба хладагента подходят для интервала температур испарения от – 45 до + 10 С, однако коэффициент теплопередачи в азеотропной смеси R507, как правило, выше, чем в неазеотропной R404. Поэтому теплообменник, в котором используется R507, при прочих равных условиях характеризуется меньшей площадью теплообмена или более высокой температурой испарения и более низкой температурой конденсации, что приводит к значительной экономии энергии.

Хладагент R507 удовлетворяет основное требование по замене R502 в модернизированных системах. Кроме этого, использование R507 повышает надежность работы компрессоров, поскольку температура нагнетания в этом случае на  $1 \div 2$  °С ниже, чем для R404, на  $11 \div 12$  °С ниже, чем для R502 и еще более низкая – для R22.

Перспективным является использование хладагента R407C, основное преимущество которого заключается в том, что при переходе с R22 на R407C, не нужно значительного изменения холодильной системы, и он является оптимальной альтернативой R22 по холодопроизводительности и давления насыщенного пара.

По сравнению с R22 хладагент R407C оказывает значительно меньше вреда окружающей среде. В то же время, при более низкой температуре нагнетания и чуть большем давлении всасывания, энергетическая эффективность R407C близка к энергетической эффективности R22.

Вместе с тем, большинство компаний обеспокоено большим температурным дрейфом ( $5 \div 7$  °C), характерным для R407C. Поэтому, массовые доли компонентов предлагаемых смесей варьируют в широких пределах. Данное обстоятельство затрудняет обслуживание холодильных систем. Так, в системах с несколькими испарителями, возможно нарушение исходной концентрации рабочего вещества, заправленной в систему. Однако, несмотря на очевидные преимущества и потенциальные выгоды, применения R410 в кондиционировании, считается, что R410 трудно работать, поскольку установки, где он используется, должны быть рассчитаны на более высокое рабочее давление. При большей удельной производительности, чем R22, диапазон нормальных рабочих давлений для R410 примерно в 1,5 раза выше, чем в R22.

Более высокая объемная холодопроизводительность R410 по сравнению с R22, в сочетании с более высоким коэффициентом теплопередачи, позволяет конструировать компактное оборудование, снижая тем самым стоимость установки и расширяя возможности монтажа. Холодильная установка, специально сконструированная для работы с R410, на 5 % энергетически более эффективна по сравнению с R22, и на 12% – с R407C.

Эффективность циклов холодильных машин на озонобезопасных фреонах, которые сравнивают традиционно с циклами на R12 и R22, нередко ниже. Фактически, переход из ХФУ (хлорфторуглероды) и ГХФУ (гидрохлорфторуглероды) на озонобезопасные хладагенты, внес дополнительный вклад в глобальное потепление за счет увеличенного потребления энергии. Исключив прямые эмиссии тех же ГХФУ в атмосферу, можно не менее эффективно бороться с глобальным потеплением.

Следовательно, имеет смысл совершенствования холодильных систем на имеющихся хладагентах при сопоставлении стоимости осуществления мер по наиболее полному исключению эмиссий хладагентов и уровня энергетических выгод от этого. Это особенно важно для стран с низким экономическим уровнем развития. Для таких стран, к которым, к сожалению, относится и Украина. Нецелесообразность перехода на альтернативные хладагенты можно аргументировать следующим:

- ни один из альтернативных фреонов, а также холодильные масла к ним, не производятся в Украине, поэтому, при переходе на эти хладагенты, отечественные потребители оказываются в полной зависимости от зарубежных производителей фреонов;
- несовместимость ряда минеральных масел с хладагентами вызывает необходимость их замены на дорогие гигроскопичны синтетические масла;
- фреоны определенной степени вредны, в связи с чем необходимо соблюдать особые требования, предъявляемые к размещению холодильных установок, в которых они используются;

Также эксплуатация холодильного оборудования, работающего на новых многокомпонентных смесях, требует высокой технической культуры обслуживающего персонала. Усложняется процедура заправки и дозаправки холодильных агентов. Это обусловлено изменением первоначального соотношения холодильных смеси, вследствие неизбежного убегания хладагента, что приводит к изменению термодинамических характеристик смеси и, как следствие, к нарушению условий эксплуатации оборудования.

Влияние фреонов групп ХФУ и ГХФУ на разрушение озонового слоя еще не полностью исследованы, возможно, это желание компаний, производящих фреоны, увеличить свою прибыль.

До сих пор некоторые исследователи высказывают большие сомнения по поводу целесообразности принятия запрета ХФУ. Самые категорические критики объявляют протокол грандиозной аферой, инициированной группой химических концернов с целью монополизировать рынок и вытеснить национальных производителей; более умеренные указывают на противоречивость некоторых положений и призывают к коррекции протокола с учетом времени.

Существующие прогнозы по использованию холодильных агентов в будущем указывают на расширение области применения аммиачных холодильных машин.

#### **Список использованных источников**

1. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: Монография. – Рязань: Узорочье. – 2003. – 470 с.
2. Пустовалов Ю.В. Эксергический анализ пароконденсационной теплонасосной установки с электроприводом. Системы теплоснабжения с нетрадиционными теплоисточниками. 1982. Тр. Ин-та ВНИПИЭнергопром.
3. Боровков В.М., Аль Алавин А.А. Энергосберегающие теплонасосные системы теплоснабжения // Изв. вузов. Проблемы энергетики. – 2007. – N 1–2.
4. Быков А.В., Калнинь И.М., Крузе А.С. Холодильные машины и тепловые насосы. – М.: Агропромиздат, 1988. – 304 с.

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОДУКТА СТАЛИ ПУТЕМ ПЕРЕПЛАВА ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**© Хлебников Н.А., Казанцева Н.М.**

*Нижнетагильский технологический институт (филиал УрФУ),  
г. Нижний Тагил, Россия*

На данном этапе развития металлургическая промышленность достигла такого уровня, что невозможно создать достаточно конкурентоспособный продукт без внедрения новых, более совершенных, экологических технологий. Безусловно, это связано с задачами модернизации конкретных производств, что, в конечном счете, приведет к уменьшению ресурсоемкости, а впоследствии и к снижению себестоимости продукта. Наиболее эффективно эти задачи решаются при внедрении технологий, позволяющих использовать вторичное сырье (отходы). В настоящее время большинство отечественных предприятий и заводов черной металлургии накопили большой объем шламов и пылей, которые на данный момент невозможно широко использовать в имеющихся технологических цепочках производства.

Сложность переработки отходов черной металлургии заключается в следующих факторах:

- значительное содержание вредных примесей, в том числе цинк и цветные металлы, такие как медь и алюминий;
- неравномерность химического состава;
- гранулометрический состав пылей и шламов.

Все эти факторы обуславливают технологическую невозможность переработки металлургических отвалов применительно к одному из известных процессов производства чугуна или стали. Безусловно, существуют технологии по переработке отходов металлургического передела, но все они либо не универсальны (направлены на переработку только определенной группы из общего числа пылей и шламов), либо экономически неэффективны.

На ОАО «Челябинский металлургический комбинат» отработана и реализована технология по утилизации пылей и шламов в ходе агломерационного процесса, но использование пылевидных компонентов в данных условиях достаточно ограничено. При увеличении доли

пыли в агломерационной шихте резко снижается газопроницаемость насыпного слоя, что негативно сказывается на процессе спекания и производительности агломашины.

С точки зрения переработки железосодержащих пылей и шламов заслуживают особого внимания способы, в которых происходит извлечение вредных примесей, таких как цинк, свинец, примеси цветных металлов и т.д. Технологии такого рода были разработаны в Японии, в частности при производстве металлизированных окатышей с применением угля в качестве восстановителя. Но строительство подобных установок требует значительных капиталовложений. В дальнейшем японской фирмой «Раса» была разработана альтернативная технология переработки пылей и шламов с большим содержанием вредных примесей. Но, как и в предыдущем случае, данный процесс технологически сложно осуществим, в тоже время он требует постройки дополнительных агрегатов и закупку дорогостоящего оборудования.

Также известен способ утилизации отходов и остатков, содержащих железо [1], который позволяет получить жидкий чугун или полупродукт стали. При применении этой технологии отходы необходимо классифицировать по химическому составу на три группы:

- материалы, содержащие в основном железо в виде окиси;
- материалы, содержащие железо в виде металла;
- углерод содержащие материалы (для получения восстановительного газа).

Такой способ утилизации железосодержащих отходов требует ввода дополнительных операций: брикетирование или же грануляция, а в качестве связующего может служить жженая известь.

Исходя из всего вышесказанного, задачи данного исследования можно сформулировать следующим образом:

- разработать принципиально новую технологию получения стали или чугуна из пылей и шламов содержащих железо, без введения дополнительных операций (окускование или грануляция) по подготовке шихты к плавке;
- рассмотреть разработанную технологию применительно к уже существующим агрегатам для получения стали или чугуна.

Для проведения лабораторных испытаний было отобрано три группы пылей: 1) пыль доменных печей из первой ступени очистки доменного газа, т.к. в ней наименьшее содержание цинка, чем в последующих ступенях [2]; 2) пыль из системы очистки агломашины; 3) неизвестная. Первая группа пылей была предоставлена ОАО «ЕВРАЗ НТМК» с системы очистки доменной печи №6. Вторая группа – пыль из системы очистки агломашин ОАО «ЕВРАЗ ВГОК». Химический состав пылей известен, но на данном этапе исследований в научном плане он интереса не представляет. Необходимо лишь отметить, что доменная пыль содержит помимо цинка включения цветных металлов (меди и алюминия), а также содержит достаточно большое количество титана. Это обусловлено химическим составом поступающего в печь сырья. Достаточно велико и содержание углерода, что впоследствии позволяет проводить плавки без использования дополнительно вводимого восстановителя (кокс или коксик). Группа пылей №3, благодаря своему химическому составу использовалась в качестве шлакообразующего материала, поэтому в серии опытов не использовались шлакообразующие по типу обожженной извести или плавикового шпата.

На данном этапе исследования показали возможность получения именно полупродукта стали путем переплава агломерационных или доменных пылей или их смеси. Результаты проведенных опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Усредненный химический состав полученных образцов полупродукта стали

Номер серии опытов	Содержание, %									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	S	P
1	0,506	0,02	0,550	0,011	0,037	0,7	0,07	0,020	0,39	0,24
2	0,047	0,02	0,033	0,010	0,110	4,0	0,02	0,006	0,48	0,18
3	3,660	0,09	2,000	0,260	0,070	4,0	0,30	1,500	0,36	0,24

Хотелось бы отметить, что все три серии экспериментальной пыли отличались лишь составом исходной шихты. Прочие параметры, включая время проведения всего эксперимента, были выдержаны одинаковыми. Состав шихты в первой серии экспериментов состоял из смеси всех трех групп пылей в равном соотношении. Это позволило добиться наилучшего результата, по сравнению с сериями 2 и 3. Конечно, в конечном полупродукте велико содержание серы и фосфора, но в тоже время содержание меди значительно ниже, чем в последующих экспериментах. Во второй использовалась смесь доменной и агломерационной пылей в равном соотношении. В результате мы получили образцы с наименьшим среди остальных содержанием углерода, кремния, титана, а содержание меди составляло около 4 %. В третьей серии лабораторных исследований в качестве исходной шихты использовалась только доменная пыль без каких-либо добавок. Полученные образцы характеризовались наименьшим среди остальных содержанием железа, а так же значительным содержанием титана (в некоторых образцах содержание титана достигало 2 %), содержание углерода достигало 3,71 %, так же в образцах наблюдалось высокое содержание примесей цветных металлов.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что наиболее важным для процесса переплава пыли является подбор шихтовки, которая зависит исключительно от химического состава исходного сырья. В то время как гранулометрический состав пыли и прочие параметры влияли в наименьшей степени. Для всех трех серий экспериментов характерно получение жидкой фазы конечного полупродукта стали (серии опытов 1 и 2) и полупродукта чугуна (серия опытов 3). Благодаря этому становится возможным применение шлакообразующих материалов, в частности жженой извести. Это позволит снизить содержание серы и фосфора в конечных образцах, следовательно получить практически готовую сталь (исходя из серии опытов 1). Так же при лабораторных исследованиях было отмечено интенсивное образование восстановительного газа (СО) в ходе проплавления пыли. Это в значительной степени снижало производительность установки, т.к. образование газа в более глубоких слоях приводит к выбросу переплавляемой пыли из рабочего пространства экспериментальной установки в атмосферу.

Первостепенными задачами дальнейших исследований в данном направлении являются:

- выявление зависимостей и степени влияния параметров плавки на процесс восстановления при применении разработанной технологии;
- подбор оптимального состава компонентов шихты;
- определение наиболее оптимальных параметров течения процесса плавления пыли, обеспечивающих наибольшую степень восстановления железа и выход годного полупродукта;
- рассмотреть возможность применения экспериментальной технологии в уже известных сталеплавильных агрегатах;
- снизить содержание вредных примесей в конечном полупродукте путем применения шлакообразующих материалов, а так же при изменении управляющих параметров (для удаления примесей цветных металлов);
- расчет удельных энергетических затрат для определения эффективности применения разработанной технологии.

#### **Выводы.**

В лабораторных условиях бала получена экспериментальная технология получения полупродукта стали или чугуна в жидкой фазе. При этом шихта (доменная или агломерационная пыли или их смеси) не требует какой-либо предварительной подготовки, в частности окускования или грануляции. Это в значительной степени упрощает и удешевляет данную технологию, по сравнению с уже существующими. Технология достаточно универсальна, поэтому позволяет перерабатывать достаточно широкий спектр пылей металлургического производства или их смесей. Наиболее сильное влияние на параметры процесса оказывает

химический состав исходного сырья, что может привести к увеличению времени протекания всего процесса в целом, изменению температурных режимов для получения наилучших результатов.

### Список использованных источников

1. Заявка на изобретение. 94015261, МПК С21В13/14. Способ утилизации отходов и остатков, содержащих железо/ Вернер Кеплингер, Гюнтер Шрей, Геро Тессмер; Фоест-Альпине Индустрианлагенбау ГмбХ (АТ). – №94015261/02; Заявл. 04.05.94; Опубл. 10.12.96.
2. Комплексное использование сырья и отходов/ Б. М. Равич, В. П. Окладников, В. Н. Лыгач и др.– М.: Химия, 1988.– 288 с.: ил.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗОНАЛЬНОГО МЕТОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОКАЛИВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Чибашвили А.В., Герасименко Т.Е., Мешков Е.И.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет),  
г. Владикавказ, Россия

Математическое моделирование тепловых процессов, протекающих в металлургических агрегатах, широко применяется в металлургической теплотехнике. С помощью математических моделей можно на стадии проектирования выбрать оптимальные геометрические теплового агрегата и режимные параметры технологического процесса. Главное качество математических моделей тепловых процессов это их достаточно высокая точность и объем информации, которую они позволяют получить. Известно, что математические модели металлургических агрегатов с применением зонального метода расчета сполна отвечают этим требованиям.

Рассмотрим применение резольвентного зонального метода при составлении уравнений теплового баланса математической модели на примере вращающиеся печи барабанного типа для прокаливания углеродных материалов. В рамках зонального метода печь разбивается на  $n$  участков, как показано на рис. 1.

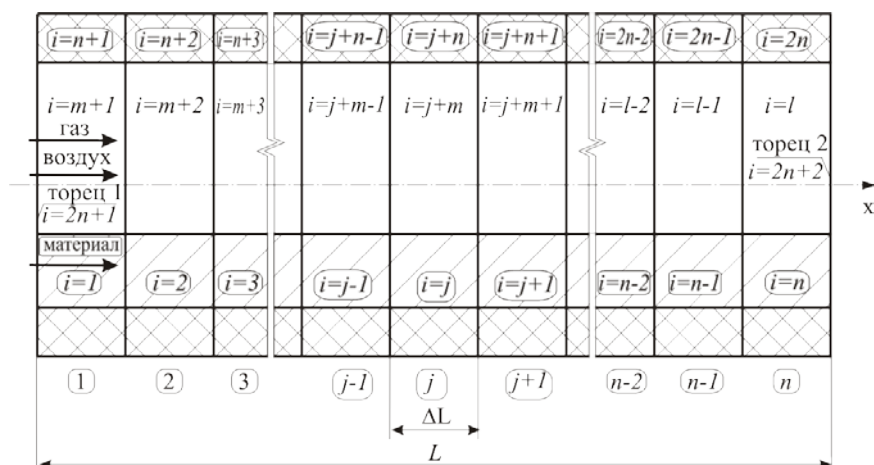


Рис. 1. Схема разбиения барабанной вращающейся печи на зоны:  $j = 1, 2, \dots, n$  – номер участка печи;  $i = 1, 2, \dots, l$  – номер зоны теплообмена;  $m = 2n+2$  – число поверхностных зон,  $2n+1$  и  $2n+2$  – номера торцовых зон,  $l$  – общее число зон,  $L$  – полная длина печи,  $m$ ;  $\Delta L$  – длина одного участка печи, м.

В пределах одного участка выделяются три зоны: по одной зоне на поверхности материала и поверхности футеровки и одну объемную газовую зону, а также две торцовые зоны. В результате разбиения образуется общее число зон  $l=3n+2=m+n$ .

Для построения математической модели тепловой работы составляются зональные уравнения теплового баланса с целью определения температур газа, материала и футеровки в любой точке рабочего пространства барабанной вращающейся печи. В рабочем пространстве печи имеет место перенос тепла излучением, конвекцией и теплопроводностью. Преимущественно передача тепла осуществляется излучением и конвекцией, поскольку в рабочем пространстве печи высокая температура и интенсивное перемещение материальных потоков. Поэтому в уравнениях теплового баланса теплопроводность учитывается только как потери тепла через футеровку и корпус печи.

Тогда общий вид зональных уравнений теплового баланса примет вид

$$Q^И + Q^K + \sum Q^{Ис} = 0, \quad (1)$$

где  $Q$  – мощность теплового потока, Вт; и, к – индексы, обозначающие теплообмен соответственно излучением и конвекцией;  $\sum Q^{Ис}$  – суммарная мощность источников (стоков) тепла, Вт.

В этом уравнении суммарная мощность источников (стоков) включает в себя мощность теплового потока теплопроводностью, которую можно считать потерями тепла для зон на поверхности материала и футеровки. Для составления зональных уравнений теплового баланса процесса прокаливания углеродных материалов необходимо учитывать не только процессы передачи тепла излучением и конвекцией, но и тепловыделение от горения топлива, материала, а также выделение летучих веществ при пиролизе и их горение в газовой зоне.

Результирующий тепловой поток каждой зоны складывается из результирующего потока излучения  $Q^И$  и результирующего конвективного теплового потока  $Q^K$

$$Q^P = Q^И + Q^K. \quad (2)$$

При этом результирующий поток излучения зоны представляет собой разность между падающим потоком  $Q^{пад}$  и потоком собственного излучения  $Q^{соб}$

$$Q^И = Q^{пад} - Q^{соб}. \quad (3)$$

Радиационный тепловой поток, падающий на  $i$ -ую зону  $Q_i^{пад}$  и поток собственного излучения  $Q_i^{соб}$ , определяются по известным зависимостям [1]

$$Q_i^{пад} = \varepsilon_i \sum_k \varepsilon_k \sigma_0 F_k T_k^4 \psi_{ki}, \quad (4)$$

$$Q_i^{соб} = \varepsilon_i \sigma_0 F_i T_i^4. \quad (5)$$

где  $k$  – номер зоны излучателя;  $\varepsilon$  – степень черноты зоны;  $\sigma_0$  – константа излучения абсолютно черного тела,  $\sigma_0 = 5,67$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  $F$  – площадь поверхности зоны, м<sup>2</sup>;  $T$  – зональная температура, К;  $\psi_{ki}$  – разрешающий обобщенный угловой коэффициент излучения.

В соответствии с этим уравнение (3) примет вид

$$Q_i^И = \varepsilon_i \sum_k \varepsilon_k \sigma_0 F_k T_k^4 \psi_{ki} - \varepsilon_i \sigma_0 F_i T_i^4. \quad (6)$$

Уравнение теплового баланса для объемных газовых зон ( $i=m+1, \dots, l$ ) учитывает процессы передачи тепла излучением, конвекцией, генерацию тепла за счет горения топлива, материала и выделившихся летучих веществ, что для прямоточного движения газа и материала поясняется схемой тепловых потоков (рис. 2).

Конвективный тепловой поток, принимаемый объемной газовой зоной, кроме первой по ходу газов ( $i=m+2, \dots, l$ ) равен

$$Q_i^{К,пр} = \alpha_{jl}^M F_{jl}^M T_{jl}^M + \alpha_{j2}^\Phi F_{j2}^\Phi T_{j2}^\Phi + c_{p,j3}^G G_{j3}^G (T_{j3}^G - 273) + c_{p,jl}^П \left| \Delta G_{jl}^П \right| (T_{jl}^M - 273) + c_{p,jl}^M \left| \Delta G_{jl}^M \right| (T_{jl}^M - 273), \quad (7)$$

где первое и второе слагаемые представляют собой конвективный тепловой поток, переданный в газовую зону от смежной с ней зоны материала и футеровки соответственно, третье –



приток тепла за счет его переноса из предыдущей смежной газовой зоны, четвертое и пятое – приток тепла из смежной зоны за счет переноса летучих веществ и сгоревшего материала соответственно.

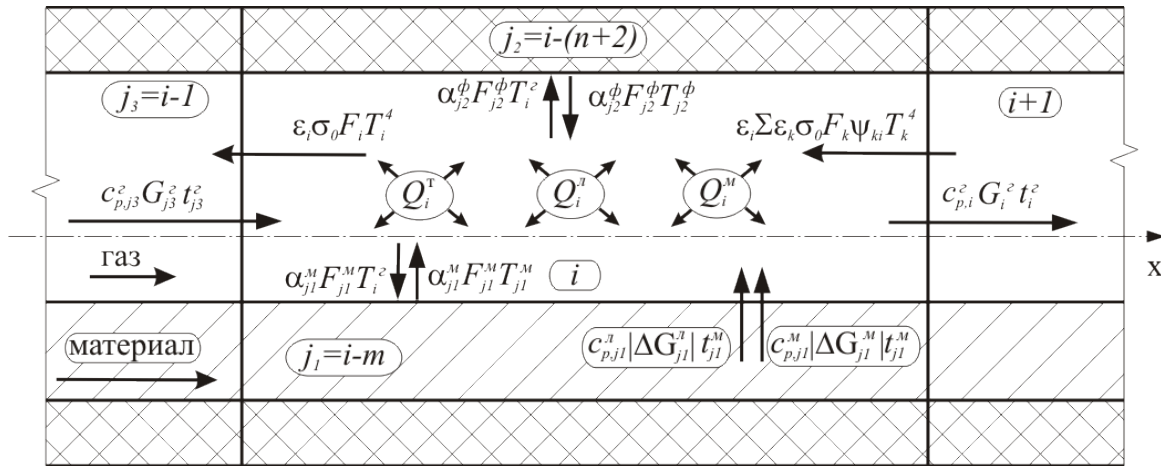


Рис. 2. Схема тепловых потоков для объемных газовых зон:

$i$  – номер рассматриваемой объемной газовой зоны;  $j_1$  – номер смежной зоны на поверхности материала;  $j_2$  – номер смежной зоны на поверхности футеровки;  $j_3$  – номер объемной зоны, смежной с  $i$ -ой зоной;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $G$  – массовый расход, кг/с;  $c_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(м<sup>3</sup>·°C);  $\Delta G$  – изменение массового расхода, кг/с;  $Q_i^T, Q_i^L, Q_i^M$  – мощность теплового потока от сгорания топлива, летучих веществ и материала соответственно, Вт;  $\zeta, T, M, L$  – индексы, соответствующие газу, топливу, материалу и летучим веществам.

Конвективный тепловой поток, отдаваемый газовой зоной равен

$$Q_i^{K,P} = \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M T_i^\Gamma + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_i^\Gamma + c_{p,i}^\Gamma G_i^\Gamma (T_i^\Gamma - 273), \quad (8)$$

где первое и второе слагаемые – это конвективный тепловой поток, переданный от газовой зоны в смежную с ней поверхностную зону материала и футеровки соответственно, третье – тепловой поток за счет перемещения газа в следующую смежную газовую зону.

Результирующий конвективный тепловой поток для  $i$ -ой зоны будет равен

$$Q_i^K = Q_i^{K,PP} - Q_i^{K,P}. \quad (9)$$

После подстановки в уравнение (9) выражений (7) и (8) оно примет вид

$$Q_i^K = \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M T_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_{j_2}^\Phi + c_{p,j_3}^\Gamma G_{j_3}^\Gamma (T_{j_3}^\Gamma - 273) + c_{p,j_1}^L |\Delta G_{j_1}^L| (T_{j_1}^M - 273) + c_{p,j_1}^M |\Delta G_{j_1}^M| (T_{j_1}^M - 273) - \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M T_i^\Gamma - \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_i^\Gamma - c_{p,i}^\Gamma G_i^\Gamma (T_i^\Gamma - 273). \quad (10)$$

В результате преобразования уравнения (10) получим

$$Q_i^K = \left( \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + c_{p,j_1}^L |\Delta G_{j_1}^L| + c_{p,j_1}^M |\Delta G_{j_1}^M| \right) T_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_{j_2}^\Phi + c_{p,j_3}^\Gamma G_{j_3}^\Gamma T_{j_3}^\Gamma - \left( c_{p,i}^\Gamma G_i^\Gamma + \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi \right) T_i^\Gamma + 273 \left( c_{p,i}^\Gamma G_i^\Gamma - c_{p,j_3}^\Gamma G_{j_3}^\Gamma - c_{p,j_1}^L |\Delta G_{j_1}^L| - c_{p,j_1}^M |\Delta G_{j_1}^M| \right). \quad (11)$$

Тогда коэффициенты конвективного теплообмена будут равны

$$g_{ki} = \begin{cases} 0 & \text{при } k \neq j_1, k \neq j_2, k \neq j_3, k \neq i; \\ \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L + c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M & \text{при } k = j_1; \\ \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi & \text{при } k = j_2; \\ c_{p,j_3}^R G_{j_3}^R & \text{при } k = j_3; \\ -\left(c_{p,i}^R G_i^R + \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi\right) & \text{при } k = i, \end{cases} \quad (12)$$

$$a \quad g_i^0 = 273 \left( c_{p,i}^R G_i^R - c_{p,j_3}^R G_{j_3}^R - c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L - c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M \right). \quad (13)$$

Конвективный тепловой поток, принимаемый первой по ходу газов объемной газовой зоной ( $i=m+1$ ) отличается от последующих зон, так как в эту зону подается топливо, воздух для горения топлива, а также возможен подсос воздуха. В соответствии с этим уравнение (7) можно записать в виде

$$Q_i^{K,ПР} = +\alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M T_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_{j_2}^\Phi + c_p^T G^T (T^T - 273) + c_p^B G^B (T^B - 273) + c_p^\Pi G^\Pi (T^\Pi - 273) + c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L (T_{j_1}^M - 273) + c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M (T_{j_1}^M - 273), \quad (14)$$

или

$$Q_i^{K,ПР} = c_p^T G^T T^T + c_p^B G^B T^B + c_p^\Pi G^\Pi T^\Pi + \left( \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L + c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M \right) T_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_{j_2}^\Phi - 273 \left( c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L + c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M + c_p^T G^T + c_p^B G^B + c_p^\Pi G^\Pi \right), \quad (15)$$

Конвективный тепловой поток, отдаваемый первой по ходу газов объемной зоной, определяется, так же как и для всех последующих зон, из уравнения (8). С учетом этого результирующий конвективный тепловой поток будет равен

$$Q_i^K = \left( \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L + c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M \right) T_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi T_{j_2}^\Phi - \left( c_{p,i}^R G_i^R + \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi \right) T_i^R + c_p^T G^T T^T + c_p^B G^B T^B + c_p^\Pi G^\Pi T^\Pi + 273 \left( c_{p,i}^R G_i^R - c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L - c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M - c_p^T G^T - c_p^B G^B - c_p^\Pi G^\Pi \right). \quad (16)$$

Тогда коэффициенты конвективного теплообмена для первой по ходу газов объемной зоны можно записать в виде

$$g_{ki} = \begin{cases} 0 & \text{при } k \neq j_1, k \neq j_2, k \neq j_3, k \neq i; \\ \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L + c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M & \text{при } k = j_1; \\ \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi & \text{при } k = j_2; \\ -\left(c_{p,i}^R G_i^R + \alpha_{j_1}^M F_{j_1}^M + \alpha_{j_2}^\Phi F_{j_2}^\Phi\right) & \text{при } k = i, \end{cases} \quad (17)$$

$$g_i^0 = 273 \left( c_{p,i}^R G_i^R - c_{p,j_1}^L \Delta G_{j_1}^L - c_{p,j_1}^M \Delta G_{j_1}^M - c_p^T G^T - c_p^B G^B - c_p^\Pi G^\Pi \right) + c_p^T G^T T^T + c_p^B G^B T^B + c_p^\Pi G^\Pi T^\Pi. \quad (18)$$

Уравнение (5) может быть записано в следующем виде

$$\sum_k \left( a_{ki} T_k^4 + g_{ki} T_k \right) + g_i^0 + Q_H^{P,T} \Delta G_i^T + (1 - k^M) Q_H^{P,M} \Delta G_i^M + Q_H^{P,L} \Delta G_i^L. \quad (19)$$

где третье, четвертое и пятое слагаемые – это мощность теплового потока от сгорания топлива, материала и летучих веществ соответственно.

Уравнение (19) является общим видом зональных уравнений теплового баланса для объёмных зон барабанной вращающейся печи процесса прокалики углеродных материалов в

режиме прямого тока. Аналогичным образом составляются уравнения для поверхностных зон. Эти уравнения могут быть использованы для синтеза общей системы уравнений, объединяющей уравнения движения потоков, теплообмена и массообмена, с целью исследования процесса прокаливания углеродных материалов в барабанной вращающейся печи вычислительным экспериментом. Кроме того, вышеприведенный принцип также можно использовать и для моделирования других тепловых агрегатов, например, электрокальцинатора, с учетом некоторых поправок, обусловленных его конструктивными особенностями и технологией процесса.

#### Список использованных источников

1. Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей // М.: Металлургия. – 1990. – С. 238.

### РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ГАЗА ПИРОЛИЗА БИОМАССЫ

© Шишко Ю.В., Губинский С.М.

*Национальная металлургическая академия Украины,  
г. Днепрпетровск, Украина*

Необратимое снижение ресурсов ископаемых топлив и, как следствие, их удорожание, стимулирует разработку технологий эффективного использования возобновляемых источников энергии. Не менее важным преимуществом возобновляемых источников энергии над ископаемыми топливами является их экологичность.

При оценке выбросов в окружающую среду в последние годы наряду с остальными компонентами стали обращать серьезное внимание на такие вредные и токсичные вещества, как диоксины и фураны.

Образование диоксинов происходит двумя путями: в результате пиролиза хлорсодержащих соединений – путь, характерный для пожаров, и при остывании дымовых газов при температурах 300÷600 °С в результате взаимодействия молекулярного или атомарного хлора с полиароматическими углеводородами и сажей в присутствии кислорода и тяжелых металлов, катализирующих процесс. В связи с небольшим содержанием хлора в исходном сырье, биомасса, как топливо, имеет преимущество перед ископаемыми видами топлив, так как продукты сжигания и переработки биомассы содержат диоксины в меньшей степени, чем продукты сжигания ископаемых топлив. Однако, в связи с тем, что использование отходов биомассы в энергетических целях имеет тенденцию к возрастанию, необходимо уже на стадии разработки технологий учитывать вопросы минимизации выбросов этих компонентов [1].

За основу для исследований был принят процесс пиролиза мелкодисперсной биомассы (лузга подсолнечника, рисовая и гречневая шелуха, скорлупа грецкого ореха и др.) [2]. Пиролиз – это термическое разложение биомассы, результатом которого является получение твердого материала (коксового остатка) и пиролизного газа с теплотой сгорания 8–10 МДж/м<sup>3</sup>.

В данной работе для сжигания пиролизного газа предлагается горелочное устройство инжекционного типа, в котором пиролизный газ инжектируется воздухом. Предлагаемое горелочное устройство оснащено керамической насадкой, которая, разогреваясь дымовыми газами, обеспечивает полное дожигание пиролизного газа с максимальным удалением из него вредных и токсичных компонентов.

В рамках разработки такого процесса были выполнены предварительные исследования некоторых вопросов, а именно:

- определение гидравлического сопротивления некоторых видов исходной биомассы;
- с учетом полученных данных выполнен расчет инжекционной горелки.

В результате экспериментальных исследований гидравлического сопротивления были получены эмпирические зависимости для определения коэффициента аэродинамического сопротивления слоя некоторых видов биомассы в широком диапазоне порозности  $0,2 \div 0,73$  в виде:

$$\xi = a \cdot \text{Re}^{-b} \quad (1)$$

Аппроксимация экспериментальных зависимостей при различной порозности слоя показала, что коэффициент  $b$ , как для лузги, так и для опилок, слабо зависит от плотности слоя и изменяется в узком диапазоне  $0,65 - 0,81$  при изменении порозности почти в четыре раза. Это позволило при обработке результатов принять коэффициент  $b$  постоянным и равным  $0,7$ .

В тоже время, коэффициент  $a$  зависимости (1) является функцией порозности слоя  $a = f(E)$ . Регрессионные зависимости для расчета коэффициента  $a$ , приведены в таблице 1.

Оценка точности полученных уравнений показала, что относительная погрешность вычислений коэффициентов гидравлического сопротивления составляет для шелухи подсолнуха  $10 - 14 \%$ , для опилок  $- 20 \%$ .

Таблица 1

Расчетные зависимости для вычисления эмпирического коэффициента  $a$

Вид биомассы	Коэффициент $a$
Лузга подсолнечника	$a = 105 \cdot (-9,69 \cdot E^3 + 19,34 \cdot E^2 - 12,97 \cdot E + 2,94)$
Древесные опилки	$a = 1,2 \cdot 10^6 \cdot E - 10,5 \cdot E$

В результате расчетов инжекционной горелки для заданных условий процесса были получены ее конструктивные характеристики: диаметр выходного сечения диффузора  $d_4 = 0,05$  м; диаметр горловины  $d_{3 \text{ опт}} = 0,022$  м; диаметр входного сечения сопла  $d_1 = 0,005$  м; длина горловины  $l_3 = 0,066$  м; длина диффузора  $l_4 = 0,2$  м.

Схема экспериментальной установки для исследований процесса сжигания пиролизного газа представлена на рисунке 1.

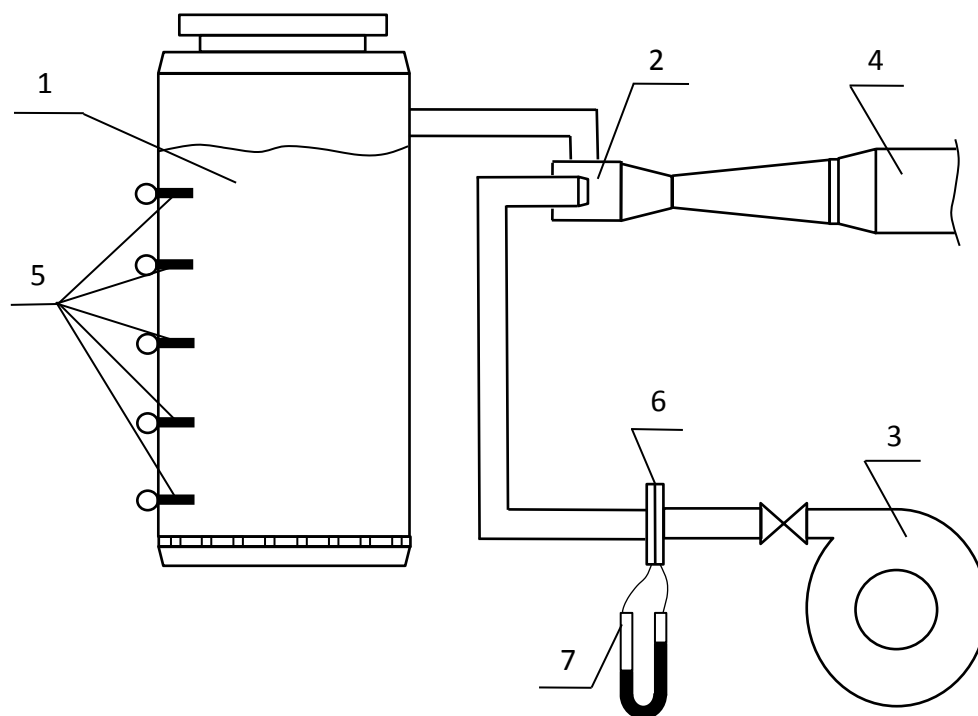


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для сжигания пиролизного газа:  
 1 – камера-реактор пиролиза; 2 – инжектор; 3 – воздуходувка;  
 4 – горелочный туннель; 5 – термоэлектрические преобразователи;  
 6 – диафрагма для измерения расхода воздуха; 7 – дифференциальный манометр.

Экспериментальные исследования проводились следующим образом. В камеру-реактор 1 загружалось исходное сырье, в качестве которого была использована скорлупа грецкого ореха. Масса загрузки, в среднем, составила 20 кг. Слой материала равномерно поджигался сверху, после чего камера-реактор закрывался крышкой. Одновременно с этим включалась воздуходувка 3. Поток воздуха проходил через инжектор и инжектировал вторичный воздух из камеры-реактора. Дно камеры-реактора было выполнено из сетки, за счет этого воздух проходил через слой ореховой скорлупы снизу вверх, доходил до зоны фильтрационного горения, где происходил процесс окислительного пиролиза и смешивался с образовавшимся пиролизным газом.

Далее газоздушная смесь выходила через инжектор 3 в горелочный тоннель 4, где в дальнейшем сжигалась. Поджиг газоздушной смеси от внешнего запальника производился только в течение нескольких первых минут процесса, затем смесь в горелочном тоннеле воспламенялась самопроизвольно. Длительность процесса при одной загрузке установки составила 2 часа. В течение этого времени фронт фильтрационного горения проходил весь слой биомассы по высоте, что сопровождалось постоянным и стойким выходом пиролизного газа. Контроль протекания процесса осуществлялся при помощи термоэлектрических термометров 5 типа ХА. В качестве вторичного прибора, фиксирующего и отображающего результаты измерения температуры, применялся измерительный комплекс на базе персонального компьютера. После завершения процесса пиролиза в реакторе происходило остывание коксового остатка до температуры окружающей среды естественным образом. Затем коксовый остаток выгружался, его масса в среднем составляла 3,5 кг.

Технические характеристики экспериментальной установки:

- масса загружаемого материала –  $4 \div 25$  кг;
- расход воздуха на процесс пиролиза  $1 \div 10$  м<sup>3</sup>/час;
- температура процесса –  $400 \div 900$  °С;
- температура воздуха на входе в слой биомассы –  $0 \div 30$  °С;
- высота слоя биомассы 45 – 55 см;
- размеры камеры-реактора: диаметр – 300 мм, высота – 900 мм.

Максимальная скорость воздуха ограничивалась значением, при котором частицы биомассы или коксового остатка, образовавшегося в ходе процесса пиролиза, выносились из камеры-реактора.

Скорость перемещения фронта горения по высоте слоя биомассы определялась по изменению температуры в слое. По мере продвижения фронта горения слой материала последовательно проходил стадии нагрева и выхода газообразных компонентов. Скорость прохождения фронта горения по высоте слоя составила 4 – 5 мм/мин. Выполненные исследования подтвердили существенное влияние равномерности воспламенения верхней поверхности слоя и равномерности распределения потока воздуха по сечению слоя на стабильность движения тепловой волны. В состав летучих продуктов пиролиза входили СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, СН<sub>4</sub>, СО, О<sub>2</sub>, смолы и другие органические соединения. Таким образом, только часть окислителя, поступающего в слой, реагирует во фронте горения.

Пиролизный газ выходит из камеры-реактора с температурой 200 – 300 °С, теплота сгорания пиролизного газа с учетом конденсирующихся продуктов пиролиза составила 12 – 15 МДж/м<sup>3</sup>. При этом, наиболее эффективное использование потенциала пиролизного газа имеет место при его сжигании в горячем состоянии, без очистки от смол.

Оценка эффективности технологии пиролиза в плотном слое составляет 92 – 96 % с учетом химического потенциала коксового остатка.

*Выводы:*

На основе процесса окислительного пиролиза мелкодисперсной биомассы в плотном слое разработана схема энергетического использования пиролизного газа для нужд теплоснабжения. Установка непрерывного действия включает инжекционную горелку, обеспечивающую работу установки под разрежением и сжигание пиролизного газа на огнеупорной насадке, обеспечивающей минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу.

## Список использованных источников

1. Парфенюк А.С., Антонюк С.И., Топоров А.А. Диоксины: проблема техногенной безопасности технологий термической переработки углеродистых отходов // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2002. – № 6. – С.40–44.
2. Шишко Ю. В. Комплексная технология термической переработки отходов биомассы / Ю. В. Шишко, А. Ю. Усенко, С. М. Губинский, Р. Г. Хейфец, Е. В. Кремнева, Г. Л. Шевченко // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: збірник наукових праць. – Випуск 2. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2010. – 268 с., с. 217 – 227.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОДОВОГО ЭЛЕКТРОДА ДППТ С ВОДЯНЫМ И ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

© Ячиков М.И., Ячиков И.М.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

Одним из основных элементов дуговой печи постоянного тока (ДППТ) является подовый электрод, позволяющий подводить ток к шихте. На российских предприятиях, как правило, используются конструкции подового электрода, состоящие из стальной головки, контактирующей с жидким металлом, и медного водоохлаждаемого корпуса (рис. 1). Стальная часть обеспечивает способность электрода самовосстанавливаться, а медная – является зоной охлаждения и вынесена за пределы корпуса печи.

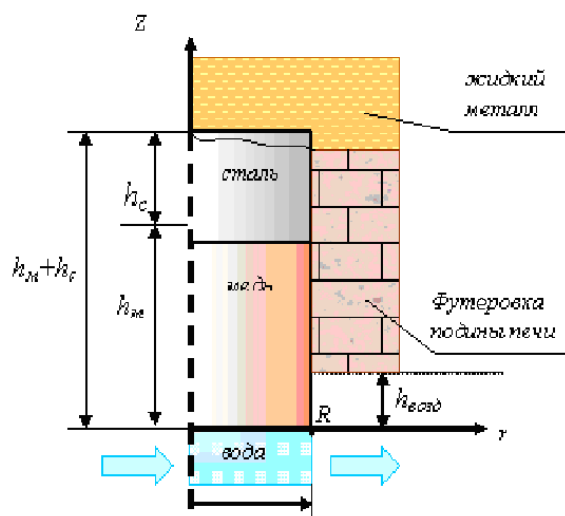


Рис. 1. Схематическое изображение подового электрода ДППТ с водяным охлаждением

При работе печи стальная часть электрода плавится, образуя в месте контакта с расплавленным металлом анодную яму. Одним из основных недостатков такого подового электрода является опасность контакта расплавленного металла с водой. Поэтому тепловое состояние подового электрода контролируется термопарами.

Одной из альтернативных мер по повышению безопасности работы подового электрода ДППТ может быть замена охлаждающей воды воздухом. Из литературы известно, что этот подход уже используется за рубежом. Трудности подобного перехода связаны с обеспечением приемлемых тепловых условий работы подового электрода из-за относительно низкого

коэффициента теплоотдачи и теплоемкости воздуха по сравнению с водой. Отсюда возникает необходимость разработки конструкции и выбор параметров воздушного охлаждения [1].

Целью работы является разработка математической модели и моделирование теплового состояния подового электрода дуговой печи постоянного тока с водяным и воздушным охлаждением при заданных технологических параметрах.

Рассмотрим составной подовый электрод с водяным (см. рис. 1) и воздушным (рис. 2) охлаждением в цилиндрической системе координат. Используя осевую симметрию, считаем, что температура  $T$  существенно меняется вдоль осей  $r$  и  $z$ , не меняется по углу  $\varphi$ , и зависит от времени ( $\partial T/\partial \varphi = 0$ ,  $\partial T/\partial \tau \neq 0$ ).

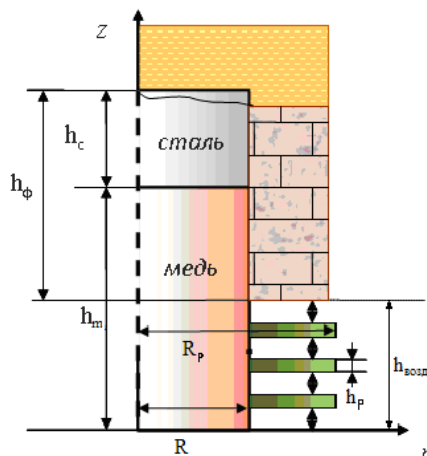


Рис. 2. Схематическое изображение подового электрода ДППТ с воздушным охлаждением

Температура в медной части электрода описывается уравнением Фурье (при  $\tau > 0$ ,  $z=0-h_m$ ,  $r=0-R$ )

$$\frac{\partial T_M}{\partial \tau} = a_M \cdot \left( \frac{\partial^2 T_M}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T_M}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_M}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

где  $a_M = \frac{\lambda_M}{c_M \cdot \rho_M}$ ,  $\lambda_M$ ,  $c_M$ ,  $\rho_M$  — коэффициент температуропроводности, теплопроводности, теплоемкости и плотность для меди соответственно.

Будем считать, что распределение температуры в твердой, двухфазной и в жидкой области стали описывается уравнениями согласно теории квазиравновесной двухфазной зоны с линейными аппроксимациями для значений в двухфазной зоне.

Температурное поле  $T(r, z, \tau)$  в двухфазной области металла описывается уравнением теплопроводности с учетом выделения тепла кристаллизации ( $\tau > 0$ ,  $0 < r < R$ ,  $h_m < z < h_m + h_c$ )

$$c_{эф} \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \cdot \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right). \quad (2)$$

Свойства металла описываются следующими кусочно-непрерывными функциями теплопроводности, плотности и эффективной теплоемкости:

$$C_{эф} = \begin{cases} C_m, & \text{при } T < T_{сол}; \\ C_m(\psi) + C_{жс}(1-\psi) + \frac{L}{T_{сол} - T_{лик}}, & \text{при } T_{сол} \leq T \leq T_{лик}; \\ C_{жс}, & \text{при } T > T_{лик}, \end{cases}$$

$$\lambda_{эф} = \begin{cases} \lambda_T, & \text{при } T < T_{сол}; \\ \lambda_m(\psi) + \varepsilon_K \lambda_{жс}(1-\psi), & \text{при } T_{сол} \leq T \leq T_{лик}; \\ \varepsilon_K \lambda_{жс}, & \text{при } T > T_{лик}, \end{cases}$$

$$\rho_{эф} = \begin{cases} \rho_m, & \text{при } T < T_{сол}; \\ \rho_m(\psi) + \rho_{жс}(1-\psi), & \text{при } T_{сол} \leq T \leq T_{лик}; \\ \rho_{жс}, & \text{при } T > T_{лик}. \end{cases}$$

где  $\psi(T)$  – доля твердой фазы,  $T_{лик}$ ,  $T_{сол}$  – температура ликвидуса и солидуса соответственно,  $\varepsilon_K$  – коэффициент, зависящий от интенсивности движения расплавленного металла.

Уравнение (2) пригодно для описания всего затвердевающего слитка в целом, без выделения границ твердой, двухфазной и жидкой зон. Количество твердой фазы в интервале затвердевания определяется по следующему закону

$$\psi(T) = \begin{cases} 1, & \text{при } T < T_{сол}, \\ \frac{T_{лик} - T}{T_{лик} - T_{сол}}, & \text{при } T_{сол} \leq T \leq T_{лик}, \\ 0, & \text{при } T > T_{лик}. \end{cases}$$

Для решения дифференциальных уравнений (1), (2) дополним их краевыми условиями.

Начальные условия.

В начальный момент времени считаем, что температура во всех точках одинаковая:

$$\text{при } \begin{matrix} z \text{ от } 0 \text{ до } h_m + h_c \\ r \text{ от } 0 \text{ до } R \end{matrix}, T(r, z, 0) = T_0. \quad (3)$$

Граничные условия.

На оси симметрии электрода:

$$\text{при } \begin{matrix} z \text{ от } 0 \text{ до } h_m + h_c \\ r = 0 \end{matrix}, \frac{\partial T}{\partial r} = 0. \quad (4)$$

На границе с расплавом:

$$\text{при } \begin{matrix} z = h_m + h_c \\ r \text{ от } 0 \text{ до } R \end{matrix}, T(r, z) = T_{сталь}, \quad (5)$$

где  $T_{сталь}$  – температура расплава в печи вблизи подового электрода.

На границе с футеровкой (пренебрегая тепловыми потерями):

$$\text{при } \begin{matrix} z \text{ от } h_{возд} \text{ до } h_m + h_c \\ r = R \end{matrix}, \frac{\partial T(r, z)}{\partial r} = 0. \quad (6)$$

На границе раздела медного и стального цилиндра:

$$\text{при } \begin{matrix} z = h_m \\ r = 0 - R \end{matrix}, \frac{\partial T_m}{\partial z} \lambda_m = \frac{\partial T_c}{\partial z} \lambda_c, T_m = T_c. \quad (7)$$

На торцевой поверхности цилиндра, охлаждающейся водой:

$$\text{при } \begin{matrix} z = 0 \\ r \text{ от } 0 \text{ до } R \end{matrix}, -\lambda_m \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha_{жс}(T_m - T_{жс}), \quad (8)$$



где  $T_m$  — температура торца медной части электрода, соприкасающейся с водой,  $T_{жс}$  — температура охлаждающей воды,  $\alpha_{жс}$  — коэффициент теплоотдачи от медной стенки к воде.

На боковой поверхности цилиндра, охлаждающейся потоком воздуха:

$$\text{при } \begin{matrix} z \text{ от } 0 \text{ до } h_{\text{возд}} \\ r = R \end{matrix}, -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha_{\text{возд}}(T - T_{\text{возд}}), \quad (9)$$

где  $\alpha_{\text{возд}}$  — коэффициент теплоотдачи от стенок к воздуху,  $T_{\text{возд}}$  — температура воздуха, окружающего подовый электрод.

При вынужденном обтекании пластин радиатора воздухом

$$-\lambda_m \frac{\partial T}{\partial r} = \alpha_{\text{вын.возд}}(T_m - T_{жс}), \quad (10)$$

где  $\alpha_{\text{вын.возд}}$  — коэффициент теплоотдачи, который определяли по критериальному уравнению  $Nu = 0,3Re^{0,6}$ .

На основе созданной математической модели (1–10) была разработана компьютерная программа «Расчет теплового состояния подового электрода ДППТ». Она позволяет при вводе данных иметь наглядное отображение размеров электрода, проверять корректность ввода основных технологических параметров и теплофизических свойств.

В результате расчета теплового состояния подового электрода можно получить распределение температуры в табличном и графическом виде (рис. 3).

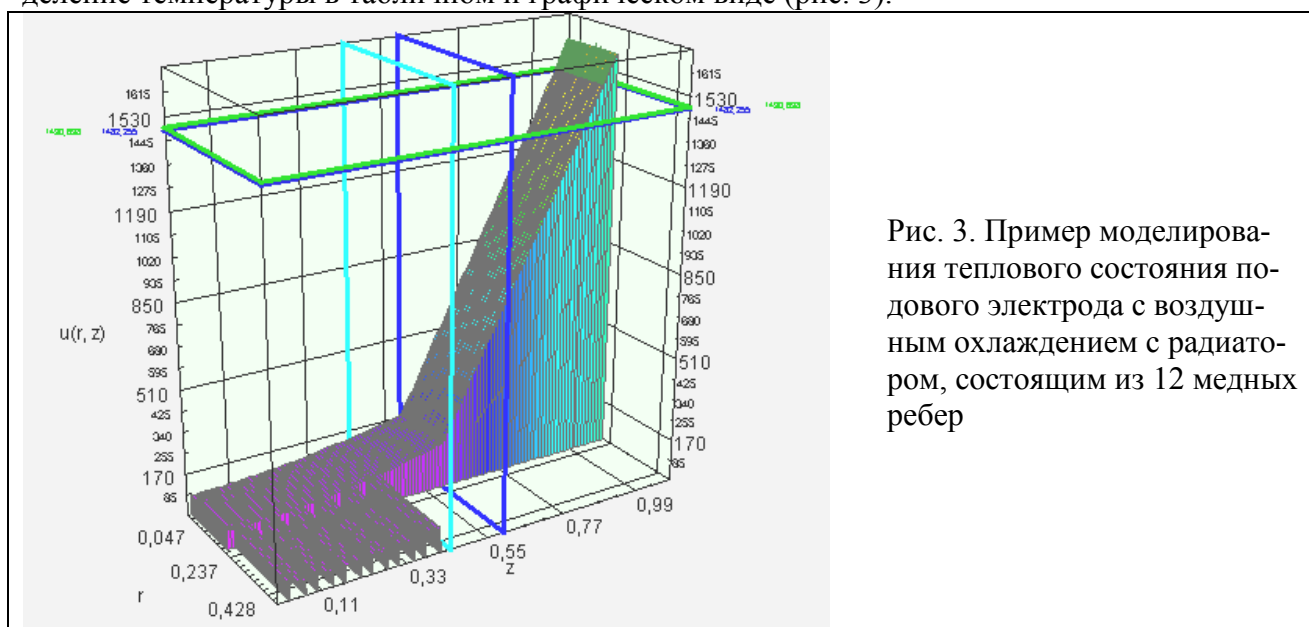


Рис. 3. Пример моделирования теплового состояния подового электрода с воздушным охлаждением с радиатором, состоящим из 12 медных ребер

В качестве объекта моделирования был выбран подовый электрод, имеющий следующие размеры:  $D=2R=200$  мм,  $h_c=100$  мм,  $h_m=350$  мм,  $h_{\text{возд}}=150$  мм.

Моделирование проводилось для электрода с водяным охлаждением и для электрода с воздушным охлаждением, имеющего нижнюю часть из меди с 5 медными ребрами диаметром  $d_{\text{ребра}}=0,8$  м. Расчет выполнен при следующих технологических параметрах: температура перегрева стали составила  $30$  °С ( $T_{\text{сталь}}=1350$  °С);  $\alpha_{\text{возд}}=50$  Вт/(м К),  $T_{\text{возд}}=20$  °С, вынужденная скорость воздуха вдоль пластин  $V_{\text{возд}}=20$  м/с,  $\alpha_{жс}=15000$  Вт/(м К);  $T_{жс}=25$  °С.

Для этих условий на рис. 4 приведены результаты моделирования, на которых отображается зависимость температуры поверхности составного цилиндрического электрода вдоль его оси. Показано распределение температуры для моментов времени 5 и 20 минут от начала нагрева ( $T_0=25$  °С).

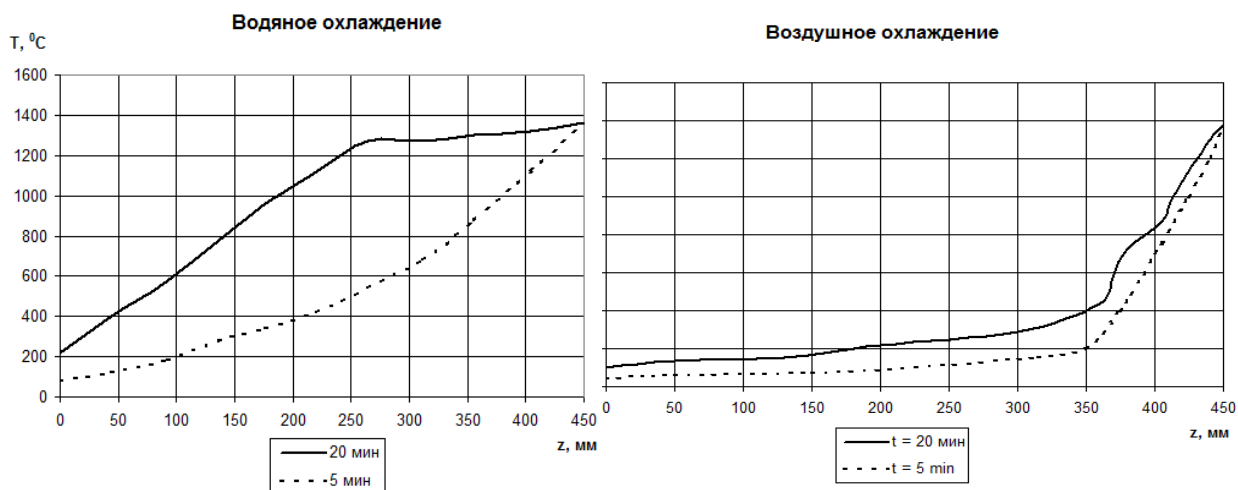


Рис. 4. Зависимость температуры поверхности по оси подового электрода для разных моментов времени и различных типов охлаждения

### Заключение

Таким образом, разработана математическая модель теплового состояния составных подовых электродов, имеющих водяное или воздушное охлаждение. Создан программный продукт, позволяющий проводить моделирование теплового состояния подового электрода при различных технологических параметрах. Проведенный анализ теплового состояния подового электрода ДППТ посредством математического моделирования показал возможность перехода на воздушную систему охлаждения.

### Список использованных источников

1. Ячиков И.М., Киреева М.В. Математическая модель теплового состояния составного подового электрода ДППТ // Теория и технология металлургического производства: Межрегион. сб. науч. тр. / Под ред. В.М. Колокольцева. Вып. 11. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та», 2011. – С. 183–188.

## Секция 2. Системы автоматизации и информатизации в образовании, науке и производстве

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ

© Авазов Ю.Ш., Кадыров Ё.Б., Саттаров О.У.

*Ташкентский государственный технический университет,*

*г. Ташкент, Узбекистан*

*Навоийский государственный горный институт,*

*г. Навои, Узбекистан*

При построении математической модели процесса ректификации приняты следующие допущения:

- исходная смесь и флегма подаются в колонну в жидком виде при температуре кипения;
- расход пара по высоте колонны неизменный;
- расход жидкости по высоте укрепляющей секции колонны постоянный;
- расход жидкости по высоте исчерпывающей части колонны постоянный;
- давление на каждом контактном устройстве (тарелке) постоянно;
- жидкость находится при температуре кипения, пар – при температуре точки конденсации;
- режим работы контактного устройства – адиабатический;
- физико-химические свойства компонентов постоянны на данном контактном устройстве и усреднены в возможном диапазоне изменения концентраций;
- паровая фаза принимается идеальной;
- жидкость на тарелке полностью перемешана;
- теплота смешения потоков жидкости пренебрежимо мала.

Математическое описание ректификационной колонны с произвольным числом вводов питания и боковых отборов, имеющей N тарелок и снабженной кипятильным и дефлегматором, состоит из уравнений [1]:

1. Уравнение общего материального баланса установки (рис. 1):

$$\sum_{i=1}^p F_i - D - W - \sum_{i=1}^m sL_i - \sum_{i=1}^k sV_i = 0, \quad (1)$$

где  $F_i$ ,  $D$ ,  $W$  – потоки питания, дистиллята и кубового остатка соответственно;  $sL$  – жидкостной поток бокового отбора;  $sV$  – паровой поток бокового отбора; индексы  $p$ ,  $m$ ,  $k$  соответствуют числу потоков  $F_i$ ,  $sL_i$  и  $sV_i$ .

Если колонна обогревается глухим паром, то уравнение (1) записывается в следующем виде:  $F = D + W$

2. Уравнение общего материального баланса тарелки:

$$F_i + L_{i+1} + V_{i-1} - (L_i + sL_i) - (V_i + sV_i) + \sum R_i = 0. \quad (2)$$

3. Уравнение покомпонентного материального баланса тарелки  $i$ :

$$F_i x_{fij} + L_{i+1} x_{i+1,j} + V_{i-1} y_{i-1,j} - (L_i + sL_i) x_{ij} - (V_i + sV_i) y_{ij} + C_R = 0, \quad (3)$$

где  $x$ ,  $y$  – составы жидкости и пара соответственно;  $L_i$  – поток жидкости, стекающей с  $i$ -ой тарелки;  $V_i$  – поток пара, покидающий тарелку  $i$ ,  $C_R$  – скорость образования  $j$ -того компонента на  $i$ -той ступени разделения.

Концентрации компонентов в паровой и жидкой фазах на каждой тарелке связаны соотношением  $\varphi_i y_{ij} P = \gamma_i P_i^0 x_{ij}$  и стехиометрическим соотношением

$$\sum y_{ij} = \sum x_{ij} = 1. \quad (4)$$

Если принять, что степень достижения равновесия характеризуется коэффициентом полезного действия тарелки (к.п.д. тарелки), то для состава пара, покидающего тарелку, можно записать [2]

$$y_{ij} = (1 - \eta_{Tyij})y_{i-1,j} + \eta_{Tyij}y_{ij}^*, \quad (5)$$

где  $\eta_{Tyij}$  – к. п. д.  $i$ -ой тарелки  $j$ -го компонента.

$$\eta_{0y} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n^* - y_{n-1}}, \quad \eta_{0x} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_{n+1} - x_n^*}$$

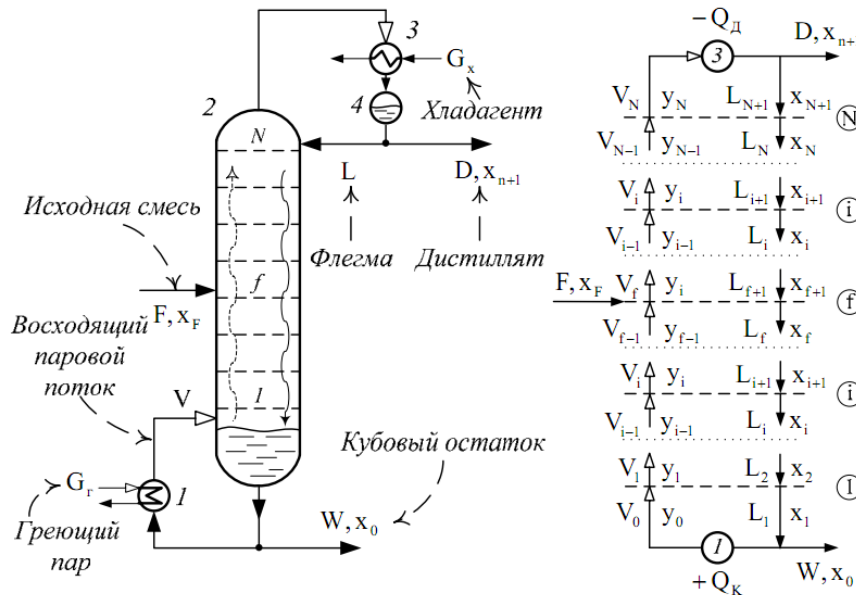


Рис. 1. Схема тарельчатой ректификационной установки:  
1 – куб; 2 – колонна; 3 – дефлегматор.

Записывая приведенные выше уравнения последовательно для всех тарелок с учетом равенств: для куба  $Y_0 = X_0$ , для конденсатора  $Y_N = x_{n+1}$ , и используя уравнения общего материального баланса колонны

$$F = D + W, \quad (6)$$

$$L = RD = V - D, \quad (7)$$

$$Fx_F = Dx_{n+1} + Wx_0, \quad (8)$$

получим математическое описание стационарного режима работы ректификационной колонны. Расчет статического режима работы ректификационных колонн позволяет достичь условий выполнения материального и потарелочного балансов.

Для управления технологическим процессом важным является определение величин расхода флегмы и дистиллята, при которых достигается заданная степень разделения.

Расход флегмы определяется итерационным методом, при этом на каждой итерации производится расчет статического режима колонны. Если при текущем значении расхода флегмы обеспечивается заданная степень разделения, процедура поиска прекращается.

В случае изменения количества или состава питания поиск значений флегмового числа повторяется для каждого состояния входа. При этом входные параметры определяются комбинированным перебором значений концентраций легколетучих компонентов в питании и расхода питания колонны (рис. 2).

Помимо расходов флегмы и дистиллята управляющими параметрами ректификационной установки являются также расход греющего пара в кипятильник  $G_r$  и хладагента в де-

флегматор колонны  $G_x$ . С помощью этих параметров регулируются давление и температура в колонне.

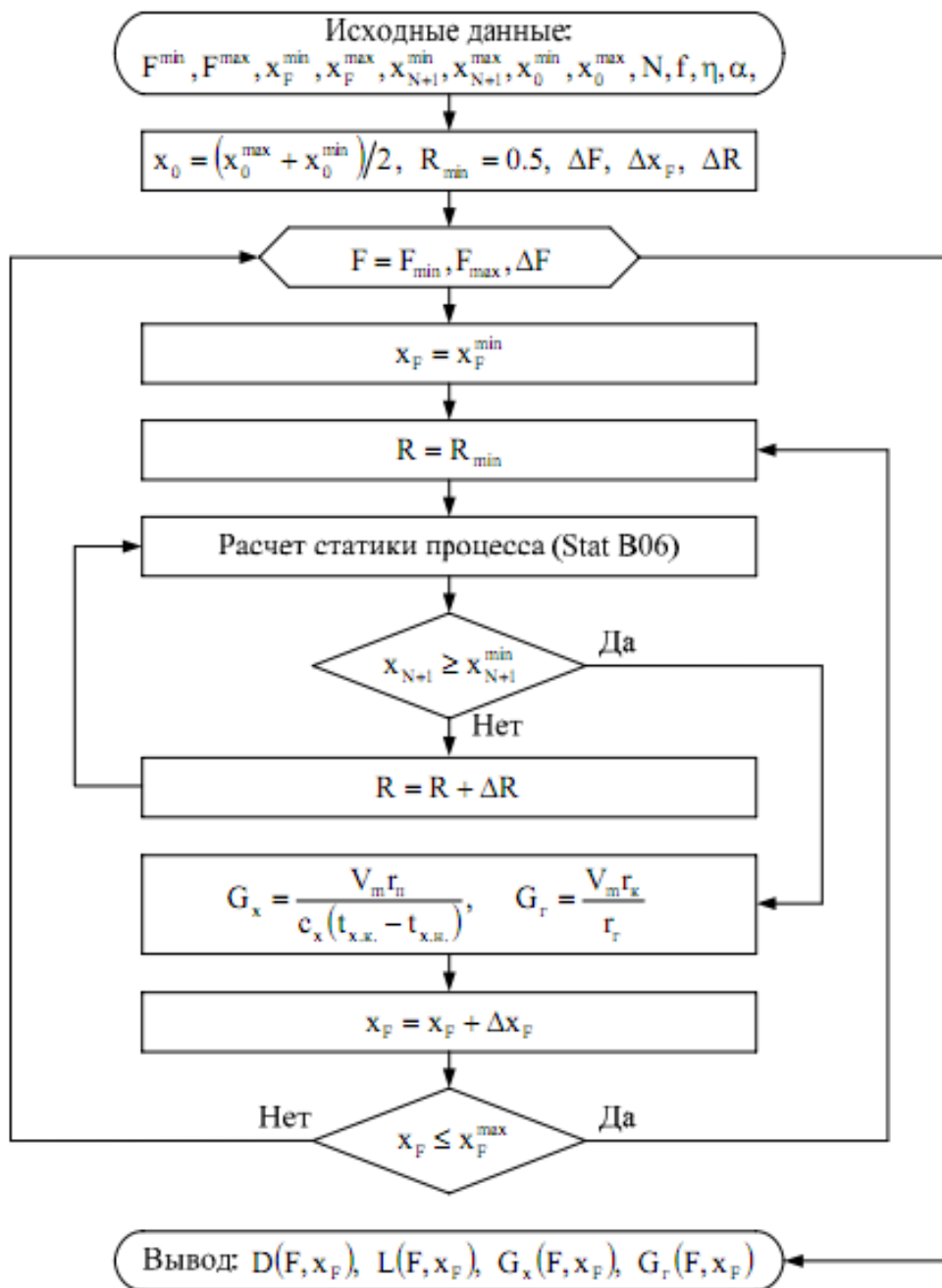


Рис. 2. Алгоритм расчета ректификационной установки при изменении состава и количества питания

На основе уравнений теплового баланса, составленных для теплообменника и дефлегматора, определяются требуемые количества теплоносителей:

$$G_x = \frac{Q_{\dot{A}}}{c_x(t_{x.\dot{e.}} - t_{\dot{o}.i.})} \text{ т.к. } Q_{\dot{A}} = V_i r_i, \text{ то } G_x = \frac{V_i r_i}{c_x(t_{x.\dot{e.}} - t_{\dot{o}.i.})} \quad (9)$$

где  $Q_{\dot{D}}$  – количество тепла, отбираемого в дефлегматоре;  $c_x$  – теплоемкость охлаждающей воды при средней температуре;  $t_{x.н}$   $t_{x.к}$  – начальная и конечная температура хладагента;  $V_{\text{п}}$ ,  $r_{\text{п}}$  – соответственно массовый расход и теплота конденсации паров, отбираемых с верха колонны.

$$G_{\bar{A}} = \frac{Q_{\bar{e}}}{r_{\bar{A}}} = \frac{V_{\bar{r}} r_{\bar{e}}}{r_{\bar{A}}} \quad (10)$$

Здесь  $Q_k$  – количество тепла, подводимого в кипятильник;  $r_r$  – теплота конденсации греющего пара;  $V_n$ ,  $r_k$  – соответственно массовый расход и теплота испарения испаряемой смеси, подводимой в кипятильник из куба колонны.

Система управления процессом ректификации, построенная с использованием аналитических зависимостей для определения управляющих параметров процесса, представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Система управления процессом ректификации

#### Список использованных источников

1. Мухитдинов Д.П. Дисс. д.т.н. «Повышения эффективности процессов разделения многокомпонентных смесей». – Ташкент, 2012.
2. Маннанов У.В., Мухитдинов Д.П. Математическое моделирование совмещенных реакционно-ректификационных процессов (на примере получения этилового спирта) // Журнал Управляющие системы и машины. – Киев, 1998. – № 2. – С. 37–39.

### ПОВЕРОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ БЫТОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА

© Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Жумаев О.А.

*Ташкентский государственный технический университет,  
г. Ташкент, Узбекистан*

*Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои, Узбекистан*

Одними из многочисленных приборов учёта потребления энергоносителей являются бытовые счётчики газа – счётчики, устанавливаемые в каждой квартире и доме. В связи с их многочисленностью одной из проблем их использования является своевременное проведение проверки их исправности и необходимой точности измерений. При этом немаловажным условием является проведение этой проверки с малыми затратами.

В процессе создания автоматизированных поверочных установок решающую роль играют первичные преобразователи для контроля переменных элементов установки.

В газомерных установках могут быть использованы различные типы первичных преобразователей: электроконтактные, индуктивные, емкостные, акустические, оптоэлектронные, пневматические и другие. Однако многие преобразователи параметров движения механических элементов имеют ряд недостатков, затрудняющих их применение, а именно обратное воздействие на контролируемый объект, электрический и механический износ, ограниченный срок службы, дребезг контактов и другие [1]. Поэтому в настоящее время наиболее перспективными являются бесконтактные методы и преобразователи, среди которых наиболее широкое применение получили оптоэлектронные преобразователи.

Оптоэлектронные преобразователи отличаются от других преобразователей более высокой точностью, высокой разрешающей способностью и высокой надежностью [2]. Все типы оптоэлектронных преобразователей для контроля перемещения подвижных элементов газомерных установок можно свести к двум основным типам:

- 1) оптоэлектронные преобразователи на основе прерывания светового измерения от источника излучения, экранирующих световой поток к приёмнику излучения;
- 2) оптоэлектронные преобразователи для контроля перемещения подвижного элемента на основе отражения светового потока от источника к приёмнику излучения [2].

Для автоматизации контроля механической системы могут быть использованы оба типа оптоэлектронных датчиков. Однако конкретно для автоматизации газомерных установок наиболее эффективным являются оптоэлектронные преобразователи рефлективного типа благодаря следующим достоинствам [3]:

- компактность конструкции благодаря размещению источника и приёмника излучения на одной поверхности (практически рядом друг с другом);
- удобство изготовления и монтажа преобразователя;
- малое влияние внешних фоновых засветок;
- весьма удобное и эффективное применение в конструкции данного оптоэлектронного преобразователя подводящих и отводящих волоконных светодиодов, существенно расширяющих функциональные возможности преобразователя.

Таким образом, для разработки и исследования применительно к конструкции газомерного устройства выбираются оптоэлектронные преобразователи рефлективного типа (ОПРТ), принцип построения которых сводятся к следующим выводам [3,4]:

1. Характерными конструктивными признаками ОПРТ являются:

- а) наличие основных элементов: источник излучения (ИЧ), приёмник излучения (ПИ); световода (СВ), оптических элементов (ОЭ) и измерительной схемы (ИС).
- а) наличие внешнего модулирующего световой поток тела (ВМТ), поверхность которого характеризуется формой, отражательной способностью и качеством отражения.

2. Роль внешнего модулирующего световой поток тела заключается в эффективном модулировании отражательного светового луча от поверхности тела и создании на поверхности приёмника излучения импульса светового потока.

3. Роль светодиодов, особенно волоконно-оптических, заключается в создании эффективных светодиодов от источника излучения к внешнему моделирующему телу и отвода отраженного светового потока к приёмнику излучения.

4. Роль измерительных схем заключается в создании на выходе оптоэлектронного преобразователя с помощью соответствующих приёмников необходимого выхода аналоговых или цифровых сигналов.

Зная роль тех или иных элементов в конкретной конструкции преобразователя, можно определить назначение преобразователя, основные характеристики и преимущества при его применении в конкретной конструкции газомерного устройства.

Задача проектирования приборов на основе ОПРТ по критерию чувствительности и линейности статической характеристики формулируется следующим образом. Выбрана струк-

тура и, следовательно, определена статическая характеристика, например, уровнемера, в виде:

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{K}{(K+1)^2} \left[ 1 - \frac{\Phi_0(X_{\text{мин}})}{\Phi_0(X)} \right]. \quad (1)$$

В общем случае статическую характеристику (1) можно представить в виде:

$$U_{\text{вых}} = f[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})], \quad X_{\text{вх}} \in X_{\text{вхмин}} \cdot X_{\text{вхмакс}}, \quad \bar{a}(\bar{y}) \in D\bar{a}, \quad (2)$$

где:  $\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$  – вектор варьируемых параметров;

$\bar{y} = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$  – вектор влияющих параметров;

$n$  – число варьируемых параметров;

$m$  – число влияющих параметров.

В результате оптимального проектирования требуется найти оптимальный вектор параметров  $\bar{a}(\bar{y}) \in D\bar{a}$  так, чтобы

$$I[\bar{a}(\bar{y})] = \text{opt } I[\bar{a}(\bar{y}), x_{\text{вх}}], \quad D\bar{a} = \{\bar{a} : b_i \leq a_i \leq c_i, \quad a_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n}\}. \quad (3)$$

Задача повышения линейности статической характеристики решается путем аппроксимации реальной нелинейной статической характеристики преобразователя линейной зависимостью

$$U_{\text{вых.л}} = A \cdot X_{\text{вх}} + B. \quad (4)$$

Используя квадратичный интегральный критерий близости функций, имеем

$$\text{Мин } I = \int_{X_{\text{вхмин}}}^{X_{\text{вхмакс}}} \{U_{\text{вых}}(X_{\text{вх}}) - A \cdot X_{\text{вх}} - B\} dX_{\text{вх}} \quad (5)$$

или

$$\text{Мин } I = \int_{X_{\text{вхмин}}}^{X_{\text{вхмакс}}} \{f[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})] - A \cdot X_{\text{вх}} - B\} dX_{\text{вх}}. \quad (6)$$

Решив задачу, находят значения  $A = A[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})]$ ,  $B = B[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})]$ ,  $\bar{a} \in D\bar{a}$  и параметры  $\{\bar{a}\}$ , при которых реализуются эти коэффициенты. Задача обеспечения высокой чувствительности легко решается после задачи обеспечения высокой линейности статической характеристики, так как эти задачи очень тесно связаны. Для решения задачи повышенной чувствительности необходимо определить оптимальные значения вектора  $\bar{a}(\bar{y}) = a(\bar{y})$ , которые обеспечивают

$$\text{Макс } A[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})], \quad \bar{a} \in D\bar{a}, \quad X_{\text{вх}} \in (X_{\text{вхмин}}, X_{\text{вхмакс}}). \quad (7)$$

Точность ОПРТ определяется наиболее полно на основе энтропийной погрешности  $\Delta\mathcal{E}$  и задача оптимального параметрического проектирования по критерию точности может быть решена путем нахождения оптимального вектора параметров  $\bar{a} = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$  так, чтобы для

$$I[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})] = \text{мин } \Delta\mathcal{E}[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})], \quad X_{\text{вх}} \in (X_{\text{вхмин}}, X_{\text{вхмакс}}), \quad \bar{a} \in D\bar{a}. \quad (8)$$

Быстродействие ОПРТ или прибора на его основе определяется динамическими характеристиками этих приборов и основным показателем быстродействия и инерции является постоянная времени  $T$ . На основании постоянных времени отдельных элементов можно оценить постоянную времени всего прибора  $T_{\text{пр}}$ .  $T_{\text{пр}}$  можно также получить на основании аппроксимации кривых переходного процесса, полученных теоретически или экспериментально. Проектирование по критерию быстродействия можно свести к задаче нахождения минимума постоянной времени  $T_{\text{пр}}$

$$I[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})] = \text{мин } T_{\text{пр}}[X_{\text{вх}}, \bar{a}(\bar{y})], \quad X_{\text{вх}} \in (X_{\text{вхмин}}, X_{\text{вхмакс}}), \quad \bar{a} \in D\bar{a}. \quad (9)$$



Использование в конструкции поверочной установки современных средств автоматизации и материалов позволит изготовить установку на современном уровне, автоматизировать и ускорить процессы поверки, что повысит производительность установки.

Основной особенностью и отличительным качеством объекта, которые позволяют предпочесть его существующим аналогам, является возможность его производства в Узбекистане с максимальной локализацией.

#### **Список использованных источников**

1. Azimov R.K., Shipulin YU.G., Maksudov S.A., Mahmudov M.I., Zhumaev O.A. Intellectual microprocessor testing gas measuring instrument stallations// Sixtn World Conference Intelligent Systems for Industrial Automation.« WCIS–2010»–Tashkent,Uzbekistan, November 25–27, 2010. – PP. 266–269.

2. Жумаев О.А. Вопросы разработки оптоэлектронных преобразователей рефлективного типа для газомерных устройств// Сборник МНТК «Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости Республики Узбекистан» – Навои, 2011. – С.335–337.

3. Жумаев О.А.Оптоэлектронные преобразователи рефлективного типа для контроля перемещением элементов газомерных поверочных установок// Журнал «Проблемы энерго- и ресурсосбережения» – Ташкент, 2011. – №2. – С.203–209.

4. Шипулин Ю. Г., Жумаев О. А. Микропроцессорная газомерная установка с оптоэлектронными преобразователями рефлективного типа//Журнал «Стандарт», 2011. – № 2. – С.32–33.

### **МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРИБОРА-ИДЕНТИФИКАТОРА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ**

**© Александров И.А., Онуфриев В.А.**

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
г. Томск, Россия*

Идентификация объектов управления (ОУ) является одним из наиболее важных этапов в процедуре настройки систем автоматического управления (САУ). Экспериментальные данные об ОУ, соответствующие его текущему состоянию, дают возможность оператору или инженеру-настройщику осуществить максимально точную настройку регулятора САУ, учитывая его изменившиеся параметры. Для реализации такой процедуры необходимо иметь мобильные инструментальные средства идентификации ОУ. В настоящее время такие устройства, которые позволяют получать информацию об ОУ непосредственно на месте эксплуатации и здесь же рассчитывать его математическую модель, на рынке отсутствуют.

На кафедре ИКСУ ТПУ сделана попытка разработки такого прибора. Он позволяет по зафиксированному переходному процессу найти передаточную функцию ОУ. Состав и принцип его работы изложены в работе [1]. Для обеспечения надежной работы прибора-идентификатора необходимо не только получить модель ОУ, которая в дальнейшем будет использована для настройки регулятора, необходимо оценить точность идентификации, робастность модели, другие итоги процедуры. В работе рассматривается один вопрос из этого ряда, связанный с оценкой точности получения экспериментальной передаточной функции  $W(p)$ . Для получения такой оценки сравниваются переходные характеристики – экспериментальная и вычисленная по передаточной функции  $W(p)$ . Для получения последней требуется выполнить обращение преобразования Лапласа, т. е. найти  $h(t) = L^{-1}\{W(p)p^{-1}\}$ . В обычных условиях такая задача является достаточно простой, имея ввиду применение какой-либо компьютерной системы обращения.

В коммерческом продукте такой путь будет не лучшим, так как требует приобретения дорогостоящей лицензии. С этой точки зрения целесообразно выполнять операции обращения без привлечения стандартных математических пакетов, обращаясь к каким-либо известным алгоритмам определения оригиналов по их изображениям. Но есть и другая сторона вопроса: задача разработки таких программ является чрезвычайно сложной, требуя привлечения высококвалифицированных специалистов соответствующих математических разделов. В тоже время можно ограничиться компромиссным вариантом, учитывающим особенности задач идентификации. К ним в первую очередь относится отсутствие кратных нулей и полюсов в передаточных функциях и сравнительно низкий порядок этих функций. Наконец, имеется еще одно соображение – ориентированные на определенный круг задач алгоритмы можно конструировать экономичными в вычислительном отношении, что важно для устройств, работающих в реальном времени. Такой компромиссный вариант принят для аппаратно-программной реализации идентификатора.

Подход рассмотрим на примере частного, но все-таки часто встречающегося случая, когда ищется оригинал по изображению  $\frac{W(p)}{p} = \frac{b_1 p + b_0}{a_2 p^2 + a_1 p + 1} \cdot \frac{1}{p}$ . Опыт показывает, что для экономии операций сначала необходимо определить тип звена – колебательное или апериодическое второго порядка. Если дискриминант знаменателя  $D = \sqrt{\left(\frac{a_1}{2a_2}\right)^2 - \frac{1}{a_2}}$  является вещественным, то корни вещественные и процесс апериодический. Эта часть задачи решается достаточно просто по соотношению коэффициентов знаменателя. Сказанное иллюстрируется рисунком 1.

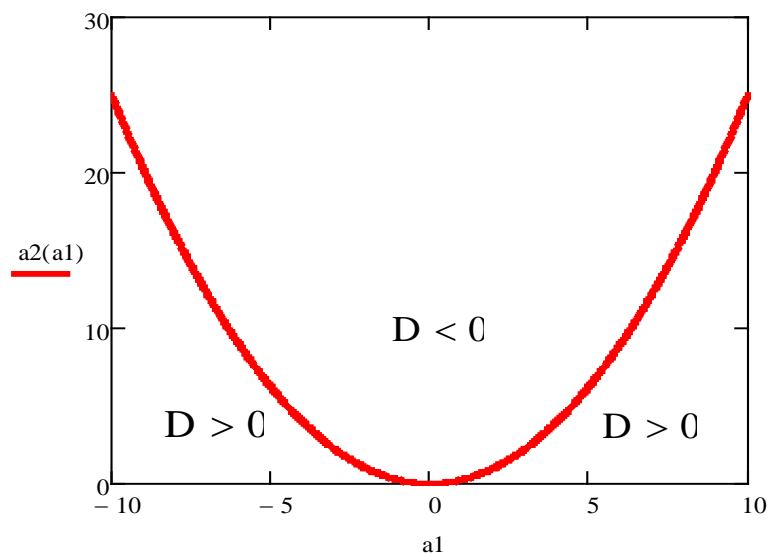


Рис. 1. Определение типа передаточной функции

Оригинал может быть найден достаточно просто, если изображение разложено на простые слагаемые. Будем иметь:

$$L^{-1} \left\{ \frac{W(p)}{p} \right\} = \frac{b_1}{a_2} \left( A_1 + (A_2 \cdot e^{\sqrt{D} \cdot t} + A_3 \cdot e^{-\sqrt{D} \cdot t}) \cdot e^{-\frac{a_1}{2a_2} t} \right), A_1 = \frac{a_2 b_0}{b_1}, A_{2,3} = \frac{-\frac{a_1}{2a_2} + \frac{b_0}{b_1} + \sqrt{D}}{2\sqrt{D} \cdot (\mp \frac{a_1}{2a_2} + \sqrt{D})} \quad (1)$$

В случае колебательного звена расчетная формула с учетом наличия комплексно-сопряженных чисел примет вид

$$L^{-1} \left\{ \frac{W(p)}{p} \right\} = \frac{b_1}{a_2} \left( A_1 + 2|A| \cos(w + \sqrt{D} \cdot t) \cdot e^{-\frac{a_1}{2a_2}t} \right), A = \frac{-\frac{a_1}{2a_2} + \frac{b_0}{b_1} + i\sqrt{|D|}}{2i \cdot \sqrt{|D|} \cdot (-\frac{a_1}{2a_2} + i\sqrt{|D|})} = |A| \cdot e^{i \cdot w} \quad (2)$$

Отметим, что в выражении (2) коэффициент  $A_1$  принимает то же значение, что и в (1).

При обращении функции  $\frac{W(p)}{p} = \frac{B(p)}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1} \cdot \frac{1}{p}$  первой возникает задача решения кубического полинома, для чего использовался метод Кардано [2]. При этом возможны 2 случая. В первом все три корня вещественные, во втором один будет вещественным, а два других комплексно сопряжены. Если все корни вещественны, то, приводя дроби, получим расчетную формулу

$$L^{-1} \left\{ \frac{W(p)}{p} \right\} = \frac{b_2}{a_3} \left( A_0 + A_1 \cdot e^{-p_1 \cdot t} + A_2 \cdot e^{-p_2 \cdot t} + A_3 \cdot e^{-p_3 \cdot t} \right),$$

в которой коэффициенты находятся путем разложения  $\frac{W(p)}{p}$  на простые дроби:

$$A_0 = \frac{a_3 b_0}{b_2}, A_1 = \frac{p_1^2 + \frac{b_1}{b_2} p_1 + \frac{b_0}{b_2}}{p_1(p_1 - p_2)(p_1 - p_3)}, A_2 = \frac{p_2^2 + \frac{b_1}{b_2} p_2 + \frac{b_0}{b_2}}{p_2(p_2 - p_1)(p_2 - p_3)}, A_3 = \frac{p_3^2 + \frac{b_1}{b_2} p_3 + \frac{b_0}{b_2}}{p_3(p_3 - p_1)(p_3 - p_2)} \quad (3)$$

Более интересен случай, когда один из корней вещественный, а два других – комплексно сопряжены. Коэффициенты  $A_2$  и  $A_3$  в формуле (3) являются сопряженными комплексными числами. Вторая и третья экспоненты также сопряжены. Значит, как и в выражении (2) сумму комплексно сопряженных чисел можно заменить косинусной функцией.

В результате получили выражение

$$L^{-1} \left\{ \frac{W(p)}{p} \right\} = \frac{b_2}{a_3} \left( A_0 + A_1 \cdot e^{-p_1 \cdot t} + 2|A| \cos(w + \text{Im}(p_2) \cdot t) \cdot e^{\text{Re}(p_2) \cdot t} \right),$$

в котором  $A = \frac{p_2^2 + \frac{b_1}{b_2} p_2 + \frac{b_0}{b_2}}{p_2(p_2 - p_1)(p_2 - p_3)} = |A| \cdot e^{i \cdot w}$ . Подчеркнем: корни  $p_2$  и  $p_3$  – комплексные, но выражение для  $A_1$  является действительным.

### Список использованных источников

1. Пат. 68722 РФ, МПК G05B13/00. Устройство идентификации объектов управления / Гончаров В.И. (РФ), Малиновский А.А. (РФ), Рудницкий В.А. (РФ), Джин Ил-Сонг (РК); ООО «Делик» (РФ). – №2006120066; Заявл. 07.06.2006; Оpubл. 27.11.2006. – 5 с.

2. Формула Кардано // Википедия. – 2013. [Электронный ресурс]. – Режим па: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Формула\\_Кардано](http://ru.wikipedia.org/wiki/Формула_Кардано), свободный.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

© Арынханова Э.К.

*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,  
г. Астана, Казахстан*

Сегодня в сфере образовательного пространства, большое внимание, уделяется самообразованию нового поколения. Для этого Правительство нашего государства разработало основные приоритетные задачи, решение которых в свою очередь будут основываться на современных потребностях нынешней молодежи [1].

Одной из такой задач является внедрение новых информационных технологий во все сферы деятельности человека как индивида.

Стоит отметить, что термин «информационные технологии» в последние годы намного шире и включает в себя «компьютерные технологии» в качестве составляющей, и при этом образуют термин «Современные информационные технологии».

Так к примеру, И.В. Роберт под средствами предлагает понимать программные, программно-аппаратные и технические средства, а так же устройства, функционирующие на базе микропроцессорной, вычислительной техники, а также современных средств и систем транслирования информации, информационного обмена, обеспечивающие операции по сбору, продуцированию, накоплению, хранению, обработке, передаче информации и возможность доступа к информационным ресурсам компьютерных сетей (в том числе глобальных) [2].

В связи с этим, можно отметить, что раскрываются и новые возможности использования современных информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в образовательном пространстве и является актуальной проблемой современного образования.

Иначе говоря, использование ИКТ в учебном процессе – один из способов повышения мотивации обучения, т.е. ИКТ способствуют развитию творческой личности не только обучающегося, но и педагога, а также помогают реализовать главные человеческие потребности – общение, образование, самореализацию.

Это означает, что, внедрение ИКТ в образовательный процесс призвано повысить эффективность проведения занятий, освободить преподавателя от рутинной работы, усилить привлекательность подачи материала, осуществить дифференциацию видов заданий, а также разнообразить формы обратной связи.

В свою очередь, создание и развитие информационного общества предполагает широкое применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовании, что определяется рядом факторов.

Во-первых, внедрение ИКТ в образование существенным образом ускоряет передачу знаний и накопленного социального опыта человечества не только от поколения к поколению, но и от одного человека другому.

Во-вторых, современные ИКТ, повышая качество обучения и образования, позволяют человеку более успешно адаптироваться к происходящим социальным изменениям.

В-третьих, активное и эффективное внедрение этих технологий в образование является важным фактором обновления системы образования в соответствии с требованиями современного общества.

А это значит, что, проникновение современных информационных технологий в сферу образования позволяет педагогам качественно изменить содержание, методы и организационные формы обучения. Целью этих технологий в образовании является усиление интеллектуальных возможностей студентов в информационном обществе, т.е. гуманизация, индивидуализация, интенсификация процесса обучения и повышение качества обучения на всех ступенях образовательной системы [3].

Можно выделить и несколько аспектов использования различных образовательных средств ИКТ в образовательном процессе:

1. Мотивационный аспект. Применение ИКТ способствует увеличению интереса и формированию положительной мотивации обучающихся, поскольку создаются условия:

- максимального учета индивидуальных образовательных возможностей и потребностей обучающихся;
- широкого выбора содержания, форм, темпов и уровней проведения учебных занятий;
- раскрытия творческого потенциала обучающихся;
- освоения, как обучающимися, так и педагогами современных информационных технологий.

2. Содержательный аспект. Здесь возможности ИКТ могут быть использованы:

- при построении интерактивных таблиц, плакатов и других цифровых образовательных ресурсов по отдельным темам и разделам учебной дисциплины,
- для создания индивидуальных тестовых мини-занятий;
- для создания интерактивных домашних заданий и тренажеров для самостоятельной работы обучающихся.

3. Учебно-методический аспект. Электронные и информационные ресурсы могут быть использованы в качестве учебно-методического сопровождения образовательного процесса.

4. Организационный аспект. ИКТ могут быть использованы в различных вариантах организации обучения:

- при обучении каждого обучающегося по индивидуальной программе на основе индивидуального плана;
- при фронтальной либо подгрупповой формах работы.

5. Контрольно-оценочный аспект. Основным средством контроля и оценки образовательных результатов обучающихся в ИКТ являются тесты и тестовые задания, позволяющие осуществлять различные виды контроля: входной, промежуточный и итоговый [4].

При этом, существует несколько относительно новых методов обучения, появление которых связано с появлением и использованием современных средств ИКТ.

#### *1. Метод проектов.*

В практике многих педагогов ведутся поиски способов организации самостоятельной деятельности студентов, в которых предусматривается вовлечение каждого студента в активную познавательную деятельность.

Основными требованиями к использованию метода проектов в обучении с использованием средств ИКТ являются:

- наличие значимой в исследовательском, творческом плане задачи, требующей интегрированного знания, исследовательского поиска для ее решения;
- практическая, теоретическая, познавательная значимость предполагаемых результатов;
- самостоятельная (индивидуальная, парная) деятельность обучающихся;
- определение базовых знаний из различных областей, необходимых для работы над проектом;
- структурирование содержательной части проекта;
- использование исследовательских методов;
- определение проблемы, вытекающих из нее задач исследования;
- выдвижение гипотезы их решения, обсуждение методов исследования;
- анализ полученных данных;
- оформление конечных результатов;
- подведение итогов, выводы, творческие отчеты и т.д.

Метод проектов всегда предполагает решение какой-то проблемы, предусматривающей, с одной стороны, использование разнообразных методов, с другой – интегрирование

знаний, умений из различных областей науки, техники, технологии, творческих областей. Работа по методу проекта предполагает не только наличие и осознание какой-то проблемы, но и процесс ее раскрытия.

Поэтому выполнение проектного задания способствует:

- формированию системы базовых знаний и навыков и дальнейшему их пополнению и развитию;
- выработке устойчивой мотивации и ощущения потребности в приобретении новых знаний, необходимых в работе над проектом;
- активизации познавательной деятельности обучающихся, особенно при выполнении ими проектно-компьютерных исследований;
- развитию творческих способностей, позволяющих реализовывать проектную задачу в соответствии с собственным видением;
- воспитанию инициативности в получении новых знаний и самостоятельности в расширении сфер их применения;
- осознанию обучающимися себя творцами собственных знаний.

Таким образом, существующий опыт применения подобных методов в образовании свидетельствует о наличии новых форм организации учебного процесса, попытках интеграции мультимедиа-материала, представленного в телекоммуникационных сетях, с существующим учебным материалом многих учебных предметов, высокой педагогической эффективности создания простейших средств ИКТ в результате коллективной поисковой и образовательной деятельности.

### *2. Метод информационного ресурса.*

В настоящее время одним из возможностей выбора источника информации человека можно отнести электронные издания и ресурсы.

Наибольшее распространение получили два вида работы с информационными ресурсами: на занятии, под руководством преподавателя и самостоятельная работа с целью закрепления и расширения знаний.

Здесь основная задача преподавателя, использующего метод информационного ресурса – подобрать нужные ресурсы и сориентировать в них обучающегося.

При этом, основные отличия данного метода от стандартных методов программированного обучения и метода работы с литературой состоят в следующем:

- используемые ОЭИ находятся на различных серверах в сети Интернет;
- количество информационных ресурсов и связей между ними может быть практически неограниченным;
- система подачи информации с помощью гипертекста позволяет обучаемому находить собственную траекторию прохождения учебного материала, углублять и расширять знания по своему желанию и возможностям;
- гипермедиа-технологии, используемые в сети Интернет, позволяют при необходимости встраивать в учебный материал иллюстрации, анимацию, видеоролики, озвучивать информацию.

Основная цель использования метода информационного ресурса – закрепление и расширение теоретических знаний путем ориентации обучаемого в огромном количестве самой разнообразной информации, которая ему необходима и удовлетворяет его познавательные потребности.

Однако данный метод имеет и свои небольшие недостатки. К ним можно отнести значительные затраты времени как со стороны педагога, связанные со сбором и структуризацией ОЭИ, повышенным требованием к качеству используемых средств ИКТ в процессе обучения, единообразность ресурсов (сходные интерфейс и навигация), так и со стороны обучаемого: навигация, просмотр, чтение и т.д.

### *3. Дидактическая игра.*

Данный метод обучения является достаточно эффективным и целесообразным с использованием средств ИКТ. Существует несколько достаточно важных особенностей, которые необходимо учитывать при использовании метода игр в информатизированном обучении.

Дидактические игры, проводимые с использованием средств ИКТ, могут решать разные учебные задачи. Одни игры помогают формировать и отрабатывать у обучаемых навыки контроля и самоконтроля. Другие, построенные на материале различной степени трудности, дают возможность осуществлять дифференцированный подход к обучению с разным уровнем знаний.

Поэтому стоит отметить, что, игра с применением информационных и коммуникационных технологий может рассматриваться, как возможность обучающимся проверить свои силы и готовность к реальной жизни после окончания учебы. Наибольшую возможность для этого предоставляют деловые игры. Содержательная сторона данной игры приобщает участников к жизни. Она позволяет участникам "делать ошибки" и, анализируя их, видеть причины и последствия таких действий.

Многие считают, что данный метод чаще всего применяется на занятиях психолого-педагогического либо гуманитарного цикла. Однако стоит взглянуть на это с другой стороны, ведь есть большие возможности применения метода дидактических игр и на занятиях технологического уклона. Например, есть возможность раскрыть ролевые либо ведущие параметры деловой игры при изучении какого-либо конструкционного материала или технической эксплуатации какой-либо электронной техники.

Таким образом, использование ИКТ значительно повышает не только эффективность обучения, но и помогает совершенствовать различные формы и методы обучения, повышает заинтересованность студентов в глубоком изучении программного материала.

А это значит, что возможны огромные представления информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе как методического аспекта преподавания какой-либо дисциплины.

Так, профессорско-преподавательским составом факультета Компьютерных систем и профессионального образования Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина разрабатываются и проводятся занятия с применением метода информационного ресурса. На данных занятиях применяются разработанные преподавателями всевозможные ресурсы как на электронных носителях, так и в Интернете.

#### **Список использованных источников**

1. Концепция развития образования Республики Казахстан до 2015 года. – Астана, 2004. – 10 с.
2. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании. – М.: Школа-Пресс, 1994.
3. Роберт И.В. Распределенное изучение информационных и коммуникационных технологий в общеобразовательных предметах // Информатика и образование. – 2001. – №5.
4. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические аспекты компьютеризации // Вести высшей школы. – 1986. – № 4.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ЗАГРУЗКИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ  
НА ПРИМЕРЕ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
© Бастанова Т.А., Калитаев А.Н.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И.Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

Теория расписаний – одна из самых популярных с теоретической и практической точек зрения области исследования операций. Задачи теории расписаний связаны с упорядочиванием некоторых работ (операций) во времени и/или по исполнителям (приборам) [1]. При этом необходимо учитывать ограничения на последовательность выполнения работ, связанные с исполнителями и т.п. Цель решения таких задач – построение допустимых расписаний, при котором все ограничения соблюдены, или, что является более сложным, – нахождение оптимального допустимого расписания по тому или иному критерию оптимальности [2]. Например, построение оптимального расписания по быстродействию (т.е. с минимизацией общего времени выполнения всех работ), расписания с минимальными финансовыми затратами и т.п.

Исследуем проблему составления расписания загрузки производственных мощностей предприятия на примере камнеобрабатывающего предприятия, основной деятельностью которого является изготовление изделий из камня. Основными объектами на предприятии являются оборудование, заказы, сырье. На предприятии имеются четыре различных типа сырья – долерит, габбро, габбро-норит, светло-серый гранит. В качестве основного оборудования выступают три дисковых отрезных пилы и два шлифовальных станка. Дисковая отрезная пила используется при обработке всех типов сырья. Каждый раз для обработки другого вида сырья, станок необходимо перенастраивать. Шлифовальный станок предназначен для последней стадии обработки продукции и не требует перенастройки. Время обработки 1 м<sup>2</sup> сырья на дисковой отрезной пиле и шлифовальном станке одинаково и составляет: долерит 102 мин., габбро – 80 мин., габбро-норит – 80 мин., светло-серый гранит – 72 мин. Для перенастройки дисковой отрезной пилы с одного вида сырья на другой затрачивается различное время. Чтобы пилу настроить на сырье долерит затрачивается 180 мин., на габбро – 100 мин., на габбро-норит – 70 мин., на светло-серый гранит – 40 мин. Ежедневно оборудование проходит техническое обслуживание, длительность которого составляет 120 мин.

Рассмотрим работу алгоритмов составления плана загрузки производственных мощностей предприятия на заданном портфеле заказов (таблица 1), включающем в себя шесть заказов, в каждом из которых по несколько заданий. За дату начала выполнения заказов принимается 10 марта 2013г. 08:00 ч.

На рисунке 1 представлен план загрузки производственных мощностей предприятия, составленный на основе алгоритма с минимизацией времени по директивным срокам [3].

Количество выполненных заданий на всех станках составляет 432, из них просроченных – 47 (10,9%). Общая длительность выполнения портфеля заказов составляет – 264 ч. 01 мин., в том числе, время обработки заказов – 190 ч. 41 мин. (72,2%), время перенастройки оборудования – 53 ч. 20 мин. (20,2%) и время технического обслуживания оборудования – 20 ч. (7,6%).

Время исполнения по заказам:

- заказ №1: (11.03.2013 23:33 – 12.03.2013 07:13);
- заказ №2: (12.03.2013 00:29 – 12.03.2013 10:53);
- заказ №3: (12.03.2013 03:25 – 12.03.2013 08:45);
- заказ №4: (10.03.2013 09:40 – 11.03.2013 19:57);



– заказ №5: (12.03.2013 04:46 – 12.03.2013 15:42);

– заказ №6: (11.03.2013 09:06 – 12.03.2013 06:31).

Таблица 1

Портфель заказов

Номер заказа	Наименование готового изделия	Вид сырья	Размер изделия, мм	Количество заданий	Директивный срок исполнения
1	Бортовой камень	Габбро	1000*150*300	6	12.03.2013 21:07
2	Перила	Габбро	800*100*50	10	13.03.2013 21:08
3	Перила	Габбро-норит	800*100*50	20	12.03.2013 21:10
4	Бортовой камень	Габбро	2000*200*600	20	11.03.2013 21:11
	Ступени	Долерит	2500*350*40	20	
	Стелла	Долерит	1000*500*80	20	
5	Брекчия	Светло-серый гранит	350*200*20	20	13.03.2013 21:14
	Брекчия	Долерит	350*200*20	20	
	Брекчия	Габбро-норит	350*200*20	20	
	Брекчия	Габбро	350*200*20	20	
6	Брекчия	Габбро-норит	500*400*30	10	11.03.2013 21:14
	Столешница	Габбро	1500*600*30	10	
	Подставка	Долерит	500*200*1200	10	
	Модульная плита	Светло-серый гранит	600*400*20	10	

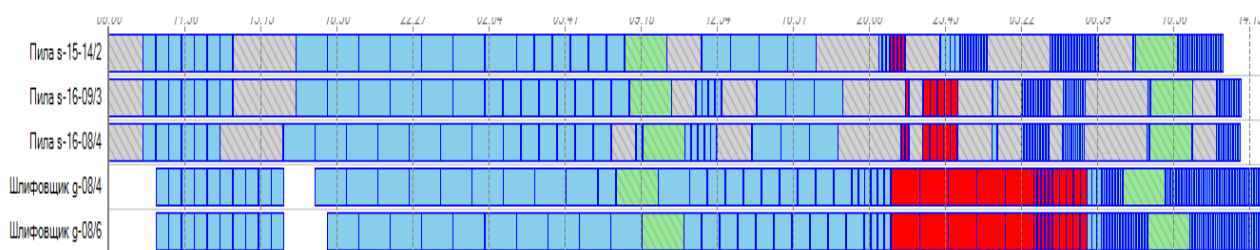


Рис. 1. Диаграмма Ганта, отображающая план загрузки производственных мощностей предприятия

Штрафы (время нарушения директивных сроков исполнения) по заказам:

– заказ №1 – 0мин.;

– заказ №2 – 0мин.;

– заказ №3 – 0мин.;

– заказ №4 – 0мин.;

– заказ №5 – 0мин.;

– заказ №6 – 9ч. 17мин.

Суммарное время нарушения директивных сроков исполнения заказов составляет 9 ч. 17 мин.

На рисунке 2 представлен план загрузки производственных мощностей предприятия, составленный на основе алгоритма с минимизацией времени исполнения всех заказов.

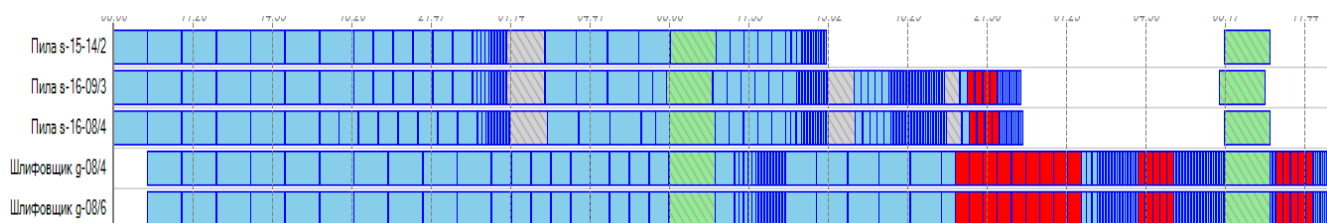


Рис. 2. Диаграмма Ганта, отображающая план загрузки производственных мощностей предприятия

Количество выполненных заданий на всех станках составляет 432, из них просроченных – 46 (10,6%). Общая длительность выполнения портфеля заказов составляет – 219ч. 21 мин., в том числе, время обработки заказов – 190 ч. 41 мин. (86,9%), время перенастройки оборудования – 8 ч. 40 мин. (4,0%) и время технического обслуживания оборудования – 20 ч. (9,1%).

Время исполнения по заказам:

- заказ №1: (11.03.2013 13:13 – 12.03.2013 02:46);
- заказ №2: (11.03.2013 13:42 – 12.03.2013 03:25);
- заказ №3: (11.03.2013 13:42 – 12.03.2013 03:25);
- заказ №4: (10.03.2013 08:00 – 12.03.2013 02:04);
- заказ №5: (11.03.2013 00:11 – 12.03.2013 13:10);
- заказ №6: (10.03.2013 23:37 – 12.03.2013 12:09).

Штрафы (время нарушения директивных сроков исполнения) по заказам:

- заказ №1 – 0 мин.;
- заказ №2 – 0 мин.;
- заказ №3 – 0 мин.;
- заказ №4 – 4ч. 53 мин.;
- заказ №5 – 0 мин.;
- заказ №6 – 14ч. 55 мин.

Суммарное время нарушения директивных сроков исполнения заказов составляет 19 ч. 48 мин.

Анализ работы представленных алгоритмов проводится по составленным планам загрузки производственных мощностей предприятия и оценивается по длительности исполнения портфеля заказов, а также по времени нарушения директивных сроков исполнения портфеля заказов.

Таким образом, общая длительность выполнения портфеля заказов для производственного плана, составленного на основе алгоритма с минимизацией времени по директивным срокам, превышает длительность выполнения плана, составленного на основе алгоритма с минимизацией времени исполнения всех заказов, на 44 ч. 40 мин. При этом время нарушения директивных сроков исполнения заказов для плана, составленного на основе алгоритма с минимизацией времени по директивным срокам, меньше, чем суммарное время нарушения директивных сроков исполнения заказов для плана, полученного после обработки данного портфеля заказа алгоритмом с минимизацией времени исполнения всех заказов на 10 ч. 31 мин. Это объясняется тем, что алгоритм с минимизацией времени по директивным срокам, в первую очередь выполняет задания, до сдачи которых осталось меньше всего времени, что требует частого перенастраивания оборудования, тем самым увеличивая время выполнения портфеля заказов. А алгоритм с минимизацией времени исполнения всех заказов задания распределяет равномерно, выполняя их за минимальное время, то есть, распределяя задания таким образом, чтобы минимизировать время на перенастройку оборудования, и тем самым, общее время выполнения заказов.

Выбор алгоритма составления плана загрузки производственных мощностей предприятия обусловлен стратегией работы предприятия и зависит от портфеля заказов, для которого

составляется план загрузки. Применительно к рассматриваемому портфелю заказов более эффективным алгоритмом является алгоритм с минимизацией времени исполнения всех заказов.

### Список использованных источников

1. Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я. М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.– 384с.
2. Танаев В.С., Сотсков Ю.Н., Струсевич В.А. Теория расписаний. Многостадийные системы. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1989.– 328с.
3. Бастанова Т.А., Бастанов Р.Р., Калитаев А.Н. Составление плана загрузки производственных мощностей предприятия ОАО «Уральские камни» на основе теории// Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2012. – № 12. – С. 191–196.

## ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ПОД ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ANDROID

© Бессонова А.Е., Казанцев С.В.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Сегодня роль мобильного телефона в жизни человека сложно переоценить. Для делового человека его польза заключается в возможности вести переговоры, достигать договоренности с партнерами в любое время и в любом месте. В жизни некоторых людей это еще и часть имиджа. Люди покупают определенные модели, чтобы показать свою принадлежность к какому-либо классу.

С помощью этого компактного прибора мы в любой момент можем быстро выйти в интернет, связаться со своими родственниками и друзьями, коллегами по работе, чтобы узнать интересующую нас информацию. При этом не надо напрягать память и вспоминать телефон старого знакомого, которому уже давно не набирали, записная книжка мобильного всегда под рукой. Многие помимо контактов хранят на телефоне еще массу другой информации – записывают свои идеи и мысли, номера кредитных карт, памятные даты, различные файлы и т.д. То есть телефон заменяет нам сразу записную книжку и flash-накопитель. А всевозможные полезные программы, функции, опции которыми оснащены современные сотовые телефоны делают это небольшое по размеру устройство многофункциональным.

Богатый функционал обеспечивают утилиты написанные множеством разработчиков со всего света. Эти приложения должны удовлетворять основным требованиям, таким как безопасность, понятность, функциональность.

В данной статье будет рассмотрена разработка приложения для операционной системы Android и ее особенности.

Android — это полноценная операционная среда, основанная на ядре Linux® V2.6. На начальном этапе областью распространения был сегмент мобильных телефонов, включая смартфоны. Однако полный спектр вычислительных сервисов и богатые функциональные возможности Android позволяют выйти за рамки рынка мобильных телефонов. В настоящее время ее поддержкой и дальнейшим развитием занимается OpenHandsetAlliance (ОНА). Android позволяет создавать Java-приложения, управляющие устройством через разработанные Google библиотеки [1].

Платформа Android легко приспособливается для использования на VGA, 2D графических библиотек разработанных на основе спецификации OpenGL ES 1.0, а также традицион-

ных инструментов для смартфонов. Android использует базу данных для структурированных данных, поддерживает большое количество технологий, которые обеспечивают связь, включая: GSM, Bluetooth, EDGE, 3G и WiFi. Для обмена сообщениями доступны как SMS, так и MMS сервисы, включая и потоковые сообщения. Также на операционной системе доступен браузер, разработанный на основе WebKitApplicationFramework, а также есть возможность запускать программы на Java. Android поддерживает следующие форматы аудио, видео данных и изображений: MPEG-4, H.264, MP3, и AAC, AMR, JPG, PNG, GIF. Из нестандартного оборудования присутствует поддержка видеочамеры, фотоаппарата, тачскрина, GPS, компаса, акселерометра, ускорителя 3D графики.

Как уже говорилось, архитектура ОС построена на основе ядра Linux версии 2.6. Оно отвечает за такие системные службы, как управление безопасностью, памятью, процессами, включает сетевой стек и модель драйверов. Кроме того, это ядро также играет роль абстрактного слоя между аппаратным уровнем и остальной частью программного стека.

Следующий уровень в иерархической системе – библиотеки, написанные на C/C++. В медиабibliothечках (MediaLibraries) заложена поддержка основных форматов и кодеков.

Одной из важнейших частей стека является AndroidRuntime, состоящая из виртуальной Java-машины Dalvik и набора библиотек ядра. Dalvik позволяет поддерживать одновременную работу нескольких приложений и выполняет файлы в специальном формате .dex, оптимизированном для устройств с малым количеством памяти. Библиотеки ядра написаны на языке Java и включают большой набор классов, которые поддерживают широкий диапазон функциональных возможностей.

Над уровнем библиотек располагается ApplicationFramework (каркас приложений). Этот уровень фактически представляет собой инструментарий, которым пользуются все приложения.

И, наконец, на вершине пирамиды – уровень приложений. Android-приложения пишутся на языке программирования Java и выполняются в виртуальной машине. Каждое приложение запускается внутри экземпляра Dalvik VM, который, в свою очередь заключен в пределах управляемого ядром Linux процесса.

Android не делает разницы между основными приложениями телефона и сторонним программным обеспечением – таким образом, ключевые компоненты, такие как набор номера, рабочий стол или почтовый клиент Gmail, можно заменить альтернативными аналогами [2].

**Постановка задачи.** Главной задачей данной работы является разработка приложения для Android-устройств с использованием передовых средств разработки мобильных приложений и технологий.

На базе операционной системы Android планируется создание приложения «Телефонная книга». Основная суть программы это хранение различной информации о контактах.

Полученное приложение должно соответствовать всем требованиям к пользовательскому интерфейсу, а именно: контроль ввода данных, работоспособность всех элементов управления, дружелюбный пользовательский интерфейс.

Созданное программное обеспечение будет обладать следующими функциональными возможностями:

- хранение номеров телефонов;
- добавление записей и их редактирование;
- просмотр дат последних звонков контактам;
- работа с неактивными контактами (удаление/вызов);
- возможность пересылки контактов по bluetooth;
- переход к списку сообщений выделенного контакта;
- рейтинг контактов;
- автоматическое поздравление с днем рождения;
- перенос информации о днях рождения в календарь.

Надежность программного продукта обеспечивается применяемыми методами проектирования, высоким уровнем качества программирования, тестированием программного обеспечения.

**Выбор и обоснование средств разработки.** Приложения для Android являются программами в нестандартном байт-коде для виртуальной машины Dalvik.

Google предлагает для свободного скачивания инструментарий для разработки (Software Development Kit), который предназначен для x86-машин под операционными системами Linux, Mac OS X (10.4.8 или выше), Windows XP, Windows Vista и Windows 7. Для разработки требуется JDK 5 или более новый.

Существуют следующие среды разработки приложений:

- Eclipse;
- IntelliJ IDEA;
- NetBeans IDE;
- AppInventor;
- DroidDraw.

Из возможных средств разработки выбор был сделан в пользу Eclipse.

Преимуществами данной платформы является ее популярность, свободное распространение, возможность расширения своими модулями, наличие большого количества плагинов для разработки приложений для различных платформ. Eclipse написана на Java, потому является платформо-независимым продуктом [3].

Основными недостатками среды разработки AppInventor можно назвать большой размер готового приложения, отсутствие локальных переменных, ориентация экрана либо альбомная, либо портретная без возможности изменения «на лету» для создаваемого приложения.

IntelliJ IDEA характеризуется менее богатой поддержкой структуры проекта, чем у Eclipse и является коммерческим программным обеспечением.

**Процесс разработки.** Перед началом реализации программного модуля необходимо скачать и установить следующие инструменты для разработки:

- SDK Android – включает все библиотеки Android, набор документации и примеры приложений, а также инструменты, которые помогают разрабатывать и отлаживать приложения;
- Java Development Kit – содержит инструменты разработки Java-приложений;
- Среда разработки Eclipse;
- ADT-плагин – существенно облегчает и ускоряет разработку, тестирование и отладку приложений.

Следующим этапом разработки приложения является создание прототипов интерфейса программы.

После производится программная реализация самого продукта.

Разрабатываемый программный продукт должен поддерживать работу в фоновом режиме, что обеспечивает быстрый запуск приложения.

Созданное приложение должно быть сбалансировано по ресурсопотреблению и расположение управляющих элементов должно быть эргономичным.

При запуске программы на главном окне можно увидеть полный список контактов пользователя, по нажатию одной из кнопок можно сделать звонок или написать сообщение выбранному человеку. Также имеется возможность поиска по какому-либо критерию.

При удерживании имени контакта выдается контекстное меню, позволяющее просматривать последние вызовы, открыть данные контакта, удалить или отправить карточку контакта на другое устройство.

**Заключение.** Благодаря доступности исходного кода, ОС Android активно развивается, для неё создаются множество различных приложений. Количество их с каждым годом неуклонно возрастает, этому способствует легкодоступность источников и инструментов.

Существует очень сильная и надежная поддержка разработчикам в программировании приложений. Google предоставил комплект постоянно обновляемого программного обеспечения (SDK). SDK комплект чрезвычайно помогает программисту в написании кода для приложений. SDK позволяет разработчикам производить установку приложения на настольный компьютер, и проверять их должным образом, прежде чем устанавливать на телефон. Это дает большие возможности для разработчиков Android – приложений. Есть возможность взять существующие программы и приложения и внести некоторые изменения в функциональность, что значительно упрощает процесс разработки.

### Список использованных источников

1. Рето Майер. Android 2: программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов: [пер. с англ.]/ Рето Майер. – М.: Эксмо, 2011. – 672 с.
2. Описание архитектуры операционной системы Android [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://wiki.androidfan.ru/Что\\_такое\\_Андройд](http://wiki.androidfan.ru/Что_такое_Андройд)
3. Среда разработки Eclipse [Электронный ресурс] // Режим па: <http://www.eclipse.org/>

## РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ «СПОРТМАКС»

© Блинов Н.Е.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Интернет представляет собой один из самых активно развивающихся средств информации. По статистике, значительное число пользователей имеют доходы выше среднего и относятся к группе менеджеров среднего и высшего звена.

Создание сайта в Интернете обеспечивает новые возможности по расширению, информационной поддержке или рекламе бизнеса.

Профессионально созданный сайт обеспечивает легкость его нахождения по запросам в поисковых системах. Постоянный контакт с клиентами и партнёрами позволяет оперативно реагировать на изменения рынка и проводить своевременную коррекцию. Кроме того, расходы на рекламу в Интернете значительно ниже, чем в традиционных средствах.

Интернет-магазин — высокоэффективный и малозатратный инструмент для успешного ведения бизнеса. В отличие от обычного магазина, интернет-магазин открыт 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, доступен любому пользователю в любой точке планеты и не требует финансовых затрат на аренду помещения, значительно снижает издержки на персонал.

Веб-сайт сегодня является не только информационным средством или визиткой, а полноценным маркетинговым инструментом, помогает компании завоевать или укрепить свои позиции на рынке товаров и услуг, увеличить клиентскую базу и повысить популярность бренда. Другими словами, создание интернет-магазина приносит владельцам реальную прибыль.

Существует огромное количество справочно-информационных сайтов, предоставляющих полную информацию почти по любому запросу.

Качественный сайт является основным информационным ресурсом всей компании.

При помощи сайта можно:

- передать всю необходимую информацию о товарах и услугах компании, в том числе самые последние новости;

- наладить прямой контакт с клиентом, начиная от продаж в интернет-магазине и заканчивая сервисной информационной поддержкой.

#### РАЗРАБОТКА

Старт запуска нашего магазина был с помощью функций портала <http://vk.com>

Благодаря функционалу данного сайта, была создана группа «СПОРТМАКС.РФ» ([http://vk.com/sportmax66\\_ru](http://vk.com/sportmax66_ru)) где была опубликована основная информация о магазине:

- Описание деятельности
- Контактная информация
- Основные темы для обсуждения
- Информация по акциям
- Разработка пробного каталога предоставляемых продуктов
- Привлечение первых клиентов с помощью функционала портала

С течением времени мы столкнулись с некоторыми недостатками

- Сложность в управлении (добавление, обновление, удаление продуктов)
- Отслеживание заказов (принятие, выполнение, исполнение, консультация клиентов)
- Проблемы с выводом отчетов

Было принято решение для разработки своей собственной системы, отдельного приложения, базы данных, это бы позволило решить следующие проблемы:

1. Оптимизация учета. Автоматизируются бизнес-процессы и документооборот магазина, появляется возможность вводить статьи учета, которые в ручном режиме реализовать практически невозможно, например, количественный учет в розничном магазине.
2. Снижение издержек. Увеличивается интенсивность труда, снижаются требования к количеству и качеству ресурсов, необходимых для организации учета нашего магазина.
3. Оперативность обработки данных.
4. Снижение вероятности ошибок персонала. Применение автоматизированного документооборота и торгового оборудования для формирования и обработки данных резко снижают вероятность механических и логических ошибок персонала, случайных или преднамеренных.
5. Автоматизация трудоемких операций. Применение автоматизации рутинных операций увеличивает скорость исполнения и уменьшает возможность ошибок различных трудоемких и монотонных операций.
6. Накопление, хранение и обработка данных по работе магазина. Система автоматизации позволяет хранить, обрабатывать и анализировать данные за любой промежуток времени.
7. Привлечение новых клиентов и соответственно увеличение прибыли.

Для реализации была выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio 2010, технология разработки ASP.NET 4 C#, а создание базы данных Microsoft SQL Server 2008 R2

#### Список использованных источников

1. Т. Тернстрем, Э. Вебер, М. Хотек Microsoft SQL Server 2008. Разработка баз данных. Учебный курс Microsoft / Русская Редакция: 2010. – 496 с.
2. Создание и поддержка Интернет-магазина на базе WWWB Сервера Журнал «Главбух», 2009. 43с
3. М. Хотек Microsoft SQL Server 2008. Реализация и обслуживание. Учебный курс Microsoft / Русская Редакция: 2011. – 576 с.
4. Бадд Т. Объектно-ориентированное программирование в действии / Т.Бадд. СПб.: Питер, 2012.

## ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

© Бурыкин А.А., Луговой Ф.С., Ахмадишина Ю.И.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В настоящее время всё большую популярность набирают мобильные устройства широкого спектра применения (смартфоны) с унифицированными системами – Android (Google) и iOS (Apple). Такие устройства позволяют уже не только звонить, принимать вызовы, но и обладают большинством функций современных компьютеров. Можно смотреть фильмы, играть в игры, слушать музыку, бороздить просторы интернета и т.п. Помимо развлекательных функций появляются и полезные приложения, например, офисные пакеты, позволяющие просматривать/редактировать популярные офисные форматы, а не так давно под мобильные платформы вышел известный графический пакет Adobe Photoshop [1]. Таким образом, несомненным конкурентным преимуществом любой информационной системы является наличие интерфейса с мобильного устройства. В статье рассматривается унифицированный интерфейс для мониторинга текущего состояния информационной системы.

Сложно недооценить мобильные технологии в современной жизни. Несомненным конкурентным преимуществом любой информационной системы является наличие интерфейса для мобильного устройства. В статье рассматривается унифицированный интерфейс для мониторинга текущего состояния информационной системы [1] – системы Мобильного Мониторинга (ММ).

При проектировании такой системы будем исходить от условия, что существуют множество объектов с информационными системами и конечные пользователи (лицо принимающее решение – ЛПР), которые будут получать данные из этих систем. Каждый пользователь может получать данные только из разных систем (объектов автоматизации), например, технолог доменного цеха получает данные только по своему цеху, а главный металлург по всем цехам. Все данные хранятся на едином сервере (Сервер хранения данных), возможно, в облаке, поэтому на данном узле данные должны быть защищены от несанкционированного доступа, т.е. зашифрованы. Следовательно, информация шифруется перед передачей на сервер хранения данных. Пример принципиальной схемы показан на рисунке 1, необходимо отметить, что рассматривается вариант с предоставлением платного ключа лицензии на данную услугу.

Мониторинг текущего состояния информационной системы зачастую интересен в динамике. Появляется желание не только посмотреть данные за сегодня, за неделю, за месяц, но и сравнить показатели за данные периоды. Задача, казалось бы, не очень сложная. Но возникает ряд трудностей:

1. Поскольку предполагается использовать унифицированный механизм для отображения разных данных, а сравнивать надо одинаковые параметры за разные периоды, то встает проблема сопоставления параметра за вчера и за сегодня. Например, сравнивать выручку за вчера и за сегодня по одной и той же кассе.
2. Необходимо хранить в БД данные за все периоды с минимальным заданным интервалом, т.е. каждый день формировать показатели за 3 периода: день, неделя, месяц.

Для решения задачи 1 следует у одинаковых параметров использовать уникальный идентификатор в рамках текущего объекта автоматизации: BranchId.



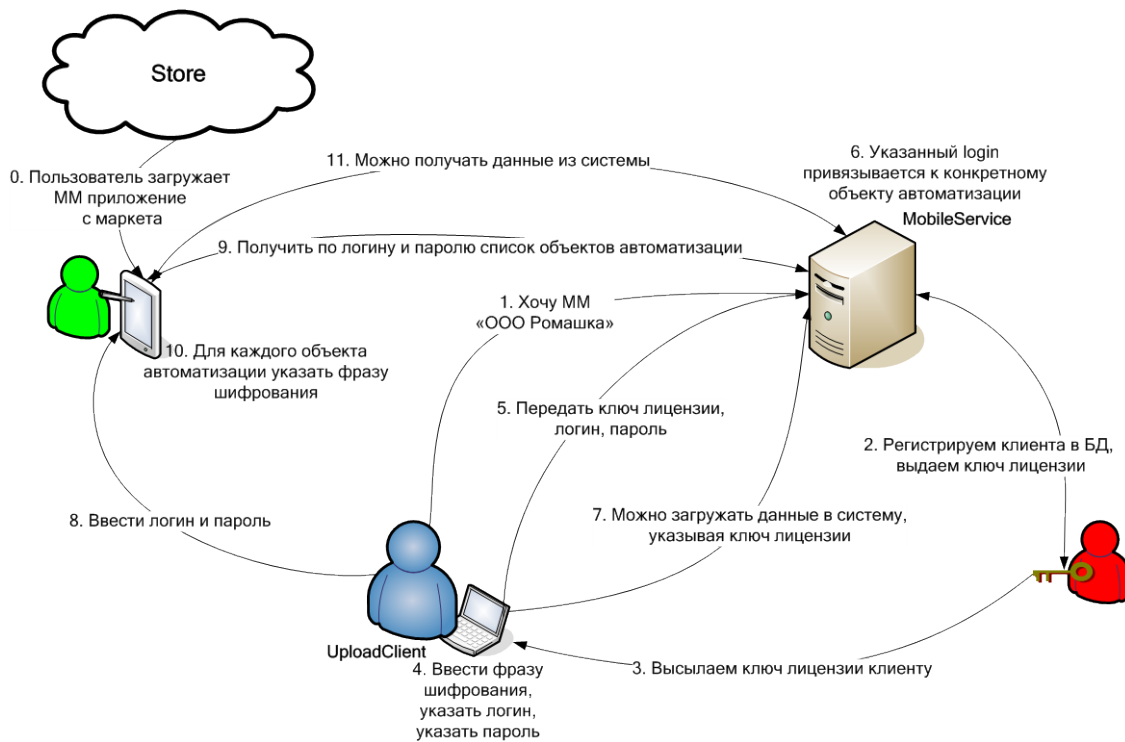


Рис. 1.

### Принципиальная схема мобильного мониторинга

Для решения второй задачи, как уже было отмечено, необходимо формировать данные одновременно за 3 периода. При этом, если это неделя, то берется интервал с Пн по Вс прошедшей недели, если месяц, то с первого числа по последнее предыдущего месяца. Данное требование также повлияет на схему БД – следует хранить интервал, за который сформированы данные (поле type). Помимо этого схема БД усложняется тем обстоятельством, что один пользователь может быть связан с несколькими объектами, например, это директор сети магазинов и, наоборот, множество пользователей могут работать с одним объектом. Взаимодействие ЛПП с сервером хранения данных будет состоять из 2 шагов: 1. Получить объекты автоматизации, привязанные к ЛПП; 2. Получить информацию по конкретному объекту автоматизации. Связь многие ко многим разрешается через дополнительную сущность – Views. Учитывая выше озвученные требования, схема БД будет выглядеть следующим образом:

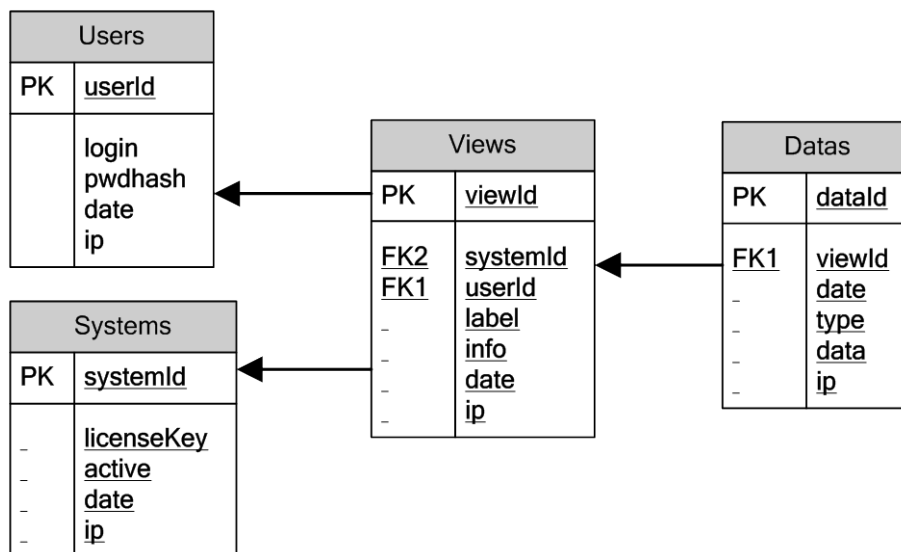


Рис. 2. Схема БД для сервера хранения данных – MobileService

В общем виде алгоритм работы всей системы выглядит следующим образом:

1. Информационная система (UploadClient) объекта периодически готовит данные для передачи, т.е. получает и шифрует информацию за 3 периода: день, неделя, месяц.
2. UploadClient загружает данные на Сервер хранения данных (MobileService).
3. Сервер хранения данных помещает данные в БД, ставя в соответствие с объектом автоматизации.
4. ЛПП с мобильного устройства получает данные и автоматически расшифровывает их.

Следует отметить, что для работы системы требуется аутентификация/авторизация ЛПП на сервере хранения данных, для этого необходимо хранить информацию о пользователях (login, pwdhash), привязанных к конкретному объекту автоматизации.

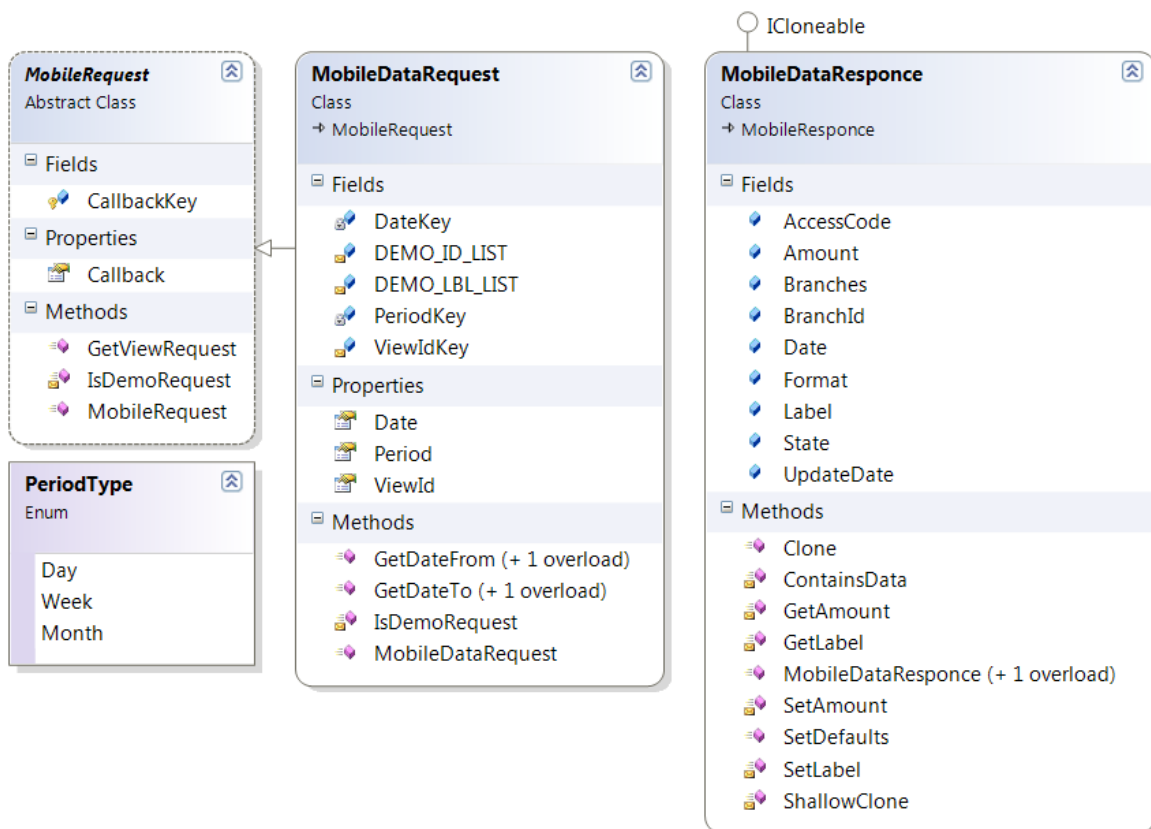


Рис. 3. Основные типы для системы мобильного мониторинга

Поскольку реализация данной системы (легкость применения технологии WCF) подразумевает использование платформы от компании Microsoft, то рассмотрим объектные сущности, которые будут использоваться для этого решения:

- MobileRequest – запрос объектом автоматизации, привязанных к пользователю;
- MobileDataRequest – запрос данных, по конкретному объекту автоматизации;
- MobileResponse – ответ, содержащий объекты автоматизации указанного пользователя;
- MobileDataResponse – ответ с данными по конкретному объекту автоматизации.
- Пример взаимодействия.
- Этап 1 ЛПП запрашивает с мобильного устройства и получает список объектов автоматизации (логин и пароль пустые, поскольку используется демо режим):
- 14:49:28.740 < /?!login=&pwd=&callback=\_jqjsp&\_1362387198381=
- 14:49:29.365 > \_jqjsp({"\_\_type":"MobileViewResponse:#SkiMobileService.Model","Encrypted":0,"View-

```
sList":[{"Label":[208,145,209,139,209,129,209,130,209,128,209,139,208,185,32,209,129,208,191,209,131,209,129,208,186],"ViewId":1},{ "Label":[208,147,208,190,209,128,208,189,209,139,208,185,32,209,129,208,186,208,187,208,190,208,189],"ViewId":2}}];
```

Этап 2. ЛПП запрашивает данные по конкретному объекту автоматизации с ViewId = 1 за 04.03.2013 и указывает период – 1 день:

```
14:49:32.693 < /?viewid=1&period=d&date=2013-3-4&callback=_jqjsp&_1362387202723=
14:49:32.772 >
_jqjsp({"__type":"MobileDataResponse:#SkiMobileService.Model","Encrypted":0,"Access Code":100,"Amount":[51,52,49,44,48,48],"BranchId":"1","Branches":[...],"Date":"\Date(1362333600000+0600)\","Format":"","Label":[208,159,208,176,209,128,208,186,32,209,128,208,176,208,183,208,178,208,187,208,181,209,135,208,181,208,189,208,184,208,185],"State":1,"UpdateDate":"\Date(1362386972740+0600)\"});
```

Таким образом, разработанный унифицированный программный интерфейс позволяет осуществлять не только мониторинг текущего состояния информационной системы с мобильного устройства, но и выполнять тривиальную оценку.

### Список использованных источников

1. Компьютерра Блоги [web]. URL: <http://blogs.computerra.ru/25251> (дата обращения 28.02.2012)
2. .NET Framework Developer Center [web]. URL: <http://msdn.microsoft.com/en-us/netframework/aa663324.aspx> (дата обращения 28.02.2012)
3. SOAP. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [web]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SOAP> (дата обращения 28.02.2012).
4. iPhone SDK Development Forums [web]. URL: <http://www.iphonedevsdk.com/forum/iphone-sdk-development/39819-how-call-wcf-service.html> (дата обращения 28.02.2012).

## ОБРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРОХОДНОЙ ПЕЧИ ФИРМЫ EBNER НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БАЗЫ ДАННЫХ

© Волкова Л.Е., Гольцев В.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Печь Ebner (Австрия), эксплуатируемая на ОАО «Синарский трубный завод», представляет собой полностью автоматизированный агрегат, оснащенный системой визуализации технологических параметров. Механизированы входная и выходная стороны печи, смонтирована система видеонаблюдения за ходом процесса загрузки и выгрузки труб. Новое оборудование обладает высокой производительностью, протяженность печи 160 м, что дает возможность проводить термообработку труб длиной до 24 м.

Преимуществом этого уникального агрегата служит новая технология термической обработки труб в среде защитной атмосферы с применением операции вакуумирования, при которой исключается воздействие внешних источников на окислительные процессы, происходящие на поверхности труб. В результате трубы из новой печи выходят без окалина, со светлой внутренней и наружной поверхностью.

Печь фирмы Ebner позволила предприятию расширить сортамент выпускаемой высокотехнологичной продукции для энергетики и машиностроения и производить высококачественные холоднодеформированные трубы. Помимо улучшения качества, товарного вида и

повышения рентабельности выпускаемых труб, на предприятии удалось существенно снизить потребление природного и азотно-защитного газа. Уменьшение выбросов продуктов горения в атмосферу в свою очередь привело к значительному улучшению условий труда персонала и экологической ситуации в регионе.

Информационная система, представляемая в этом докладе, предназначена для обработки технологической информации проходной печи фирмы Ebner на основе технологии баз данных. Она может использоваться персоналом цеха и руководством предприятия.

Архитектуру информационной системы условно можно разделить на две части, как показано на рисунке 1. Первая часть представляет собой клиентское приложение для печи фирмы Ebner. Вторая часть – это сервер баз данных, в котором хранятся данные об обслуживающем персонале и технологических характеристиках труб, поступающих на термообработку.

Пользователь работает с информационной системой с помощью графического интерфейса. Приложение соединено с сервером баз данных MS SQL Server 2008 R2, откуда могут быть получены данные для просмотра и редактирования пользователем. Обработанные данные представлены либо в виде графика с последующей возможностью вывода его на печать, либо могут быть сохранены в популярных форматах Excel, PDF, Word.

На рисунке 2 представлена даталогическая модель проектирования базы данных. Даталогическая модель — набор схем отношений, обычно с указанием первичных ключей, а также «связей» между отношениями, представляющих собой внешние ключи.

При проектировании программы была поставлена задача достижения определенной функциональности. По окончании создания программного средства достигнуты следующие функции:

- ввод и сохранение первичной информации в базу данных;
- отображение результатов в табличной и графической формах;
- создание справочной документации;
- создание отчетной документации;
- разграничение прав доступа.

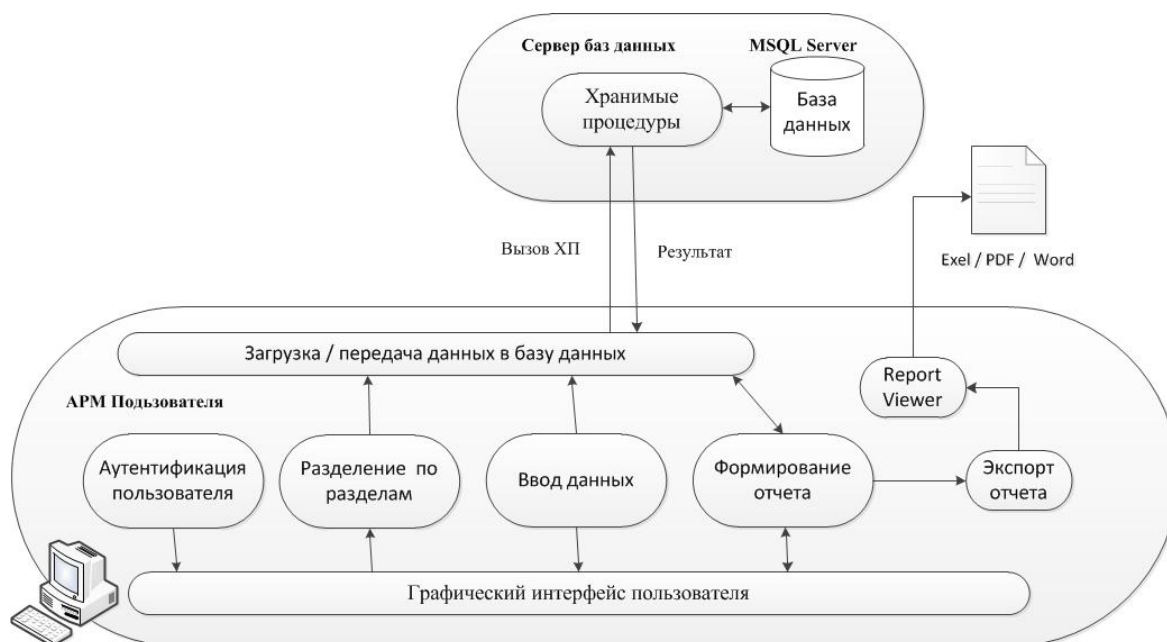


Рис. 1. Архитектура информационной системы



Рис. 2. Даталогическая модель проектирования базы данных

В соответствии с требованиями заказчика в функции разграничения прав доступа к информационной системе были выделены пользователь, обладающий минимальными правами и возможностями работы по просмотру данных, графиков и ведению отчетности (оператор печи), и пользователь, который может вносить изменения в базу данных (администратор). Таким образом, заложенная в начале этапа проектирования функциональность была достигнута.

После того как пользователь успешно прошел процедуру авторизации, он переходит к главному окну программы, как показано на рисунке 3.

На форме имеются три таблицы: «Смены», «Пакеты», «Характеристики труб» и график «Суточный тоннаж труб». Пользователь может просматривать, добавлять, редактировать и удалять записи в базе данных.

В таблице «Смены» пользователь может добавить необходимый персонал из списка существующих на определенную смену и дату. Аналогично происходит и редактирование.

Для таблиц «Пакеты» и «Характеристики труб» добавление, редактирование и удаление происходит аналогично, как у таблицы «Смены». Появляются окна редакторов, где пользователь может выбрать те действия, которые ему необходимы.

В главном окне программы помимо таблиц отображается график «Диаграмма распределения». На нем при выборе марки стали можно посмотреть суточный тоннаж стали. Также можно отобразить окно отчета «Ежесуточный тоннаж труб».

Данная информационная система подойдет для передачи технологической информации на дальнейшие агрегаты цепи технологического производства, анализа и учета технологических параметров.

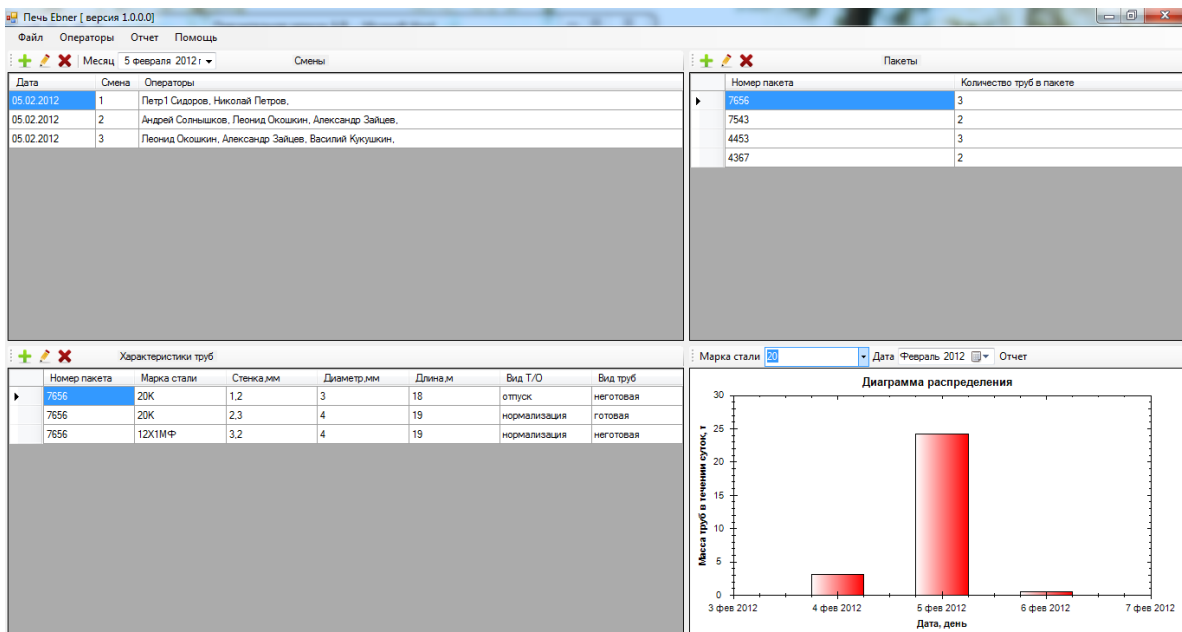


Рис. 3. Главное окно программы

## РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПО ГАЗОХОДУ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ

© **Выволокина Е.В.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия*

Газоходы предназначены для удаления в атмосферу отработанных продуктов сгорания топлива (топочных газов) после их охлаждения в теплообменных поверхностях теплогенерирующих приборов (котлы, теплогенераторы, газовые колонки и т.д.). По расположению и назначению различают горизонтальный, вертикальный, подъемный, опускной, поворотный, обводной и другие газоходы. По форме различают круглые и прямоугольные.

Движение газов в газоходе сопровождается потерей энергии, затрачиваемой на преодоление сил трения потока газа о твердые поверхности. Сопротивления, возникающие при движении потока, условно делятся на: сопротивление трения при течении потока в прямом канале постоянного сечения; местные сопротивления, связанные с изменением формы или направления потока, которые условно считают сосредоточенными в одном сечении и не включающими сопротивление трения.

Схемы газового тракта должны быть просты и обеспечивать надежную и экономичную работу установки.

Потери давления зависят от размеров поверхностей нагрева, их проходных сечений и скоростей воздуха и газов. Движение воздуха и газов происходит благодаря созданию в газовоздушном тракте перепада давлений на входе и выходе с помощью тягодутьевых машин: вентиляторов и дымососов. Вентиляторы создают напор и их устанавливают в начале тракта. Дымососы располагают в конце тракта, где они создают разрежение.

Целью данной курсовой работы является создание программного обеспечения, выполняющего расчет потерь давления в газоходе произвольной конфигурации. Основание разработки – потребность автоматизировать процесс расчета потерь давления.

В качестве среды разработки в соответствии с требованиями технического задания была выбрана Microsoft Visual Studio 2010, язык программирования C# [3].

Для разработки расчетного модуля было создано отдельное решение (solution) с именем Poteri\_davleniya\_library. Тип создаваемого проекта – ClassLibrary (библиотека классов), пред-



ставляющий собой после компиляции файл с расширением dll (динамически подключаемая библиотека).

Для реализации объектов варианта расчета в созданном решении был разработан открытый класс Element, описывающий изучаемую предметную область и создано два его наследника: TrubaElement и LocalResistanceElement для расчета потерь давления на сопротивление трения при течении потока в прямом канале постоянного сечения и на местных сопротивлениях.

Чтобы использовать программу пользователь должен установить ее на свой компьютер. Для этого пользователю следует запустить на выполнение установочный файл программы setup.exe.

Следуя подсказкам установщика, необходимо прочитать лицензионное соглашение и выбрать папку для установки программы. По умолчанию файлы копируются в папку C:\Program Files\LenaCompany\Расчет потерь давления.

По окончании создания программного продукта «Расчет потерь давления» достигнуты следующие функции:

- возможность ввода и корректировки значений исходных данных;
- реализована возможность открытия файла исходных данных;
- возможность сохранения исходных данных в файл;
- программный контроль за корректностью вводимых значений;
- представление результатов расчета в численном виде;
- графическое представление для потерь давления по участкам и в общем виде;
- настройка и создание отчета;
- экспорт полученных результатов в файлы MS Office Excel, MS Office Word и PDF;
- возможность получения справочного материала во время работы программы;
- вывод результатов расчета на печать.

*Описание работы программного продукта.* После запуска программного продукта «Расчет потерь давления» загружается главная форма программы, вкладка «Общие параметры» (рисунки 1), после заполнения которой осуществляется переход на вкладку «Участки трубопровода» (рисунки 2), где осуществляется конфигурирование трубопровода, а именно добавление участков трубы или местных сопротивлений.

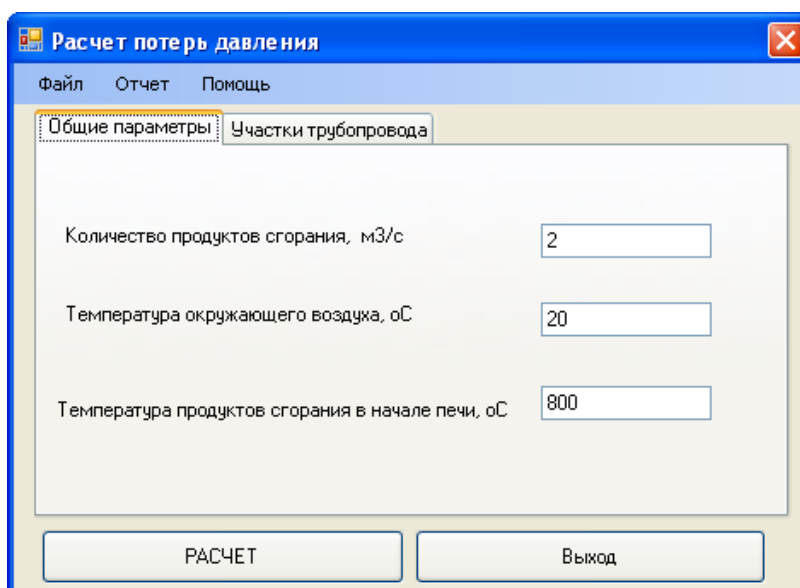


Рис. 1. Вкладка «Общие параметры» главной формы

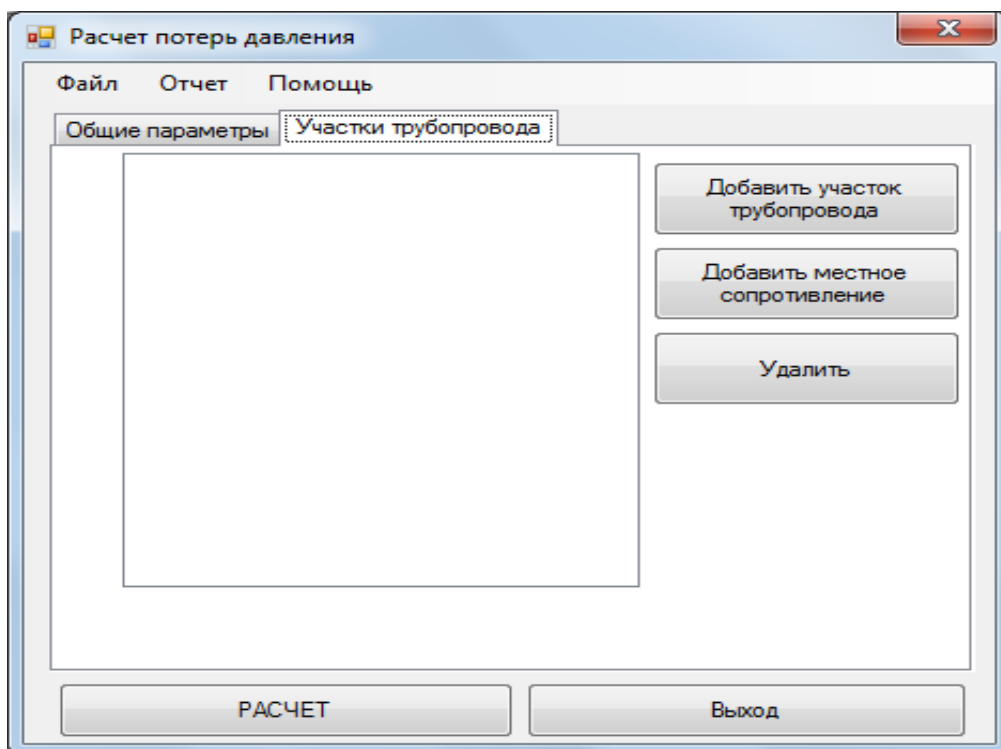


Рис. 2. Вкладка «Участки трубопровода» главной формы

При добавлении участка трубопровода, пользователю необходимо задать его длину и диаметр (в случае круглого трубопровода) или длину и ширину (если трубопровод прямоугольного сечения), а также выбрать тип материала трубопровода. Вид окна «Параметры участка трубопровода» представлен на рисунке 3.

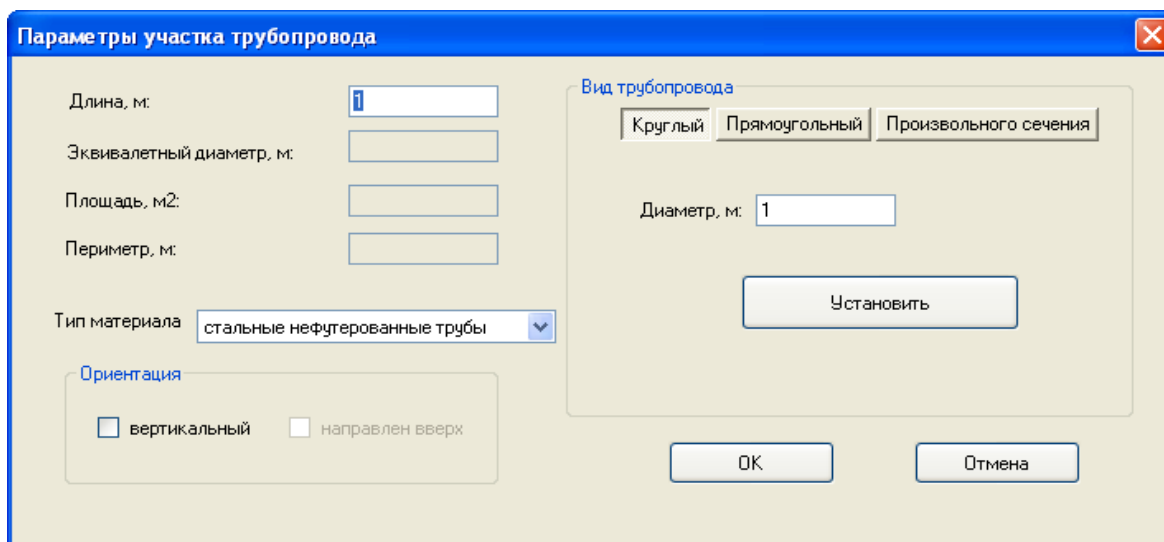


Рис. 3. Форма «Параметры участка трубопровода»

При добавлении местного сопротивления (рисунок 4), пользователю предлагается выбрать тип местного сопротивления из предложенных и задать его параметры.



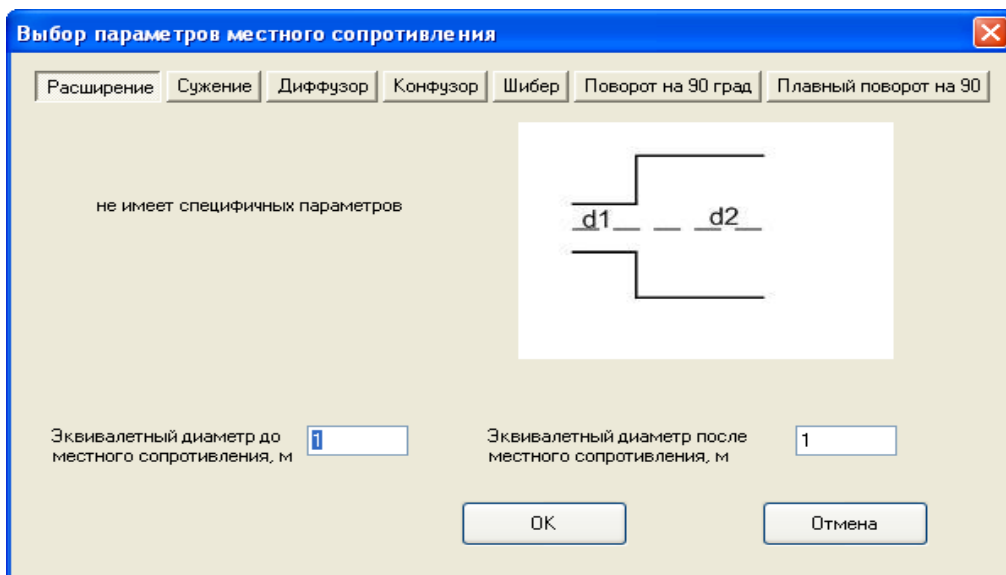


Рис. 4. Форма «Параметры местного сопротивления»

Имеется возможность сохранения выбранной конфигурации газохода со всеми параметрами, а также сохранение в отдельном файле заданного формата (рисунок 5).

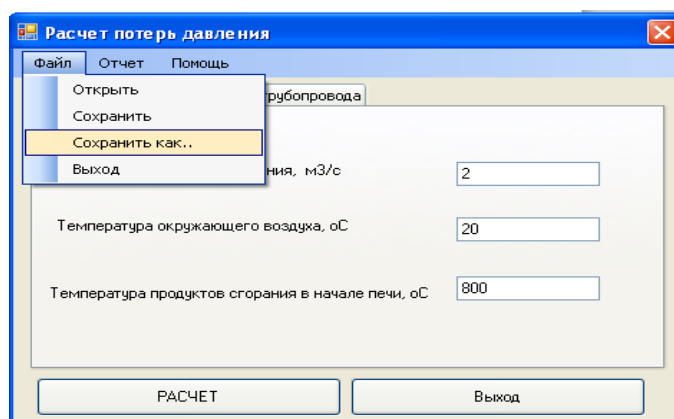


Рис. 5. Сохранение файла

Графики результатов расчетов выполнены в виде гистограмм. Пользователь может посмотреть потери давления как на каждом участке (рисунок 6), так и суммарные потери давления (рисунок 7).

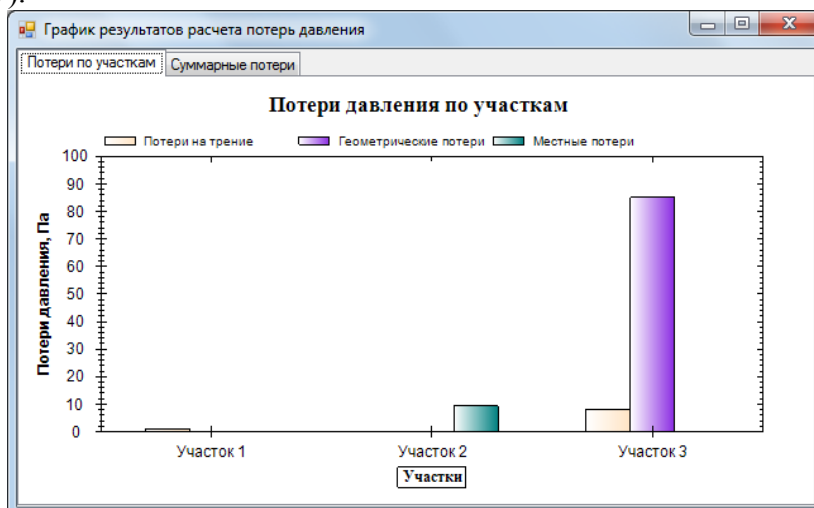


Рис. 6. График «Потери давления по участкам»

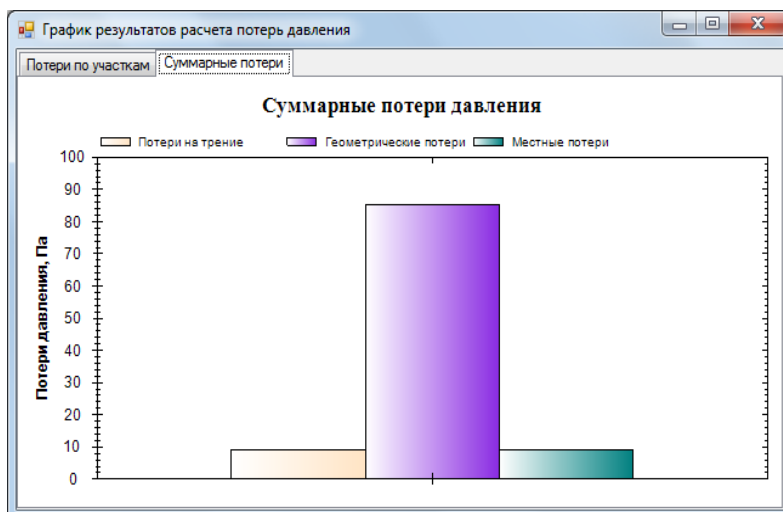


Рис. 7. График «Суммарные потери давления»

С помощью меню «Отчеты» можно настроить и получить отчеты, включающие исходные и расчетные данные. На рисунке 8 представлен вид формы «Настройка параметров отчета», а на рисунке 9 мы видим, что отчет отображает только выбранные параметры.

Выберите параметры, которые следует выводить в отчете:

Исходные данные:	Результаты расчета:
<input checked="" type="checkbox"/> Расход	<input checked="" type="checkbox"/> Потери давления на трение
<input checked="" type="checkbox"/> Температура продуктов сгорания	<input checked="" type="checkbox"/> Геометрические потери
<input checked="" type="checkbox"/> Температура окружающего воздуха	<input checked="" type="checkbox"/> Потери на местных сопротивлениях
	<input checked="" type="checkbox"/> Суммарные потери

Кнопки: Принять, Отмена

Рис. 8. Форма «Настройка параметров отчета»

Проект "Расчет потерь давления продуктов сгорания при движении по газоходу"

Исходные данные

Наименование, ед. изм.	Значение
Расход, м <sup>3</sup> /с	2
Температура продуктов сгорания, градусы Цельсия	800
Температура окружающего воздуха, градусы Цельсия	20

Результаты расчета

Наименование, ед. изм.	Значение
Общие потери давления, Па	48,49

Документ сформирован: 27.12.2012 22:50:53

Рис. 9. Форма «Отчет»

В программе существует возможность импорта отчета в форматы Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel, PDF, а также вывод на печать.

### Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических процессов / под общей редакцией А.С. Телегина, 3-е издание, 1993. 368 с.
2. Гушин С.Н., Казяев М.Д. Гидравлический расчет трубопроводов и выбор тягодутьевых средств, обеспечивающих работу промышленных печей. Учебное пособие / С.Н. Гушин – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 140с.
3. Балена Ф. Современная практика программирования на Microsoft Visual Basic и Visual C#: пер. с англ. / Ф. Балена, Дж. Димауро. М.: Русская редакция, 2006. 640 с.
4. Фридман А.Л. Основы объектно-ориентированной разработки программ / А.Л.Фридман. М.: Финансы и статистика, 2000. 192 с.
5. Ван-Тассел Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ – М.: Мир, 2001.
6. Лавров В.В. Технология разработки программного обеспечения: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 230201 – Информационные системы и технологии / В.В.Лавров, Бабин И.А. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 19 с.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-СЕРВЕРА

© Гой Е.А., Носков В.Ю.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

### ВВЕДЕНИЕ

Нагрузочное тестирование [1] – определение или сбор показателей производительности и времени отклика программно-технической системы или устройства в ответ на внешний запрос с целью установления соответствия требованиям, предъявляемым к данной системе (устройству).

В наше время наличие надежного и информативного веб-сайта является неотъемлемой частью различных компаний и учреждений. Без эффективных средств тестирования трудно добиться гарантированной доступности и надежной работы веб-сайта. Нагрузочное тестирование играет значимую роль в разработке, так как при появлении определенной нагрузки обычно уже на запущенном проекте появляются проблемы. После проведения нагрузочного тестирования, становится понятно, какое время отклика сайта будит при определенной нагрузке или сколько посетителей одновременно может выдержать веб-сервер, на котором размещен сайт.

Однако стоимость имеющихся в данный период систем нагрузочного тестирования крайне высока (IXIA, Spirent SmartBits), либо эти системы не в состоянии создать требуемую нагрузку для проведения тестирования (Apache Jmeter, Load impact, Alexfill и др.). В связи с этим, при создании большинства сайтов, предварительные и приёмо-сдаточные нагрузочные испытания не проводятся. На этапе разработки сайта это приводит к тому, что разработчики не имеют инструмента, который указал бы им на необходимость оптимизации используемого кода. На этапе последующей эксплуатации в период увеличения посетителей сайта у него увеличивается время отклика, или даже превышение времени допустимого ответа TCP/HTTP протоколов. Это приводит к тому, что посетители сайта не могут получить необходимую информацию, либо произвести действия по формированию заказа, что в конечном счете приводит к репутационным и реальным финансовым убыткам предприятия.

В связи с этим, актуальной задачей становится создание системы нагрузочного тестирования, которая могла бы создавать симуляционную клиентскую нагрузку на сайт, для того чтобы каждый проектировщик мог провести нагрузочные испытания своего сервера. При этом свойства масштабирования системы должны обеспечить возможности по генерации достаточного трафика, способного выявить верхние границы производительности аппаратной платформы веб-ресурса.

### ОБЩАЯ АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

Большинство веб-приложений сегодня создается с использованием трехуровневой архитектурой серверов [2], рисунок 1.1. Трехуровневой архитектуре присущи такие достоинства как масштабируемость, надежность, безопасность, и высокая производительность.

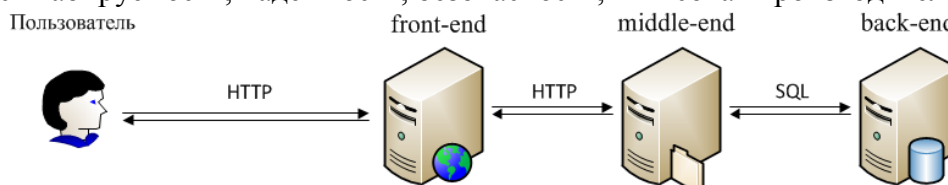


Рис. 1. Трехуровневая архитектура современных веб – приложений

При доступе к ресурсам веб-сайта запрос сначала обрабатывается DNS-сервером, который выдает пользователю IP-адрес одного из клиентских серверов переднего плана (front-end). Далее генератор взаимодействует с одним из таких серверов, обеспечивающих обработку статического содержания и формирование визуального результата выполнения запроса, а также создание защищенного соединения. При обработке динамических запросов, требующих вычислительных действий или запроса к динамически формируемым данным, выполняется переадресация запроса на сервер приложений среднего плана (middle-end). Сервер приложений, в свою очередь, взаимодействует с серверами заднего плана, отвечающими за хранение данных (back-end).

### КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ

Идея состоит в создании системы нагрузочного тестирования состоящей из трех ключевых компонентов: автономных генераторов трафика, анализаторов трафика и системы автоматического управления генераторами и анализаторами трафика (САУ ГАТ).

#### *Генератор трафика*

Автономный генератор трафика посылает многопоточные запросы страниц (методом GET) на клиентский сервер, сервер приложений и сервер баз данных. В результате обеспечивается взаимодействия с серверами, на транспортном уровне модели OSI по протоколу TCP, на прикладном уровне по протоколам HTTP и SQL.

Запросы отсылаются с различных IP-адресов (используются дополнительные IP адреса), путем назначения сетевому интерфейсу N-количества IP.

При запуске генератора необходимо задать следующие параметры:

- Номер сетевого интерфейса
- Протокол, на котором будут генерироваться пакеты
- Требуется ли добавление IP адресов к сетевому интерфейсу
- Адрес сети, в которой создаются IP адреса
- Маску, в которой создаются IP адреса
- Адреса серверов: клиентского, приложений и баз данных

Принцип работы отдельного генератора трафика при комплексной проверке многоуровневой системы веб сайта:

- устанавливаем в качестве адреса отправителя – первый IP адрес из прописанного диапазона для генерации (количество IP адресов, равно N);
- отправляем запрос создающий нагрузку только на Front-end сервер тестируемой системы (ожидаем статическую страницу или фиксированную картинку из стартовых страниц);

- отправляем запрос, создающий динамическую нагрузку на сервер приложений (Middle-End) тестируемой системы (ожидаем динамически генерируемую страницу);
- отправляем запрос, создающий нагрузку на сервер приложений и сервера БД (Back-End) тестируемой системы (ожидаем динамически генерируемую страницу с запросом к БД);
- изменяем IP адрес (N+1) клиента, выжидаем интервал (необходимый для формирования требуемой частоты посылки запросов) и повторяем алгоритм.

#### **Анализатор трафика**

Анализатор трафика (сниффер), настроенный на работу с TCP протоколом и сопоставляющий порт и IP адрес на который приходит и с которого отправлены пакеты.

Принцип работы анализатора трафика:

- из всех пакетов, отправленных через сетевой интерфейс, ищет пакеты с обращением к одному из серверов трехуровневой архитектуры. При нахождении данного пакета заносит информации о нем в буфер памяти (время получения с начало сессии, IP адрес и порт с которого он отправлен);
- из всех пакетов, поступающих на сетевой интерфейс, ищет пакеты с ответом на запрос, при нахождении данного пакета ищет в буфере, такой же IP адрес и порт, на который пришел пакет;
- при совпадении IP адреса и порта в пришедшем пакете и записи из буфера, отправляет информацию на САУ ГАТ и удаляет информацию об этом пакете из буфера. Отсылаемая запись: разница во времени между пакетами, IP адрес и порт с которого запрашивалась страница, текущее время и адрес страницы.

#### **САУ ГАТ**

Использование отдельных генераторов-анализаторов на базе стандартных ПК, не смотря на многопоточность запросов, не позволяет создать достаточную нагрузку для проверки верхней границы производительности современных серверных платформ. Для обеспечения необходимой нагрузки возможно горизонтальное масштабирование системы путем одновременного использования множества автономных генераторов/анализаторов, работающих с непересекающимися диапазонами IP адресов источников запросов. Для удобства быстрого развертывания большого количества автономных генераторов/анализаторов на флэш – накопитель установлен консольный дистрибутив Linux, а также туда установлена программа генерации/анализа трафика и необходимые библиотеки для ее функционирования.

Для корректного функционирования всего комплекса и получения результирующей статистики требуется система автоматического управления всеми автономными генераторами/анализаторами (САУ ГАТ). Фактически, САУ ГАТ – это система, которая должна передать автономным генераторам сведения о параметрах создаваемой требуемой нагрузки и указании им времени их запуска.

В САУ ГАТ содержится результирующая таблица, в которую поступают данные с анализаторов трафика, созданная в СУБД MySQL (рисунок 2). Таблица содержит следующие поля, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Описание полей таблицы

Название поля таблицы	Описание Поля
ID	Порядковый номер записи с N – ого анализатора
IP	IP адрес с которого посылался запрос на сервер
tcp_port	TCP порт с которого посылался запрос на сервер
delta_time	Время, которое отвечал сервер на запрос
time	Время, когда был принят пакет
url	Адрес страницы, на которую посылался запрос

Также с помощью системы составляются результирующие таблицы (по каждому серверу трехуровневой архитектуры), графики и диаграммы по данным анализаторов трафика.

ID	IP	tcp_port	delta_time	time	url
1	192.168.122.9	51017	0.038872	0:38:17.119518	http://avtokomplekt66.ru/
2	192.168.122.9	51019	0.098872	0:38:17.528404	http://avtokomplekt66.ru/traktora

Рис. 2. Результирующая таблица

Общая схема функционирования системы нагрузочного тестирования представлена на рисунке 3.

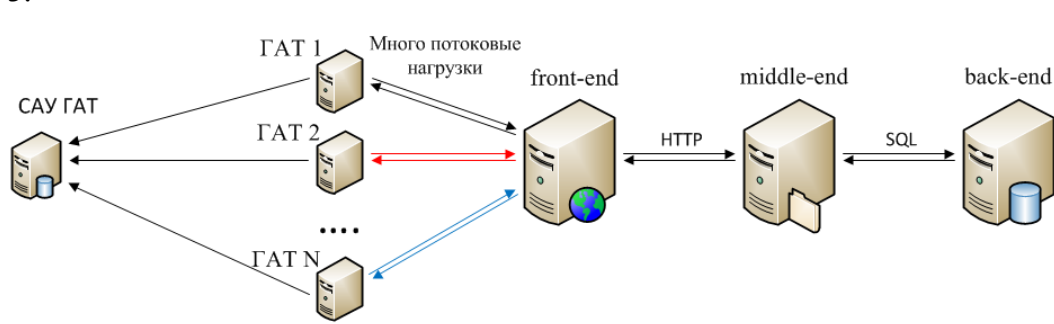


Рис. 3. Схема функционирования системы нагрузочного тестирования

«ГАТ N» – генератор и анализатор трафика. Ключевой элемент системы, позволяющий генерировать много потоковый трафик, а также анализировать входящий трафик и отправлять результат на CAU GAT.

В итоге используя данную систему, возможно, обеспечить любую требуемую нагрузку, изменяя лишь количество ГАТ. По разнице времени запроса генератора и ответа веб-сайта, а также URL адресу, можно судить справляется ли сервер с данной нагрузкой, или нет. Стоит отметить, что разница во времени будет иметь незначительную погрешность на время пока сигнал идет от генератора до сервера и обратно, которую можно приравнять к нулю (погрешность еще уменьшится, если вместо URL адреса сайта, прописывать его IP адрес при генерации).

### Список использованных источников

1. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Нагрузочное тестирование Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Трехуровневая архитектура Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕЛЕФОНИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

© Гурин И.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия*

### Введение

При современном уровне развития технологий и мобильности нашего общества человек каждый день прибегает к услугам связи. Основные средства связи в данный момент – телефония и Интернет. Телефония считается более дорогим средством связи и обходится пользователю, как правило, дороже. Особенно с ценой на услуги мы сталкиваемся, когда исполь-

зуюм междугородные и международные направления, либо когда наша работа связана с общением. Целью работы является изучение процесса автоматизации телефонных вызовов. В качестве итога данной работы выступает сервис голосовых открыток, позволяющий выбрать и отправить на мобильный телефон голосовое поздравление или розыгрыш. Адрес сервиса <http://wapring.ru>, дизайн сервиса оптимизирован для просмотра на мобильных браузерах.

### ***Основы процесса автоматизации***

Для автоматизации телефонии на производстве используются автоматические телефонные станции (АТС), позволяющие выстраивать маршруты на входящие и исходящие вызовы. АТС могут быть представлены в виде аппаратных или программных решений. Мы можем использовать мощные и дорогие решения, например, от компании Cisco, либо настроить программируемый модуль сами.

Выпускаемые в настоящее время аппаратные цифровые АТС и мини-АТС Panasonic, Samsung, LG и другие имеют практически одинаковый набор функций, включающий возможности наращивания внешней и внутренней емкости за счет подключения дополнительного оборудования, а также подключения различных типов телефонов (аналоговых, цифровых, DECT, IP) и протоколов связи.

Программные АТС – многочисленные бесплатные или коммерческие системы. Среди них всех особое место занимает Asterisk. Asterisk – свободное решение компьютерной телефонии с открытым исходным кодом от компании Digium, первоначально разработанное Марком Спенсером. Приложение работает на операционных системах Linux, FreeBSD, OpenBSD и Solaris [3]. Основные возможности и преимущества Asterisk [2]:

- Переадресация. В системе Asterisk можно сделать переадресацию по времени суток, присутствия на рабочем месте, переадресовать одновременно на несколько телефонов, составить индивидуальный алгоритм переадресации.
- Нет надобности в выделенной линии для факса. Прием факсов обеспечивается на всех номерах с автоматической отсылкой на e-mail.
- Голосовая почта. Количество голосовых сообщений не лимитировано и зависит от емкости жесткого диска. Помимо проверки голосовой почты по телефону через систему DTMF в Asterisk автоматически работает отправка голосовых сообщений на e-mail, а также существует web-интерфейс для управления своей почтой, что нецелесообразно в случае переполнения голосового почтового ящика.
- Единая сетевая инфраструктура и сокращение техперсонала. В отличие от традиционных систем связи, требующих прокладку отдельной кабельной сети для телефонии, IP-PBX Asterisk работает по протоколу TCP/IP поверх существующих сетей данных. Административной телефонной инфраструктуры занимается системный или сетевой администратор, а не связист, так как IP-PBX – это сетевое приложение, не требующее особых знаний в телефонии.
- VoIP (Voice over IP). VoIP – голосовая связь по протоколу IP. Под IP-телефонией подразумевается набор коммуникационных протоколов, технологий и методов, обеспечивающих двустороннее голосовое общение (в том числе при видеообщении) по сети Интернет или по любым другим IP-сетям. Сигнал по каналу связи передается в цифровом виде и, как правило, перед передачей преобразовывается (сжимается) с тем, чтобы удалить избыток информации [4].
- Другие функциональные возможности, такие как запись разговоров, постановка звонков в очередь, индивидуальная и корпоративная записная книжка прямо в станции и служба каталога, предоплаченные карточки, интеграция с базами данных, функция «обратный звонок», а также открытый интерфейс разработчика API, позволяют максимально тесно интегрировать телефонию во все коммуникационные каналы компании.

### ***Процесс установки***

Таким образом, остановимся на использовании системы Asterisk. На первом этапе были произведены ознакомление и установка ПО. Установка производилась в операционной системе Centos 6.2. Список проблем, с которыми можно столкнуться при установке:

- невозможность конфигурирования модулей при установке из репозитория. Таким образом, требуется компиляция и установка их исходных кодов;
- большое количество зависимостей требует предварительной настройки операционной системы.

Далее представлен список команд, выполненных при установке.

```
yum install gcc-c++
yum install libtermcap-devel
yum install libxml2-devel
yum install sqlite-devel
```

```
make menuconfig
make
make install
make samples
make config.
```

Результатом работы будет являться установленный, но ненастроенный Asterisk. На этом процесс установки не заканчивается. Дополнительно для воспроизведения голосовых потоков в формате MP3 требуется установка mpg123. Mpg123 в свою очередь требует наличия libtool-ltdl-1.5. Данные пакеты можно найти во многих популярных репозиториях.

### **Процесс настройки Asterisk**

Второй этап заключается в конфигурировании Asterisk. В свою очередь конфигурирование делится на настройку доступа к VoIP-шлюзу и настройку вызова до абонента. Asterisk включает около 100 конфигурационных файлов, что создает большие затруднения для новичка. Для настройки IP-телефонии используется файл sip.conf. Далее приведена конфигурация файла настроенного шлюза voip.qip.ru.

```
[general]
srvlookup=yes
nat=yes
language=ru
register=sportsoft:password:"sportsoft@qip.ru"@qip.ru
```

```
[qip]
type=peer
username=sportsoft@qip.ru
fromuser=sportsoft
secret=password
host=qip.ru
fromdomain=qip.ru
;dtmfmode=rfc2833
context=qip
disallow=all
allow=alaw
insecure=port,invite
nat=yes
;outboundproxy=sip.qip.ru.
```

Приступим к настройке шаблона совершаемых вызовов. Настройка осуществляется в файле extensions.conf. В нем определяется обработка и маршрутизация входящих и исходящих вызовов. Этот файл управляет поведением всех соединений проходящих через АТС.

```
[call-out]
```



```

exten => 17,1,Answer
exten => 17,n,Set(CDR(userfield)=${userfield})
exten => 17,n,Set(CHANNEL(language)=ru)
exten => 17,n,MP3Player(${filename})
exten => 17,n,Wait(1)
exten => 17,n,Hangup()
;exten => 17,n,SayNumber(12).

```

Каждая секция в файле extensions.conf начинается со строки с именем секции, заключенного в квадратные скобки. Номер секции потребуется при запросе совершения вызова.

В синтаксисе файла extensions.conf каждый исполняемый шаг описывается в данном формате:

```

exten => extension,priority,Command(parameters)

```

Extension (расширение) определяется как набор команд для исполнения. Команды выполняются в порядке, который определяется их параметром приоритета. Когда происходит вызов на определенное расширение, будет выполнена команда с приоритетом 1, затем с приоритетом 2 и так далее. Использование символов, отличных от цифр, в поле приоритета, требуется при использовании приоритетов типа n (next).

Выполнение команд производится до того момента, пока не возникнет одна из следующих ситуаций [1]:

- вызывающий абонент повесил трубку;
- команда вернула код возврата -1 (индикатор ошибки);
- команды со следующим приоритетом не существует (Asterisk не будет перескакивать через недостающие приоритеты);
- вызов был переброшен на другое расширение.
- Совершать исходящие вызовы в Asterisk можно 2 способами:
- Asterisk auto-dial out с использованием call-файлов. Принцип основан на том, что собранные файлы помещаются в специальную директорию, которую сканирует Asterisk. При обнаружении программой нового файл, он выполняется.
- Asterisk Manager API с использованием команды Originate. AGI (Asterisk Gateway Interface) – это встроенный в Asterisk метод выполнения внешних скриптов, который может расширить функциональность Asterisk при помощи других языков программирования. Список языков программирования: Perl, PHP, C, Pascal, Bourne Shell.

Второй способ является более гибким и надежным, но более сложным в настройке. С целью более надежной работы программы, используется второй вариант.

Работа AGI начинается с передачи списка переменных, связанных с расширением. После этого, это приложение отправляет серверу Asterisk специальные команды AGI интерфейса через стандартный поток вывода и получает результаты выполнения этих команд, через поток стандартного ввода.

Рассмотрим пример AGI-скрипта на языке программирования PHP.

```

require(ROOTPATH./classes/asterisk/AsteriskManager.php');

```

```

$ast = new Net_AsteriskManager(array('server' => '127.0.0.1', 'port' => '5038', 'auto_connect' => true));

```

```

$ast->login('admin', 'passwd');

```

```

$command = (
    "Action: Originate\r\n".
    "Channel: SIP/qip/+79051234567\r\n".
    "Context: call-out\r\n".
    "Exten: 17\r\n".

```

```
"Priority: 1\r\n".  
"Timeout: 40000\r\n".  
"Async: true\r\n".  
"Callerid: +79530000018\r\n".  
"Variable: userfield=1,filename=/home/sportsoft/wapring.ru/mp3/1.mp3\r\n"  
);  
$ast->Call($command);
```

Переменная `command` содержит параметры, требуемые для совершения звонка. Таким образом, настройка исходящих вызовов настроена и готова к применению.

### **Заключение**

В данной статье рассмотрена работа АТС Asterisk и одно из ее направлений работы – автоматизация исходящих вызовов. Автоматизация применяется в многочисленных системах автодозвона и оповещений. Кроме функций обычной АТС, Asterisk имеет возможность оптимизации затрат на телефонию. Снижения затрат можно достичь за счет использования самых выгодных тарифов по конкретным направлениям. Например, звонки на номера оператора МТС осуществлять с сим-карт этого же оператора, а для звонков на городские номера использовать проводную городскую телефонную линию. В обоих случаях цена за звонок может быть снижена до нуля (за исключением абонентской платы). Но это уже тема других работ.

### **Список использованных источников**

1. Asterisk [Электронный ресурс]. Файл `extensions.conf` – ваш план набора. Режим доступа: <http://asterisk.ru/knowledgebase/Asterisk+config+extensions.conf>
2. Itslink.ru: IP-телефония [Электронный ресурс]. Сравнение аппаратных и программных АТС. Режим доступа: <http://itslink.ru/stati/sravnenie-apparatnykh-cifrovyykh-ats-i-programmnoi-ats-asterisk/>
3. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Asterisk. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Asterisk>
4. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. IP-телефония. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/IP-телефония>

## **РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ SCADA-СИСТЕМЫ В РАМКАХ ПРОЕКТА ПО СОЗДАНИЮ АСУТП И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ХРОМОВОГО АНГИДРИДА НА ЗАВОДЕ ЗАО "РУССКИЙ ХРОМ 1915"**

**© Девярых Е.А., Берковская Д.В.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В рамках технического перевооружения производства хромового ангидрида на ЗАО «Русский хром 1915» (г. Первоуральск) компания «Феррокс» внедряет автоматизированную систему управления технологическим процессом.

Техническое перевооружение заключается в переводе существующего производства хромового ангидрида периодическим способом (производительность 19 000 т/год) в производство хромового ангидрида непрерывным способом (производительность 6000 т/год) и введением раствора гипохлорита натрия в бисульфитную травку монокроматных растворов.

Целями разработки SCADA системы, как части АСУТП являются:

- улучшить технико-экономические показатели производства;

- автоматизация процесса утилизации отходов производства хромового ангидрида в соответствии с современными экологическими нормами;
- повышение выпуска годного по качеству продукта;
- контроль материальных потоков;
- улучшение условий труда технологического и обслуживающего персонала.

Система мониторинга и управления процессом построена на основе клиент-серверной архитектуры и разрабатывается в программной среде SIMATIC WINCC V7.0.

Система автоматизации построена на основе PLC SIMATIC S7 CPU-319 3PN/DP и станции удаленной периферии ET200S. Связь контроллера со станциями удаленной периферии осуществляется посредством интерфейса PROFIBUS DP выполненного на основе топологии «оптическое кольцо».

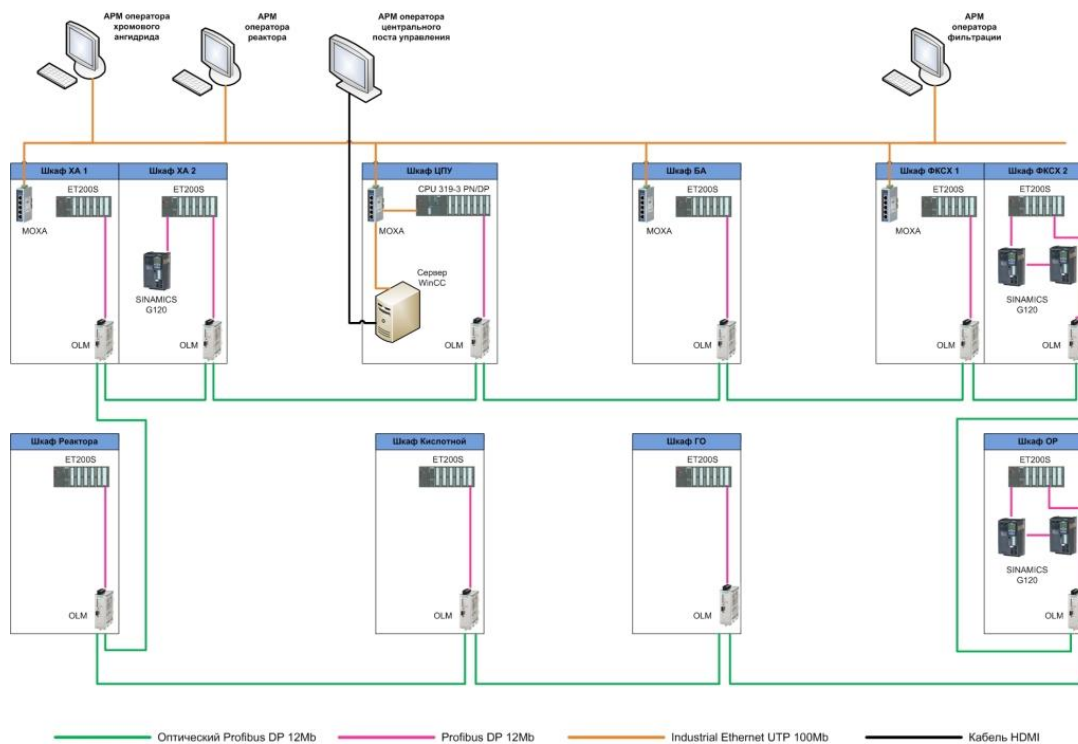


Рис. 1. Схема расположения комплекса технических средств

Управление насосами и мешалками осуществляется при помощи частотно-регулируемых преобразователей SINAMICS G120 и пускорегулирующей аппаратуры фирмы SIEMENS.

Общее количество цифровых сигналов – 1100 шт., из них:

- аналоговые входа – 120 шт., аналоговые выхода – 100 шт.;
- дискретные входа – 650 шт., дискретные выхода – 230 шт.

Всё оборудование, применяемое в КТС АСУ ТП производства хромового ангидрида, имеет сертификаты соответствия ГОСТ Р, обеспечивая надёжную бесперебойную работу производства.

После передачи системы в промышленную эксплуатацию ожидается снижение удельного расхода материальных и энергетических ресурсов, увеличение выпуска годной продукции и улучшения характеристик электро- и промышленной безопасности, за счет:

- использования современных надежных средств автоматизации, математических моделей и методов управления и регулирования;
- повышения точности выполнения технологических операций;
- улучшения информативности технологического персонала.

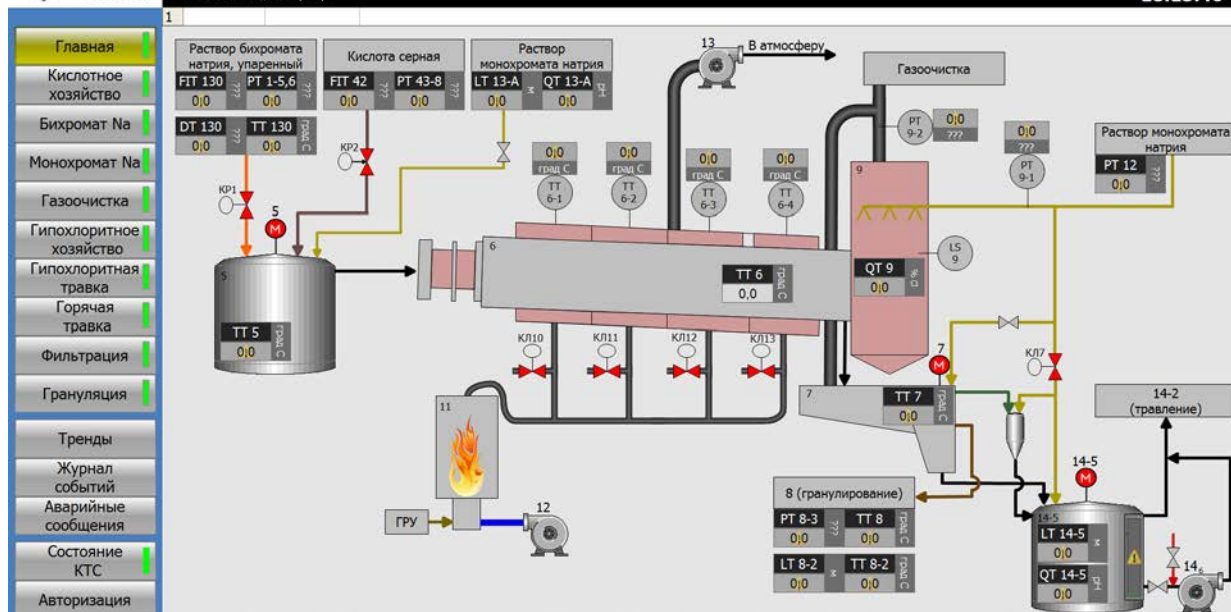


Рис. 2. Интерфейс SCADA системы

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЕРЕПЛАВКИ МЕДНЫХ (ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ) ПЛАСТИН

© Девярых Т.О., Берковская Д.В., Швыдкий В.С.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

Несмотря на выполненные в последнее время работы по математическому моделированию шахтных печей различного назначения, вопрос о надёжных методах оптимизации их конструктивных и режимных параметров всё ещё остаётся актуальным, поскольку имеющиеся математические модели газодинамики и теплообмена не учитывают механизма движения слоя материала, подвергающегося тепловой обработке. В каждой конкретной шахтной печи источники движения материала специфичны, однако имеется класс агрегатов (к ним относятся и шахтные печи для расплавления медных пластин, полученных из цеха электролиза), в которых побудительной причиной движения является плавление шихты. В этом случае скорость движения (опускания) материалов сама является суммарным результатом развития теплофизических процессов, что должно найти отражение в математической модели шахтной печи.

Физическая постановка задачи заключается в следующем (рисунок 1). В шахтную печь высотой  $H$  и характерным средним радиусом  $R$  через дискретно расположенные газораспределительные устройства диаметром  $d_f$  (в дальнейшем называемые фурмами) вдувается газ (продукты сгорания топлива) в количестве  $Q_v$ ,  $m^3/s$ , с температурой  $T_0, ^\circ C$ . Для создания необходимой высоты зоны плавления газораспределительные устройства размещаются на  $2...3$  горизонтах, причём расстояние от "днища" печи до плоскостей осей фурм составляет  $H_{1f}, \dots, H_{3f}$ , м. Сверху в печь загружают шихтовые материалы, эквивалентный диаметр частиц которых  $d_{m0}$ , м, температура –  $t_0, ^\circ C$ , а объёмный расход –  $Q_m$ ,  $m^3/s$ . В процессе передачи теплоты от газов к материалу происходит нагрев, плавление и перемещение последнего. Требуется найти распределение температур и скоростей материала и газов в объёме печи.

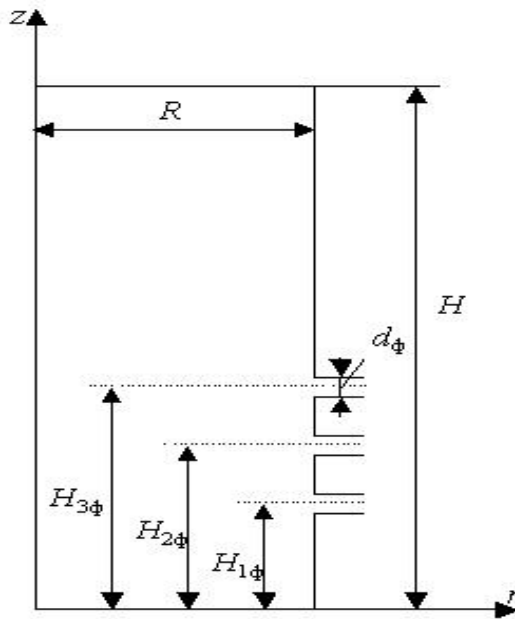


Рис. 1. Принципиальная схема газовой шахтной печи

Хотя горячий газ вводится в рабочее пространство печи дискретно, будем считать движение теплоносителей осесимметричным. Основанием для такого упрощения является то обстоятельство, что для рассматриваемой конструкции печи расстояние между осями фурм по окружности наружной поверхности не превышает 0,54 м, а при этих условиях уже на расстоянии  $R$  от плоскости фурм течение газов становится практически двумерным.

Математическая формулировка поставленной задачи в предположении о безвихревом установившемся характере движения газов и материалов включает следующие уравнения.

Уравнение баланса массы газов (уравнение неразрывности) имеет вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (\varepsilon \rho_r r w_{rr}) + \frac{\partial}{\partial z} (\varepsilon \rho_r w_{rz}) = 0, \quad (1)$$

где  $r$  и  $z$  – радиальная и аксиальная координаты, м;  $w_{rr}$  и  $w_{rz}$  – радиальная и аксиальная компоненты скорости газа, м/с;  $\rho_r$  (кг/м<sup>3</sup>) и  $\varepsilon$  (доли единицы) – плотность газа и порозность слоя, соответственно. Вводя функцию тока  $\psi(r, z)$ , имеющую смысл массового расхода газа, соотношениями:

$$w_{rr} = \frac{1}{\varepsilon \rho_r r} \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad w_{rz} = -\frac{1}{\varepsilon \rho_r r} \frac{\partial \psi}{\partial r}, \quad (2)$$

и используя условие отсутствия завихренности  $\partial w_{rr} / \partial z - \partial w_{rz} / \partial r = 0$ , получаем определяющее уравнение для функции тока

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{\varepsilon \rho_r r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{\varepsilon \rho_r r} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) = 0. \quad (3)$$

Уравнение теплового баланса (энергии), объединённое с уравнением неразрывности, запишется так:

$$c_r \left[ \frac{\partial}{\partial r} \left( T \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left( T \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) \right] = -\alpha_v r (T - t_{\text{мас}}) - r L \rho_m (1 - \varepsilon) \frac{d\gamma}{d\tau}, \quad (4)$$

где  $c_r$  и  $T$  – удельная теплоёмкость [Дж/(кг·К)] и температура (°С) газа;  $t_{\text{мас}}$  и  $L$  – среднemasовая температура (°С) и удельная теплота плавления (Дж/кг) материала;  $\alpha_v$  – объёмный коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>3</sup>·К);  $\gamma = (d_{m0}^3 - d_m^3) / d_{m0}^3$  – степень расплавления куска шихты, доли;  $\rho_m$  – плотность материала "куска" шихты, кг/м<sup>3</sup>;  $\tau$  – время, с.

Соответствующие схеме (рисунок 1) граничные условия уравнения (3) имеют вид:

$$\psi = \begin{cases} \rho_r Q_V & \text{при } r = 0 \text{ и } 0 \leq z < H; \\ \rho_r Q_V & \text{при } 0 \leq r \leq R \text{ и } z = 0; \\ \rho_r Q_V & \text{при } r = R \text{ и } 0 \leq z < H_{1\phi}; \\ \rho_r Q_V - \frac{\rho_r Q_{1V}}{d_\phi} \left( z - H_{1\phi} + \frac{d_\phi}{2} \right) & \text{при } r = R \text{ и } H_{1\phi} - \frac{d_\phi}{2} \leq z \leq H_{1\phi} + \frac{d_\phi}{2}; \\ \rho_r Q_V - \rho_r Q_{1V} & \text{при } r = R \text{ и } H_{1\phi} + \frac{d_\phi}{2} \leq z \leq H_{2\phi} - \frac{d_\phi}{2}; \\ \rho_r Q_V - \rho_r Q_{1V} - \frac{\rho_r Q_{2V}}{d_\phi} \left( z - H_{2\phi} + \frac{d_\phi}{2} \right) & \text{при } r = R \text{ и} \\ & H_{2\phi} - \frac{d_\phi}{2} \leq z \leq H_{2\phi} + \frac{d_\phi}{2}; \\ \rho_r Q_V - \rho_r Q_{1V} - \rho_r Q_{2V} & \text{при } r = R \text{ и } H_{2\phi} + \frac{d_\phi}{2} \leq z \leq H_{3\phi} - \frac{d_\phi}{2}; \\ \rho_r Q_V - \rho_r Q_{1V} - \rho_r Q_{2V} - \frac{\rho_r Q_{3V}}{d_\phi} \left( z - H_{3\phi} + \frac{d_\phi}{2} \right) & \text{при } r = R \\ & \text{и } H_{3\phi} - \frac{d_\phi}{2} \leq z \leq H_{3\phi} + \frac{d_\phi}{2}; \\ 0 & \text{при } r = R \text{ и } H_{3\phi} + \frac{d_\phi}{2} \leq z \leq H. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь  $Q_{1V} + Q_{2V} + Q_{3V} = Q_V$ .

$$\partial\psi/\partial z = 0 \text{ при } z = H \text{ и } 0 \leq r \leq R. \quad (5,а)$$

Заметим, что соотношение (5,а) эквивалентно утверждению об одномерном характере движения газов на выходе из слоя.

На стенках печи (кроме фурм) задаются потери теплоты конвекцией и теплопроводностью в окружающую среду при  $r = R$

$$-\lambda_r \frac{\partial T}{\partial r} = k(T - T_{\text{окр}}), \quad k = \left( \frac{1}{\alpha_1} + \sum_i \frac{S_i}{\lambda_{mi}} + \frac{1}{\alpha_2} \right), \quad (6)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи от газа в рабочем пространстве печи в окружающую среду, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи на внутренней и внешней поверхностях стенки печи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $S_i$  и  $\lambda_{mi}$  – толщина (м) и коэффициент теплопроводности [Вт/(м·К)]  $i$ -го огнеупорного слоя кладки, соответственно;  $\lambda_r$  – коэффициент теплопроводности газа у внутренней поверхности стенки, Вт/(м·К).

На уровне засыпи, а также у стенки печи движение газа одномерное, поэтому уравнение теплового баланса упрощается до соотношения

$$c_r \rho_r \varepsilon w_{rz} \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha_v (t_{\text{мас}} - T) \quad \text{при } z = H, \quad (7)$$

причём здесь  $t_{\text{мас}} = t_0 = \text{const}$ . Тогда уравнение (7) превращается в ОДУ первого порядка, имеющее решение

$$T(z) = t_0 + A \cdot \exp\left(-\frac{\alpha_v z}{c_r \rho_r \varepsilon w_{rz}}\right), \quad (7, а)$$

где  $A$  – постоянная интегрирования. При  $r = R$  и  $z = H_{1\phi}$   $T = T_0$ , следовательно,

$$A = (T_0 - t_0) \cdot \exp\left(\frac{\alpha_v H_{1\phi}}{c_r \rho_r \varepsilon w_{rz}}\right)$$

и

$$T = t_0 + (T_0 - t_0) \cdot \exp\left[-\frac{\alpha_v (H - H_{1\phi})}{c_r \rho_r \varepsilon w_{rz}}\right] \quad \text{при } z = H \text{ и } 0 \leq r \leq R. \quad (7,б)$$

Совокупность уравнений (1) – (7,б), представленная (в различных сочетаниях) в конечно-разностном виде, и составляет математическую инженерную модель шахтной печи для плавки черновой меди.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

© Джамбеков А.М.

*ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»,  
г. Астрахань, Россия*

В технологиях принятия решений интеллектуальная система — это информационно-вычислительная система с интеллектуальной поддержкой, решающая задачи без участия человека — лица, принимающего решение (ЛПР), в отличие от интеллектуализированной системы, в которой оператор присутствует [1].

Отсутствие «узаконенной» формулировки понятия "Интеллектуальные энергетические системы", "Интеллектуальная скважина", "Умное месторождение" и др. на фоне повышенного интереса к этой тематике приводит к определенной вульгаризации рассматриваемых терминов. «Интеллектуальными» порой называют энергетические системы, просто оснащенные автоматикой, сигнализацией, диспетчерской системой, компьютерной сетью и др. [2].

Еще шестьдесят лет назад американский ученый Мак-Кей (1951 г.) ввел понятие самоорганизующихся или самоуправляемых машин (тогда не было понятия интеллектуальные системы), которые классифицируются в соответствии с тем, как в них осуществляются следующие общие функции:

- прием, классификация, запоминание и передача информации;
- реакция на изменения в окружающей среде, включая выдачу информации о состоянии самой машины;
- дедуктивные рассуждения на основе множества допущений или постулатов и обучения. В данном случае в обучение входит наблюдение и управление собственным целенаправленным поведением.

Все перечисленные функции, безусловно, характерны для современных интеллектуальных систем, в том числе и в нефтегазовой отрасли [9].

В состав IT-технологий методического обеспечения входят планирование измерений, экспериментов, испытаний и т.п., обработка экспериментальных данных (например, статистическая), параметрическая и структурная идентификация, методы эффективного отображения информации, процедуры принятия решений, методы и технологии, основанные на идеях искусственного интеллекта и т.п. [3].

В состав IT-технологий аппаратно-программного обеспечения входят датчики, исполнительные механизмы, ПЛК, каналы связи, средства отображения информации, системное и прикладное ПО и т.п. [8].

Часто определение интеллектуальных систем рассматривается через набор функциональных свойств, таких как, например, мониторинг, диспетчеризация и т.п. [4].

Более содержательное определение – это рассматривать интеллект как сочетание способности предсказания среды со способностью выбора соответствующей реакции из множества альтернатив с учетом результата предсказания и поставленной цели, т.е. определять интеллект в терминах поведения стремящейся к цели системы (живой или искусственной) и измерять степень ее интеллекта по адекватности принимаемых ей решений. При отсутствии цели принятие решений беспредметно и термин "интеллект" не имеет смысла. Именно такой подход позволяет проектировать интеллектуальные системы[5].

Общность подходов к построению систем в энергетике и нефтегазовой отрасли с точки зрения их автоматизации и применяемых IT технологий включающих планирование и обработку результатов измерений, построение математических моделей, составление энергетических балансов и т.п., позволяет интегрировать лучшие решения, как в энергетике, так и нефтегазовой отрасли с целью получения наиболее эффективных решений. Примеры таких интегрированных систем уже существуют: например, системы коммерческого и техническо-

го учета всех видов топливно-энергетических ресурсов (электроэнергия, тепло, газ, мазут и т.п.).

### **Примеры использования современных информационных технологий с использованием методов интеллектуальных систем в нефтегазовой отрасли.**

Нейросетевые технологии искусственного интеллекта находят растущее применение при разработке интеллектуальных датчиков, систем обработки информации (СОИ) в нефтегазовой и других стратегически важных отраслях промышленности. Они позволяют создавать нейросетевые модели объектов автоматизации и прикладные нейросистемы, благодаря которым существенно облегчается контроль технического состояния объектов нефтегазовой отрасли, реализуется их структурная и параметрическая идентификация, осуществляемая с использованием алгоритмов обучения нейронных сетей [6].

Эффективность промышленных систем в нефтегазовой отрасли, создаваемых на базе искусственных нейронных сетей, определяется:

- достигнутой степенью адекватности нейросетевых моделей объектам автоматизации, которая во многом зависит от правильного выбора структурно-функциональной организации (спецификации) используемых нейронных сетей;
- качеством предварительной обработки информации, реализуемой нейронными сетями интеллектуальных датчиков и анализаторов данных;
- наличием у анализаторов нейросетевых систем обработки информации функций, необходимых для интеллектуального анализа данных реального времени (datamining)[7].

Какой эффект ожидается получить от использования технологии и насколько рентабельна концепция, например, «умных месторождений»?

Во-первых, это оптимизация добычи. Системы умных месторождений позволяет получать самую детальную информацию о работе скважины, в том числе условиях работы ЭЦН и состоянии коллектора. На основе детального анализа получаемой информации мы создаем на каждой скважине такие условия нефтедобычи, какие оптимально подходят для ее полноценной эксплуатации. Таким образом, повышается нефтеотдача пласта, а также темпы добычи.

Во-вторых, это сокращение затрат. Во многом это связано с автоматизацией производства при внедрении системы «умных месторождений». У дежурного оператора теперь нет необходимости посещать кустовые площадки, он получает все необходимые данные в режиме реального времени прямо на компьютер. Таким образом, он меньше подвергается риску и имеет больше времени для качественного выполнения других важных производственных задач.

Еще одно важное достоинство этого подхода – создание атмосферы общей совместной работы, поскольку люди, работающие в любом офисе компании, имеют доступ к той же информации в реальном времени, что и персонал на месторождении. Эту улучшает работу всей команды и расширяет наши возможности по оптимизации производственных процессов[10].

Следующим важным моментом является необходимость срочно наладить эффективную систему научного сопровождения производственных технологий, особенно с использованием методов искусственного интеллекта.

Сегодня доля наукоемкой продукции и расходы на отрасль в общем объеме ВВП являются главными показателями экономики, основанной на знаниях. В большинстве стран с развитой экономикой доля внутренних затрат на исследования и разработки составляет около 3% от общего объема ВВП [11].

Так, в Швеции – 3,8%, Финляндии – 3,5%, Японии – 3,44%, Швейцарии – 2,9%, США – 2,84%, Германии – 2,54%, России – 1,2%, Новой Зеландии – 1,16%, Южной Африке – 0,92%, Беларуси – 0,7%. При этом расходы США составляют 35% от мировых расходов – 390 млрд. долларов.

Доля наукоемкой продукции России на мировом рынке составляет 0,3–0,5%, стран Европейского союза – 35%, США – 25%, Японии – 11%.

Несомненно, использование информационных технологий, включая методы искусственного интеллекта, позволит более полно и эффективно автоматизировать процессы гене-



рации и транспортировки, а главное, сможет «обучить» промышленное оборудование принимать и обрабатывать противоречивые и порой неполные и нечеткие данные, полученные с различных скважин, а затем синтезировать их в единое информационное поле, обеспечивающее более эффективную разработку нефтяного или газового месторождения.

В перспективах развития IT-инфраструктуры нефтегазовой отрасли в первую очередь лежит автоматизация на основе интеллектуальных систем полного спектра всех работ, связанных с разработкой, добычей, транспортировкой и переработкой нефти и природного газа, поскольку всё больше приобретает задача снижения себестоимости добычи, переработки, а также транспортировки нефти и газа. Эту задачу опять же помогает решить автоматизация основных ключевых процессов в таких областях как проектирование и технологический контроль разведочного бурения, расчет параметров бурения, управление геолого-геофизическими данными и т.д.

### **Список использованных источников**

1. Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта / Гл. ред. И. Б. Фёдоров. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. — 352 с.
2. Лорьер Ж.–Л. Системы искусственного интеллекта. — М.: Мир, 1991. — 568 с.
3. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем = Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. / Под ред. Н. Н. Куссуль. — 4-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 864 с.
4. Петрунин Ю. Ю., Рязанов М. А., Савельев А. В. Философия искусственного интеллекта в концепциях нейронаук. (Научная монография). — М.: МАКС Пресс, 2010
5. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход = Artificial Intelligence: a Modern Approach / Пер. с англ. и ред. К. А. Птицына. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1408 с.
6. Смолин Д. В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. — М.: ФИЗМАТЛИТ. — 208 с
7. Хант Э. Искусственный интеллект = Artificial intelligence / Под ред. В. Л. Стефанюка. — М.: Мир, 1978. — 558 с.
8. Кулаков М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов». — М.: Машиностроение, 1983. — 424с.
9. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учебное пособие для вузов – М.: Химия, 2001. – 568с.
10. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. Учебное пособие для вузов – М.: Химия, 2004. – 449с.
11. Авдулов А.Н., Кулькин А.М. Научные и технологические парки, технополисы и регионы науки. – М.: ИНИОН РАН, 1992. – 166с.

### **О МЕХАНИЗМЕ НАЧАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛИЗОВ НА СТАДИИ ВНЕДРЕНИЯ ИТ-СЕРВИСОВ**

**© Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В.**

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

Ввод в эксплуатацию (внедрение) и дальнейшее сопровождение ИТ-сервиса предусматривает решение комплекса взаимосвязанных задач планирования. Проектный пакет ИТ-сервиса, сформированный на стадии проектирования или в процессе управления изменениями, поступает в систему управления стадией внедрения, которая реализует следующие функции управления: планирование внедрения сервиса, управление изменениями сервиса,

управление активами и конфигурациями, управление формированием, развертыванием и тестированием ИТ-релизов, управление знаниями. Функции управления релизами охватывают процесс сборки сервисных компонентов (приобретенных или разработанных) и внедрение изменений в ИТ-среду. По завершении разработки, тестирования и объединения нескольких изменений в релизы, система управления релизами осуществляет реализацию таких изменений.

В соответствии с ITIL v3 [1], ИТ – релиз представляет собой подмножество отдельных компонентов сервиса, которое встраивается в тестовую или эксплуатационную среду за одну транзакцию внедрения. Каждый релиз может быть связан с единственным конфигурационным профилем, который представляет собой логический набор из множества конфигурационных элементов тестовой или эксплуатационной среды, используемых при развертывании.

Цель системы управления релизами (СУР) заключается в эффективном внедрении проектных решений или утвержденных изменений в эксплуатационную ИТ – среду с минимальными потерями для бизнеса. Цель направлена на осуществление стратегии СУР, реализуемой посредством плана и подхода к внедрению изменений в производство, согласованных с консультативным советом по изменениям (САВ).

Одной из важнейших основных задач стадии внедрения сервиса является формирование перечня работ, связанных с внедрением отдельных сервисных релизов с учетом их нормативной длительности и сервисными активами, а также построения расписания таких работ. Данная задача может быть декомпозирована на несколько подзадач:

- 1) первоначальная компоновка и оптимизация сервисных компонентов и активов в релизы с учетом технологических и информационных ограничений;
- 2) формирование тестовых сред, адекватных по характеристикам эксплуатационной среде.
- 3) построение расписания тестирования ИТ – релиза и дальнейшая оптимизация компонентов релиза, с учетом времени развертывания и рисков;
- 4) построение расписания развертывания ИТ – релиза в эксплуатационной среде.

Механизм решения общей задачи можно представить с помощью технологической схемы, которая охватывает перечень подзадач 1–3, Рисунок 1.

В рамках представленной выше технологической схемы можно сформулировать задачу начального формирования ИТ – релизов, которая заключается в разбиении множества отдельных компонентов ИТ – сервиса на совокупность подмножеств, где каждое подмножество представляет собой отдельный единичный релиз. Данная задача сводится к задаче разбиения мультиграфа на подграфы, связанные определенным образом.

К основным ограничениям такой задачи относятся:

- 1) технологические ограничения зависимости отдельных компонентов друг от друга, описываемые в виде жестких (неразрывных) связей мультиграфа;
- 2) технологические ограничения тестовой или эксплуатационной среды.

Каждому пакету релизов обязательно ставится в соответствие один профиль развертывания (deployment profile), который отражает необходимые для развертывания отдельного релиза характеристики тестовой (эксплуатационной) среды.

Исходным объектом для разбиения является мультиграф, в котором вершины могут быть связаны друг с другом как ориентированными, так и неориентированными дугами, где ориентированные дуги обозначают технологические зависимости (жесткие связи), а неориентированные – отдельные информационные связи между узлами графа.

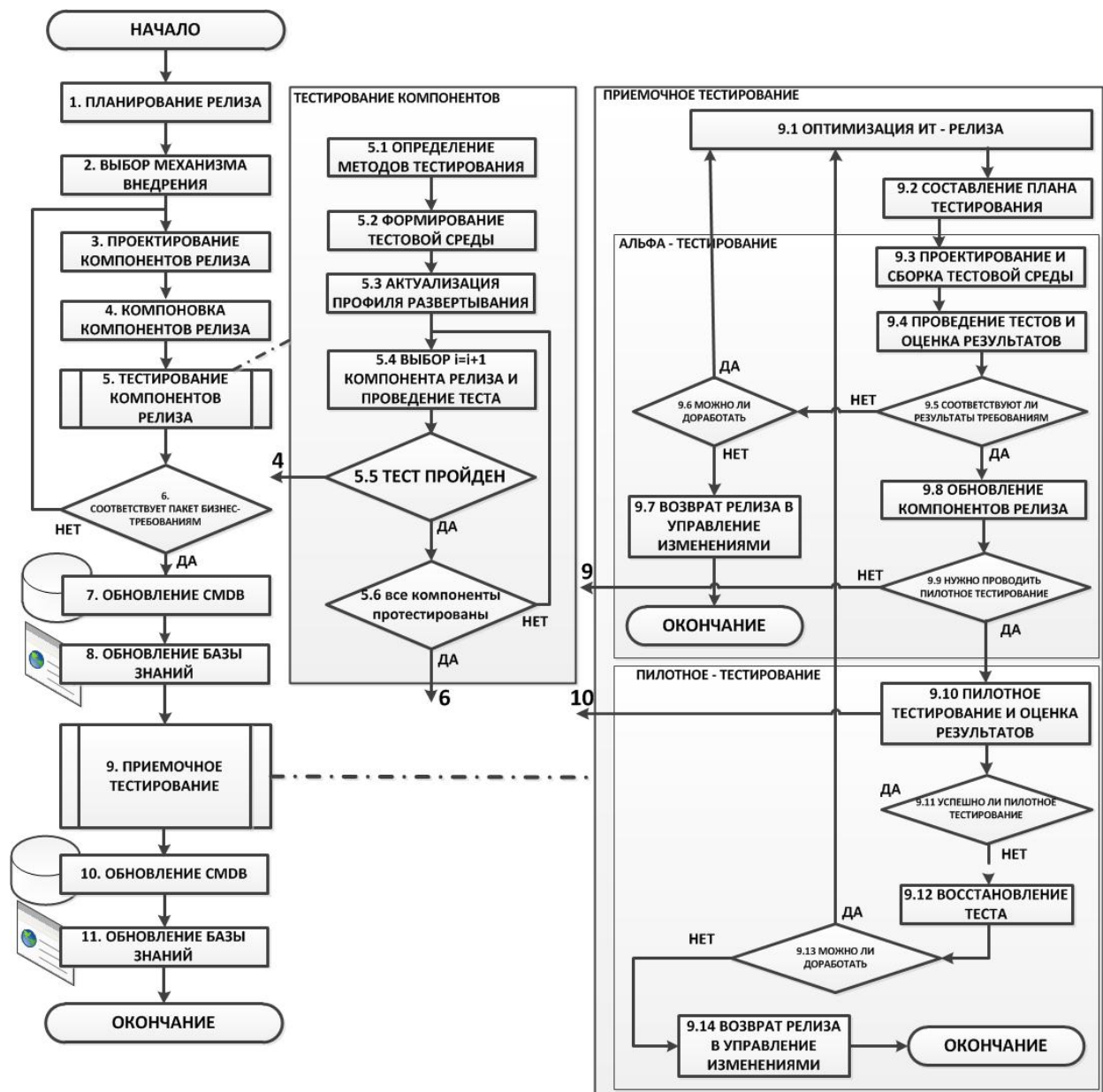


Рис. 1. Технологическая схема формирования и тестирования ИТ-релиза

Пусть имеется мультиграф, вида  $G = (V; A, E)$  порядка  $n$ , где  $V = \{v_1, \dots, v_N\}$  – множество вершин графа,  $A \equiv E \in V * V$  множество ориентированных  $\bar{A}$  и неориентированных ребер  $\bar{E}$ . Требуется выполнить разбиение множества вершин  $V$  графа  $G = (V; A, E)$  на  $m$  подмножеств  $(V_1, \dots, V_m)$  таким образом, чтобы для частей графа  $G_1(V_1; A_1, E_1), \dots, G_m(V_m; A_m, E_m)$  выполнялись следующие требования:

$$V_i \cap V_j = \emptyset \text{ для } \forall i \neq j, \text{ где } i, j = \overline{1, m}$$

Технологическим сечением разбиения  $T = (V_1, \dots, V_m)$ , будем называть совокупность направленных ребер  $A_T$ . Допустим, для вершины мультиграфа  $v_k$  подграфа  $G_i$ , существует подмножество вершин, связанных с данной  $\{v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{kn}\}$ . Обозначим наличие технологической связи сечения для подграфов  $G_i, G_j$ , как:

$$\sigma_{i \leftrightarrow j, v_{kx}, v_{ky}} = \begin{cases} 1, & \text{если между } v_{kx} \text{ и } v_{ky} \text{ и они находятся в разных подграфах} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Пусть для подграфов  $G_i, G_j$  существует отношение:

$$\partial_{i \leftrightarrow j, v_{kx}, v_{ky}} = \begin{cases} -1, & \text{если между } v_{kx} \text{ и } v_{ky} \text{ есть связь и они находятся в подграфах } G_j, G_i \\ 1, & \text{если между } v_{kx} \text{ и } v_{ky} \text{ есть связь и они находятся в подграфах } G_i, G_j \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Тогда условием существования технологического тупика подграфов  $G_i, G_j$  мультиграфа  $G$  для любых двух вершин множества  $\{v_k, v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{kn}\}$  является выражение:

$$\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y \sigma_{i \leftrightarrow j, v_{kx}, v_{ky}} - \left| \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y \partial_{i \leftrightarrow j, v_{kx}, v_{ky}} \right| > 0 \quad (1)$$

Информационным сечением разбиения  $C(V_1, \dots, V_m)$  мультиграфа  $G$  будем называть совокупность неориентированных ребер  $E_C$ , соединяющих вершины, принадлежащие разным подграфам. Критерий оптимальности задачи формирования релизов  $Opt$  может быть представлен в виде взвешенного критерия суммы веса отдельных ребер информационного сечения мультиграфа.

$$Opt(V_1, V_2, \dots, V_m) = \sum_{l=1}^L \sum_{l \in E_C} weight_l \rightarrow min \quad (2)$$

Представленная в данной работе задача формирование ИТ – релизов является NP – полной, поэтому все известные алгоритмы не гарантируют нахождение точного решения задачи с использованием современной вычислительной техники.

Методика решения поставленной задачи осуществляется в два этапа:

- 1) формирование стартового (начального) решения задачи, с использованием алгоритма рекурсивного разбиения мультиграфа;
- 2) оптимизация начального решения задачи, с использованием поисковой техники с запретами локальных областей поиска [2, 3].

#### Список использованных источников

1. OGC–ITIL V3–2 Service Transition, TSO 2007.
2. Glover F. (1989) Tabu – search. In Reeves CR (Ed), Modern Heuristics Techniques for Combinatorial Problem. Scientific Publications, Oxford
3. Hertz A (1994) Tabu – search for large scale timetabling problems. European Journal of Operational Research 54, 39–47.

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

© **Догадкина О.В., Щипанов К.А.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Бюджетное планирование представляет собой непрерывную процедуру составления и исполнения бюджетов. Бюджет является инструментом, как для планирования, так и для контроля. В самом начале бюджетного периода бюджет представляет собой план или норматив; в конце и в течение бюджетного периода он служит средством контроля, с помощью которого менеджмент может определить эффективность действий и составить план мероприятий по совершенствованию деятельности компании в будущем.

Бюджет предприятия всегда разрабатывается на определенный временной интервал, который называется бюджетным периодом. Правильный выбор продолжительности бюд-

жетного периода является важным фактором эффективности бюджетного планирования предприятия.

Задача бюджетного планирования – разработать бюджет предприятия, обеспечивающий получение оптимального результата для данного объема хозяйственной деятельности в планируемом периоде.

Результат бюджетного планирования – согласованный и утвержденный бюджет предприятия на планируемый период.

Разработанный программный продукт обеспечивает выполнение следующих функций:

- ведение справочников: пользователи, статьи бюджетов, организационная структура;
- планирование «снизу-вверх» т.е. начинается с планирования бюджетов отдельных подразделений, находящихся на низших уровнях, и последующего объединения этих бюджетов на более высоком уровне; планирование постатейных бюджетов;
- планирование бюджетов на определенный период (годовой или оперативный);
- формирование бюджета движения денежных средств (БДДС), бюджета доходов и расходов (БДР), бюджета Баланс;
- подготовка бюджетной отчетности: настройка, создание, изменение и удаление отчетов;
- выгрузка отчетов в MS Excel;
- отражение данных на графиках и диаграммах;
- сохранение фактической информации в базе данных;
- разграничение прав доступа;
- ведение открытых/закрытых периодов;
- управление версиями бюджетов;
- оповещение пользователей при наступлении определенных условий;
- выделение лимитов, установленных для расходных статей бюджетов каждого подразделения на определенный период.

Разработанная информационная система имеет архитектуру «клиент-сервер». Пользователь взаимодействует с клиентской частью системы, которая реализована на языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2010. На сервере развернута база данных, которая наполнена таблицами, содержащими всю необходимую информацию для автоматизации управления складом. Обработка данных осуществляется с помощью хранимых процедур. В роли сервера выступает СУБД Microsoft SQL Server 2008.

Программа после открытия приветствует пользователя и предоставляет ему возможность пройти процедуры аутентификации и последующей авторизации. Данный программный продукт создавался с ориентацией на трех типов пользователей:

- администратор – пользователь, обладающий правами настройки программы: добавление и удаление дивизионов, отделов, филиалов, статей и пользователей;
- специалист – пользователь, который может вносить изменения в базу данных по расходным и доходным статьям соответствующего дивизиона, филиала и отдела в определенный период;
- финансовый директор – пользователь, обладающий правами установления лимитов на определенные статьи в конкретный период, управления версиями бюджетов, управления полномочиями и управления периодами.

После того как пользователь – администратор успешно прошел процедуру авторизации он переходит к главной форме администратора (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1 на форме имеются вкладки «Дивизионы», «Филиалы», «Отделы», «Статьи», «Пользователи». Переходя по вкладкам, администратор может редактировать структурные подразделения: добавлять и удалять отделы, филиалы и дивизионы в базе данных. Для добавления новой записи о дивизионе в базу администратор должен нажать на кнопку «Добавить» на соответствующей вкладке и ввести наименование нового дивизиона и нажать на кнопку «Сохранить», после чего произойдет добавление записи о новом дивизионе

в базу данных. По аналогичному алгоритму можно произвести операции редактирования, обновления и удаления на вкладке «Дивизионы» и на других вкладках.

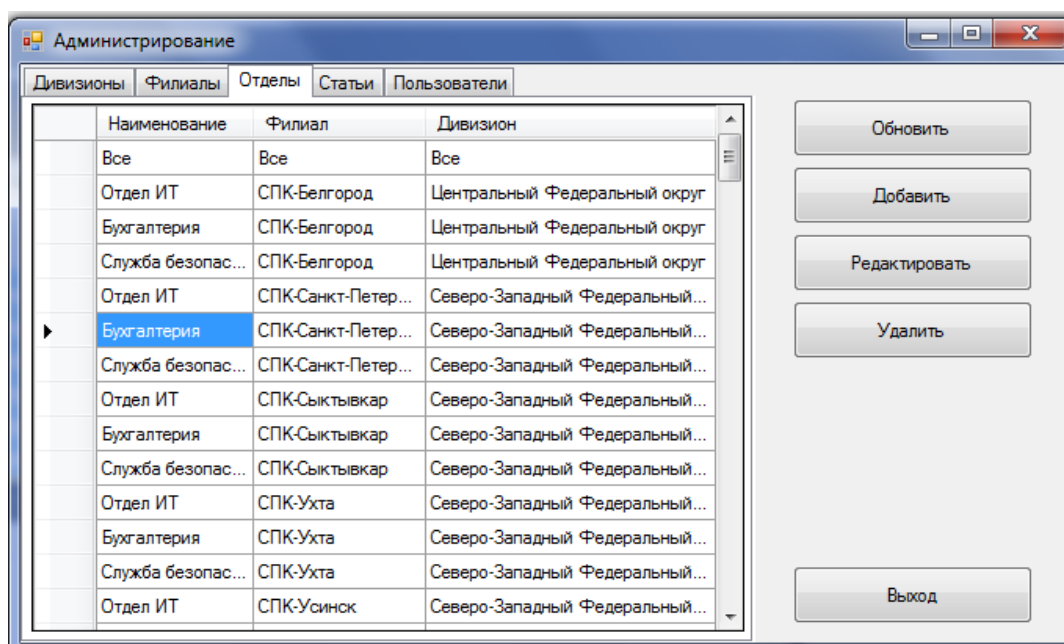


Рис. 1. Главная форма администратора

На вкладке «Статьи» администратору предоставляется возможность не только добавить новые статьи или редактировать уже имеющиеся в базе данных, но и задать статьям бюджетов определенную иерархию.

На рисунке 2 представлена форма для добавления нового пользователя. Для того чтобы добавить нового пользователя требуется щелкнуть по кнопке «Добавить» на вкладке «Пользователи». В открывшемся окне потребуется ввести фамилию, имя, отчество нового сотрудника, подразделение в котором он работает, должность, его будущий логин и присвоить ему роль. После сохранения новый пользователь унаследует все наборы разрешений, связанные с этой ролью.

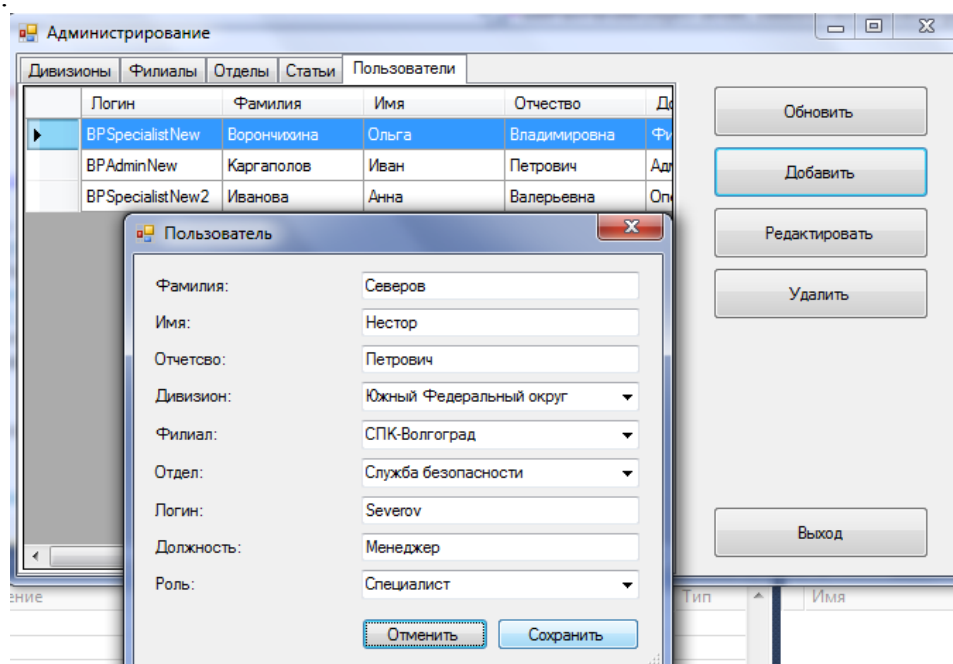


Рис. 2. Форма для добавления нового пользователя

После того как пользователь – специалист успешно прошел процедуру авторизации он переходит к главной форме специалиста (рисунок 3). На ней из раскрывающихся списков он может выбрать интересующий его дивизион, филиал, отдел и период, на который он хочет провести планирование. После нажатия на кнопку «Показать» на главной форме отобразятся три вкладки, на каждой из которых будет производиться бюджетное планирование согласно одному из бюджетов: бюджет доходов и расходов, бюджет движения денежных средств, бюджет Баланс. После внесения специалистом по каждой статье конкретных данных, он закрывает планирование на этот период, и данные сохраняются в базе данных.

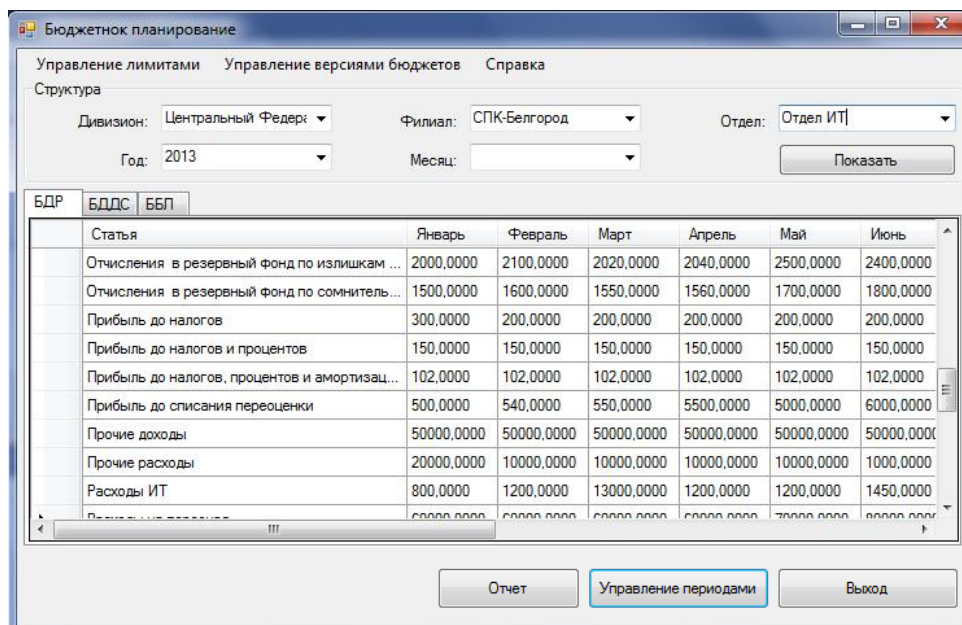


Рис. 3. Главная форма специалиста

Форма «Управление периодами» показывает, какие периоды созданы на данный момент. Для того чтобы создать новый период, нужно щелкнуть по кнопке «Добавить» и в открывшемся окне выбрать дивизион, филиал, отдел, год и месяц. В этом же окне можно установить статус периода: открыт или закрыт. Для того чтобы закрыть или открыть существующий период, требуется выбрать из таблицы необходимый для изменения период, щелкнуть по кнопке «Редактировать» и поменять статус, как это показано на рисунке 4.

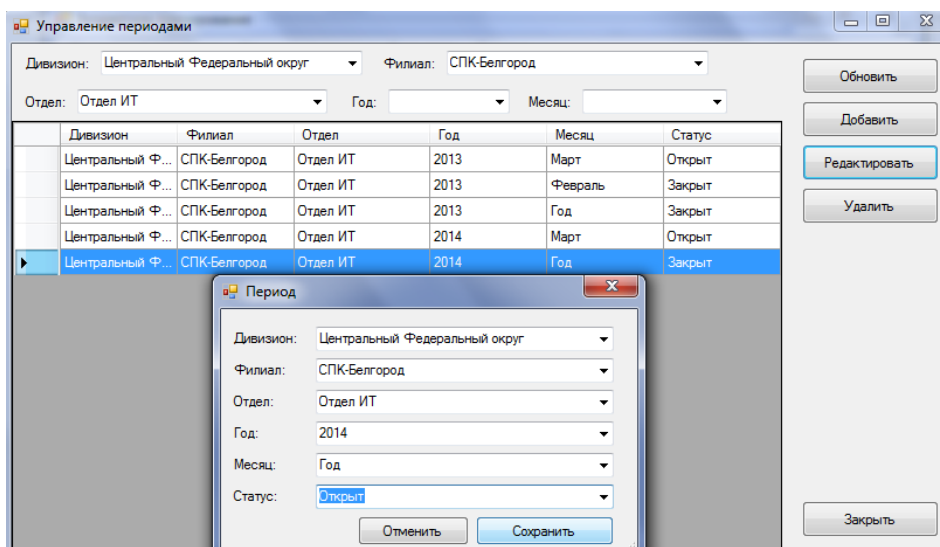


Рис. 4. Форма открытия периода

Для того чтобы назначить лимит на определенную статью бюджета конкретного периода, в меню формы специалиста следует щелкнуть по «Управлению лимитами». В раскрывшейся форме потребуется ввести тип бюджета, статью, подразделение и период, на который назначается лимит, верхнюю и/или нижнюю границы лимита. При нажатии на кнопку сохранить введенный лимит установится на выбранное подразделение и период.

## **СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

© Докшина А.Н., Куделин С.П.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В информационных системах предприятий для запуска задач используются средства БД [1], операционной системы [2]. Эти способы наиболее просты в настройке, но имеют существенный недостаток отсутствие проверки работоспособности других задач. Эта задача решается построением индивидуальной системы признаков готовности для каждой задачи, что связано со значительными трудозатратами или построением системы мониторинга или даже мобильного мониторинга [3]

Для решения проблемы запуска выполнения задач и проверки их работоспособности традиционно применяют системы централизованного и удаленного диспетчерского контроля и управления, например при автоматизации распределенных и удаленных объектов и д.р. систем [4].

Назначение системы диспетчеризации – это централизованный оперативный контроль за режимами работы процессов, происходящих на обслуживаемом объекте, и управление этими процессами (автоматизация) [4].

Основные требования к системе диспетчеризации [4]:

1. Система должна учитывать особенности решаемых задач;
2. Система должна быть надежной, работать без сбоев;
3. Возможность поэтапного внедрения и добавления новых задач в систему;
4. Возможность параллельного запуска задач сбора данных и оперативного управления.
5. Обеспечить возможность получения и обработки различных категорий данных;
6. Простоту в обучении, наладке и эксплуатации.

Система диспетчеризации информационных задач должна:

- с заданной периодичностью диагностировать состояние контролируемых объектов;
- по определённому алгоритму, автономно запускать требуемые задачи;
- выводить результаты контроля отражать для просмотра;
- в случае неправильной работы подавать световые сигналы;

Обычно создается объект управления и система управления.

Объектом управления является законченные программные модули. Система осуществляет:

- 1) запуск по расписанию;
- 2) отслеживание;
- 3) соблюдение зависимостей запуска;
- 4) приоритетность постановки на выполнение задач;
- 5) логирование;
- 6) Принудительное прерывание исполнения.



В БД Oracle автоматическая часть системы строится на использовании автоматических заданий (job) и расписания. Для работы автоматической части целесообразно применить два объекта:

1. Запуск заданий по расписанию.
2. Сбор статистики и прерывания работы, разовый запуск.

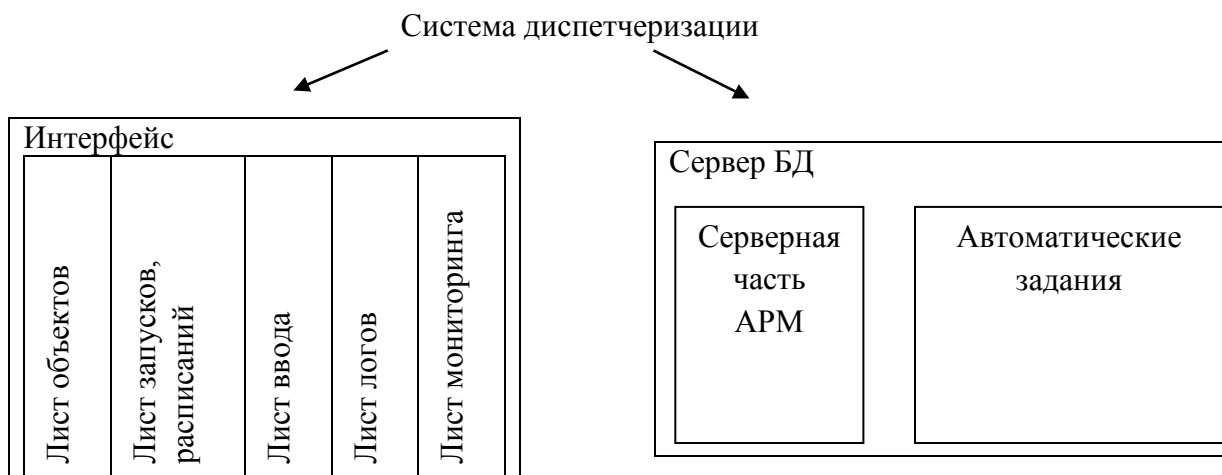


Рис. 1. Функциональная схема программы

При проектировании системы ставилась цель:

- с единых позиций должны управляться все процессы;
- предоставления всех доступных способов информирования об аварии (эл. почта, СМС и др.)
- сокращение времени ввода новых заданий в систему с одновременным повышением качества создания заданий (обязательное автоматическое логирование)

Сейчас система находится на стадии опытного тестирования. Предполагается ее опробовать на задачах уральского филиала ОАО «Мегафон».

#### Список использованных источников

1. С. Фейерштейн, Б. Прибыл. Oracle PL/SQL. Для профессионалов. 5-е изд. – Спб. Питер, 2011, 800 с.
2. К. Рейчард, Э. Фостер–Джонсон/ UNIX Справочник. – Спб. Питер, 2000, 384 с.
3. Бурыкин А.А., Луговой Ф.С., Лавров В.В. Мобильный мониторинг текущего состояния информационной системы. Сб. докл. I Всероссийской научно-практической конференции Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. 173–176с.
4. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике. Под общей ред. Ю.Н. Руденко и В.А. Семенова. – М. МЭИ, 2000. 648с.

### НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ОСНАЩЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДУТЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

© Дружков В.Г., Ваганов А.И., Прохоров И.Е., Ширшов М.Ю.

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

Расходы дутья по отдельным фурмам в горне доменных печей не одинаковы. Отклонения чаще всего составляют 10 – 15% от среднего значения, максимально – до 30 – 50%. Это приводит к существенной неравномерности работы печи по окружности и снижению технико-экономических показателей доменной плавки. Такое различие в значительной мере способствует такому же неравномерному распределению природного газа и других добавок к дутью [1]. Поэтому доменщики вынуждены менять распределение дутья по фурмам путем изменения их диаметра, закрытием и др.

Причины неравномерного распределения дутья по фурмам следующие:

- односторонний подвод горячего дутья к кольцевому воздухопроводу, в результате чего расход его на фурмах в секторах места ввода и диаметрально противоположного ему, как правило выше;
- разная газопроницаемость материалов в надфурменных зонах из-за неравномерного окружного распределения шихты;
- искажение профиля настылями или разгаром футеровки, например, над чугунными лётками;
- неполное смешивание горячего и холодного воздуха;
- разные значения архимедовой силы по секторам горна на выпуске, а значит и скорости схода материалов;
- геометрия фурменных рукавов, диаметр фурм, попадание в диффузор фурменных приборов фрагментов огнеупорных изделий при частичном разрушении камеры горения и др.

Одной из актуальных задач автоматизации доменного производства является создание системы совместного автоматического управления «верхом» и «низом» печи, включающий ряд согласованно работающих устройств локального и общего воздействия на доменный процесс. Решению этой задачи способствует система автоматического распределения дутья по фурмам (САРД), позволяющая регулировать газовый поток «снизу» [2].

Автоматическим распределением дутья по фурмам начали заниматься в США в 30-е годы, а СССР – в 50-е годы XX столетия.

Разработчики САРД встретились с большими трудностями при решении вопросов измерения расходов дутья на отдельных фурмах и обеспечения стойкости регулирующих органов.

Чаще всего в промышленности расход жидкостей и газов замеряется с помощью стандартных сужающих (дроссельных) устройств – шайб (диафрагм), напорных трубок, сопел Лаваля, труб Вентури и др., с использованием зависимости  $Q = k \cdot \sqrt{\Delta h}$ . На доменных печах применялись шайбы, сопла, напорные трубки (Пито) и др. Расход дутья на n-фурме определяется по формуле [2]:

$$Q_n = k \cdot \sqrt{\Delta h_n},$$

где  $\Delta h_n$  – перепад на фурменном колене (диффузоре) n-й фурмы;

$Q_n$  – расход дутья,  $м^3 / мин$  на n-й фурме;

$k$  – коэффициент, определяемый по формуле:

$$k = \frac{Q_D}{\sum_{n=1}^n \sqrt{\Delta h}},$$

где  $Q_D$  – суммарный расход дутья на печь  $м^3 / мин$ .

Для регулирования расхода дутья по фурмам применяли охлаждаемые регулирующие конусы (Германия), дроссельные заслонки (мотыльки) (КМК, Азовсталь, Япония), шиберы (ММК).

Установка устройств для измерения и регулирования расходов дутья на фурмы внутри фурменных приборов существенно повышала сопротивление тракта подвода дутья к печи. При недостаточной мощности воздуходувок это приводило к снижению производительности, что сдерживало внедрение САРД.

Активизировались работы в этом направлении после того, как М.А. Стефанович предложил определять расход дутья по фурмам без ввода измеряющего устройства в поток дутья, используя значение перепада давлений его в диффузоре фурменного прибора как местном сопротивлении [2, 3].

Основная проблема – низкая стойкость регулирующих органов, работающих при температуре 1000 – 1200 °С, при высоких скоростях газа и абразивном действии пыли на органы и стенки воздухопровода, особенно при взятии печи «на тягу». Наиболее стойкими оказались регулирующие органы, предложенные на ММК – водоохлаждаемые шиберы, дополнительно охлаждаемые сверху компрессорным воздухом и убирающиеся при взятии печи «на тягу».

Эксплуатация САРД на доменных печах ММК, Азовстали, КМК, Макеевского металлургического завода показала высокую эффективность их работы. При автоматическом регулировании расхода дутья неравномерность распределения его по фурмам снизилась в 4 раза, улучшилась степень использования газового потока, что способствовало снижению температуры кладки шахты, увеличению производительности печи на 4,1% и сокращению удельного расхода кокса на 2,7% [2,4,5].

Повышение температуры дутья выше 1000 – 1100 °С способствовало резкому снижению стойкости регулирующих органов. Даже наиболее стойкие шиберы конструкции ММК коробились и выходили из строя.

Работы по совершенствованию и внедрению САРД были прекращены.

Представляется, что новый импульс к возобновлению этих работ на более высоком уровне может придать предложение кафедры металлургии черных металлов МГТУ им. Г.И. Носова о регулировании расхода дутья по фурмам изменением места ввода природного газа (топливной добавки) в фурменном приборе. Увеличение расстояния места ввода природного газа от носка фурмы (следовательно – времени пребывания природного газа в фурменном приборе) способствует росту степени полного горения его и температуры газозооной смеси, а значит объема, скорости истечения и, в конечном итоге, сопротивления. Расход дутья через данную фурму упадет, а на остальные – увеличится. Необходимо устроить несколько мест ввода природного газа и поставить краны для подключения их к магистрали природного газа [6].

Контроль и регулирование распределения дутья по фурмам доменной печи представляет значительные возможности [2]: по расходу дутья через фурмы можно судить об изменении газопроницаемости столба шихтовых материалов в определенном секторе доменной печи, а регулирование расхода дутья по фурмам дает возможность воздействовать на распределение газового потока.

САРД является весьма перспективной, позволит оптимизировать газодинамику нижней зоны доменной печи и значительно снизить расход кокса.

Сочетание «бесконтактного» замера расхода дутья на фурму с «бесконтактным» способом регулирования его гарантирует надежную и продолжительную службу локальной системы автоматического регулирования расхода дутья по фурмам в горне доменных печей.

### **Список использованных источников**

1. Тарасов В.П., Тарасов П.В. Теория и технология доменной плавки. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 384 с.

2. Разработка и внедрение системы автоматического распределения дутья по фурмам / Н.Н. Сажнев, Н.И. Иванов, М.А. Стефанович и др.// Вопросы теплотехники и автоматизации металлургического производства: Сборник научн. Трудов МГМИ им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 1970. – Вып. 76 – С.4–9.

3. Сажнев Н.Н. Система автоматического распределения дутья по фурмам доменной печи// Бюллетень ЦИИН. – 1969. – №13 – С. 39–40.

4. Автоматическое регулирование распределения дутья по фурмам доменной печи Кузнецкого металлургического комбината/ Б.Н. Жеребин, В.А. Хромов, П.П. Мишин и др.// Сталь. – 1964. – №4. – С.292–296.

5. Анализ работы доменной печи при автоматическом регулировании дутья по воздушным фурмам/ Г.Е. Сенько, В.Н. Оноприенко, А.П. Царицын и др.// Сталь. – 1965. – №7. – С.590–593.

6. Стефанович М.А., Дружков В.Г., Трифонов А.Д. Регулирование хода доменной печи изменением места ввода природного газа в дутье// Известия вузов. Черная металлургия. – 1977. – 10. – С.13–14.

## **ПОВЕДЕНЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПРИ ПОИСКЕ РАБОТЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ НА ПРИМЕРЕ САЙТА «РАБОТА66»**

**© Захаровых К.В., Казанцев С.В.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Целью данного проекта является создание системы «Helper» для подбора рекомендаций при поиске работы на сайте «Работа66».

Изучением поведенческих технологий в Интернете российские специалисты занялись несколько лет назад.

Когда сайт уже создан и успешно выполняет основные функции — презентацию и продажу товаров и услуг пришло время задуматься о том, как повысить его эффективность.

Впервые о том, что такое поведенческий контент услышали, когда маркетологи и технические разработчики it-сервисов собрались за круглым столом, чтобы исследовать вопрос как эффективнее работать с аудиторией сайтов. Основная цель мозговых штурмов заключалась в решении непростой экономической задачи: как повысить продажи в сети, увеличить процент конвертации посетителя в покупателя, оптимизировать информацию и сделать ее поиск максимально удобным.

Итак, поведенческий контент – это внутреннее наполнение или содержимое сайта, которое выдается пользователю в зависимости от его индивидуальных интересов и предпочтений. Технологически возможна не только генерация текстов и баннеров, но и трансформация дизайна сайта под каждую поведенческую группу.

Информацию о пользователе и его актуальных интересах в сети Интернет сайт узнает с помощью так называемых куки (от англ. cookie — печенье). В техническом плане куки представляют собой фрагменты данных, изначально отправляемых веб-сервером браузеру. При каждом последующем посещении сайта браузер пересылает их обратно серверу.

К примеру, если вход на сайт осуществляется при помощи куки, то после ввода пользователем своих данных на странице входа, куки позволяют серверу запомнить, что пользователь уже идентифицирован, и ему разрешён доступ к соответствующим услугам и операциям.

Многие сайты также используют куки для сохранения настроек пользователя. Эти настройки могут использоваться для персонализации, которая включает в себя выбор оформления и функциональности. Куки также используются для отслеживания действий пользователей на сайте с целью сбора статистики.

Благодаря тому, что браузеры могут хранить куки сайтов, а сайты, в свою очередь, могут получать данные, можно проследить действия буквально каждого отдельного человека: откуда он пришел на сайт, по каким страницам прошелся, куда ушел, вернулся ли в течение дня, недели, месяца. Чем больше человек вернулось или зашло, например, из своих закладок

в браузере, тем с большей уверенностью можно судить о том, что сайт для этих пользователей привлекателен и интересен.

Сайт «Работа66» так же использует этот эффективный инструмент сбора информации. Если пользователь оказался на страницах сайта, то может быть зафиксировано, какими вакансиями и рубриками вакансий интересовался пользователь, на какие откликнулся, какие поисковые запросы вводил, возможно, в расширенном поиске указывал параметры возраста, пола и уровня образования. Если пользователь создал свое резюме на данном сайте, то объем информации о нем существенно увеличивается.

Таким образом, проект предполагает разработку системы подбора рекомендаций в рамках сайта «Работа66», которая будет анализировать поведение и резюме пользователя. Результатом работы создаваемой системы будет:

- оценка будущего уровня заработной платы в разные периоды карьерного роста;
- варианты карьерных лестниц (расписанные по должностям на каждом этапе) для достижения в конечном итоге желаемых должностей;
- список актуальных на данный момент вакансий для следования по выбранной карьерной лестнице.

Для того чтобы выработать рекомендации для пользователя, используется база резюме сайта «Работа66». В данной базе производится поиск резюме людей с построенными привлекательными карьерными лестницами (например, от официанта до топ-менеджера крупной компании). Из них выбираются те карьерные лестницы, которые в своем начале похожи на исходные параметры пользователя, для которого подбирается рекомендация. Таким образом, пользователю предлагается несколько сценариев построения его карьеры. После выбора одного из них, система позволяет пользователю просмотреть пример чужой карьеры (фрагмент опыта работы из подходящего резюме). Затем пользователю предлагается список актуальных вакансий, которые подходят ему в данный момент времени в соответствии с выбранным сценарием построения карьеры.

Данная система рекомендаций предлагается пользователю в виде отдельного модуля (блока) во время поиска вакансий при условии, что у него успешно создано резюме на сайте.

В блоке показан потенциальный диапазон зарплат и, для привлечения, несколько привлекательных должностей, на которые он сможет претендовать в ближайшие 5 лет.

По клику на ссылку «Построить карьеру» пользователь переходит на отдельную страницу [http://rabota66/career\\_helper/](http://rabota66/career_helper/), где находится список карьерных лестниц, по клику на которые раскрывается перечень актуальных вакансий и отмечается степень лестницы на которой сейчас находится пользователь.

Программный модуль реализован на языке PHP. База данных – на языке MySQL. Модуль использует информацию из таблиц с данными резюме (rtl\_r66\_resume...) (рисунок 1).

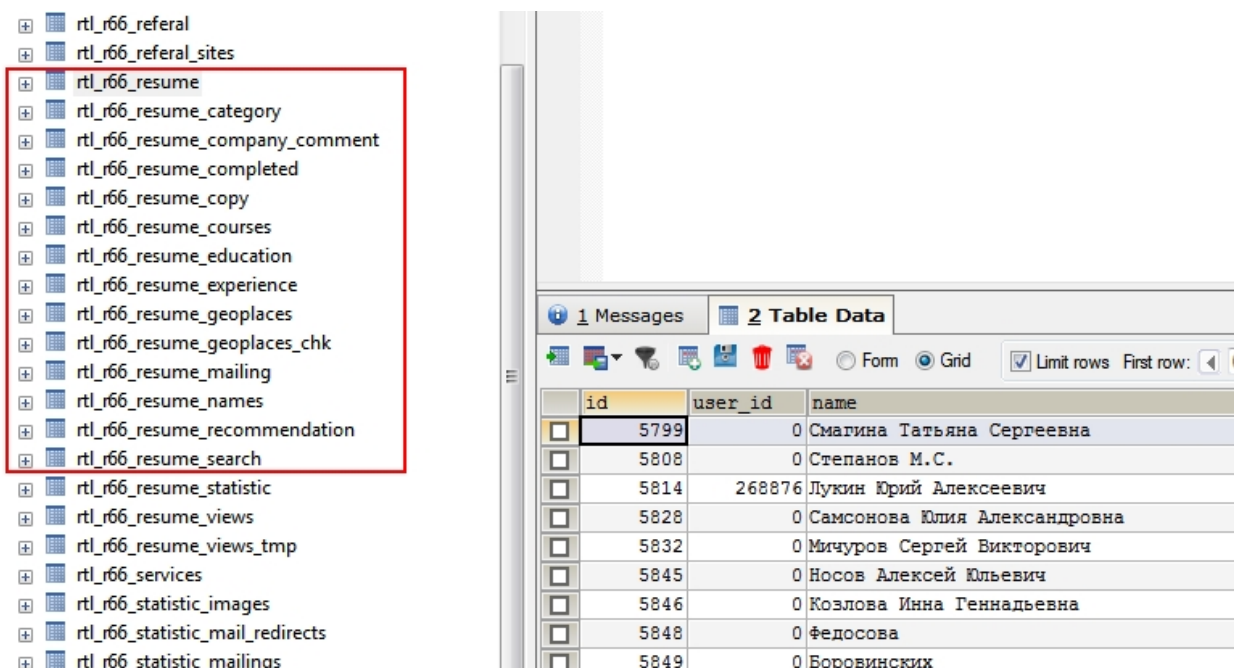


Рис. 1. Таблицы с данными резюме пользователей «Работа66»

Модуль не вносит никаких дополнительных записей в базу данных, все промежуточные результаты работы модуля сохраняются в файловом КЭШе системы.

В настоящее время модуль работает в режиме тестирования на внутреннем сервере компании.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКОЙ

© Казанцева А.В., Щипанов К.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия*

Логистика – наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных и информационных потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя. Складская логистика – это управление движением материальных ресурсов на территории складского комплекса. Основной задачей складской логистики является оптимизация бизнес процессов приемки, обработки, хранения и отгрузки товаров на складах. Складская логистика определяет правила организации складского хозяйства, процедуры работы с товаром и соответствующие им процессы управления ресурсами.

Ответственное хранение – это сравнительно новая услуга, которая широко распространена на рынке услуг логистики, наряду с арендой склада. В отличие от аренды склада клиент оплачивает только фактически занимаемый грузом объем, а не всю арендуемую площадь, что позволяет экономить финансовые ресурсы. Именно склады ответственного хранения можно рассматривать как пример активного использования всех элементов складской логистики. Это объясняется высокой интенсивностью товарооборота, оказанием широкого круга услуг, связанных с хранением, необходимостью наиболее эффективного использования всех мощностей склада с максимальной отдачей, ведь это формирует основную прибыль предприятия.

В информационной системе для такого склада должны быть предусмотрены все стандартные возможности системы управления складом:

1. Приемка товара и материалов
  - Формирование приемочных документов;
  - Проверка соответствия и корректировка данных;
2. Складирование
  - Настраиваемые правила складирования для максимизации использования складского пространства и/или производительности складских операций;
  - Настраиваемое создание заданий по складированию;
3. Управление заказами и группами заказов
  - Комплексная группировка заказов;
  - Объединение и разделение партий товаров;
4. Погрузка
  - Создание сопроводительных документов;
  - Создание заданий по отгрузке;
5. Управление хранением и производственными мощностями
  - Определение точного места ячейки хранения;
  - Перемещение между местами хранения;
6. Управление человеческими ресурсами
  - Учет рабочего времени;
  - Отслеживание заданий персоналу.

Разработанное программное обеспечение имеет архитектуру «клиент-сервер». Пользователь взаимодействует с клиентской частью системы, которая разработана на языке программирования C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2010. На сервере развернута база данных, которая наполнена таблицами, содержащими всю необходимую информацию для автоматизации управления складом. Обработка данных осуществляется с помощью хранимых процедур. В роли сервера выступает СУБД Microsoft SQL Server 2008.

Основной функционал программного обеспечения:

1. Ведение справочников: клиенты, техника, персонал, места хранения
2. Приемка товара на склад временного хранения;
3. Размещение товара на постоянное хранение;
4. Перемещение товара внутри склада;
5. Формирование заданий персоналу;
6. Отслеживание выполнения заданий;

Для начала работы с программой пользователю необходимо пройти процедуры идентификации и аутентификации. Программный продукт ориентирован на работу трех типов пользователей:

- менеджер по работе с клиентами склада – пользователь, обладающий правами просмотра, добавления и изменения данных о клиентах, оформления заказов на хранение, формирования договоров на хранение;
- диспетчер – пользователь, который регулирует процессы на складе, оформляя задания персоналу, отслеживая свободные места хранения на складе, а также свободных сотрудников и технику;
- кладовщик – пользователь, отслеживающий выполнение заданий персоналом непосредственно в складских помещениях и передающий информацию о статусе задания в базу.

После того как пользователь успешно прошел процедуру авторизации он переходит к главной форме, вид которой зависит от его роли (рис. 1, 3, 4).

Как видно из рисунка 1 форма менеджера по работе с клиентами позволяет оформлять заказ на хранение, изменять данные о клиенте, осуществлять поиск клиента по ИНН, а также просматривать историю заказов по выбранному клиенту с указанием даты заказа и содержанием заказа. При оформлении нового заказа у менеджера существует возможность добавить нового клиента, если такового еще нет в базе данных. Иначе менеджер может просто вы-

брать клиента из предложенного списка. Помимо данных о клиенте при оформлении нового заказа также указываются данные о товаре и сроке хранения (рисунок 2). После оформления заказа у менеджера есть возможность автоматически сформировать и вывести на печать договор ответственного хранения, в котором будут зафиксированы реквизиты клиента и данные о заказе. Далее формируются и печатаются штрих-коды для каждого контейнера для хранения. Для заполнения справочника клиентов могут использоваться excel-файлы.

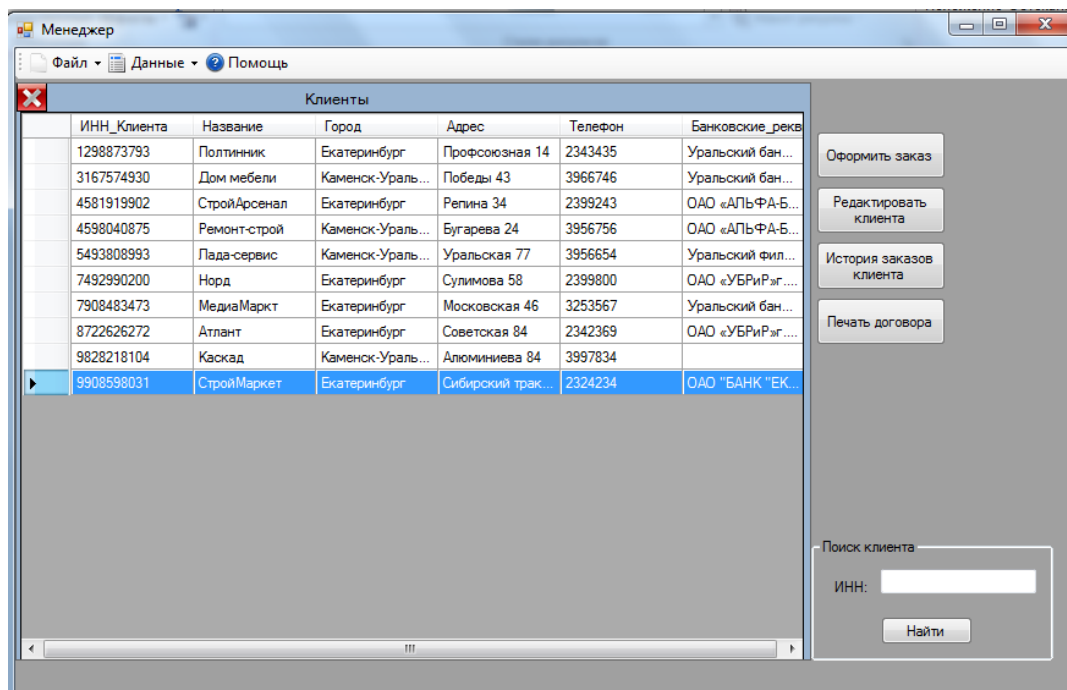


Рис. 1. Вид формы менеджера по работе с клиентами

На форме диспетчера отображаются таблицы «Места хранения», «Заказы», «Техника» и «Сотрудники» (рисунок 3).

Просматривая данные таблицы, диспетчер отслеживает работу склада. Основной задачей пользователя в лице диспетчера является формирование заданий персоналу. Для оформления нового задания диспетчер нажимает на кнопку «Добавить задание», после чего ему необходимо заполнить открывшуюся форму. На форме задания фиксируются штрих-коды контейнеров и номер зоны, номер стеллажа, номер яруса, номер ячейки, куда нужно эти коробки разместить. Диспетчеру также необходимо указать сотрудника и номер технического средства, которые будут участвовать в процессе размещения. Для удобства занятый и свободный персонал и техника отображаются разными цветами. Также диспетчер имеет возможность следить за наличием и количеством свободных ячеек нужного размера, нажав на кнопку «Поиск свободных ячеек».

На форме кладовщика отображаются задания, сформированные диспетчером. Все задания имеют один из трех возможных статусов: «Выполнено», «В процессе», «Не назначено». Для удобства и наглядности каждый тип имеет свой цвет в таблице заданий. Информация о заданиях обновляется каждые 60 секунд. Кладовщик следит за поступившими заданиями и оповещает ответственных за выполнение задания сотрудников, а затем изменяет статус задания на соответствующий. После выполнения задания сотрудником кладовщик заносит информацию об этом в базу, указывая точное время завершения и конечные номера ячеек хранения.



Оформление заказа

Информация о клиенте:

ИНН Клиента: 1298873793

Название: Полтинник

Город: Екатеринбург

Адрес: Профсоюзная 14

Телефон: 2343435

Реквизиты: Уральский банк ОА

Добавить клиента

Информация о товаре:

Название товара: ДВП-панели

Длина: 2

№ Партии: 3

Ширина: 2

Количество: 60

Высота: 3

Масса: 180

Еще товар

Данные о заказе:

№ Договора: 4

Печать договора

Дата оформления заказа: 24.02.2013

Дата окончания: 10.03.2013

Отмена

Оформить заказ

Рис. 2. Вид формы «Оформление заказа»

Диспетчер

Места хранения

Штрихкод ячейки	№ Зоны	№ Стеллажа	№ Яруса	№ Ячейки	Длина ячейки	Ширина ячейки	Высота ячейки
1525393	3	7	2	8			
2838398	3	1	3	9			
4485858	1	4	2	23			
4848590	2	10	3	10			
5874587	3	7	1	13			
7437434	2	2	2	2			
8438411	3	15	1	18			
8584902	2	12	3	6			
9459454	1	3	1	14			

Заказы

ИНН Клиента	Название	№ Договора	Дата	Дата закрытия
4581919902	СтройАрсенал	2	15.05.2012	15.07.2012
5908590031	СтройМаркет	3	15.05.2012	15.08.2012
1298873793	Полтинник	1	15.05.2012	15.09.2012
7482980200	Нора	4	15.05.2012	15.09.2012
9828218104	Каскад	5	15.05.2012	15.10.2012
872828272	Атлант	10	16.05.2012	16.11.2012
4598040875	Ремонт-строй	6	16.05.2012	16.12.2012
7908483473	МедиаМаркет	7	16.05.2012	16.01.2013
5493808993	Лазер-сервис	8	17.05.2012	17.02.2013
3167574830	Дом мебели	9	17.05.2012	17.03.2013

Техника

ID_Тех.средства	Марка	Номер тех.средства	Зона работы	Статус
1	Алекодор	МС 203	2	свободен
2	Тойота	МП 299	1	свободен
3	Sraku	РА 288	2	занят
4	Komatsu	ШО 657	3	свободен
5	Тойота	РВ 838	3	свободен
6	Алекодор	ВП 566	1	свободен
7	Sraku	ПО 565	1	занят
8	Komatsu	АВ 567	2	свободен
9	Sraku	ВП 566	2	занят
10	Алекодор	АР 577	3	свободен

Персонал

ID_Сотрудника	ФИО	Должность	Зона работы	Статус
1	Петров Игорь С.	Укладчик	2	свободен
2	Коровин Семен ...	Укладчик	2	свободен
3	Кислякин Анато	Укладчик	1	занят
4	Другов Игорь В.	Укладчик	1	свободен
5	Гордеева Марга	Оператор	1	свободен
6	Дубин Андрей	Укладчик	3	свободен
7	Зайцева Ольга	Оператор	3	занят
8	Червяков Федо	Укладчик	3	свободен
9	Чашурин Витал	Укладчик	2	занят
10	Сомова Ирина ...	Оператор	2	свободен

Оформить задание

Поиск свободных инвек.

Рис. 3. Вид формы диспетчера

Кладовщик

27.02.2013 22:45:37

Статус	Время_формирования	ФИО	Номер_тех_средс	С_Зоны	Задание	Время_начала	Время_окончания
выполнено	27.02.2013 14:21	Другов Игорь В.	ШО 657	3	Погрузка	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
выполнено	27.02.2013 14:21	Кислякин Анато...	РВ 838	2	Погрузка	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
в процессе	27.02.2013 14:21	Гордеева Марга...	ПО 565	1	Погрузка	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
выполнено	27.02.2013 14:21	Сомова Ирина ...	АР 577	3	Перемещение	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
выполнено	27.02.2013 14:21	Чашурин Витал...	МП 299	3	Отгрузка	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
выполнено	27.02.2013 14:21	Дубин Андрей ...	ВП 566	2	Отгрузка	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
не назначено	27.02.2013 14:21	Зайцева Ольга ...	АВ 567	1	Погрузка	15.05.2012 10:00	15.05.2012 10:00
в процессе	27.02.2013 14:21	Коровин Семен ...	РА 288	2	Погрузка	13:14:20	27.02.2013 15:20
в процессе	27.02.2013 14:22	Червяков Федо...	ВП 566	2	Погрузка	12:10:00	15.05.2012 10:00

Поиск свободных инвек.

Подобная информация

Изменить статус

ID Задания: 9

№ Зоны: 1

Заказ	Сотрудник	Тех. средство
ID Заказа: 9	ID Сотрудника: 7	ID Тех. ср-ва: 8
№ Договора: 8	ФИО: Зайцева Ольга Владимировна	Номер: АВ 567
ИНН Клиента: 5493808993	Зона: 3	Статус: занят
	Зона: 2	Марка: Komatsu

Рис. 4. Вид формы кладовщика

Разработанное программное обеспечение позволит уменьшить материальные затраты на организацию процессов, протекающих на складе ответственного хранения, сократит время на оформление документации, позволит эффективно использовать мощность склада, увеличит скорость обработки грузов.

## **АЛГОРИТМ РАСЧЁТА УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКОВ-БАКАЛАВРОВ ВУЗОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 230100 – ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

**© Каприлевская З.Г., Ильина Е.А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

На современном этапе общественного развития российская система образования, в том числе и профессионального, находится в процессе преобразований. Существуют объективные причины необходимости этих реформ, обусловленные социально-экономическими и информационно-техническими преобразованиями современного общества, профессиональной значимостью для будущих специалистов.

В связи с необходимостью перехода страны на инновационный путь развития и использованием научных достижений в реальном секторе экономики важное значение приобретает подготовка высококвалифицированных специалистов, конкурентоспособных на рынке труда, компетентных, ответственных, свободно владеющих своей профессией и ориентирующихся в смежных областях знаний, способных к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готовых к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности [1].

Из этого следует, что основным результатом деятельности образовательного учреждения должна стать не система знаний, умений и навыков, а способность человека действовать в конкретной жизненной ситуации, то есть специалист должен быть компетентным.

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения формирует компетенции будущих выпускников при изучении дисциплин.

Уровень развития компетентности будущего специалиста определяется показателями, визуализирующими его достижения за время учебного процесса. Одним из подобных показателей обозначим «вес» профессиональной компетенции.

Определение такого показателя в соответствии со стандартами и успеваемостью студента выполняется в пять шагов.

1. Изучение стандартов ФГОС ВПО третьего поколения по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника» позволило провести теоретико-информационный анализ определений компетенция и компетентность для определения источников их формирования: проанализировать профессиональные и общекультурные компетенции. Компетентность выпускника формируется из совокупности профессиональных (ПК) и общекультурных компетенций (ОК), подробный перечень которых приведен в изученных стандартах для бакалавров специальности 230100 – «Информатика и вычислительная техника». Отдельная компетенция не может быть ограничена изучением одной дисциплиной, т. е. её формирование происходит в процессе освоения дидактических единиц дисциплин ( $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$ ) в течении всего срока обучения [2]. Визуализация процесса формирования компетенций представлена на рисунке 1.

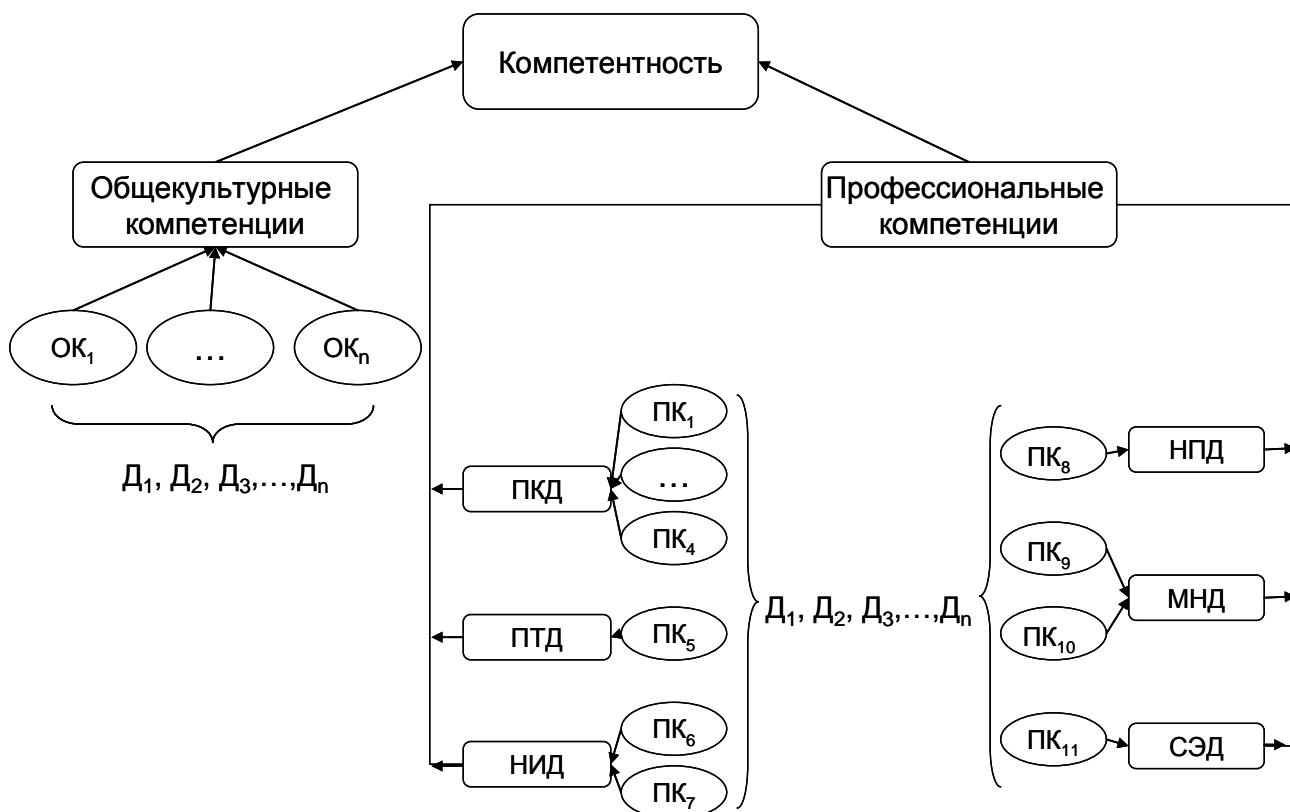


Рис. 1. Структура формирования компетенций выпускника

Под общекультурными компетенциями подразумевается, что выпускник должен владеть культурой мышления ( $ОК_1$ ), уметь использовать нормативные правовые документы в своей деятельности ( $ОК_5$ ), стремиться к повышению своей квалификации и мастерства ( $ОК_6$ ) и другие характеристики сподвигающие выпускника к саморазвитию и становлению в его профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции подразделяются на подклассы: компетенции проектно-конструкторской деятельности (ПКД), проектно-технологической деятельности (ПТД), научно-исследовательской деятельности (НИД), научно-педагогической деятельности (НПД), монтажно-наладочной деятельности (МНД), сервисно-эксплуатационной деятельности (СЭД).

В ходе анализа выделены подсистемы и взаимосвязи между ними для модели мониторинга развития компетенции выпускников ВУЗа (рисунок 2) [3].

Одним из основных множеств в модели отвечающих за формирование компетенций является множество А – математическое обеспечение образовательного процесса. Оно включает в себя следующие элементы:

- модель мониторинга компетенций – А1 (библиотечный фонд, э электронные ресурсы, содержание лекционных материалов, нормативно-управляющие документы);
- алгоритм расчета уровня компетенций – А2 (общесистемное программное обеспечение, прикладное программное обеспечение);
- методика оценки компетенций – А3 (модель мониторинга компетенций, алгоритм расчета уровня компетенций, методика оценки компетенций).

Для множества А определены вход X – полученный уровень сформированности дидактических единиц, и выход Y – решение об сформированности уровня компетенции.

Проведенный анализ рассмотренных компетенций позволяет определить основную характеристику развития профессиональных качеств личности – профессиональные компетенции.

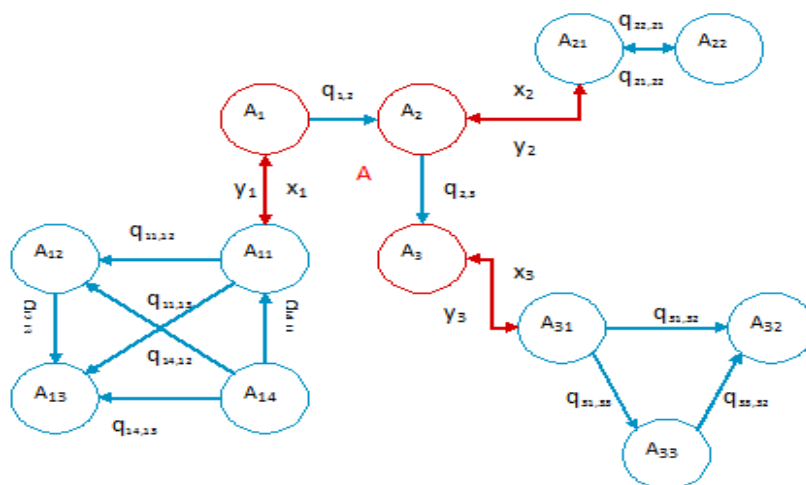


Рис. 2. Объектно-множественная модель мониторинга развития компетенции выпускников ВУЗа по направлению 230100 – «Информатика и вычислительная техника»

2. В соответствии с учебным планом «подготовки бакалавра по направлению: квалификация (степень) – бакалавр ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», определены дисциплины, составляющие профессиональные компетенции и выделены соответствующие им зачетные единицы.

Процесс формирования компетенции происходит при изучении дисциплин входящих в ФГОС ВПО и практических видов учебной деятельности [4]. Входом в подпроцесс предметного формирования части компетенции обозначим уровень сформированности дидактических единиц (д.е.1, ..., д.е.n) при изучении дисциплин – Оценка1, Оценка2, Оценка3, ..., ОценкаN. А выходом – уровень сформированности части компетенции, означающей успешно достигнутый и оценённый результат (рисунок 3).

3. Основываясь на вышеперечисленных пунктах, вычислен коэффициент значимости, характеризующий «вес» зачетной единицы в отдельно взятой профессиональной компетенции:

$$K_{d,c} = \frac{N_{d,c}}{\sum N_{d,c}}, \quad 1)$$

где  $K_{d,c}$  – коэффициент значимости, характеризующий вес зачетной единицы в отдельно взятой профессиональной компетенции;

$d$  – дисциплина;

$c$  – компетенция;

$N_{d,c}$  – количество, установленных в ФГОС ВПО, показателей трудоемкости образовательной программы (дисциплины в целом), то есть зачетных единиц;

$\sum N_{d,c}$  – сумма всех зачетных единиц по предметам, относящимся к вычисляемой профессиональной компетенции [5].

4. На данном шаге определён результирующий балл, характеризующий отношение итогового балла за предмет, входящий в выбранную компетенцию, к максимально возможной оценке (5 баллов):

$$q_{d,c} = \frac{K_{d,c} \cdot M_{d,c}}{5}, \quad 2)$$

где  $q_{d,c}$  – результирующий балл, характеризующий отношение итогового балла за предмет, входящий в вычисляемую компетенцию, к максимально возможной оценке (5 баллов);

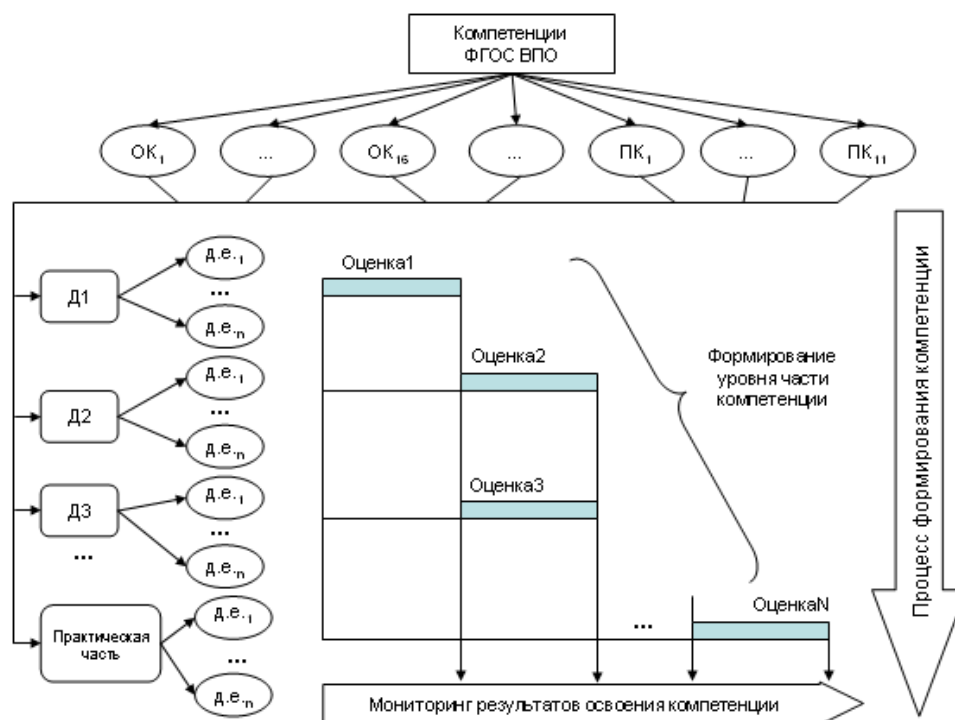


Рис. 3. Процесс формирования уровня компетенции

$M_{d,c}$  – итоговый результат за пройденный курс по дисциплине входящей в компетенцию, то есть оценка.

При этом учитывалось, что в соответствии с пунктами 4.4.5 «Положение о промежуточной аттестации»: Оценка, полученная на экзамене (в том числе и неудовлетворительная), заносится преподавателем в аттестационную ведомость. Уровень подготовки студента фиксируется как оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». И п. 4.4.8 (тот же документ) уровень подготовки студентов фиксируется также записями в зачетной книжке студента в соответствии с записями в аттестационной ведомости. В зачетную книжку студента не заносятся неудовлетворительные оценки. Оценки в зачетной книжке должны совпадать с оценками в аттестационной ведомости [6].

Исходя из этого, подсчеты проводились для трехбалльной шкалы: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

5. Последним шагом в определении уровня сформированности профессиональных компетенций выпускника является расчет процентного соотношения суммы результирующих баллов ( $Q$ ), при максимально возможных оценках за все курсы обучения в 5 баллов дающий итог в 100%:

$$Q = \sum q_{d,c} \cdot 100\% , \quad 3)$$

где  $\sum q_{d,c}$  – сумма результирующих баллов, характеризующих отношение итогового балла за предмет, входящих в вычисляемую компетенцию, к максимально возможной оценке в 5 баллов.

Таким образом, теоритико-множественный анализ стандартов ФГОС ВПО третьего поколения и учебного плана подготовки бакалавра по направлению «Информатика и вычислительная техника» позволил определить предметы, формирующие профессиональные компе-

тенции, и соответствующие им зачетные единицы. Уровень развития компетенции формируется из нескольких дисциплин, «вес» которых в сумме дает единицу (100%).

Проведенные исследования позволяют получить усредненную оценку профессиональных компетенций, в то время как для более точных результатов необходимо провести экспертную оценку основываясь на том, что одна дисциплина формирует несколько компетенций с различным «весом».

### **Список использованных источников**

1. Разинкина Е. М. Непрерывная опережающая профессиональная подготовка кадров для горно-металлургической отрасли: проблемы и теоретические основы : монография / Е. М. Разинкина, Е. А. Ильина и др. : под ред. Е.М. Разинкиной, Е.А. Ильиной. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 110 с.

2. Каприлевская З. Г. Модель развития компетенции выпускников-бакалавров ВУЗа по направлению 230100 – «Информатика и вычислительная техника» / Каприлевская З.Г., Ильина Е. А. // IV Международная научно-практическая конференция «Информация и образование: границы коммуникаций»: сб. науч тр. INFO'12 – Горно-алтайск , 2012 . – С. 189–191.

3. Каприлевская З. Г. Теоретико-множественный анализ модели мониторинга развития компетенции выпускников ВУЗа по направлению 230100 – «Информатика и вычислительная техника» / Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: Международный сборник научных трудов – Магнитогорск. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2012. – № 12. – С. 328–332.

4. Каприлевская З. Г. Ильина Е. А. Сравнение понятий «компетенция» и «компетентность» / Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: сб. науч тр. Sword – Одесса, 2011. – Т. 16, № 4. – С. 39–41.

5. Каприлевская З.Г., Ильина Е. А. Система оценки компетенции / Вестник магистратуры, 2012, № 9–10. – С. 61–63.

6. СМК – О – СМГТУ – 33 – 07 Система менеджмента и качества. Стандарт организации. Положение о промежуточной аттестации.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫГРУЗКИ ДОКУМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**© Куделин С.П., Мясников Д.А.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Корпоративная информационная система (КИС) является одним из наиболее эффективных механизмов комплексной автоматизации. Как правило применяется модульно-компонентный принцип построения программных систем с применением «удачных решений» внешних производителей [1], позволяющих снизить трудозатраты на формирование пакетов документов.

Одним из таких решений является система массовой выгрузки документов. Эта система (рисунок 1) состоит из трех подсистем [2 – 4]:

1. «Выгрузка счетов» содержит
  - основной сервер с запущенными процессами: диспетчер заданий, менеджеры выгрузки и сборщик;
  - дополнительные сервера с запущенными процессами: менеджеры выгрузки и сборщик;
2. Сервера печати, для печати полученных комплектов документов;
3. Сервер отправки эл. почты.

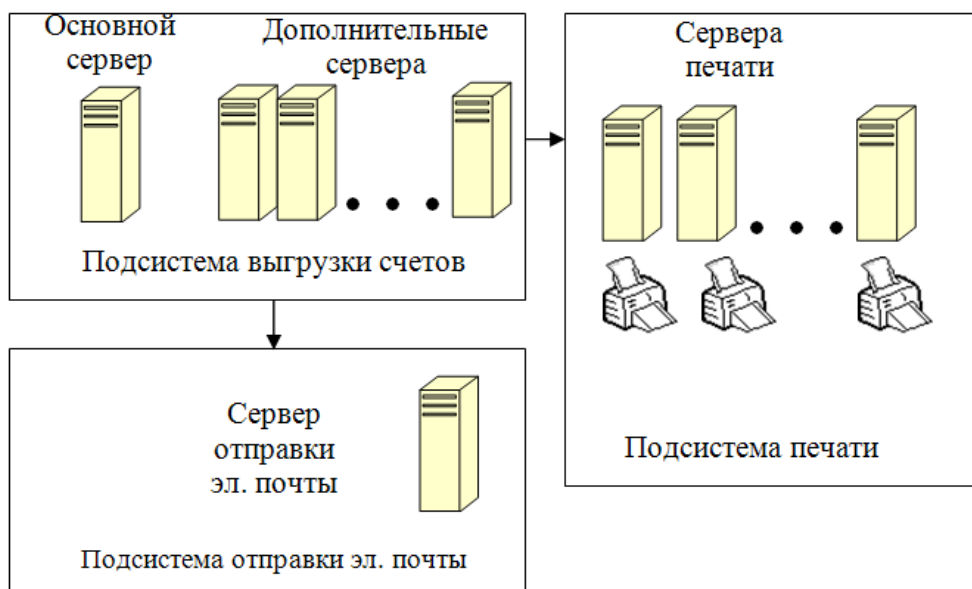


Рис. 1. Структура системы массовой выгрузки ODPS

Система массовой выгрузки документов предназначена для проведения централизованной работы.

Печать документов, как правило, выносится в линейные подразделения, что делает актуальной принципиально другое решение применения системы массовой выгрузки счетов (рисунок 2).

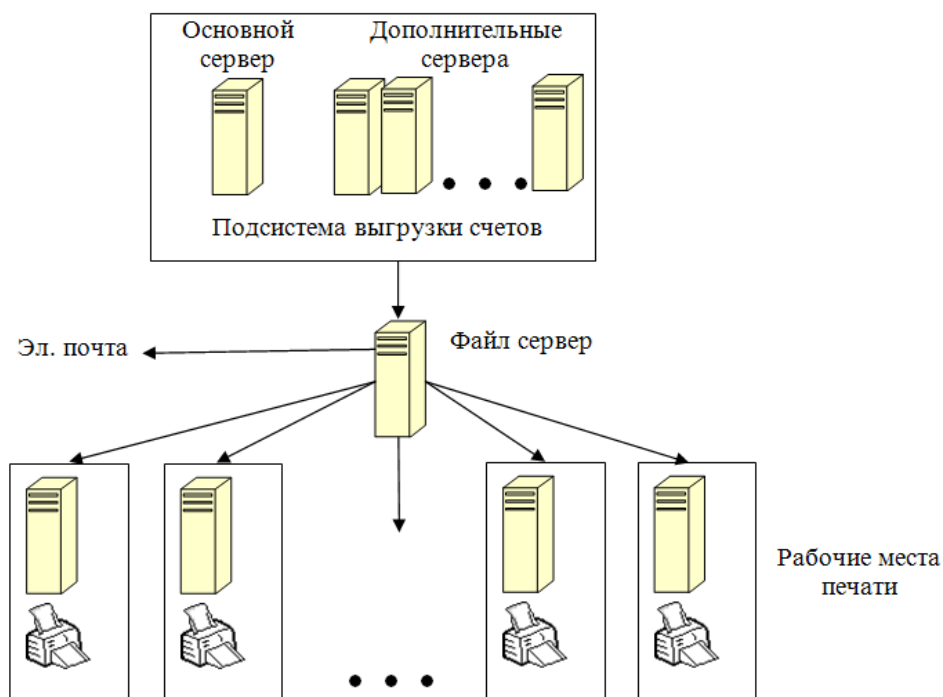


Рис. 2. Усовершенствованная структура применения системы массовой выгрузки ODPS

Достоинствами такой схемы являются

- большая мобильность построения рабочих мест печати (независимость от драйверов принтеров, пониженные требования к ресурсам рабочих мест печати), возможность промежуточного контроля;
- возможность промежуточного контроля выгружаемых документов;
- контроль доставки почты, обеспечиваемый внешним ПО.

Для работы новой схемы применяется алгоритм (рисунок 3) с большим количеством ручных операций.

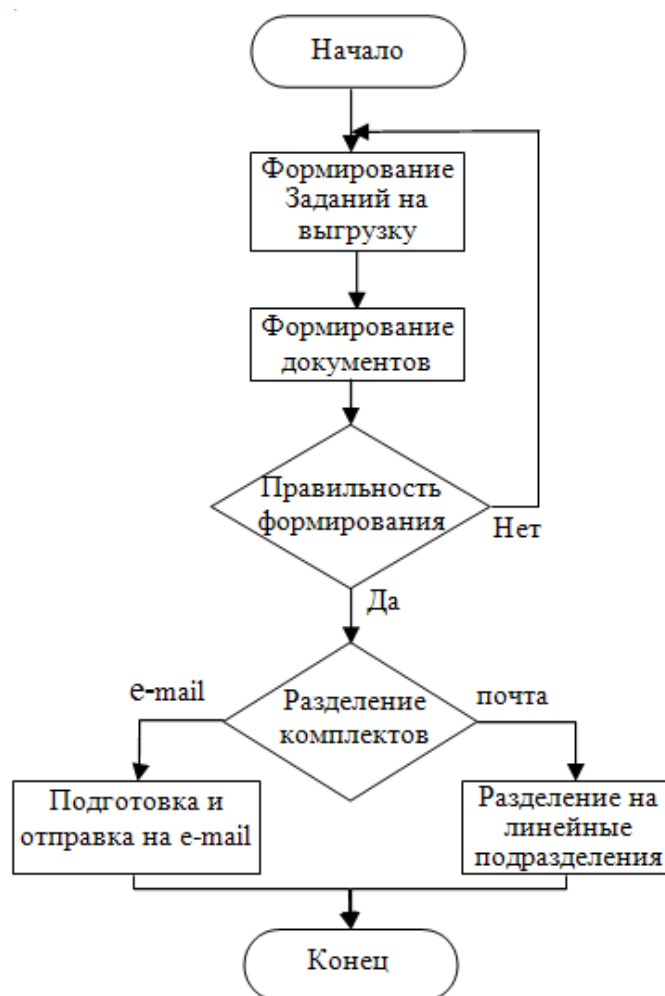


Рис. 3. Алгоритм работы применения системы массовой выгрузки ODPS

Оптимизация процесса выгрузки документов реализована с использованием внешней системы ODPS, возможностей БД ORACLE [5] и визуальной среды разработки Visual Studio 2010 [6]. Выгрузка счетов производится в формате PDF. Для запуска выгрузки используются функции внешнего API интерфейса ODPS:

- формирования задания выгрузки;
- добавление идентификатора счета;
- прикрепление параметров к идентификатору;
- запуск задания на выполнение.

Основные модули системы:

1. Подсистема загрузки счетов в ODPS реализована в виде задания (пакет DBMS\_JOB) ORACLE, запускаемого 1 раз в 15 минут, программа задания анализирует данные работы предыдущих систем, осуществляет поиск рассчитанных выгружаемых счетов, исключая список уже выгруженных счетов;

2. ODPS – система массовой выгрузки счетов ПЕТЕP–СЕРВИС;

3. Подсистема анализа работы проверяет наличие выгруженных файлов счетов на диске; счета проверяются по номерам лицевых счетов (уникальных кодов клиентов), в случае их отсутствия требование о их перевыгрузке передается в 1 подсистему;

4. Подсистема дополнительной обработки результатов применяется для дополнительного выделения данных для конкретных заказчиков; подсистема с помощью запросов в БД формирует командные файлы для переноса файлов в каталоги заказчиков, инициирует процессы архивации; для удобства подсистема работает с определенной структурой выходных каталогов, полученные архивы файлов являются выходной информацией;



5. Подсистема отправки на эл. почту файлов из папки выгрузки.

Система разрабатывается для уральского филиала ОАО Мегафон. Но она может быть применена на любых промышленных предприятиях с большим объемом выводимых документов.

### Список использованных источников

1. Абдикеев Н.М., Китова О.В., Завьялова Н.Б. и др. Корпоративные Информационные системы управления. М.– Инфра–М, 2006. 464с.

2. Подсистема «заказы на доставку документов клиенту». Руководство системного программиста. 643.11150642.19007–05 32 01–М – СПб. PETER–SERVICE. 47с.

3. Подсистема «заказы на доставку документов клиенту». Руководство оператора. 643.11150642.19007–05 32 01–М – СПб. PETER–SERVICE. 17с.

4. Подсистема «Ядро системы ведения заказов на доставку». Руководство системного программиста. 643.11150642.19004–05 32 01–М– СПб. PETER–SERVICE. 11 с.

5. Скотт Урман, Рон Хардман, Майкл МакЛафлин Нильсен ORACLE DATABASE 10g. Программирование на языке PL/SQL. – М.: Oracle Press, 2007. – 816 с.

6. Пауэрс Л. Microsoft Visual Studio 2008 / Л.Пауэрс, М.Снелл. СПб.: БХВ–Петербург, 2009, 1200 с.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ДОМЕННОЙ ШИХТЫ

© Лавров В.В.\*, Спиринов Н.А.\*, Бурыкин А.А.\*,  
Рыболовлев В.Ю.\*\*\*, Краснобаев А.В.\*\*\*, Карпова Е.В.\*

\* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

\*\* ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,  
г. Магнитогорск, Россия

В современных условиях доменной плавки в состав рудной части шихты входит, как правило, несколько составляющих. При определении оптимального состава доменной шихты, подбора рациональных дутьевых параметров неизбежно решение оптимизационных задач, так как приходится при выборе оптимальных управляющих воздействий учитывать комплекс ограничивающих и лимитирующих параметров [1 – 4].

Оптимизационная модель задачи выбора оптимального состава доменной шихты включает в себя два основных компонента: целевая функция и технологические ограничения на доменную печь.

1. *Целевая функция.* Предусмотрены следующие варианты целевых функций:

- заданная основность конечного шлака:

$$Z = B \rightarrow B_{3Д} \quad , \quad (1)$$
$$X_{i,ш} \in G_{x_{ш}}$$

где  $i$  – индекс вида шихтовых материалов;  $X_{i,ш}$  – вектор, характеризующий виды, расходы и химический состав  $i$ -х материалов доменной шихты;  $X_{i,ш} \in G_{x_{ш}}$  – ограничения на параметры шихты заполнения, т. е. виды, химические составы, физические свойства загружаемых шихтовых материалов;  $G_{x_{ш}}$  – область допустимых решений параметров шихты;

- минимум содержания серы в чугуне:

$$Z = [S] \rightarrow \min_{X_{i,ш} \in G_{x_{ш}}} ; \quad (2)$$

- минимум удельного расхода кокса:

$$Z = K \rightarrow \min_{X_{i,ш} \in G_{x_{ш}}} ; \quad (3)$$

- максимум производительности:

$$Z = P \rightarrow \max_{X_{i,ш} \in G_{x_{ш}}} . \quad (4)$$

2. *Технологические ограничения.* Особенность решения сложных оптимизационных задач математического программирования связана с тем, что в процессе решения могут возникнуть такие случаи, когда ограничения, наложенные на режимы работы печи, противоречивы, т. е. отсутствует область допустимых решений. В связи с этим в алгоритме решения предусмотрен этап анализа решения задачи. В случае отсутствия допустимой области решения задачи и противоречивости условий используется этап коррекции, т. е. оценить корректность использования шихтовых материалов, ограничений, надёжность исходной информации и т. д.

В связи с этим важным этапом решения задачи выбора оптимального состава шихты является формирование технологических ограничений, предусматривающих учёт и математическое описание ограничений на тепловой, газодинамический и шлаковый режимы плавки. В общем случае ограничения сводятся к следующему:

- реализация рационального газодинамического режима;
- обеспечение нормального шлакового режима;
- получение чугуна с допустимым содержанием в нем серы.

2.1. *Тепловой режим.* При выборе ограничивающих факторов, характеризующих тепловой режим, расход кокса в проектном периоде определялся с использованием корректировочных коэффициентов, что обеспечивает баланс тепла в целом по печи (или в лимитирующей нижней зоне печи). В связи с этим в качестве дополнительного параметра выбрана теоретическая температура горения на фурмах

$$T^{\min} \leq T(X_d) \leq T^{\max}, \quad X_d \in G_{x_d} \quad (5)$$

где  $X_d$  – вектор, характеризующий вид, расход и состав дутьевых параметров (влажность дутья, расход природного газа, технологического кислорода);  $G_{x_d}$  – области допустимых значений параметров дутья;  $T^{\min}$ ,  $T^{\max}$  – минимально и максимально допустимые значения теоретической температуры горения, °С.

2.2. *Газодинамический режим.* При выборе дутьевых параметров (вектора  $X_d$ ), состава и свойств шихтовых материалов (вектора  $X_{i,ш}$ ) следует учитывать то обстоятельство, что не должен нарушаться газодинамический режим доменной плавки. Математически это означает, что степень уравнивания шихты газовым потоком  $SU(X_{i,ш}, X_d)$  не должна превышать максимально допустимого значения  $SU_{кр}$ :

$$SU(X_{i,ш}, X_d) \leq SU_{кр} . \quad (6)$$

Как показывает практика работы доменных печей ОАО «ММК», ОАО «НЛМК» и др. [1, 2], изменение в ходе шихтовых материалов наступает при достижении значения  $SU_{кр} = 45-50\%$ . Этот параметр является настройкой модели.

2.3. *Шлаковый режим:*

- 1) значение вязкости конечного шлака при температуре 1400 °С,  $\eta_{1400}$ , находится в интервале:

$$\eta_{1400}^{\min} \leq \eta_{1400}(X_{i,ш}, X_d(\tau)) \leq \eta_{1400}^{\max}, \quad (7)$$

где  $\eta_{1400}^{\min}$ ,  $\eta_{1400}^{\max}$  – постоянные величины, минимально и максимально допустимые вязкости при температуре 1400 °С (при 1400 °С обеспечивается движение шлака через коксовую насадку);

2) значение вязкости конечного шлака при температуре 1500 °С,  $\eta_{1500}$ , находится в интервале:

$$\eta_{1500}^{\min} \leq \eta_{1500}(X_{i,ш}, X_d(\tau)) \leq \eta_{1500}^{\max}, \quad (8)$$

где  $\eta_{1500}^{\min}$ ,  $\eta_{1500}^{\max}$  – постоянные величины, минимально и максимально допустимые вязкости при температуре 1500 °С (ограничение обусловлено тем, что температуру 1500 °С имеет выпускаемый из печи конечный шлак);

3) градиенты вязкости не превышают допустимых значений:

$$\Delta\eta_7^{25} \leq (\Delta\eta_7^{25})^{\max}, \quad (9)$$

$$\Delta\eta_{1400}^{1500} \leq (\Delta\eta_{1400}^{1500})^{\max}, \quad (10)$$

где  $\Delta\eta_7^{25} = \frac{25-7}{t_{шл}^7 - t_{шл}^{25}}$  – градиент-1 вязкости шлака, численно равный уменьшению вязкости шлака при увеличении температуры шлака на 1 °С в диапазоне вязкости шлака от 25 до 7 пуаз, пуаз / °С;  $\Delta\eta_{1400}^{1500} = \frac{\eta_{1400} - \eta_{1500}}{1500 - 1400}$  – градиент-2 вязкости шлака, численно равный изменению вязкости шлака при изменении температуры шлака на 1 °С в пределах от 1400 °С до 1500 °С, пуаз / °С;  $(\Delta\eta_7^{25})^{\max}$ ,  $(\Delta\eta_{1400}^{1500})^{\max}$  – постоянные величины, максимально допустимые величины соответственно градиента-1 и градиента-2 вязкости шлака, пуаз / °С.

2.4. *Качество выплавленного чугуна.* Оценивается по содержанию серы в чугуне  $[Si](X_{i,ш}, X_d)$ . Оно не должно превышать допустимого предела  $[Si]_{зд}$

$$[Si](X_{i,ш}, X_d) \leq [Si]_{зд}. \quad (11)$$

2.5 *Условие шихтовки.* Сумма весовых долей компонентов  $G_i^ж$  железорудной части шихты равна единице, т. е.

$$\sum_{i=1}^n G_i^ж = 1. \quad (12)$$

В математическом плане решение задачи оптимизации состава доменной шихты (1) – (12) не вызывает затруднений, поскольку в настоящее время имеется большой выбор компьютерных инструментальных средств для решения подобных задач (системы Microsoft Office Excel, MatLab, Visual Fortran, MathCAD, Maple, Mathematica и другие) [5 – 7].

Реализованное в доменном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») на основе описанной выше модели программное обеспечение предназначено для решения задачи выбора оптимального состава доменной шихты с учётом ограничений на шлаковый режим доменной плавки. Предусмотрено решение следующих технологических задач:

1) подбор оптимального соотношения долей агломерата ОАО «ММК» и одного из видов привозных окатышей (из выпадающего списка выбирается материал, с помощью которого должна производиться корректировка шихты для получения заданной основности шлака);

2) подбор расхода одного из видов флюсующих материалов (из выпадающего списка выбирается вид флюса, с помощью которого должна производиться корректировка шихты для получения заданной основности шлака);

3) подбор химии (основности) агломерата в проектном периоде при заданных расходах или долях железорудных материалов и флюсах.

Общая последовательность решения задачи выбора оптимального состава доменной шихты заключается в следующем:

1) на листе «Соотношение расходов ЖРМ» пользователь, задавая основность конечного шлака и выбрав при этом управляющее воздействие, т. е. вид окатышей, с помощью которого должна производиться корректировка шихты для получения заданной основности шлака, производит расчёт нового соотношения материалов путем нажатия на кнопку «Расчёт соотношения ЖРМ». При этом автоматически пересчитывается состав шлака и производится диагностика его свойств;

2) если изменением соотношения материалов добиться требуемых свойств шлака не получается или требования к соотношению достаточно «жесткие», существует возможность рассчитать необходимый расход флюса на листе «Расход флюса».

3) в случае, если расход флюсов окажется большим, можно подобрать требуемую основность агломерата на листе «Основность агломерата», чтобы сократить расход флюса.

При этом автоматически пересчитываются все зависимые от вносимых изменений показатели (производительность, удельный расход кокса, содержание серы, титана в чугуне и др.).

Разработанная математическая модель и реализованное на её основе программное обеспечение информационно-моделирующей системы позволяет инженерно-технологическому персоналу доменного цеха производить расчёт оптимального состава доменной шихты с учётом технологических ограничений на шлаковый режим доменной плавки. Промышленная эксплуатация информационно-моделирующей системы в доменном цехе ОАО «ММК» позволила сократить трудозатраты на решение технологических задач и повысить эффективность принятия управленческих решений инженерно-технологическим персоналом цеха.

#### **Список использованных источников**

1. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев и др. / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 462 с.

2. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев и др. / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург, УГТУ–УПИ. 2005. 301 с.

3. Информационные системы в металлургии / Н.А. Спирин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов и др. / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2001. 617 с.

4. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, С.И. Паршаков и др. / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2006. 307 с.

5. Леоненков А.В. Решение задач оптимизации в среде MS Excel. СПб.: БХВ–Петербург, 2005. 704 с.

6. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения / пер. с англ. СПб.: Питер, 2004. 655 с.

7. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер–класс / пер. с англ. СПб.: Питер, 2007. 896 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ОБРАТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ  
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ  
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИТ-СЕРВИСОВ**

© Левченко С.П., Зимин В.В., Кулаков С.М.

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

**Публикация подготовлена в рамках научного исследования, выполненного при поддержке  
государства в лице Минобрнауки России, грант 14.В37.21.0391.**

**Введение.** Важной задачей теории и практики ИТ-менеджмента является задача распределения ресурсов между менеджерами, ответственными за управление версиями ИТ-сервисов, находящихся на одной стадии жизненного цикла [1].

Одним из способов распределения ресурсов является применение принципа обратных приоритетов, рассмотренного, в частности в [2,3]. В этих работах исследованы пропорциональные механизмы стимулирования. Авторы считают более предпочтительным решение задачи распределения ресурсов на основе применения принципа обратных приоритетов.

**Об оценке эффективности систем управления сервисами на стадиях их жизненного цикла.** В ИТЛ–3 выделяется пять стадий жизненного цикла сервиса [4]: стратегия сервиса, проектирование сервиса, ввод сервиса в эксплуатацию, эксплуатации сервиса, непрерывное улучшение сервиса. Для реализации процедуры централизованного распределения ресурсов необходимо иметь оценки эффективности функционирования систем управления сервисами, находящимися на одной стадии жизненного цикла. Обобщённые оценки могут быть получены на основе применения к совокупностям ключевых показателей эффективности (KPI) функционирования систем управления каждой стадией, предложенных одним из авторов ИТЛ–3, механизма комплексного оценивания [5,6].

**Задача распределения ресурса единственного вида [3].** В распоряжении Центра имеется ресурс в количестве  $R$ . Обозначим  $x_i$  количество ресурса, получаемое  $i$ -м менеджером, тогда  $x = (x_i, i = 1 \div n)$  — план распределения ресурса. Предположим, что каждый менеджер полностью использует выделенный ему ресурс, т. е. реальное потребление ресурса  $u_i$  равно планируемому  $x_i$ . Очевидно, в этом случае множество допустимых планов описывается неравенством:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq R, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1 \div n.$$

Наиболее часто распределение ресурсов производится на основе заявок менеджеров на ресурс. Обозначим через  $s_i$  – заявку  $i$ -го менеджера на ресурс.

Тогда,  $i$ -ый менеджер получит ресурс в размере:

$$x_i = \begin{cases} s_i, & \text{если } \sum_j s_j \leq R; \\ \min(s_i; \gamma \eta_i(s_i)), & \text{если } \sum_j s_j > R, \end{cases}$$

где  $\eta_i(s_i)$  — функция приоритета  $i$ -го менеджера в зависимости от его заявки.

Операция минимума отражает простое содержательное условие — потребитель получает ресурс в количестве не более заявленной величины. Параметр  $\gamma$  выбирается из условия:

$$\sum_{i=1}^n \min[s_i; \gamma \eta_i(s_i)] = R.$$

В простейшем случае:  $\gamma = R / \sum_{i=1}^n s_i$ .

**Распределение ресурса на основе механизма обратных приоритетов.** Менеджер системы управления сервисами на стадии  $i$ , используя ресурс  $x_i$ , достигает определенных зна-

чений ключевых показателей эффективности [5]. Обозначим через  $\varphi_i(x_i)$  обобщённый нормированный показатель эффективности управления сервисами на стадии  $i$ , полученный в результате применения механизма комплексного оценивания [6].

Построим модель распределения ресурса при помощи механизма обратных приоритетов с учётом ожидаемой эффективности  $\varphi_i(x_i)$ . Пусть менеджер вместе с заявкой  $s_i$  на ресурс сообщает оценку  $\omega_i(s_i)$  ожидаемого эффекта от его использования. Положим, что если фактический эффект  $\varphi_i(s_i)$  ниже планового  $\omega_i(s_i)$ , то менеджер штрафуются. Если же фактический эффект  $\varphi_i(s_i)$  выше планового  $\omega_i(s_i)$ , то менеджер поощряется. При этом применяется кусочно-линейная функция штрафа и премии, когда штраф при невыполнении плана превышает премию при эквивалентном перевыполнении плана.

Применим далее стандартную функцию приоритета  $\eta_i(s_i, \omega_i) = \omega_i^2 / s_i$ ,  $i = 1 \div n$ , [3]. Очевидно, что  $i$ -ый менеджер будет стремиться максимизировать одновременно все три составляющие функции приоритета  $\eta_i(s_i, \omega_i)$ : саму функцию  $\eta_i$ , целевую функцию  $\varphi_{SLA} \leq \omega_i \leq \varphi_{HTP}$ , т.к. от нее напрямую зависит размер поощрения, заявку  $s_i$  на ресурс,  $X_{SLA} \leq s_i \leq X_{HTP}$ , т.к. чем большее количество ресурса ему выделено, тем легче достигнуть требуемого значения целевой функции.

Задача состоит в нахождении:

- 1) плана распределения ресурса  $x = (x_i, i = 1 \div n)$ ;
- 2) такой функции стимулирования менеджеров, чтобы для них было наиболее выгодным указать в заявке на ресурс именно оптимальное количество  $s_i$  ресурса.

Определим ситуацию равновесия Нэша. Легко заметить, что функция  $\min[s_i; \gamma \omega_i^2 / s_i]$  достигает максимума по  $s_i$  в точке, удовлетворяющей условию:  $s_i = \gamma \omega_i^2 / s_i$ . Отсюда следует, что оптимальное количество ресурса, которое может заказать и получить потребитель равно  $x_i^* = s_i^* = \omega_i \sqrt{\gamma^*}$  (где  $\gamma^*$  в данном случае равна  $\gamma^* = R / \sum_i \omega_i$ ) и из условия

$$\sum_i x_i^* = \sum_i s_i^* = R \text{ получаем: } x_i^* = s_i^* = \omega_i^* R / \sum_i \omega_i.$$

**Построение оптимизированного механизма стимулирования.** Изменим стандартную функцию стимулирования [3] и приведем ее к виду изображенному на рисунке 1.

Указанная функция для  $i$ -го потребителя может быть описана следующим выражением:

$$\begin{cases} \chi_i^{np} = \chi_{i,max} - k_i \cdot (\varphi_i^* - \omega_i)^2 \\ \chi_i^{штр} = \chi_i^{штр} - \beta_i^{штр} (\omega_i - \varphi_i), \text{ если } \varphi_i \leq \omega_i \\ \chi_i = \chi_i^{np} - \chi_i^{штр} \end{cases}$$

Из условия, что если  $\omega_i = \varphi_{i,SLA}$ , то  $\chi_i = \chi_{i,SLA}$  получаем  $k_i = \frac{\chi_{i,max} - \chi_{i,SLA}}{(\varphi_i^* - \varphi_{i,SLA})^2}$ . Ограниче-

ние по оптимальной целевой функции  $\omega_i = \varphi_i^*$  может быть установлено центром принудительно.

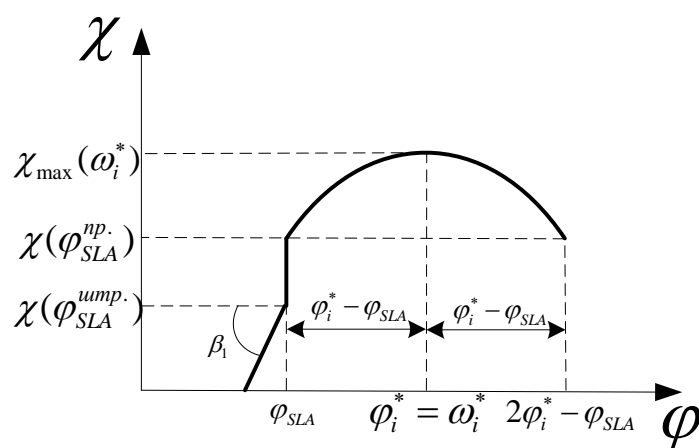


Рис. 1. Оптимизированная функция стимулирования

Проанализируем полученную функцию стимулирования. До значения  $\omega_i = \varphi_i^*$ , принципиально функция имеет вид стандартной. Изменением является появление максимума в точке  $\varphi_i^*$ . Он равен максимально возможному поощрению  $\chi_{i,\max}$ , которое согласен заплатить центр за достижение нужных ему результатов. Это означает, что менеджеры не будут стремиться к увеличению значения целевой функции, когда это требует непропорционально большого количества ресурсов. Вторым изменением является то, что агент стимулируется по двум параметрам:

- 1) за достижение заданного центром значения целевой функции  $\varphi_i^*$ ;
- 2) за достижение значения целевой функции, указанной в заявке на ресурс  $\omega_i$ .

Первый из указанных способов стимулирования является нововведением, второй является конкретизацией принципа распределения ресурса на основе обратных приоритетов. Если менеджер указывает в заявке требуемое количество ресурса  $x_i$  и соответствующее значение целевой функции  $\omega_i$ , то ему выгодно указать  $\omega_i$  как можно ближе к оптимальному значению  $\varphi_i^*$ , т.к. в таком случае:

- приоритет его заявки будет максимален;
- при достижении целевой функции  $\omega_i = \varphi_i^*$  поощрение будет максимальным.

Однако если менеджер не обеспечивает достижение заявленного значения целевой функции ( $\varphi_i \leq \omega_i$ ), то функция штрафа снижает размер поощрения на величину  $\chi_i^{\text{штр}}$  и за счет коэффициента  $\beta_i^{\text{ump}}$  тем больше, чем больше разница между заявленным и полученным результатом.

**Заключение.** В сообщении содержится краткое описание механизма распределения ресурса между менеджерами, ответственными за управление версиями ИТ-сервисов, находящихся на одной стадии жизненного цикла.

Представленный алгоритм распределения ресурсов может быть практически реализован на базе продукта HP Service Manager 7.10 и его аналогов.

#### Список использованных источников

1. О структуризации системы управления деятельностью ИТ-провайдера / В.В.Зимин, С.М. Кулаков, А.В. Зимин// Системы управления и информационные технологии, №2.1(48), 2012. – С. 198–202.

2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. М.: Синтег, 1997. – 188 с.
3. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В.Н. Бурков, Б.Данев, А.К. Еналеев и др. Ин-т проблем управления. –М.:Наука,1989 (III). 247 л.
4. OGC – ITIL v3–1 – Service Strategy, TSO 2007.
5. Брукс П., Метрики для управления ИТ-услугами, –М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 283 с.
6. Бурков В.Н., Кондратьев В.Д., Щепкин А.В., Механизмы повышения безопасности дорожного движения, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.–208 с.

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ  
НАГРУЗКИ ОБЛАЧНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ  
НА ГЛОБАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ ВУЗОВ**

© Мизгулин В.В., Степанов Д.М., Студенок С.И.

*Общество с ограниченной ответственностью «СИАМС»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Одной из актуальных проблем научной и образовательной отрасли является неэффективно распределенные вычислительные ресурсы. В России, как и в других развитых странах, существует множество простаивающих вычислительных мощностей как в персональном, корпоративном, так и в государственном пользовании. В связи с этим в последнее время Правительством РФ выделялось множество грантов на разработку систем компьютерного имитационного моделирования. В настоящее время в академической среде для задач моделирования и обработки данных предпочтение отдается грид-технологиям. Грид-инфраструктуры, безусловно, дают положительные результаты, но в масштабе общей компьютеризации покрывают небольшой сегмент российских вычислительных ресурсов, тем более что получение доступа к грид уже само по себе является непреодолимым барьером для многих пользователей [1]. Кроме того, по мере развития систем дистанционного обучения все большим спросом начинают пользоваться специфические ресурсы для учебных и научных целей, например, такие как, виртуальные лабораторные практикумы (ВЛП), eScience-платформы и др., которые достаточно сложно реализовать в рамках существующих грид-систем. Последним трендом в этой области являются облачные вычисления. Облачные вычисления (Cloud computing) – это технология обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю коммерческими компаниями как интернет-сервисы на условиях аренды. Пользователь имеет доступ к собственным данным, но не может управлять и не должен заботиться об инфраструктуре, операционной системе и собственно программном обеспечении, с которым он работает [2]. Разработка приложений в архитектурах облака имеет несколько очевидных преимуществ:

- 1) отсутствие предварительных инфраструктурных вложений;
- 2) масштабируемая инфраструктура;
- 3) более эффективное использование ресурса;
- 4) плата только за реально используемые ресурсы;
- 5) возможности сокращения времени обработки.

Сегодня большая часть вузов сталкивается с проблемой нехватки вычислительных ресурсов при проведении ВЛП с использованием компьютерных моделей физических объектов и процессов [3–5]. Так, например, при использовании лишь одного 8-ядерного сервера при одновременной работы группы из 15 студентов общее время проведения виртуальных экспериментов может составлять порядка 200 минут, что превышает продолжительность одного занятия. При наличии сети из 40 узлов общее время вычислительных экспериментов можно сократить на порядок за счет процедуры распараллеливания процессов. Для решения данной



проблемы ООО «SIAMS» разработало систему мониторинга и динамической балансировки нагрузки облачной вычислительной системы (СМДБН ОВС). Данная система позволяет объединить большое число вычислительных кластеров крупных российских вузов в единое вычислительное «облако». Целью создания СМДБН ОВС явилось предоставление возможности высшим учебным заведениям проводить виртуальные лабораторные практикумы (ВЛП) на глобально-распределенных вычислительных ресурсах вузов.

Архитектура межвузовской вычислительной сети представлена на рисунке 1.

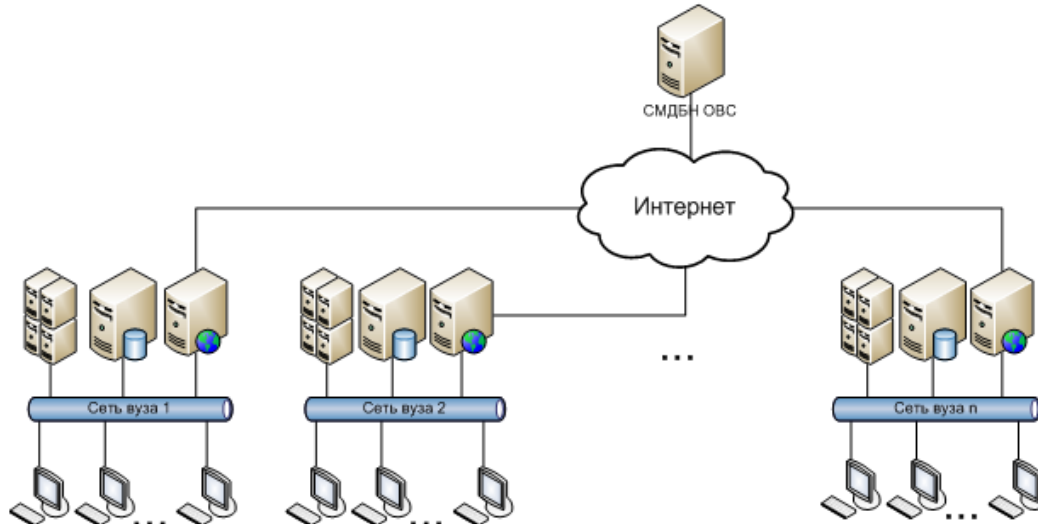


Рис. 1. Архитектура глобально-распределенной межвузовской вычислительной сети

СМДБН ОВС включает следующие подсистемы: мониторинга нагрузки на сеть, балансировки нагрузки на сеть, управления приоритетами задач, информационной безопасности, а также собственную базу данных и подсистему синхронизации с другими базами данных. Соответствующая схема приведена на рисунке 2.

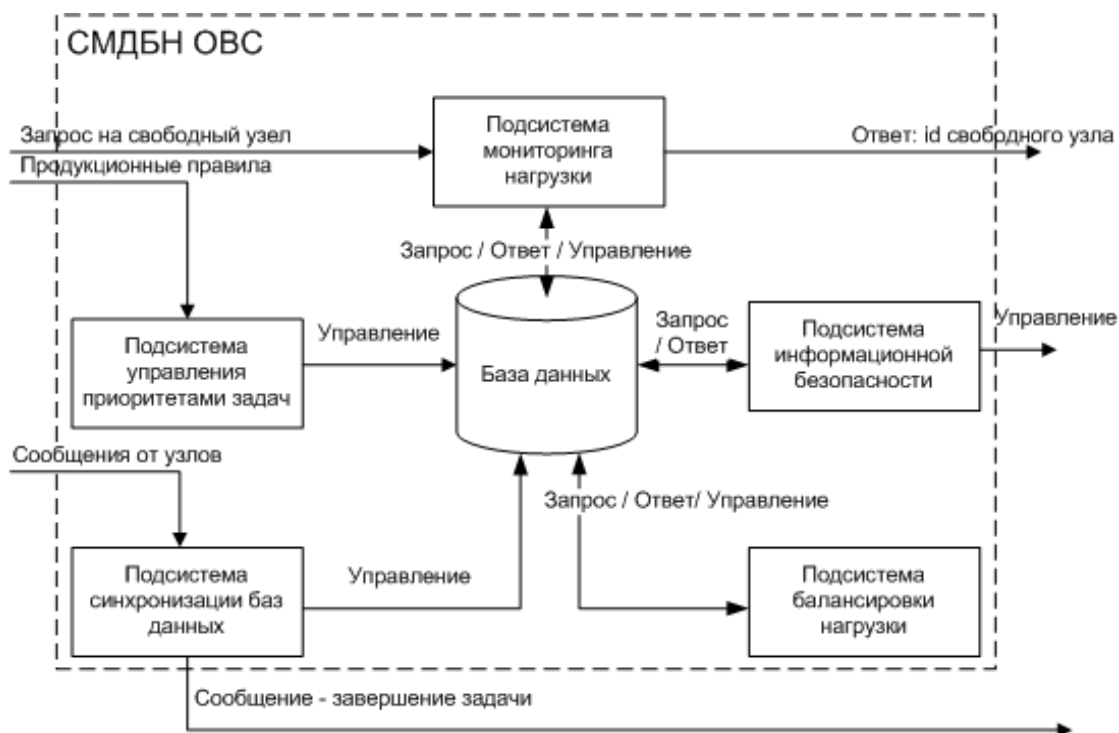


Рис. 2. Структура СМДБ ОВС, 1 уровень

На серверы образовательного учреждения устанавливается разработанная компанией «SIAMS» клиентская платформа для проведения виртуальных лабораторных практикумов в системах дистанционного обучения вузов, которая позволяет проводить полный цикл работ по организации и проведению ВЛП: от загрузки компьютерных моделей до получения отчетов. В настоящее время компанией разработаны ВЛП по дисциплинам: «Нанотехнологии» ([www.nanomodel.ru](http://www.nanomodel.ru)) и «Процессы порошковой металлургии». Само программное обеспечение СМДБН ОВС устанавливается на серверах компании. В рамках практических занятий или работы над НИРС студенты формируют на своих рабочих станциях запросы на проведение вычислительных экспериментов и отправляют их на сервер СМДБН ОВС. На основании данных о загруженности узлов во всей межвузовской сети, очереди задач, распределенных приоритетах на текущий момент времени и пропускной способности Интернет-каналов сервер СМДБН ОВС оптимальным образом распределяет вычислительные задачи по узлам межвузовской сети. По завершении виртуального эксперимента результат расчетов возвращается на рабочую станцию пользователя. Таким образом, например, эксперимент по конструированию и исследованию свойств наночастиц, запущенный в одном университете, может быть рассчитан на кластере вуза, находящегося в другом городе.

СМДБН ОВС позволяет решать следующие задачи:

- осуществлять балансировку нагрузки с учетом неравномерной пропускной способности Интернет-каналов на целевой территории. Несмотря на то, что результаты одного расчета могут занимать более 1 Гб, даже при низкой пропускной способности неравномерное распараллеливание обеспечит комфортную скорость выполнения задач.
- оптимизировать бизнес-процессы учебно-научной деятельности, включая лабораторные работы и научные исследования. Система может быть представлена набором продукционных правил, обеспечивающих преимущество одних задач над другими в процессе формирования очереди и использования процессорного времени. Например, длительный научный эксперимент может занимать минимум процессорного времени во время выполнения плановых лабораторных работ со студентами, а короткий инженерный расчет может пройти без очереди в обход студенческих экспериментов.
- обеспечивать информационную прозрачность вычислений. Средства мониторинга позволяют получить полную информацию о любом расчете, запускаемом в рамках межвузовской сети, а также предоставить автору задачи всю логику её выполнения, включая обработку, распараллеливание, компиляцию, промежуточные и финальное хранилище с визуализацией на карте.
- обеспечивать сохранность результатов расчетов в случае сбоев, а также динамическое перераспределение задач по узлам в случае их освобождения. Методы учитывают версии модулей, установленные на узлах, и политику безопасности, используемую в каждом вузе.

Сегодня облачная межвузовская вычислительная сеть SIAMS объединяет ряд крупнейших вузов и научных организаций России, среди которых:

- 1) ФГБУН Центр фотохимии РАН;
- 2) ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный горный университет»;
- 3) ФГБОУ ВПО «Томский политехнический университет»;
- 4) ФГБОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;
- 5) ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»;
- 6) ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»;
- 7) ФГБОУ ВПО «Сахалинский государственный университет».

Межвузовская сеть SIAMS открыта для всех высших учебных заведений, осуществляющих подготовку по нанотехнологическим специальностям и специальностям, связанным с

порошковой металлургией, которые заинтересованы в развитии систем дистанционного обучения и повышении мощности своих вычислительных ресурсов.

### Список использованных источников

1. Демичев А.П., Ильин В.А., Крюков А.П. Введение в грид-технологии. Препринт НИИЯФ МГУ. Москва 2007. С 87
2. URL: [http://lit.jinr.ru/Inf\\_Bul\\_5/bullet\\_1.htm#A1](http://lit.jinr.ru/Inf_Bul_5/bullet_1.htm#A1)
3. Алексеев В.В. Виртуальные средства измерений // Приборы. – 2009. – № 6 (108). – С.1–7.
4. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г., Стародубцев В.А. Комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике: принципы разработки и опыт применения в учебном процессе // Физическое образование в вузах. – 2006. – Т. 12. – № 2. – С. 85–95.
5. Стригин Е.Ю., Шапошникова Т.Л. Лабораторный физический практикум по изучению фазовых переходов первого рода // Среднее профессиональное образование. – М. : ИПР СПО, 2010. – № 8. – С. 25–26.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СУШИЛЬНОЙ ПЕЧИ

© Мухаметшин Р.Р.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

### **Введение**

Сегодня практически для каждого промышленного предприятия актуальны задачи обеспечения оперативности принятия управленческих решений на основе достоверной информации. Оперативность принятия быстрых решений достигается автоматизацией расчетов.

Предметом данной работы является создание программного продукта для расчета ряда статей прихода и расхода теплоты, которые необходимо рассчитать, чтобы определить необходимое количество теплоносителя [1].

### **Описание агрегата**

Объект информатизации представляет собой печь электросопротивления камерного типа, имеющую выносные (отделенные от рабочего пространства) топки и тележку и предназначенную для сушки литейных форм и стержней. Принцип действия печи периодический [2].

Объект относится к печам косвенного действия, т. е. теплогенерация в них производится не в рабочем пространстве, а в отдельном нагревательном элементе. Время сушки составляет 8 часов, по истечению которого концентрация влаги в сушимом материале уменьшается до необходимого значения. Между поверхностью, с которой происходит испарение, и внутренними слоями возникает разность концентраций. Влага при подходе к поверхности тела превращается в пар и удаляется в окружающую среду.

Стержни доставляются в сушильную камеру печи с помощью тележки. В качестве материала стен и свода применяется строительный кирпич. Вдоль стен и под сводом находятся электронагревательные элементы. В своде печи предусмотрено отверстие для отвода паров из сушила.

### **Основные этапы разработки**

Математическая модель задачи строится на основе методики расчета теплового баланса сушильных печей. Исходными данными для расчета являются параметры загружаемого материала, особенности конструкции печи, табличные величины и температуры газов и поверхностей. Правильность модели проверяется с помощью Microsoft Office Excel.

Проектирование программного обеспечения включает в себя этап функционального моделирования. Функциональная модель помогает визуализировать структуру программы и состоит из следующих ключевых блоков: процессы, связанные с операциями над исходными данными (загрузка, редактирование, сохранение), процесс расчета и процессы формирования и отображения отчета.

Следующий этап в разработке программного обеспечения – проектирование логики расчета в пакете Microsoft Office Visio 2010 в виде диаграмм. Этот этап необходим для отображения связей между множеством различных данных. Спецификация к диаграммам содержит все условные обозначения и необходимые формулы.

В дальнейшем разработана математическая библиотека на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2010. Она представляет из себя динамически подгружаемую библиотеку dll. В нее закладывается весь математический аппарат, реализованный в данном программном продукте.

Программный интерфейс, с которым непосредственно взаимодействует пользователь, разработан в виде отдельного самостоятельного проекта. Далее к нему подключается динамическая библиотека и собирается общий проект. Преимущество данного подхода заключается в возможности модернизации алгоритма расчета, исправления в нем недоработок или неточностей без перекомпиляции программы путем обновления файла математической библиотеки dll. На рисунке 1 изображено главное окно интерфейса программы. В основу проектирования структуры ПО положен объектно-ориентированный подход [3].

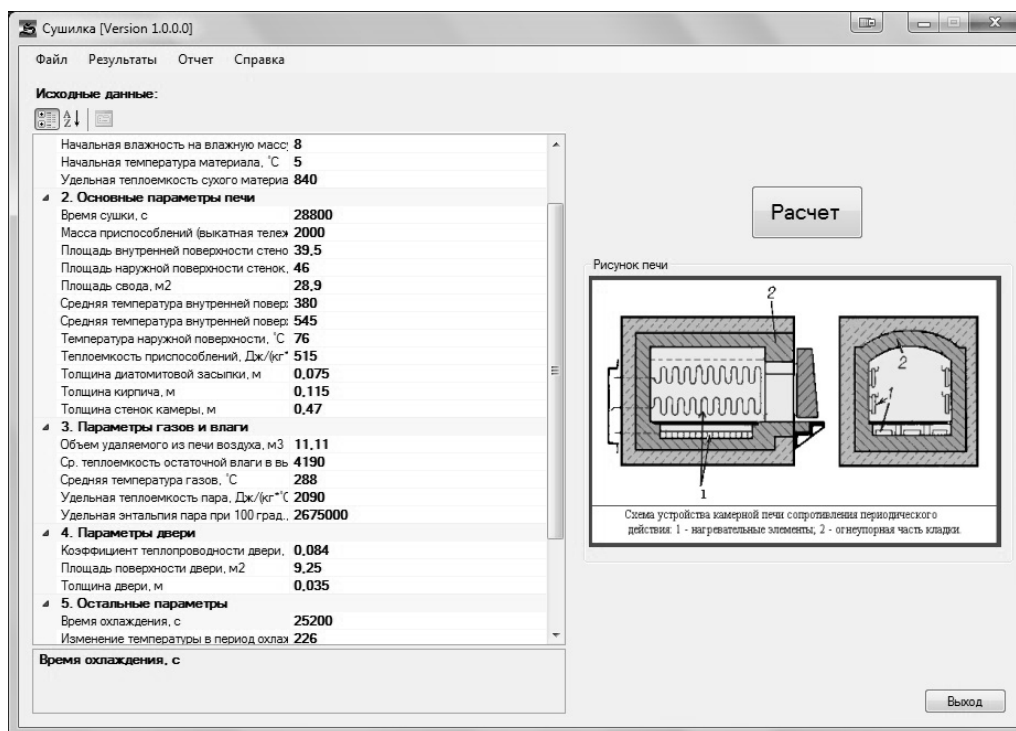


Рис. 1. Главное окно программы

Тестирование программы. Для этого использовалось средство тестирования модулей NUnit, в котором можно создавать тесты для библиотек, разрабатываемых на платформе .NET Framework [4]. Для осуществления тестирования в библиотеке создаются классы. Через графическую оболочку NUnit производится запуск тестов и просмотр результатов.

В рамках проекта создана контекстно-зависимая справка, которую можно вызывать во время работы программы. Она содержит всю необходимую информацию по продукту, технологию его использования и описание возможных ошибок (рисунки 2).

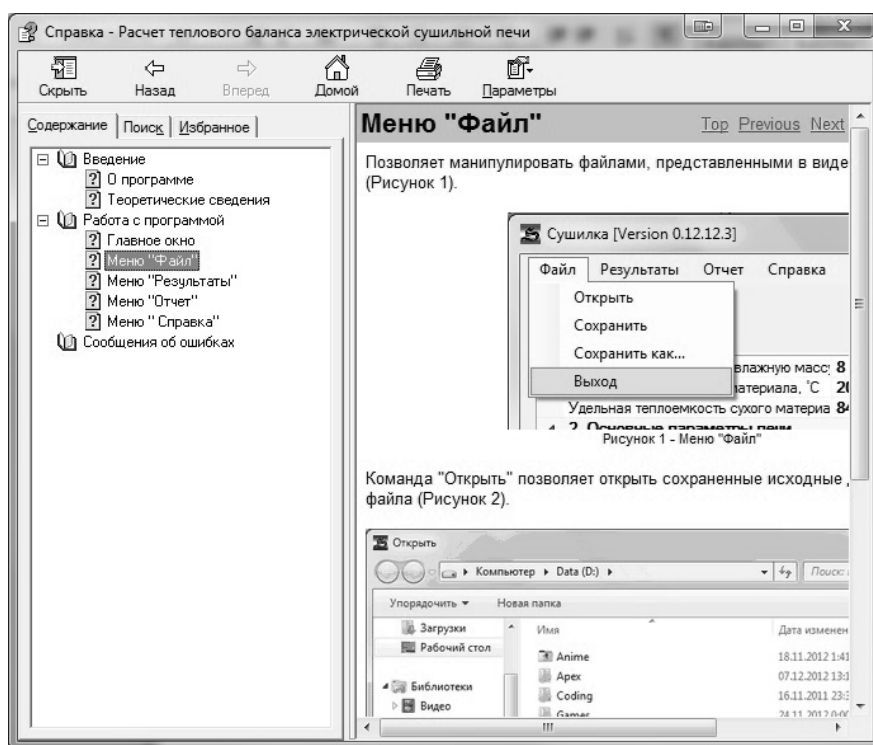


Рис. 2. Справка

Следующим этапом было создание дистрибутива в рамках среды Microsoft Visual Studio 2010 посредством встроенной возможности добавления проекта развертывания.

Полученный продукт обладает следующим функционалом:

- возможность ввода и корректировки исходных данных;
- возможность сохранения введенных исходных данных;
- контроль над вводом данных и недопущение ввода некорректных данных;
- представление результатов расчета в численном виде и в виде графического изображения;
- настройка и создание отчета о работе программы с возможностью экспорта в форматы Word, Excel, PDF;
- возможность получения справочного материала во время работы программы.

Также с помощью программы можно производить анализ тепловой работы печи. Для этого достаточно изменять необходимые исходные параметры, чтобы понять, как это повлияет на результаты сушки материалов и показатели печи, такие как статьи расхода, мощность, коэффициент полезного действия и т.д.

### **Заключение**

Разработанное программное средство позволяет решить задачу расчета теплового баланса электрической сушильной печи. Таким образом, заложенная в начале этапа проектирования функциональность была достигнута. Основные пользователи программного обеспечения – инженеры, контролирующие ход технологического процесса и студенты ВУЗов.

### **Список использованных источников**

1. Гордон, Я. М., Теплотехнические расчеты металлургических печей / Гордон Я. М., Зобнин Б. Ф., Казяев М. Д. [и др.] // Учебник для студентов вузов. Издание 3-е. М., «Металлургия», 1993, с.368.
2. Мاستрюков, Б. С. Теплотехнические расчеты промышленных печей / Мاستрюков Б. С. // Издательство «Металлургия», 1972, с. 368.

3. Бадд, Т. Объектно-ориентированное программирование в действии / Т. Бадд // СПб.: Питер, 2000.
4. Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования: пер. с англ. / Э. Гамма, Р. Хелм // СПб.: Питер, 2007, 366 с.

## ТАКСОНОМИЯ И ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

© Накоскина М.А., Казанцев С.В.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

**Введение.** В нашей жизни мы повседневно занимаемся тем, что группируем или как-то выделяем предметы, классифицируем их. Мы сталкиваемся с огромными объемами данных в разных областях: органический мир, объекты географии, геологии, языкознания, этнографии и многих других. Не является исключением и металлургическая промышленность. В ходе экспериментов сбора промышленной статистики получают огромные массивы данных, которые нередко очень сложно интерпретировать. Поэтому для их систематизации используют таксономию.

Таксономия – это теория классификации и систематизации сложноорганизованных областей действительности, имеющих обычно иерархическое строение. Термин «таксономия» впервые был предложен в 1813 году Огюстом Декандром, занимавшимся классификацией растений, и изначально применялся только в биологии. Позже этот термин стал использоваться для обозначения общей теории классификации и систематизации сложных систем как в биологии, так и в других областях знаний.

Группировка объектов (часто употребляют также термины "автоматическая классификация", "самообучение", "кластеризация" и т.д.) по схожести их свойств упрощает решение многих практических задач анализа данных. Так, если объекты описаны свойствами, которые влияют на общую оценку их качества, то в одну группу (таксон) будут собраны объекты, обладающие приблизительно одинаковым качеством. Таксономия как наиболее значимый раздел систематики требует установление таксономических рангов, т.е. выполнение процедуры правильной градации, предусматривающей последовательное включение класса в класс (иначе: предполагает классификацию предметов, явлений или категорий по какому-либо признаку или принципу и исследует вопросы объема и взаимного отношения соподчиненных групп или категорий). Таксономические, или систематические, категории – понятия, применяемые в таксономии для обозначения соподчиненных групп объектов – таксонов. Таксон – группа дискретных объектов, связанных той или иной степенью общности свойств и признаков. Таким образом, вместо того, чтобы хранить в памяти все объекты, достаточно сохранить описание типичного представителя каждого таксона (прецедента), перечислить номера объектов, входящих в данный таксон, и указать максимальное отклонение каждого свойства от его среднего значения для данного таксона. Этой информации обычно бывает достаточно для дальнейшего анализа изучаемого множества объектов [2].

В многомерном статистическом анализе каждый объект описывается вектором, размерность которого произвольна (но одна и та же для всех объектов). Однако человек может непосредственно воспринимать лишь числовые данные, точки на плоскости или в трехмерном пространстве. Непосредственное восприятие данных более высокой размерности невозможно. Поэтому вполне естественным является желание перейти от многомерной выборки к данным небольшой размерности, чтобы «на них можно было посмотреть». Кроме стремления к наглядности, есть и другие мотивы для снижения размерности. Те факторы, от которых интересующая переменная не зависит, лишь мешают статистическому анализу. Поэтому желательно избавиться от таких факторов. Метод главных компонент является одним из наибо-

лее часто используемых методов снижения размерности. Основная его идея состоит в последовательном выявлении направлений, в которых данные имеют наибольший разброс [1].

**Постановка задачи.** Разрабатываемое программное обеспечение предназначено для решения задачи таксономии количественных данных, что может значительно облегчить интерпретацию больших массивов экспериментальных значений, получаемых практически в любой научной сфере.

В процессе проектирования программного обеспечения необходимо решить следующие задачи:

1. Ввод экспериментальных данных из источника и вывод таблицы в окне программы;
2. Процедура нормировки данных с выводом таблицы нормированных значений в отдельном окне;
3. Выполнение непосредственно алгоритма таксономии векторов с возможностью настройки и корректировки таксонов;
4. Приведение исходной размерности данных к двух- и трехмерным размерностям;
5. Отображение данных на плоскости и в пространстве;
6. Масштабирование и выбор угла зрения на визуальное представление данных по выбору пользователя;
7. Занесение полученных данных в базу данных;
8. Предоставление пользователю понятного, удобного для работы интерфейса;
9. Наличие в программном обеспечении справочной системы.

Пользователем разрабатываемого программного обеспечения может являться исследователь, работающий с большими объемами информации, занимающийся сборами статистических данных в любой научной сфере. Главной задачей пользователя является контроль информативности собираемых данных. В данном случае, возможность визуализации, предоставленная в программном обеспечении, будет являться неотъемлемой помощью в определении информативности признаков. То есть, наглядно будет показано, какие из полученных данных являются наиболее информативными для конкретной исследуемой области.

**Выбор средств разработки.** Исходя из поставленных задач, в качестве системы управления базами данных будет использована FirebirdSQL, компактная, кроссплатформенная, свободная система управления базами данных (СУБД), работающая на Linux, Microsoft Windows и разнообразных Unix платформах. В качестве преимуществ Firebird можно отметить многоверсионную архитектуру, обеспечивающую параллельную обработку оперативных и аналитических запросов, компактность, высокую эффективность и мощную языковую поддержку для хранимых процедур и триггеров. Firebird является сервером баз данных. Один сервер Firebird может обрабатывать несколько сотен независимых баз данных, каждую с множеством пользовательских соединений. Он является полностью свободным от лицензионных отчислений даже для коммерческого использования.

Непосредственно пользовательский интерфейс и сами алгоритмы нормировки и таксономии планируется реализовать в интегрированной среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio 2010. В качестве языка программирования будет использован объектно-ориентированный язык программирования C#, который на данный момент является одним из самых современных и удобных для разработки.

Визуализировать полученные данные планируется также средствами Microsoft Visual Studio 2010, дополнительно подключив Tao Framework, свободно-распространяемую библиотеку, с открытым исходным кодом, предназначенную для быстрой и удобной разработки кроссплатформенного мультимедийного программного обеспечения в среде .NET Framework. В состав библиотеки на данный момент входят все современные средства, которые могут понадобиться в ходе разработки мультимедиа программного обеспечения: реализация библиотеки OpenGL, реализация библиотеки FreeGlut, содержащей все самые новые функции этой библиотеки, библиотека DevIL (легшая в основу стандарта OpenIL – Open Image Library), и многие другие. На сегодняшний день, Tao Framework – это лучший путь для использования библиотеки OpenGL при разработке в среде .NET на языке C#.

**Заключение.** Преимущество разрабатываемого программного обеспечения заключается в универсальности его дальнейшего использования, ввиду возможности применения в любых сферах научной деятельности, в том числе и в металлургической промышленности. Выбранные средства разработки позволяют решить все поставленные перед разработчиком задачи. Готовое программное обеспечение может быть использовано для синхронизации статистических данных практически в любой области, обладая при этом доступным интерфейсом и возможностью наглядного представления полученных результатов.

#### Список использованных источников

1. А.И. Орлов. Прикладная статистика/ А.И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.
2. Н.Г. Загоруйко. Прикладные методы анализа данных и знаний/ Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Издательство Института математики, 1999. – 270 с.

### ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СДО MOODLE

© Нургалина Р.Г., Ильина Е.А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный  
технический университет имени Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

Модернизация российского образования имеет своей целью повышение его качества, достижение новых образовательных результатов, адекватных требованиям современного общества. Она в значительной мере обусловлена тем, что образовательный процесс стал все в меньшей степени соответствовать социальным ожиданиям.

Это привело к тому, что традиционная система обучения стала недостаточно эффективной и требует инновационных технологий, основанных на использовании единой информационной образовательной среды (ИОС). Основной целью создания ИОС является не только усвоение знаний, но и овладение способами этого усвоения, развитие познавательных потребностей и творческого потенциала студентов.

Одним из основных направлений образовательной деятельности ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова» является внедрение информационной образовательной среды, разработанной на основе портальной технологии LMS Moodle.

Эффективная организация образовательной деятельности требует построения индивидуальных образовательных программ и траекторий для каждого студента. Так же важно и то, что она влияет на мировоззрение студентов, формирует их ответственное отношение к делу и развивает рефлексию.

Рефлексия – обращение назад, то есть способность человека возвращаться к началу своих мыслей, умение стать сторонним наблюдателем, понимание все что делаешь, размышление, как познаешь окружающий мир и самого себя. Она способствует развитию самостоятельной работы студентов, в том числе умение самостоятельно усваивать большое количество информации и получение на их основе профессиональных компетентных решений [1].

Особенно актуальна рефлексия для дистанционных форм обучения, когда преподаватель и студент разделены пространством. Одной из средств дистанционного обучения является Learning Management System Moodle, которая является аббревиатурой словосочетания “Modular Object–Oriented Dynamic Learning Environment” (модульная объектно-ориентированная динамическая среда обучения) и представляет собой автоматизированную, основанную на компьютерных и интернет-технологиях, систему управления обучением.



В процессе обучения рефлексия играет роль «обратной связи». Тогда студент получает возможность проанализировать собственную учебную деятельность и скорректировать сложившуюся ситуацию. Эффективная организация обратной связи позволит преподавателю оценить прогресс студентов, определить, насколько эффективна организованная им передача знаний, а также своевременно внести коррективы в образовательный процесс (рисунок 1).

Уровень рефлексии определяется по следующим выделенным критериям: рефлексивность, коллективность, самокритичность, автономность [2].

Рефлексивность – свойство психики, представляющая собой способность к самопознанию. Она помогает студентам разобраться в своих мыслях.

Самокритика – рефлексивное отношение человека к себе, способность к самостоятельному поиску ошибок, оценке своего поведения и результатов мышления. В обучении этот критерий помогает студентам прикладывать усилий для получения знаний и добиваться поставленной цели.

Коллективность – способность понимать других людей. Студенты, обладающие высоким уровнем коллективности, больше приспособлены к коллективной деятельности и лучше понимают окружающий мир.

Автономность – способность студента самостоятельно управлять процессом своего обучения применительно ко всем его основным компонентам: целям, содержанию, средствам и способам деятельности. «Автономные» студенты проявляют в учебной деятельности следующие качества: настойчивость, целеустремленность, развитый самоконтроль, уверенность в себе, склонность к самостоятельному выполнению работы и т.д.

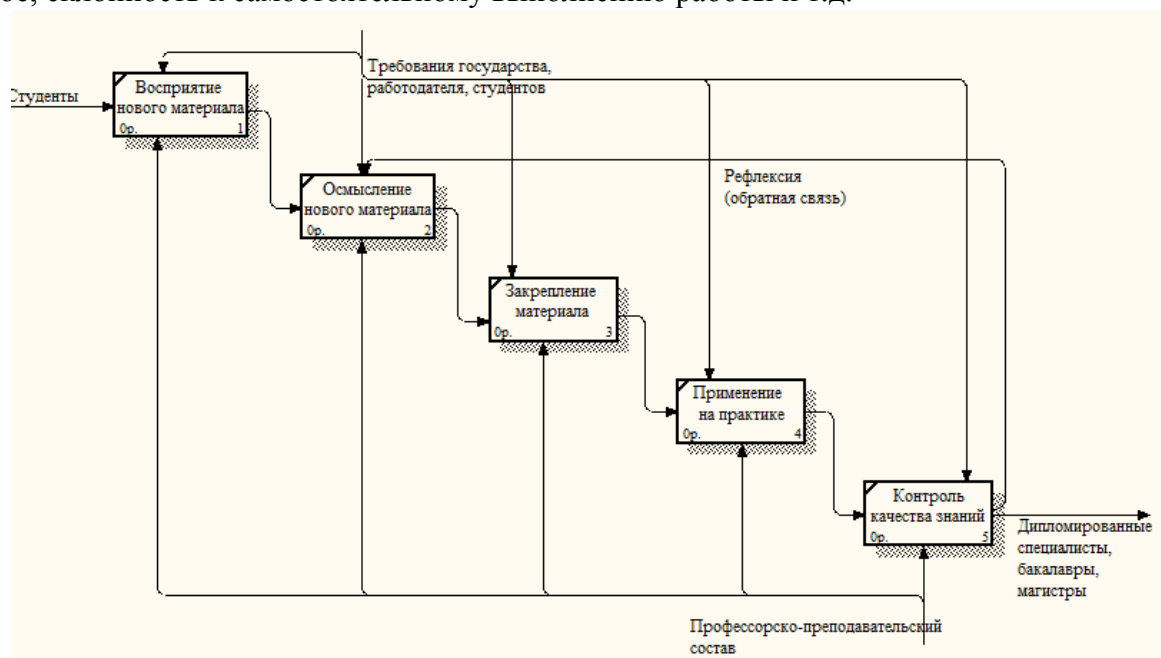


Рис. 1. Функциональная модель процесса обучения студентов

Входом данной структуры являются студенты с различным уровнем рефлексии. Для его определения предусмотрен входной контроль, предполагающий выявление способности к рефлексии студентов с помощью анкетирования. В зависимости от результатов входного контроля могут быть построены образовательные траектории, направленные на формирование высокого уровня рефлексии. Усвоения студентами учебного контента приводит к прохождению контроля, который измеряет уровень полученной рефлексии студентов, с помощью системы принятия решений.

В основу этой системы положены формализованные в виде нечеткой базы знаний лингвистические высказывания (1).

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\} \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_{81}\},$$

где  $x_1$  – уровень рефлексивности;

- x2 –уровень самокритичности;
- x3 –уровень коллективности;
- x4 –уровень автономности.

Нечеткая модель представляет собой аппроксимацию зависимости «входы –выход» на основе лингвистических высказываний типа «ЕСЛИ–ТО» и операций нечеткого логического вывода. Типовая структура нечеткой модели показана на рисунке 2.

Нечеткая модель содержит следующие блоки:

- 1) фаззификатор преобразует фиксированный вектор влияющих факторов в вектор нечетких множеств, необходимых для выполнения нечеткого логического вывода;
- 2) нечеткая база знаний содержит информацию о зависимости в виде лингвистических правил типа «ЕСЛИ – ТО»;
- 3) машина нечеткого логического вывода на основе правил базы знаний определяет значение выходной переменной в виде нечеткого множества, соответствующего нечетким значениям входных переменных;
- 4) дефаззификатор преобразует выходное нечеткое множество в четкое число;
- 5) принятие решений об уровне рефлексии с выдачей рекомендаций по модификации образовательного процесса [3].



Рис. 2. Типовая структура нечеткой модели

Для нечеткого моделирования зависимости (1) необходимо:

- представить входные ( $x_1$ – $x_4$ ) и выходную ( $y$ ) переменные в виде лингвистических переменных;
- формализовать в виде нечеткой базы знаний экспертные лингвистические высказывания о взаимосвязи входов и выхода;
- обучить нечеткую модель путем настройки функций принадлежности и весов правил с целью минимизации отклонения между результатами моделирования и экспериментальными данными.

Уровень рефлексии определяется по анкете О. С. Анисимова, которая была сформирована из вопросной базы, используя элемент курса – Тест [4].

Анализ данных проводился по выделенным критериям.

Для анкеты О. С. Анисимова была сделана модификация теста состоящая из:

- 1) рефлексивности;
- 2) самокритичности;
- 3) коллективности;
- 4) тест «Автономность» вводился отдельно.

Полученные в результате исследования данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования

Курс	Рефлексивность			Самокритичность			Коллективность			Автономность		
	низкий	средний	высокий	низкий	средний	высокий	низкий	средний	высокий	низкий	средний	высокий
1	10%	60%	30%	30%	20%	50%	10%	30%	60%	11%	34%	54%
3	36%	56%	8%	12%	24%	64%	20%	56%	24%	25%	25%	50%
5	6%	67%	27%	13%	40%	47%	13%	40%	47%	5%	21%	73%

Делая окончательное обобщение полученных результатов, можно сделать вывод, что в связи с большей учебно-исследовательской деятельностью у студентов старших курсов лучше развит механизм рефлексии.

Таким образом, в образовательном процессе рефлексия выступает как средство обратной связи, позволяющее студентам проанализировать собственную деятельность, а преподавателю с помощью элементов контроля измерить уровень рефлексии, который состоит из вышерассмотренных критериев (рефлексивности, коллективности, самокритичности, автономности).

В работе предложена система принятия решений для измерения уровня рефлексии студентов. В основу метода положена формализация лингвистических высказываний – правил в виде нечеткой базы знаний. Предлагаемые рекомендации позволяют преподавателю скорректировать траекторию образовательного процесса, тем самым повысив уровень рефлексии студентов. Предложенная модель может использоваться при оценивании качества образовательного процесса.

**Список использованных источников**

1. Нургалина Р. Г. Рефлексия как механизм повышения познавательной деятельности студентов технического университета/ Р. Г. Нургалина, Е. А. Ильина // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: сб. науч тр. Sword – Одесса, 2011. – Т. 15, №4. – С. 65 – 69.
2. Нургалина Р. Г., Ильина Е. А. Функциональная модель измерения уровня рефлексии // Вестник магистратуры, 2012, № 9–10 – С. 54–56.
3. Нургалина Р.Г., Ильина Е.А. Принятие решений при измерении уровня рефлексии в системе дистанционного обучения// Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2012. – № 12. – С. 250–256.
4. Нургалина Р. Г. Информационно-образовательная среда при измерении уровня рефлексии/ Р. Г. Нургалина, Е. А. Ильина // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012: сб. науч тр. Sword – Одесса, 2012. – Т. 13, №4. – С. 3 – 6.

# УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НОВОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

© Нурмухаметов В.Н., Белавенцев Д.А., Усачева Д.Ю.

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

На кафедре информационных технологий в металлургии СибГИУ создана низкотемпературная физическая модель самоорганизующегося струйно-эмульсионного агрегата на которой, кроме основной задачи (исследование газодинамики двухфазных сред), возможна реализация многоцелевых лабораторно-практических работ для всех основных уровней систем автоматизации. Основные задачи решаемые с помощью комплекса, рассмотрены в работе [1].

Мы же остановимся на аспектах создания системы автоматизации лабораторной установки, составными частями которой являются:

- шкаф автоматизации;
- система подачи реагентов;
- реакционные агрегаты;
- ПЛК;
- датчики;
- электропривод с отсечным клапаном.

Шкаф автоматизации содержит:

- 3 аналоговых модуля ввода (МВА–8);
- 2 многоканальных блока питания (БП14–Д4.4–24);
- 1 модуль дискретного вывода (МУ110–224.8P).

В состав реакционных агрегатов входят 5 объектов, один сферической формы (реактор-осциллятор) и 4 цилиндрической формы (реактор-гранулятор, рафинирующий отстойник, котел-утилизатор, аппарат кипящего слоя). Агрегаты выполнены из оргстекла.

«Мозгом» установки является программируемый логический контроллер ПЛК–150 фирмы ОВЕН. Данный контроллер обладает рядом преимуществ. Среди них стоит отметить следующее. Отсутствие операционной системы, возможность работы по любому нестандартному протоколу, широкие возможности самодиагностики, возможность «горячей» замены программы, встроенный аккумулятор и часы реального времени. ПЛК конфигурируется персональным компьютером посредством интерфейса RS–485 и программного комплекса CoDeSys.

Отметим, что в системе измеряются температура, избыточное давление и дифференциальное давление (расход). В связи с этим в установке используются:

- 11 датчиков избыточного давления ОВЕН ПД100–ДИ0,6–311–1,0;
- 3 датчика дифференциального давления Элемер АИР–10/М1–ДД 1457;
- 9 термопар ОВЕН ДТПЛ 204–00.40/0,6.

Для регулирования расхода реагентов используется электропривод с отсечным клапаном.

Схема взаимодействия объектов системы автоматизации приведена на рисунке 1. Первым делом стоит выделить две подсистемы – подсистема верхнего уровня и подсистема нижнего уровня.

Первая подсистема связывает между собой серверный ПК, клиентские ПК и ПЛК. Связь в данной системе происходит по протоколу ModbusTCPc использованием интерфейса RJ–45 (локальная сеть). Использование интерфейса RJ–45 позволяет любому компьютеру в локальной сети СибГИУ (клиентские ПК) иметь доступ к HMI-системе автоматизации. Для доступа такого рода необходима установка SCADA-системы Aggregatena клиентских компьютерах. Использование локальной сети вуза в качестве сети передачи данных является

причиной использование протокола ModbusTCP (модификация Modbus для сетей на основе TCP/IP).

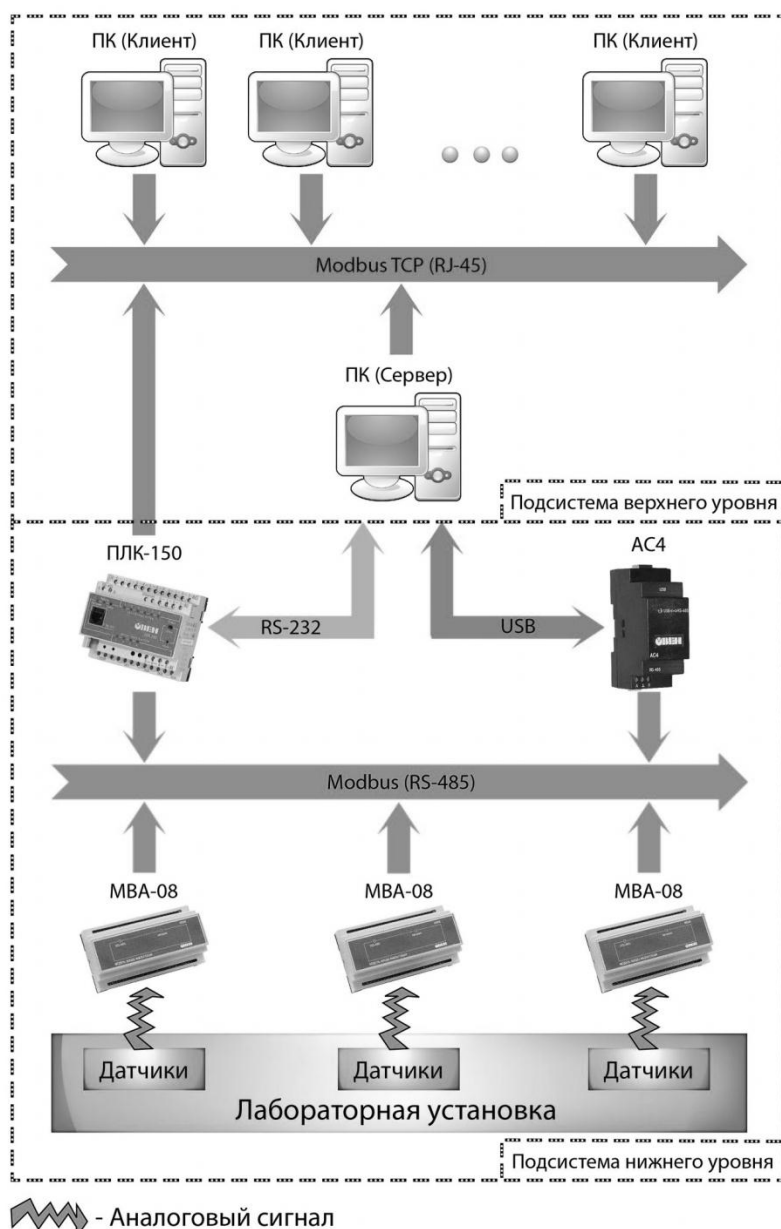


Рис. 1. Схема взаимодействия объектов системы автоматизации

Вторая подсистема – нижнего уровня – объединяет элементы автоматики (ПЛК, МВА–8, датчики). Связь в этой системе производится по протоколу Modbus использованием интерфейса RS–485. Использование интерфейса RS–485 в наши дни является стандартом для организации связи между электронными средствами автоматизации. В связи с этим используется протокол Modbus.

Таким образом, для передачи данных с нижнего уровня на верхний существует 3 альтернативных канала передачи данных. Основным каналом связи выступает интерфейс RJ–45 (локальная сеть), а в качестве резервных – интерфейсы COMи USB. При обрыве связи по одному из каналов OPC-сервер произведет автоматическое переключение на резервный канал (очередность переключения следующая – RJ–45, COM, USB). Данное решение позволяет существенно повысить надежность системы.

На рисунке 2 показана схема движения данных в системе автоматизации. Отметим, что в информационной подсистеме передаются либо контрольные, либо настроечные параметры.

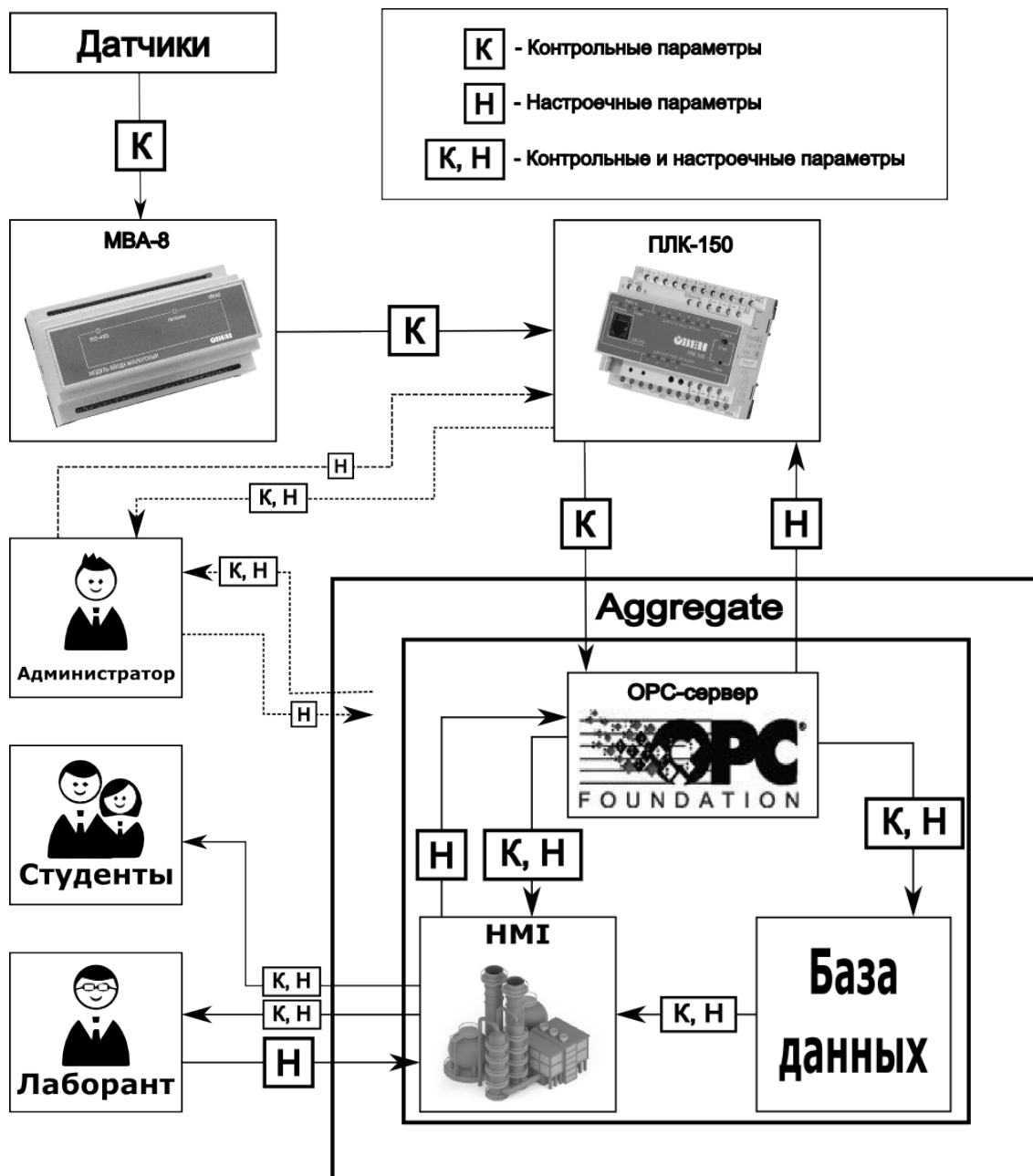


Рис. 2. Схема движения данных в информационной подсистеме

К контрольным параметрам относятся:

- температура в нагревательном контуре (подогрев воздуха);
- давление в нагревательном контуре (подогрев воздуха);
- температура в буферном баке;
- давление в буферном баке;
- температура в реакторе-осцилляторе;
- давление в реакторе-осцилляторе;
- температура в рафинирующем отстойнике в 3 точках;
- давление в рафинирующем отстойнике в 3 точках;
- температура в реакторе-грануляторе;
- давление в реакторе-грануляторе в 2 точках.

К настраечным параметрам относятся:

- расход реагентов, поступающих в реактор-осциллятор;

- температура реагентов, поступающих в реактор-осциллятор.

Контрольные параметры передаются от датчиков в виде аналогового сигнала в модуль аналогового ввода МВА–8, после чего МВА–8 преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает данные в ПЛК. Затем OPC-сервер принимает данные от ПЛК. Из OPCсервера данные попадают в базу данных (в режиме OPCHDA – HistoricalDataAccess) и в НМІ(в режиме OPCDA – DataAccess).

Необходимость накапливать исторические данные в режиме OPCHDA обусловлена тем, что наличие большого количества таких данных делает возможным проведение различного рода исследований, связанных с процессами, протекающими в агрегатах типа СЭР (струйно-эмульсионный реактор).

Важную роль в системе играют настроечные параметры – они определяют характер работы агрегатов. Набор значений настроечных параметров по умолчанию, необходимый для работы комплекса, записан в памяти ПЛК. При необходимости, настроечные параметры могут быть изменены из НМІ. Эти изменения передаются через OPC-сервер в ПЛК. В свою очередь ПЛК изменяет настроечные параметры по умолчанию на заданные.

Основными пользователями лабораторного комплекса являются – студенты, лаборант и администратор. Все эти группы пользователей имеют доступ к просмотру значений контрольных и настроечных параметров в HMISCADA-системы. При это задавать настроечные параметры могут лишь лаборант и администратор. Подобное разделение прав доступа сделано в целях безопасности.

Благодаря созданному автоматизированному лабораторному комплексу перед студентами и аспирантами открывается широкий спектр направлений в учебной и научной деятельности. Студенты старших курсов получают возможность на наглядном примере ознакомиться с самоорганизующимся процессом. Помимо этого, в ходе использования лабораторного комплекса они осваивают структуру системы автоматизации и работу со SCADA-системой (в частности с НМІ). Для аспирантов (лаборантов) помимо тех возможностей, которые доступны студентам предоставляется возможность изменять настроечные параметры в системе – проводить исследования в области самоорганизации на примере процессов, протекающих в агрегатах типа СЭР (струйно-эмульсионный реактор).

### Список использованных источников

1. Падалко А.Г., Оленников А.А., Нурмухаметов В.Н. и др. Многоуровневая обучающая автоматизированная система на основе низкотемпературной физической модели нового металлургического агрегата / Под ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург : УГТУ – УПИ, 2012. – 437 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ LMS MOODLE

© Огнева Е.С., Майорова Е.С.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И.Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия

Сегодня многие ВУЗы используют СДО *LMS Moodle* в качестве инструмента улучшения качества образования. Для успешной организации дистанционного образования необходимо соответствующее техническое, программное и информационное обеспечение. Некоторым техническим ВУЗам, например, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» необходимы технологии наполнения математическим контентом образовательного портала *LMS Moodle*.

Общение в рамках многих дистанционных программ весьма неудобно без формул. Система дистанционного обучения *LMS Moodle* имеет возможности использования формул в

рамках всех деятельностных элементов курса и коммуникативных инструментов системы [1].

При составлении вопросов по точным дисциплинам (математический анализ, физика или схемотехника), записи лекций в курс иногда требуется вставить математическую формулу. Существует несколько способов вставки формулы в элемент курса *LMS Moodle* [2].

*Первый способ:*

Вставка формулы в виде картинки в формате JPEG, GIF, PNG и других. Для этого нужно загрузить картинку с формулой на сервер (рис.1а), а затем нажать иконку вставки изображения и выбрать уже загруженную картинку с формулой. Либо загрузить картинку с формулой во время редактирования элемента курса. Итак, формула принимает вид (рис.1б).

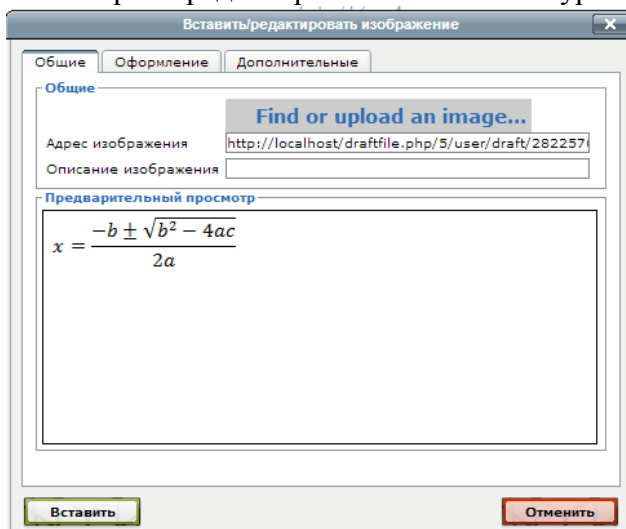


Рис. 1а. Загрузка картинки с формулой на сервер

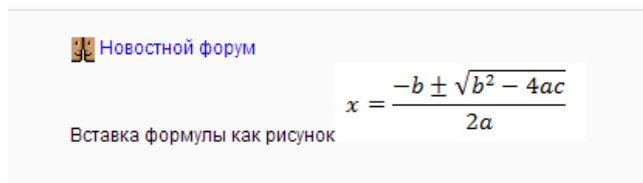



Рис. 1б. Вид формулы, вставленной в виде картинки, на образовательном портале

*Второй способ:*

Создавать формулы можно с помощью TeX – широко распространенной системы компьютерной верстки, созданной Дональдом Кнуттом, и применяющейся во всем мире, в том числе для набора сложных математических формул [1].

Чтобы подключить плагин «Формулы в формате TeX» нужно зайти в меню «Администрирование», там выбрать пункт «Плагины», затем «Фильтры», далее «Управление фильтрами». Найти строку с нужным плагином, выставить режим «Включено» и сохранить. Далее на панели инструментов в режиме редактирования элемента курса появится иконка , что свидетельствует о подключенном плагине.

Текстовое представление формулы на TeX можно просто вставить в текст и с двух сторон обрмить символами \$\$ (без пробелов). Такое текстовое представление формулы будет автоматически преобразовано в рисунок. В режиме редактирования снова можно увидеть текстовое представление формулы TeX (рис.2а) [2]. Окончательный вид формулы (рис. 2б).

Если требуется вставить греческую букву или специальный математический символ, необходимо использовать зарезервированные команды языка TeX. Пример некоторых из них:



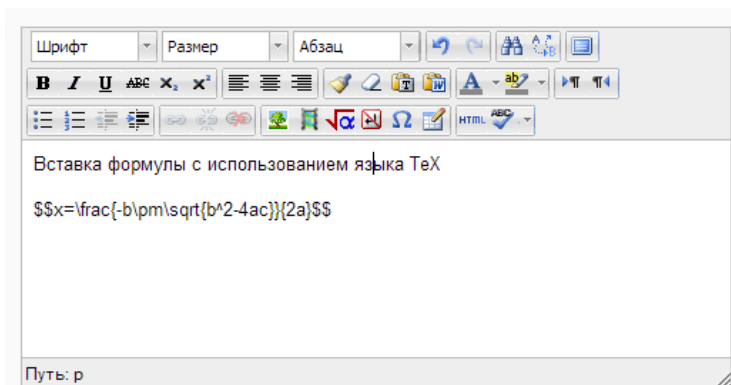


Рис. 2а. Запись формулы на языке TeX

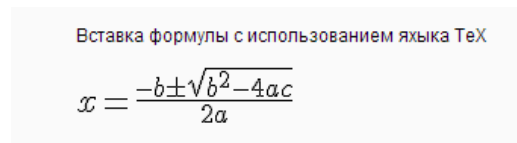


Рис. 2б. Вид формулы, записанной на языке TeX, на образовательном портале

Таблица 1

Команды языка TeX

Функции «типа синус»					
<code>\sin</code>	<code>sin</code>	<code>\tan</code>	<code>tan</code>	<code>\exp</code>	<code>exp</code>
<code>\cos</code>	<code>cos</code>	<code>\arctan</code>	<code>arctan</code>	<code>\dim</code>	<code>dim</code>
<code>\arcsin</code>	<code>arcsin</code>	<code>\log</code>	<code>log</code>	<code>\lg</code>	<code>lg</code>
<code>\arccos</code>	<code>arccos</code>	<code>\ln</code>	<code>ln</code>		
«Элементарные» операции:					
<code>\sum</code>	$\Sigma$	<code>\min</code>	<code>min</code>	<code>\int</code>	$\int$
<code>\lim</code>	<code>lim</code>	<code>\prod</code>	$\Pi$	<code>\oint</code>	$\oint$
<code>\max</code>	<code>max</code>	<code>\inf</code>	<code>inf</code>		
Греческие буквы					
<code>\alpha</code>	$\alpha$	<code>\iota</code>	$\iota$	<code>\sigma</code>	$\sigma$
<code>\beta</code>	$\beta$	<code>\kappaappa</code>	$\kappa$	<code>\varsigma</code>	$\varsigma$
<code>\gamma</code>	$\gamma$	<code>\lambda</code>	$\lambda$	<code>\tau</code>	$\tau$
<code>\delta</code>	$\delta$	<code>\mu</code>	$\mu$	<code>\upsilon</code>	$\upsilon$
<code>\epsilon</code>	$\epsilon$	<code>\nu</code>	$\nu$	<code>\phi</code>	$\phi$
<code>\varepsilon</code>	$\varepsilon$	<code>\xi</code>	$\xi$	<code>\varphi</code>	$\varphi$
<code>\zeta</code>	$\zeta$	<code>\pi</code>	$\pi$	<code>\chi</code>	$\chi$
<code>\eta</code>	$\eta$	<code>\varpi</code>	$\varpi$	<code>\psi</code>	$\psi$
<code>\theta</code>	$\theta$	<code>\rho</code>	$\rho$	<code>\omega</code>	$\omega$
<code>\vartheta</code>	$\vartheta$	<code>\varrho</code>	$\varrho$		

Третий способ:

Использование онлайн-сервисов для набора формул (рис.3а). мер <http://www.matheboard.de/formeleditor.php>. Выбирая нужную операцию, в окно редактирования вставляется ее интерпретация на языке TeX для дальнейшего редактирования. Кнопка «Vorschau» преобразует выражение в более наглядный вид. Далее полученную запись можно вставить в элемент курса между символами \$\$.

Стоит отметить, что этот способ требует знания языка TeX.

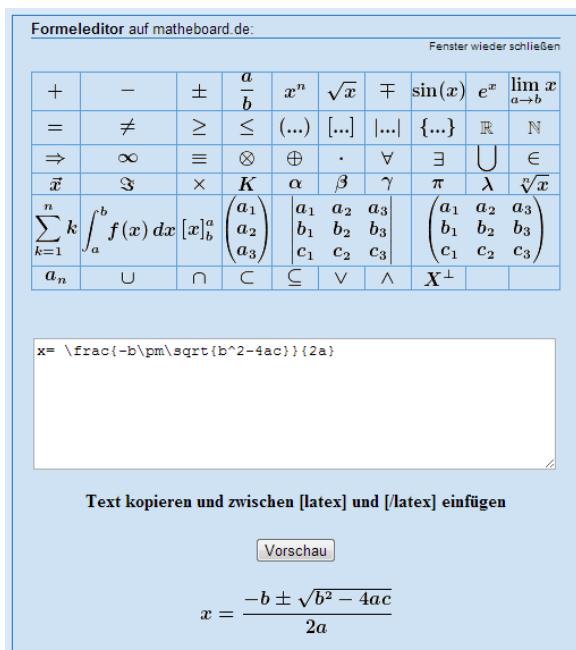


Рис. 3а. Онлайн-сервис набора формул

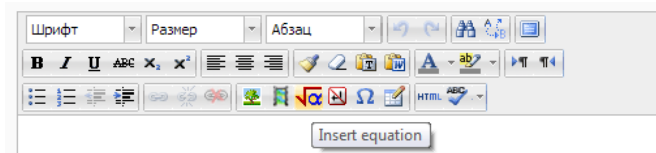


Рис. 3б. Панель инструментов

*Четвертый способ:*

С помощью встроенного редактора формул *DragMath*. На панели инструментов нужно нажать иконку вставки математического выражения (рис.3б).

Появляется окно редактирования формул. В нем набрать нужную формулу и нажать кнопку «Вставить» (рис.4а).

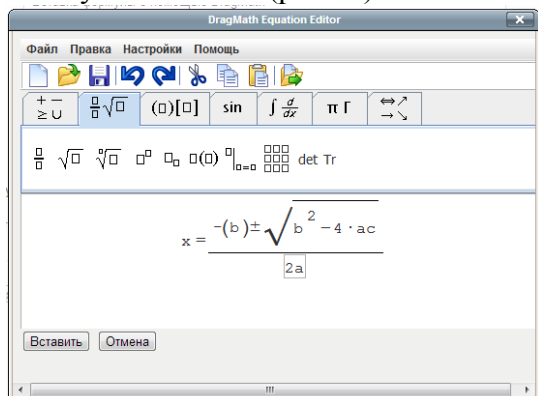


Рис. 4а. Окно редактора формул DragMath

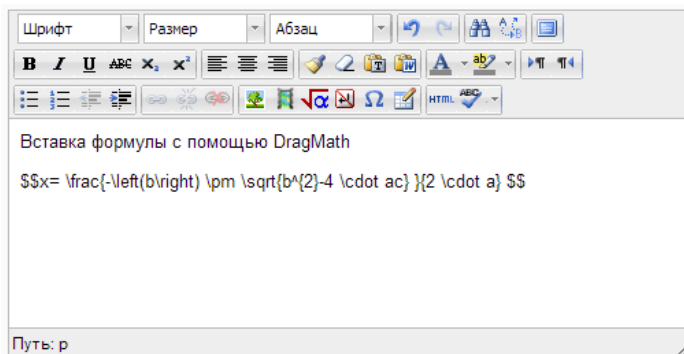


Рис. 4б. Вид формулы, записанной с помощью редактора DragMath

Окончательный вид формулы будет такой же как и у формулы написанной с помощью языка TeX (рис.2б). Данный способ ввода схож с вводом формул в редакторе *Microsoft Equation* в *Microsoft Word*.

*Пятый способ:*

С помощью программы *TeXaide*. Это бесплатная программа для преобразования формул в формат TeX. Порядок работы с программой:

- 1) Установить программу (перед установкой закрыть *Microsoft Word*);
- 2) Окно и интерфейс программы очень похож на интерфейс программы *Microsoft Equation* в текстовом редакторе *Microsoft Word* (рис.5а). Можно просто набрать нужную формулу, выделить ее и скопировать в буфер обмена, нажав Ctrl+C. Дальше установить курсор в нужное место текста в окне редактора *LMS Moodle* и нажать Ctrl+V. В результате в это место вставляется данная формула, записанная в тонации TeX.

3) Перед использованием программы *TeXaide*, нужно установить нужные параметры: В меню Edit выбрать опцию Translators. В списке Translators: надо выбрать *TeX-Plain TeX*. Снять галочки из полей «Include translator name in translation» и «Include MathType data in translation» (рис.5б).

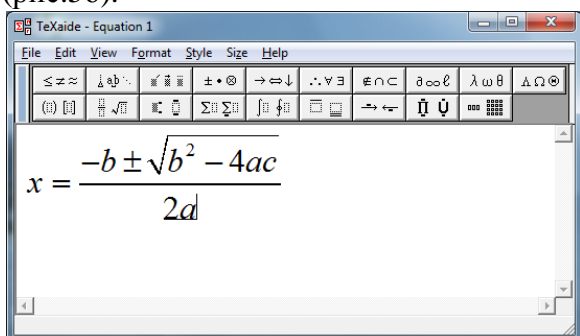


Рис. 5а. Вид программы TeXaide

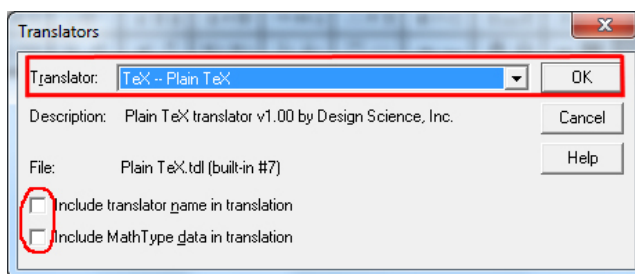


Рис. 5б. Окно настроек программы TeXaide

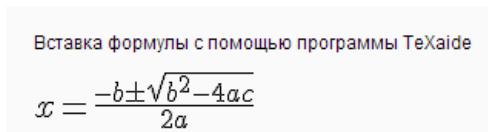


Рис. 5в. Окончательный вид формулы

Рассмотрев вышеописанные способы по наполнению математическим контентом образовательного портала *LMS Moodle* можно говорить о достоинствах и недостатках каждого из них.

При написании формул способами языка TeX (второй способ) и с использованием онлайн-сервисов требуется непосредственно знание синтаксиса языка, который не доступен обычному пользователю. Хотя этот язык прост, всё же требуется время для его изучения. Преимуществом же второго способа является редактирование формулы напрямую, без использования сторонних программ.

Вставка формулы в виде картинки, использование онлайн-сервисов, а также написание формулы с помощью приложения *TeXaide* являются невстроенными способами в *LMS Moodle*. В то время, как написание формул на языке TeX и с помощью редактора *DragMath* находятся внутри программного обеспечения *LMS Moodle* и просто требует дополнительных настроек.

Недостаток использования программы *TeXaide* заключается в том, что формула часто вставляется не с красной строки, а посреди текста. Тогда после вставки надо изъять лишние символы в конце абзаца. Достоинством *TeXaide*, а также *DragMath* является, по сути, эквивалентность редактору *Microsoft Equation* в *Microsoft Word*.

Несмотря на то, что для редактора *DragMath* требуются дополнительные настройки, это незначительный минус по сравнению с его достоинствами: обширные возможности по экспорту созданных внутри него формул в другие форматы, программы и приложения, что значительно расширяет его возможности по переносу в другие системы и позволяет работать с объектами этого типа не только внутри *LMS Moodle*. Следовательно, этот способ более удобен для создания курсов по точным дисциплинам.

Что касается вставки формул в виде картинки, то этот способ становится неактуальным, на фоне вышеописанных способов.

### Заключение

В статье были рассмотрены способы наполнения математическим контентом образовательного портала. Были выявлены достоинства и недостатки каждого способа. Объем статьи не позволяет полностью описать все возможности каждого способа.

Проведя исследование, было выяснено, что редактор формул *DragMath* и язык TeX наиболее удобны для написания сложных формул. Однако, каждый пользователь может выбрать более подходящий для него способ, с учетом его знаний.

## Список использованных источников

1. Андреев А.В., Андреева С.В., Доценко И.Б. Практика электронного обучения с использованием Moodle. – Таганрог: Изд-во. ТТИ ЮФУ, 2008. – 146 с.
2. Информационные технологии с Анной Самариной [Электронный ресурс] / Технологии Blogger Режим доступа: <http://samarina-it.blogspot.ru/2011/06/moodle.html>

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГИОНА

© Олейник Е.С.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

После распада Советского Союза, Российская Федерация, не имела опыта борьбы с незаконной миграцией и не могла регулировать потоки массовой миграции. В условиях упрощения порядка пересечения государственной границы это привело к притяжению мигрантов из регионов со сложной военно-политической, социально-экономической и демографической ситуацией.

Как следствие, особую актуальность приобрели проблемы, общие для всех развитых стран, встречающихся с интенсивными потоками миграции экономически и социально активного населения, но имеющие свои особенности, обусловленные геополитическим положением России. Отдельные регионы Российской Федерации принимают большие миграционные потоки: к ним можно отнести города федерального значения, приграничные области, экономические центры регионов-доноров.

Значительная часть мигрирующего населения представляет собой трудовой ресурс, обладающий при этом высокой мобильностью, которая способна отражать более подробное состояние занятости социально-демографических групп населения и позволяет отражать готовность населения изменить место проживания и социальный статус. Мобильность определяет потребность экономики в труде, а также способность и готовность субъекта к изменениям значительных характеристик труда.

Пристальное изучение сказанного выше, позволяет установить ряд факторов, непосредственно влияющих на миграцию:

1. Социально-профессиональная мобильность – позволяет изменить содержание трудовой деятельности, вызванной различными причинами. Она непосредственно связана с текучестью рабочей силы.

2. Территориальная мобильность – рассматривает пространственное перемещение трудоспособного населения, вызываемое изменениями в развитии и размещении производства, условиях существования рабочей силы.

3. Этнические факторы – определяются, во-первых, как миграции населения, в которых участвуют люди определенных этнических (национальных) принадлежностей; во-вторых, как миграции, где на первый план выступает роль этнического фактора.

4. Демографические факторы:

- выбытие людей из определённых мест составляет в большинстве случаев необходимую предпосылку к вселению в эти места других лиц;

- неудачное переселение само вызывает дальнейшее переселение мигранта-неудачника;

- в процессе миграции изменяется распределение родственников, друзей, земляков по территории, что существенно изменяет условия переселений, сами переселения дают ми-

грантам опыт устройства на новых местах, а также влияют на физическую и моральную дееспособность работника, что облегчает им вселение в определенные пункты [3].

Неблагоприятное воздействие на миграционную ситуацию внутри России, на состояние рынка труда имеет иммиграция, которая во многом определяется экономическим положением России и государств – бывших республик СССР, степенью стабильности внутривнутриполитической обстановки в других иностранных государствах. Из-за неуправляемой и неконтролируемой иммиграции происходит наполнение отдельных районов России неквалифицированной рабочей силой из соседних стран, особенно из стран Среднеазиатского региона, регионов Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии.

Переселения влияют на рождаемость, поскольку требуются определенные затраты времени, сил и средств. Миграция изменяет половую и возрастную структуру населения разных мест, что должно сказываться на брачности и, соответственно, рождаемости как в местах искажения нормальной структуры. Переселенцы по уровню рождаемости занимают промежуточное место между собственно горожанами и сельскими жителями, что у переселенцев рождаемость, выше, чем у коренных горожан [3].

Избыток низкоквалифицированных переселенцев в определенных географических местах приводит к тому, что появляются конфликты с местным населением. Для избежания конфликтов необходимо, чтобы миграция была контролируемой, следовательно, сделать ее прогнозируемой.

Серьезные работы по изучению причин миграции принадлежат к таким людям В.И. Переведенцев, Л.Л. Рыбаковского, Ю. Андриенко, С. Гуриева, Ж. Зайончковской, Вишневский А.Г.

1. Переведенцев В.И. в своей книге «Методы изучения миграции населения» уделил большое внимание разработке программы исследования, методам определения факторов миграции. Рассмотрел подходы к определению демографических и экономических последствий миграции.

2. Рыбаковский Л.Л. в своей работе «Факторы миграции населения и их классификации» разрабатывает теорию факторов и факторов миграции населения, в частности. В его работе анализируются различные классификации объективных и субъективных факторов, сделана попытка целостного изложения развития миграционной мысли и исследований миграции населения в России в советское и постсоветское время.

3. Благодаря работе Ж. Зайончковской «Внутренняя миграция в России: правовая практика» начали говорить о необходимости формирования миграционной стратегии с учетом реальных демографических процессов. В одной из работ анализируется правовое положение внутренних трудовых мигрантов в России. Выявлены конкретные препятствия на пути внутренней миграции и проявления нарушений прав трудящихся-мигрантов из числа собственных граждан. Публикация базируется на 30 углубленных интервью с экспертами, в качестве которых привлекались представители региональных и муниципальных властей; работодатели, нанимающие внутренних трудовых мигрантов; посредники-рекрутеры и сами мигранты.

4. Вишневский А.Г. «Демографическое будущее России» представляет первый масштабный опыт осмысления противоречивой демографической истории России XX века. Автор рассматривает ее как историю демографической модернизации, в корне изменившей многие важнейшие стороны частной и общественной жизни россиян, но все же еще оставшейся незавершенной.

5. «Разработка модели внутренних и внешних миграционных потоков населения для регионов Российской Федерации», Ю. Андриенко, С. Гуриев, рассматривают проект, в котором собраны необходимые для построения модели данные о миграционных потоках населения внутри России и с зарубежными странами за период 1992–2003 гг.

А также статистика по демографическим, социально-экономическим показателям из официальных данных статистических комитетов России и СНГ.

Во всех вышеперечисленных работах миграционного населения рассматриваются аспекты миграции – как явления, которое воздействует на другие явления. Акцент в них сделан на факторы, которые обуславливают этот процесс. Фактор – это переменная, определяемая не тем явлением, на которое она воздействует, а теми условиями, которые его породили.

Изучение факторов миграции позволило разделить их на позитивные и негативные. К позитивным относятся те факторы, которые являются притягивающими для конкретного переселенца или группы переселенцев извне в целевом регионе. Этот фактор подталкивает население переселиться в те регионы, где качество жизни, благодаря природным и экономическим условиям будут более качественно, чем в регионе предыдущего проживания. Более подробно схему можно рассмотреть на рисунке 1.

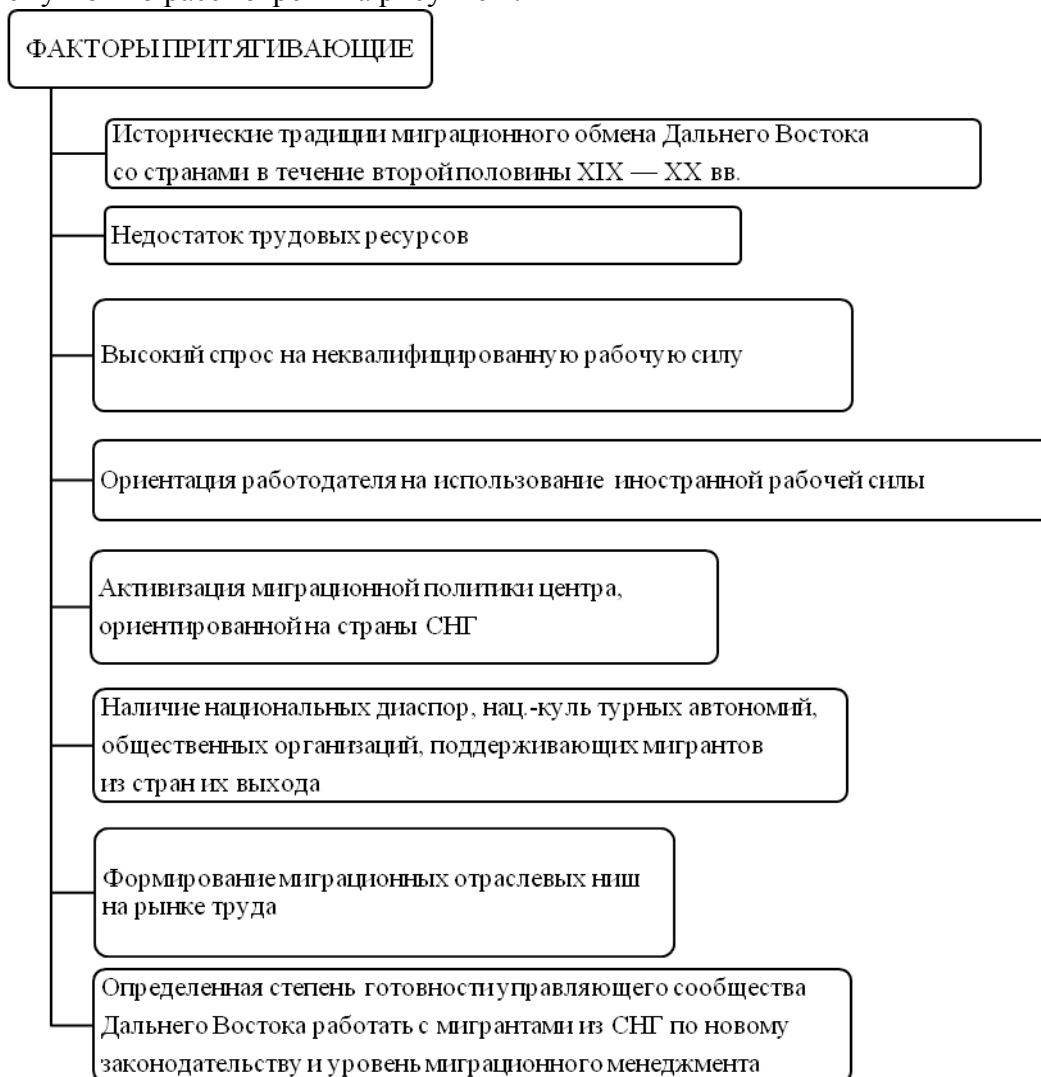


Рис. 1. Схема притягивающих факторов

Негативные факторы, напротив, формируют установку на переселение с «насиженного» места. Эти факторы, складываются в регионах постоянного проживания обстоятельства, также природного или экономического характера, воздействие которых делает невозможным дальнейшее проживание в данном регионе, независимо от того, существуют ли условия в регионе переселения для успешной адаптации. Классификация разделяет факторы по масштабу воздействия на общероссийские и региональные [3]. Более подробно схема показана на рисунке 2.



Рис. 2. Схема выталкивающих факторов

Исследование динамики процессов миграции возможно при помощи самых различных моделей. Рассмотренные сценарные и знаковые модели как базис для создаваемой модели. Сложность построения и реализации заключается в количестве требуемых вычислений. В математических и статистических словарях обычно дается разъяснение факторного анализа, однако, как и в социальной литературе, определения фактора нет[1]. Математика часто вторгается в область социологических и демографических знаний. Но при построении различного рода моделей, основанных на использовании методов многомерного анализа и другого математического аппарата, полностью отбрасываются положения теории факторов. В результате создаваемые модели порой включают переменные, которые нередко не могут быть даже сопутствующими тому или иному процессу, а тем более оказывать на него серьезное влияние. Подобный подход особенно заметен при выборе измерителей. Для моделей принимаются показатели родившихся, сальдо миграции, общие коэффициенты смертности, т.е. все те значения, которые подвержены влиянию численности населения и его структур. Математическое моделирование, как и применение любых других методов анализа факторов социальных явлений, не может быть надежным, рассчитанным на практическое использование без разработанной теории факторов[2].

Анализ и систематизация этих факторов, установление связывающих их зависимостей позволяет создать модель, наилучшим образом прогнозирующую движение миграционных потоков трудоспособного населения для экономически развитых регионов. Модель позволя-

ет осуществить пространственно-временное моделирование и анализ миграционной ситуации, ее динамики, выявить региональные особенности миграционных процессов.

Разрабатываемая модель позволяет производить сценарные расчеты и рассчитать перемещение социально активных групп населения и их пространственное передвижение в краткосрочном и долгосрочном временном периоде в зависимости от задаваемого движения экономических, социологических и демографических показателей для регионов России и стран СНГ.

#### Список использованных источников

1. Факторы миграции населения и их классификации / <http://rybakovsky.ru/migracia2s.html>
2. Факторы миграции населения в современной России / <http://rybakovsky.ru/migracia2u.html>
3. Ващук А.С. Трудовые мигранты из стран СНГ на дальнем Востоке России в начале 21 века/А.С. Ващук. – Москва, 2006
4. Переведенцев В.И. Методы миграции населения/ Переведенцев В.И. –Москва, 1975

### СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ГРУППЕ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

© Полейко А.Л., Лавров В.В., Спирин Н.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В настоящее время каждому металлургическому предприятию приходится самостоятельно решать вопросы оптимизации состава шихты, в том числе и по экономическим критериям, оценивать рациональность использования различных добавок к дутью, определять стратегию управления комплексом доменных печей и дальнейшего совершенствования доменной технологии. С другой стороны, менее стабильные внешние условия плавки приводят все чаще к значительным отклонениям текущих технологических режимов работы доменных печей от оптимальных. Поэтому в современных условиях резко возросла потребность в использовании автоматизированных систем комплексной оптимизации условий работы доменных печей и методов оперативного управления технологическим режимом доменной плавки [1 – 3].

Оптимальное распределение топливно-энергетических ресурсов, в частности инжектируемого топлива, в пределах группы доменных печей является актуальной задачей, поскольку технологические показатели работы отдельных печей существенно различаются. При заданном на доменный цех общем расходе инжектируемого топлива целесообразно иметь оперативную методику оценки эффективности использования указанных ресурсов на доменных печах и осуществлять их оптимальное распределение. Эта задача актуальна для крупных доменных цехов, включающих до 8–10 доменных печей, выплавляющих в сутки до 30 тыс. тонн чугуна, для чего используется около 45 тыс. тонн железорудного сырья, 13 тыс. тонн кокса, 3,5 млн. м<sup>3</sup> технологического кислорода, до 4,0 млн. м<sup>3</sup> природного газа. Эффективность применения комбинированного дутья определяется факторами теплоэнергетического, технологического, экономического характера и внешними условиями. Наличие многих факторов и критериев, определяющих эффективность использования комбинированного дутья, а также ограничений на расходы топливно-энергетических ресурсов существенно усложняет задачу по определению оптимальных параметров дутья, при которых достигаются наилучшие технико-экономические показатели работы как отдельных доменных печей, так и группы печей или цеха в целом. При построении оптимизационных моделей необходимо учиты-



вать дополнительные ограничения, которые могут возникать в периоды осенне-зимних похолоданий, когда из-за падения давления в заводском газопроводе нет возможностей подать природный газ в доменную печь или, наоборот, появляются «излишки» природного газа. Поэтому необходимо иметь формализованные и запланированные приёмы надёжного и манёвренного перераспределения топливно-энергетических ресурсов [1, 2].

Архитектуру данной информационной системы условно можно разделить на две части. Первая часть представляет собой клиентское приложение для группы печей. Вторая часть - это сервер баз данных, в котором хранятся данные об технологических характеристиках процесса производства чугуна.

Пользователь работает с информационной системой с помощью графического интерфейса, изображённого на рисунке 1. Приложение соединено с сервером баз данных MS SQL Server 2008 R2, оттуда извлекает исходные данные для просмотра и редактирования пользователем. Загруженные и отредактированные данные загружаются в пакет электронных таблиц Microsoft Office Excel, где обрабатываются специально настроенными алгоритмами в виде макросов. Обработанные данные можно в дальнейшем вывести на печать.

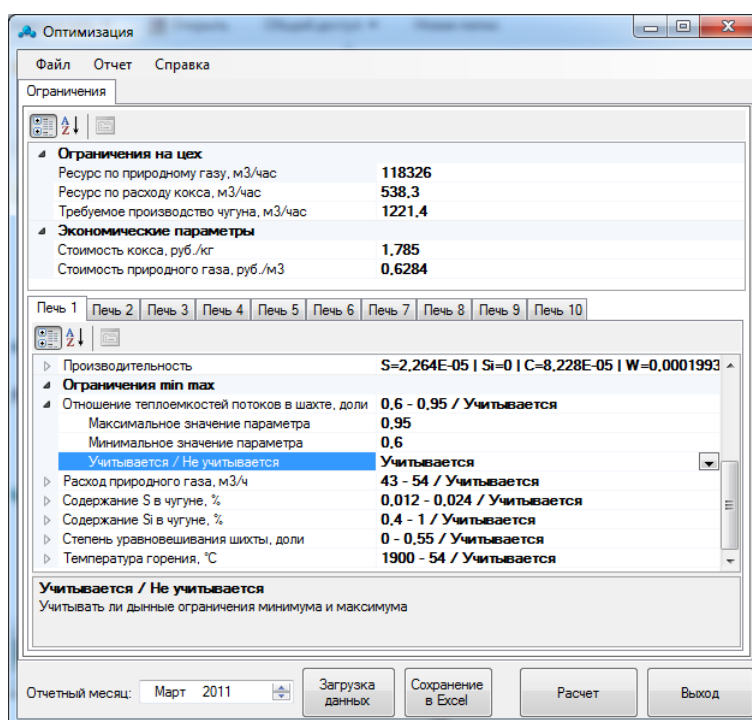


Рис. 1. Главное окно программы

Для каждой печи при оптимальной подаче природного газа возможно определение следующих показателей ее работы:

- расход природного газа, м<sup>3</sup>/ч;
- расход кокса, т/ч;
- производительность печи, т/ч;
- температура горения на фурмах, °С;
- содержание кремния в чугуне, %;
- содержание серы в чугуне, %;
- отношение теплоемкостей потоков в шахте, доли;
- степень уравнивания шихты, доли;
- эффективность использования газа, руб./ч.

В программе возможен учет следующих типов ограничений на доменную печь с установленными максимальными и минимальными значениями соответствующих параметров:

- прямой расход природного газа;

- температура горения на фурмах;
- степень уравнивания шихты газовым потоком;
- содержание кремния в чугуна;
- содержание серы в чугуна;
- отношение теплоемкостей потоков в шахте печи.

С помощью пунктов меню пользователь может установить или исключить учет соответствующего типа ограничений. В случае установки конкретного типа ограничения его максимальная и минимальная величины будет пересчитываться соответственно на максимально и минимально возможные величины расхода природного газа. В итоге будет изменяться диапазон варьирования величины расхода природного газа на отдельной доменной печи, в пределах которого будет осуществляться поиск его оптимального значения.

Первоначальные предельно допустимые численные значения всех величин, участвующих в ограничениях, автоматически загружаются вместе с исходными данными. Для настройки программы на реальный процесс пользователь может скорректировать указанные величины.

Расчет по реальным данным предполагает загрузку в программу и использование в расчете исходных данных, содержащих фактические значения показателей работы доменных печей за прошедший период. В качестве периода, используемого для усреднения производственных показателей, принят календарный месяц, начиная с конкретной даты работы доменных печей. Пользователь с помощью программы может оценить, насколько эффективно был использован природный газ. В частности, можно рассчитать для прошедшего периода оптимальный расход природного газа на каждую печь, определить показатели работы печей при этом расходе и выполнить сравнительный анализ всех вышеперечисленных показателей при произошедшей и оптимальной подаче природного газа.

При оптимальном расчете оптимальных значений возможно изменение пользователем некоторых параметров работы доменных печей, например дутьевых (влажности и температуры дутья, а также содержания в нем кислорода). За основу расчета берется базовый период работы доменных печей, т.е. все основные показатели выбираются за выбранный календарный месяц. Расчет по программе для проектного периода можно использовать для определения оптимального распределения природного газа и показателей работы в будущем периоде, когда предполагается изменение дутьевых параметров работы отдельных печей. В этом случае будут рассчитаны оптимальные значения показателей работы для каждой доменной печи.

Разработанная система может быть использована как для учебных целей, так и работниками доменного производства металлургического предприятия.

Использование системы позволит повысить эффективность использования ресурсов предприятия и создания более экономичного производства.

### **Список использованных источников**

1. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П.Онорин, Н.А.Спирин, В.Л.Терентьев и др. Под ред. Н.А.Спирина. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. 301 с.
2. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии: учебное пособие / Н.А.Спирин, В.В.Лавров, С.И.Паршаков и др. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2006. – 311 с.
3. Модельная поддержка принятия решений распределения природного газа и кислорода в доменном производстве / В.В.Лавров, И.А.Бабин, Н.А.Спирин. Известия вузов. Черная металлургия. 2007, №12. С. 46–49.

# КЛАССИФИКАЦИИ ИТ-ПРОВАЙДЕРОВ И СЕРВИСНЫЕ СТРУКТУРЫ КОМПАНИЙ-ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ИТ-УСЛУГ

© Пургина М.В., Зимин В.В.

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия

*Публикация подготовлена в рамках научного исследования, выполненного при поддержке государства в лице Минобрнауки России, грант 14.В37.21.0391*

**Введение.** Описываемая ниже классификация поставщиков ИТ-сервисов представляет интерес для самих ИТ-провайдеров, которым важно понимать, к какому типу они относятся, какие у них объективно слабые и сильные стороны, какие для них существуют угрозы и возможности. Понимание этих вопросов необходимо для формирования конкурентоспособной стратегии [1]. Кроме того, эта классификация важна для компаний-потребителей ИТ-сервисов, которые, сопоставляя сильные и слабые стороны, угрозы и возможности, характерные для разных типов поставщиков ИТ-услуг, постоянно решает задачу синтеза эффективной системы управления необходимым ей портфелем ИТ-сервисов. Объектом управления этой системы является так называемая «сервисная структура», основу которой составляет совокупность взаимосвязанных ИТ-провайдеров различного типа, обеспечивающих поставку компании необходимых ей ИТ-сервисов и сервисных активов по приемлемой цене, приемлемого качества и с приемлемым риском.

Основные типы провайдеров, далее называемые «базовыми», являются результатом эволюции ИТ-индустрии в 60–90 годы XX века, в то время как современные «сервисные структуры», представляют собой результат разнообразной интеграции базовых типов, выполняемой компаниями-потребителями сервисов в период интенсивного использования информационных технологий (конец 90-х – начало 21-го века).

**Базовые типы провайдеров.** ITIL (версия 3) выделяет три базовых типа ИТ-провайдера [2].

**Внутренний ИТ-провайдер (тип 1).** Этот тип исторически возник первым и представляет собой поставщика ИТ-сервисов, который «встроен» в отдельное подразделение, которое может быть частью большого предприятия или вышестоящей организации и действует в пределах этого подразделения. Провайдер первого типа предоставляет ИТ-сервисы, требуемые для выполнения бизнес-функций подразделения, таким, как финансовые операции, администрирование, логистика, управление персоналом и технологическими процессами. Эти сервисы, как правило, составляющие ограниченное множество, финансируются из бюджета подразделения и выполняются строго внутри этого подразделения. Причём, как правило, сервисы хорошо адаптированы к нуждам заказчика, а ресурсы специализированы, чтобы обеспечить относительно высокое качество сервисов.

Целями провайдера типа 1 являются: достижение высокого качества выполнения функций, рентабельность услуг, оказываемых подразделениям бизнеса. Права провайдера типа 1 ограничены в стратегическом и оперативном управлении. Руководство подразделения принимает все ключевые решения (по портфелю используемых сервисов, по инвестициям в возможности и ресурсы, по метрикам для измерения качества сервисов, по результатам применения ИТ-сервисов).

Рыночное пространство провайдера первого типа ограничено единственным клиентом. Это обстоятельство обуславливает высокие риски для провайдера 1-го типа – реорганизация подразделения, в которое «встроен» провайдер может привести к его ликвидации.

**Общий провайдер (тип 2).** Этот тип провайдера исторически возник вторым и представляет собой результат интеграции в одну организационную структуру провайдеров первого типа. Такая интеграция была проведена, когда руководством компаний была осознана возможность качественного повышения эффективности ИТ-деятельности за счёт унифика-

ции сервисных активов провайдеров первого типа. В результате в компаниях появились дирекции по ИТ, представляющие собой классический пример ИТ-провайдера второго типа. Провайдер второго типа имеет ограниченный рынок, который состоит из тех подразделений компании, которые применяют в своей деятельности ИТ-сервисы, собственный бюджет, зарабатывает и реализует ИТ-стратегию, соответствующую бизнес-стратегии компании. Для достижения конкурентного преимущества, провайдеры типа 2 могут предложить более низкие цены, а также особые внутренние соглашения и единую учетную политику с обслуживаемыми подразделениями. Они также могут приводить в соответствие стандартам и политикам обслуживаемого предприятия свои сервисные предложения и использовать рыночное ценообразование, чтобы повлиять на формирование требований к сервисам.

Основные риски провайдера второго типа возникают, когда текущая рентабельность поставляемых сервисов или их качество уступает среднерыночным показателям. Тогда руководство компании может принять решение о закупке ИТ-услуг у внешнего ИТ-провайдера.

Внешний ИТ-провайдер (тип 3). Бизнес-стратегии компаний часто требуют получения доступа к провайдерам типа 3 – внешним по отношению к подразделениям бизнеса, независимым ИТ-организациям, которые являются поставщиками сервисов для корпоративных бизнес-функций, и которые владеют преимуществами, обусловленными их размером, областью действия и автономностью.

Дополнительные риски, которые провайдеры типа 3 принимают на себя, в отличие от провайдеров типа 1 и 2, организационно тесно связанных с заказчиком, компенсируются гибкостью и размером их рыночной области. Провайдеры типа 3 могут предложить конкурентные цены и снижение затрат за счет увеличения рыночного спроса. Такая стратегия не соответствует подходам, осуществляемым провайдерами типа 1 и 2. Конкурентная бизнес-среда часто требует, чтобы компании-потребители сервисов имели гибкие и компактные структуры. В таких случаях лучше купить сервисы, чем иметь собственные ИТ-активы и использовать их для выполнения нужных бизнес-функций и процессов. Для таких заказчиков ИТ-провайдер типа 3 является наилучшим выбором. Возможности и ресурсы провайдеров типа 3 распределяются между большим числом заказчиков и это увеличивает их конкурентоспособность.

Преобразование типов ИТ-провайдеров. С точки зрения компаний потребителей сервисов имеются достоинства и недостатки у каждого типа провайдера. Отдельные сервисы могут быть поставлены любым типом провайдера, однако стоимость поставки будет разной. Решение о выборе типа провайдера для поставки отдельных сервисов основывается на величине транзакционных затрат, факторах стратегического развития, основных компетенциях, рисках управления и собственных возможностях компании-потребителя. При выработке решения применяются принципы специализации и согласования цен (издержек). Помимо затрат на поставку сервисов, транзакционные издержки включают, в частности, затраты на поиск и выбор квалифицированного провайдера, на определение требований, на переговорные соглашения, на измерение результатов функционирования, на управление взаимоотношениями с поставщиками, затраты на разрешение споров, реализацию изменений и совершенствование соглашений. В дополнение к этому, выбор типа провайдера для поставки отдельных сервисов зависит от того, будет ли компания-потребитель сервисов сохранять соответствующую бизнес-деятельность внутри организации (укрупнение), или часть ее отдаст вовне (разукрупнение).

В зависимости от рыночных и внутренних обстоятельств для компаний-потребителей сервисов возможны преобразования одного типа провайдера в другой, таблица 1. Переход из типа 1 в соответствующий тип 1 характерен для реорганизации (преобразование, переустройство организационной структуры) предприятия, когда в каждом цехе имеется свой ИТ-провайдер. Переход из типа 1 в тип 2 – агрегирование (объединение), при котором провайдеры типа 1 часто консолидируются в самостоятельное подразделение (ИТ-дирекцию), поставляющее совокупность корпоративных сервисов для увеличения экономической эффективности и области действия.

## Преобразование типов ИТ-провайдеров

	Провайдер типа 1	Провайдер типа 2	Провайдер типа 3
Провайдер типа 1	Реорганизация	Агрегирование	Аутсорсинг
Провайдер типа 2	Деагрегирование	Реорганизация	Аутсорсинг
Провайдер типа 3	Инсорсинг	Инсорсинг	Реорганизация

Организационные изменения при трансформации провайдеров типа 1 в провайдера типа 2 могут быть сложными и требующими принципиальных управленческих решений от исполнительного руководства организации. Переход из типа 1 в тип 3 – аутсорсинг, перемещение деятельности по созданию ценностей (товаров, сервисов), которая выполнялась внутри организации, во внешнюю среду, где эта деятельность выполняется другой организацией, т.е. переход к экономическим отношениям. Переход из типа 2 в тип 1 характерен для деагрегирования, то есть соответствует, например, расформировыванию дирекции по ИТ по подразделениям компании. Инсорсинг характерен для случаев перехода провайдера из типа 3 в тип 1 или 2, выражается в создании собственных автономных структурных единиц (компаний), оказывающих специализированные услуги как подразделениям компании, так и внешним потребителям (например, системная поддержка, обучение).

**Производные сервисные структуры** формируются компаниями-потребителями сервисов на основе базовых типов провайдеров с целью получения необходимых ИТ-сервисов приемлемого качества, по приемлемой цене и с приемлемыми рисками.

Перечислим наиболее характерные и широко распространённые сервисные структуры с краткой характеристикой [3]:

1. **Исключительный провайдер:** заключается единственный контракт с одним ИТ-провайдером, который управляет сервисами с привлечением множества провайдеров, лучших в своей области. Возможности улучшаются, риски уменьшаются, но координация существенно усложняется.

2. **Консорциум:** обслуживание осуществляется совокупностью ИТ-провайдеров, специально подобранных заказчиком. Для всех ИТ-провайдеров устанавливаются унифицированные интерфейсы управления. Применяется, когда потребности не могут быть удовлетворены одним вендором-аутсорсером. Обеспечивает лучшие в своем классе решения при лучшем, чем в структуре 4 (Ко-сорсинг), контроле. Дополнительные риски связаны с необходимостью сотрудничать с конкурентами.

3. **Селективный аутсорсинг:** совокупность ИТ-провайдеров, подобранных специально и управляемых заказчиком сервисов. Селективный аутсорсинг является наиболее трудной для управления структурой. Заказчик сервисов выступает в роли интегратора сервисов и отвечает за нестыковки решений и разрешение споров между поставщиками сервисов.

4. **Ко-сорсинг** относится к особому случаю селективного аутсорсинга, при котором заказчик сервисов поддерживает структуры внутреннего или разделяемого обслуживания (типы 1 и 2) в сочетании с внешними ИТ-провайдерами (тип 3). Заказчик сервисов исполняет роль интегратора.

**Модели приращения стоимости.** Каждая сформированная компанией-потребителем ИТ-сервисов сервисная структура порождает некоторую модель приращения стоимости сервисов. В ИТ-менеджменте различают две базовые модели приращения стоимости при поставке сервисов.

*Цепочка приращения стоимости (value chain).* Эта модель соответствует промышленным и производственным линиям. В этой традиционной модели имеются три участника (роли): компания-потребитель, ИТ-провайдер и внешние поставщики. ИТ-провайдер приобретает сервисные активы у поставщиков и «монтирует» с их помощью новые сервисы для удовлетворения нужд компании-потребителя. Экономика последовательной модели основана на законе о средних величинах. Если совокупные затраты на ИТ-сервисы являются конкурентными, тогда поиск путей снижения затрат в каждом звене цепочки приращения стоимости не всегда целесообразен. В повседневной практике производства, например, не разумно вмешиваться и разрушать отлаженное ИТ-производство. Сильные связи между звеньями являются сутью цепочки приращения стоимости. Современные распределенные (облачные) технологии часто не вписываются в эту структуру.

*Сетевая структура создания стоимости (value network)* – распределенная информационная ИТ-система производства ИТ-сервисов, основанная на сложном динамическом обмене между двумя или более организациями. Цепочка приращения стоимости адекватно описывает структуру ИТ-провайдера типа 1, а сетевая структура создания стоимости – структуру ИТ-провайдеров типа 2, 3 и производных сервисных структур.

**Заключение.** Значительный практический интерес для дальнейшего исследования, по мнению авторов, представляют следующие задачи:

1. Разработка механизма оценки фактической эффективности деятельности ИТ-провайдеров различного типа в сравнении с лучшими современными практиками, например, с представленными в ITIL–3.

2. Разработка механизма оценки фактической эффективности сервисных структур, применяемых компаниями-потребителями ИТ-сервисов.

#### **Список использованных источников**

1. О разработке конкурентоспособной стратегии и портфеля сервисов ИТ-провайдера / Зимин В.В. и др.// Системы управления и информационные технологии, №3.1(49), 2012. – С. 188–191
2. OGC – ITIL v3–1 – Service Strategy, TSO 2007.
3. OGC–ITIL V3–2 Service Design, TSO 2007. –334р.

### **НЕКОТОРЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ГОРЯЧЕЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ НА ШСГП**

**© Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О.**

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И.Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

При освоении новых и совершенствовании существующих режимов горячей прокатки на широкополосных станах эффективной практикой является применение компьютерного моделирования, в частности, метода автоматизированного проектирования [1]. На основе единого алгоритма разработки режима прокатки на ШСГП [2], была реализована программа для проектирования технологических режимов безаварийной горячей прокатки различных видов на станах различных типов, с учетом ограничений по энергосиловым параметрам, механическим свойствам металла, продольной и поперечной разнотолщинности полосы и производительности процесса. Для того чтобы, обеспечить безаварийность и результативность технологии прокатки, необходимо учитывать весь комплекс определяющих факторов: энергосиловые параметры, условия охлаждения полосы на отводящем рольганге, прогноз механических свойств металла с учетом условий охлаждения и химического состава стали. Про-

граммный продукт реализован в среде электронных таблиц MS Excel средствами Visual Basic for Application.

Модуль описания исходных данных для прокатываемого металла позволяет задать размеры сляба, промежуточного раската и готовой полосы, определить диапазоны таких режимных параметров как температура за черновой группой клетей, температура конца прокатки и температура смотки. Важной особенностью является то, что по мере ввода одних параметров, программа генерирует рекомендации для других. Например, при вводе толщины готовой полосы, программа рассчитывает рекомендуемую толщину раската, а при изменении химсостава стали, автоматически пересчитываются рекомендации по уставке температур конца прокатки и смотки. Пользователю предлагается принять рекомендации, но предусмотрен и ввод своих параметров. Для удобства выбора химического состава в программе организована база марок стали, с возможностью ее дополнения.

Программа позволяет задать произвольную компоновку и характеристики оборудования. Для этого созданы специальные модули, в которых указываются устройства линии стана, их последовательность и расположение относительно друг друга. Настройка черновой и чистовой групп осуществляется отдельно. Для настройки параметров промежуточного рольганга предусмотрено отдельное диалоговое окно, в котором задается длина промежуточного рольганга, параметры и расположение устройств ENKOPANEL и CoilBox, в зависимости от того какая структура промежуточного рольганга предусмотрена для данного типа стана.

В программу включен модуль «Анализ свойств», позволяющий оценить возможность получения требуемых механических свойств проката (рис.1, а). Данный модуль предоставляет возможность описывать модели для анализа механических свойств и осуществлять расчет по ним. Для описания уравнения разработан конструктор (рис. 1, б), позволяющий вносить в программу уравнения любого типа и сложности. В окне конструктора имеется панель с набором факторов, часто используемых при регрессионном анализе механических свойств. Важной особенностью является то, что в качестве переменной в уравнении пользователь может задействовать результат расчета по любой другой, имеющейся в программе модели, просто выбрав ее из списка используемых.

Однако, оценивание результатов проектирования без учета существующей вариации параметров может стать причиной ошибочных выводов относительно осуществимости прокатки и качества прокатываемого металла [3].

Для повышения достоверности спроектированного режима в программе [4] реализован алгоритм (рис.2), учитывающий стохастичность процесса прокатки, путем имитации возмущений со стороны окружающей среды, охлаждающей воды и рабочих валков, а также учитывающий неравномерность температуры сляба по длине, после его выдачи из печи.

Процесс имитации заключается в использовании процедуры генерации случайного числа по закону нормального распределения:

$$t_{сл(i)} = RndNormal(\bar{x}, s) \quad (1)$$

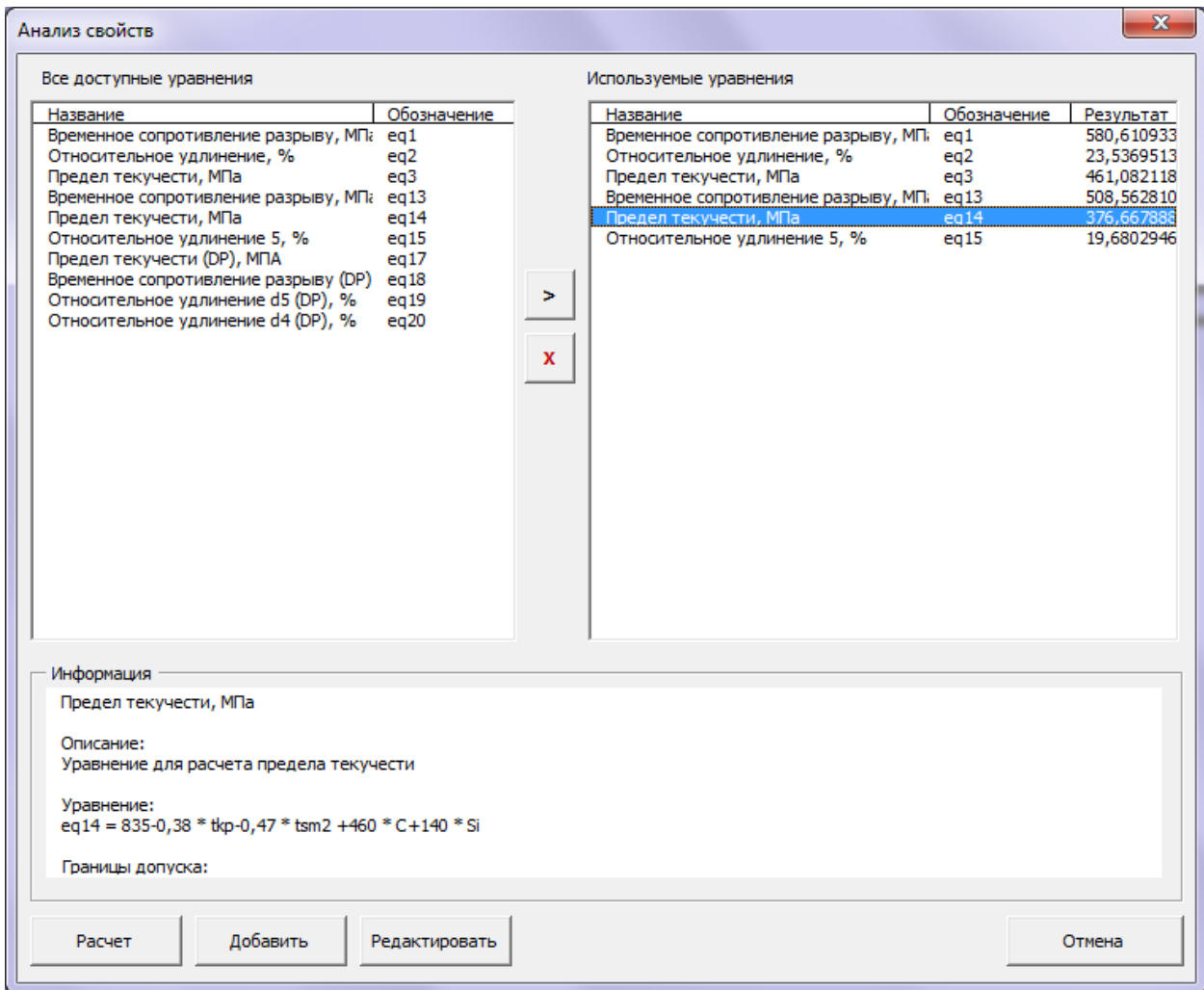
где  $\bar{x}$  – номинальная температура нагрева сляба (математическое ожидание);

$s$  – стандартное отклонение.

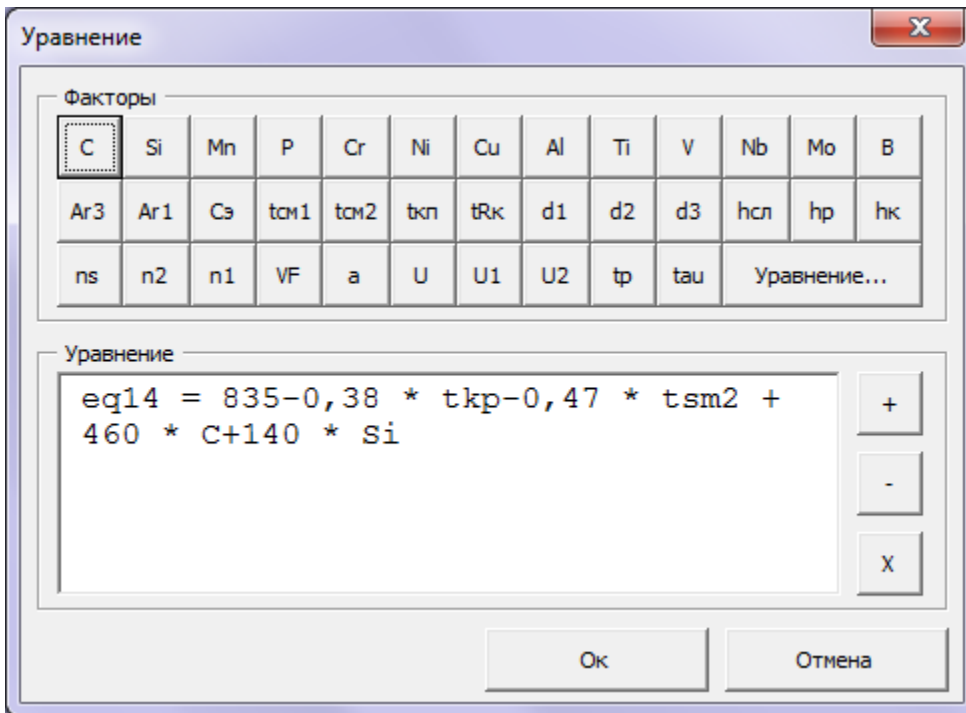
На основании практических данных полученных на ШСГП 2000 ОАО «ММК» установлены диапазоны вариации температур окружающей среды, охлаждающей воды и рабочих валков (табл. 1), а также установлена взаимосвязь стандартного отклонения с величиной температуры нагрева:

$$s = 0,017t_{сл.ном} - 15,5 \quad (2)$$

Для оценки качества продукции прокатываемой по спроектированному режиму программа выдает пользователю графическое представление вариации контрольных параметров в виде гистограмм распределения и прогнозируемой толщинограммы.



а)



б)

Рис. 1. Диалоговые окна модуля «Анализ свойств» (а) и конструктора уравнений механических свойств (б)



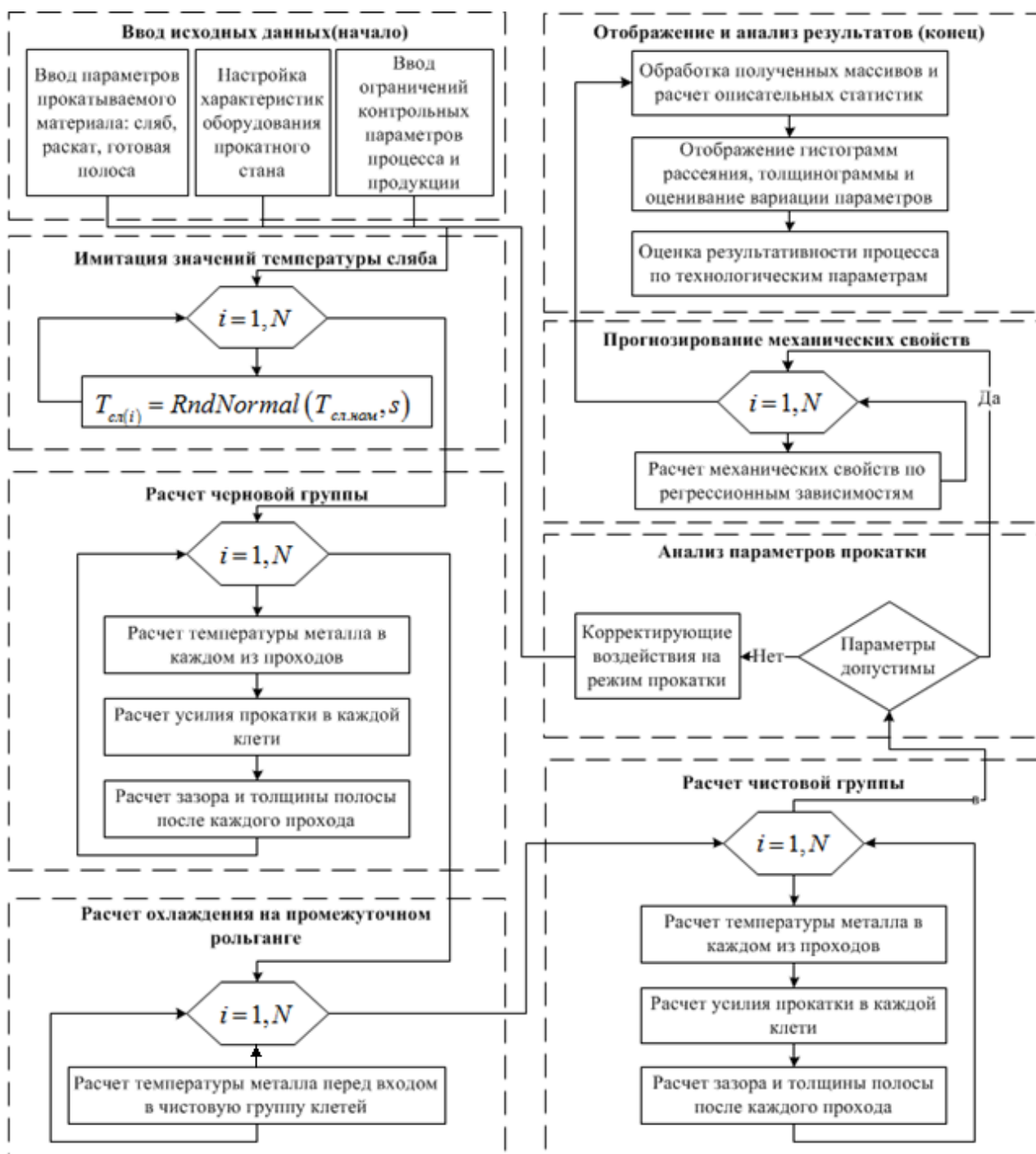


Рис. 2. Алгоритм разработки режима прокатки на ШСГП, учитывающий возмущения процесса

С применением разработанной программы предложены режимы прокатки в условиях стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» различных профиларазмеров из современных высокопрочных марок стали. В частности, полос размерами 2,35×1100 мм из стали 350 по ГОСТу Р 52246–2004 (аналог НСТ600Х EN 10346:2009); 2,3×1130 мм из стали HX420LAD, 2,8×1460 мм и 2,8×1370 мм из стали HX220BD, 2,3×1290 мм из стали HX340LAD и 3,5×1370 мм из стали HX260LAD по EN 10346:2009; 2,3×1310 мм из стали HC340LA, 3,5×1370 мм из стали HC260LA и 3,3×1425 мм из стали HC300LA по EN 10268:2006 [5].

Таблица 1

Диапазоны вариаций температур окружающей среды, охлаждающей воды и рабочих валков для имитации возмущений на ШСГП 2000 ОАО «ММК»

Клетки	$x_{\min}$	$x_{\max}$	$\bar{x}$	$s$
R1	76	81	79	0,7
R2	74	76	75	0,8
R3	68	73	71	1
R4	64	68	66	0,8
R5	55	64	60	0,7
R6	54	60	57	0,7
F1	77	85	81	0,83
F2	77	85	81	0,83
F3	72	80	76	0,83
F4	71	79	75	0,67
F5	65	75	70	0,83
F6	66	75	70	0,83
F7	62	70	66	0,83

На всех участках стана распределение температуры технической воды имеет следующие параметры:  $x_{\min}=15$ ;  $x_{\max}=35$ ;  $\bar{x}=20$ ;  $s=3,3$ . Параметры распределения температуры воздуха:  $x_{\min}=15$ ;  $x_{\max}=20$ ;  $\bar{x}=17,5$ ;  $s=0,8$ .

#### Список использованных источников

1. Румянцев М.И. Методика разработки режимов листовой прокатки и ее применение // Вестник МГТУ. – 2003. № 3. – С. 35 – 39.
2. Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О., Горбунов А.В., Ветренко А.Г. Автоматизированное проектирование технологий горячей прокатки высокопрочной стали на широкополосных станах различных типов для автомобилестроения // Черные металлы. 2012. С. 17–21.
3. Применение САПР режимов горячей прокатки широких полос для прогнозирования изменчивости показателей качества и технологических параметров процесса / Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О., Ветренко А.Г. // Современная металлургия начала нового тысячелетия: сб. науч. труд. Часть II. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2012. – С. 40 – 47.
4. Разработка и опыт применения программы автоматизированного проектирования технологий горячей прокатки высокопрочной широкополосной стали для автомобилестроения на станах различных типов / Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О. и др. // Современная металлургия начала нового тысячелетия: сб. науч. труд. Часть II. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2011. – С. 56 – 62.
5. Румянцев М. И., Галкин В. В., Горбунов А.В. Разработка технологии и режимов прокатки высокопрочных сталей для автомобилестроения на широкополосном стане горячей прокатки // Тр. VIII Конгресса прокатчиков. Т. 1. — Магнитогорск, Магнитогорский Дом печати. 2010. С. 35–45.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ПЛОСКУЮ МНОГОСЛОЙНУЮ СТЕНКУ

© Свиткин В.Г., Швыдкий В.С.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

При проектировании металлургических печей часто возникает задача определения тепловых потерь печные ограждения. Минимизация тепловых потерь способствует экономии топлива и электроэнергии, снижает себестоимость продукции. Кроме того, для правильного выбора материалов при конструировании печи необходимо знать температурное поле в стенке, с целью соблюдения ограничений на рабочую температуру материалов. Поэтому при проектировании печи инженер должен просчитать несколько вариантов конструкции стенки и выбрать из них наилучший. В связи с этим целесообразна разработка специализированного программного продукта для решения этих задач.

Задача расчета потерь теплоты через плоскую многослойную стенку состоит в следующем. Для каждого слоя известны толщина и функция зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры. Также известны температура окружающей среды, степень черноты внешней поверхности, температура в рабочем пространстве печи, коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности стенки к печным газам и общая площадь поверхности стенки. Требуется построить температурное поле в стенке и найти величину тепловых потерь в единицу времени.

Математическая модель задачи строится на основе инженерной методики расчета потерь теплоты через печные ограждения [1]. Суть расчета состоит в определении теплового потока через стенку при стационарном режиме с граничными условиями III рода. Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки рассчитывается как сумма конвективной и лучистой составляющих. При расчете учитывается зависимость коэффициента теплопроводности материала слоев от температуры. Расчет осуществляется методом последовательных приближений. Сначала задается произвольное температурное поле, на основе которого рассчитываются значения тепловых сопротивлений и приближение плотности теплового потока. С учетом полученного значения плотности теплового потока вычисляется новое температурное поле, а затем – уточненное значение плотности теплового потока. Итерационный процесс прекращается, когда достигнута заданная точность.

Для разработки программного обеспечения (ПО) использовалась среда разработки Microsoft Visual Studio 2010 Express и язык программирования C# [2]. Архитектура ПО (рисунк 1) включает математическую библиотеку, модуль графического интерфейса и базу данных MS Access. База данных содержит данные по теплофизическим свойствам огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Главное окно программы представлено на рисунке 2. В главном окне осуществляется ввод исходных данных. На вкладке «Слои» графически отображается конструкция многослойной стенки, добавление и редактирование слоев осуществляется с помощью кнопок. Коэффициенты полинома теплопроводности для выбранного материала могут быть загружены из базы данных или введены вручную.

На рисунке 3 представлено окно просмотра результатов расчета. Программа отображает результаты расчетов в численном виде, а также визуализирует температурное поле графически. Для реализации нестандартных элементов пользовательского интерфейса (визуализация конструкции стенки и температурного поля) использовалась графическая библиотека GDI+ [2]. Использование таких элементов повышает наглядность графического интерфейса.

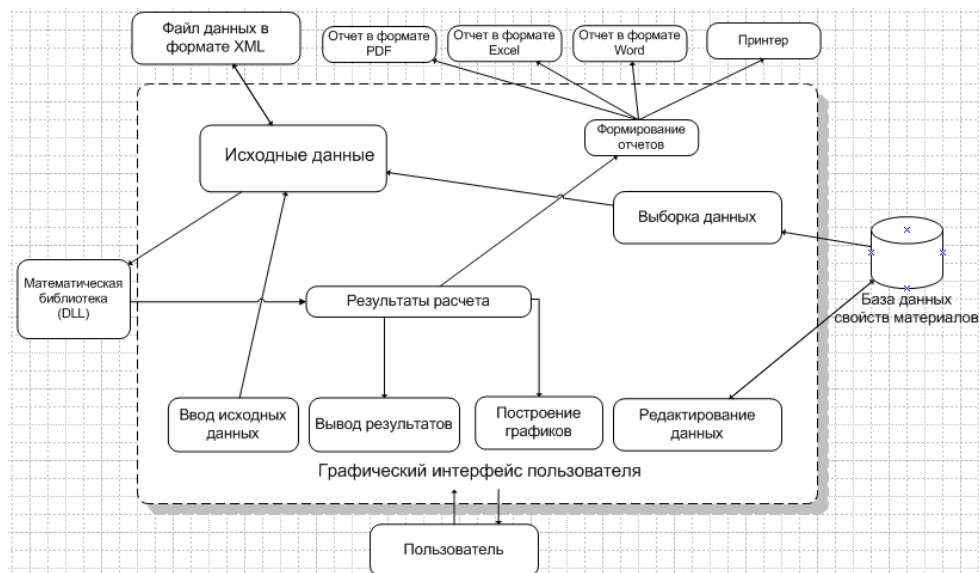


Рис. 1. Архитектура программного обеспечения

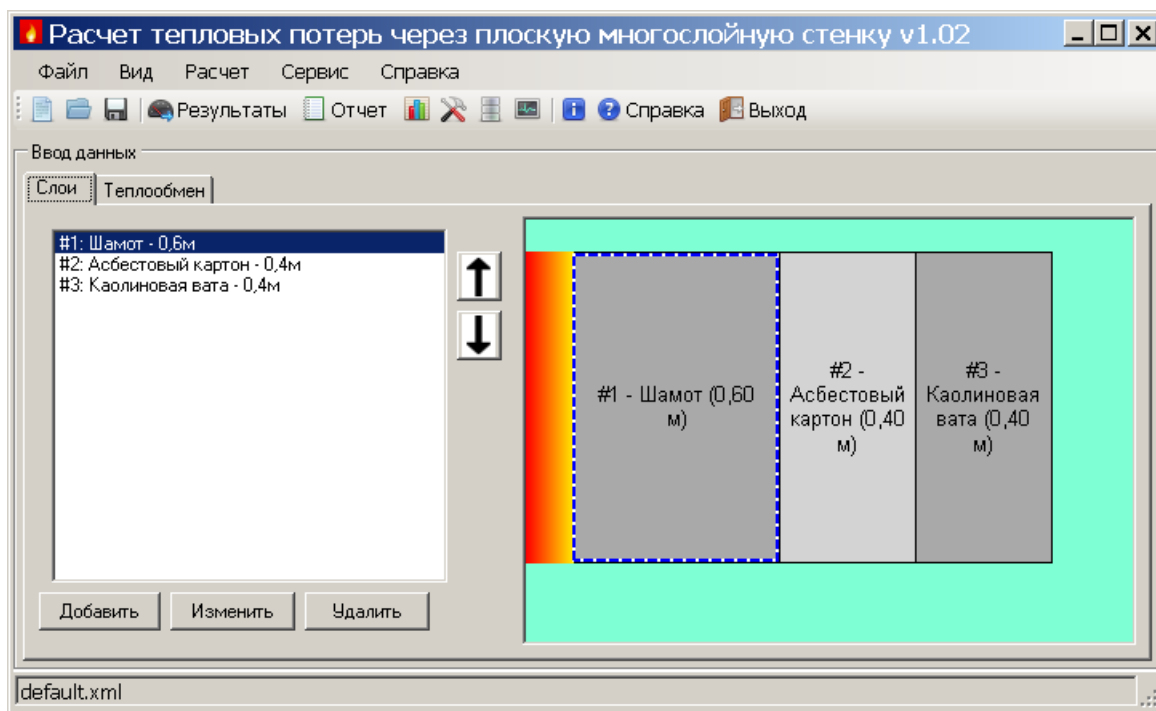


Рис. 2. Главное окно программы

Дополнительные функции программы включают:

- хранение наборов исходных данных в XML-файлах;
- формирование отчетов в форматах Word, Excel и PDF, вывод их на печать;
- сравнение результатов расчета для нескольких наборов исходных данных с представлением результатов в виде таблиц и диаграмм;
- управление базой данных свойств огнеупорных и теплоизоляционных материалов;
- аппроксимация таблиц теплопроводности с занесением коэффициентов полинома в базу данных.

Функция аппроксимации таблиц теплопроводности полезна при обработке справочных данных, представленных в виде таблиц или графиков.

Для развертывания программы на компьютере пользователя был разработан инсталлятор. Имеется пользовательская документация, позволяющая легко изучить работу с программой.

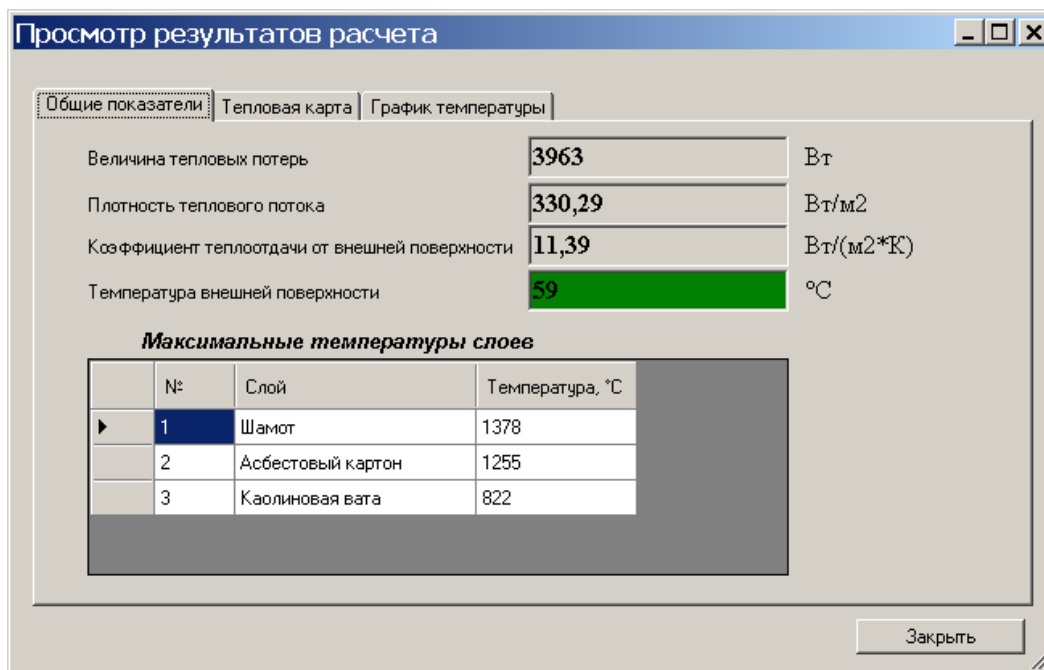


Рис. 3. Окно просмотра результатов расчета

Рассмотрим влияние различных факторов на тепловые потери с помощью встроенного в программу средства сравнения результатов расчета. Исследования показали, что тепловые потери незначительно уменьшаются при увеличении толщины слоя футеровки, а при увеличении толщины слоя тепловой изоляции тепловые потери резко снижаются. Рисунок 4 иллюстрирует влияние толщины слоя тепловой изоляции на величину тепловых потерь. Изменяя материал тепловой изоляции можно также значительно снизить тепловые потери, например, при использовании минеральной ваты тепловые потери в 5 раз меньше, чем при использовании шамота-легковеса.

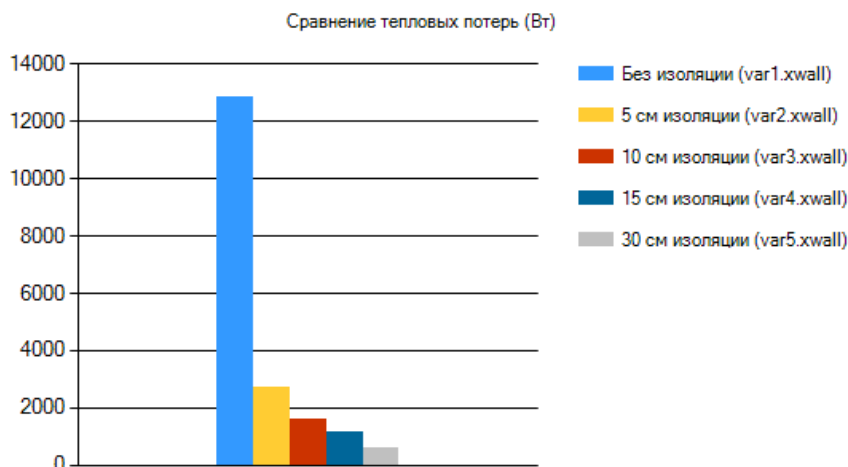


Рис. 4. Зависимость тепловых потерь от толщины слоя теплоизоляции

Рассмотрим влияние тепловой изоляции на температурное поле в стенке высокотемпературной печи путем изучения тепловых карт – диаграмм, в которых точки отображаются разным цветом в зависимости от их температуры (рисунок 5).

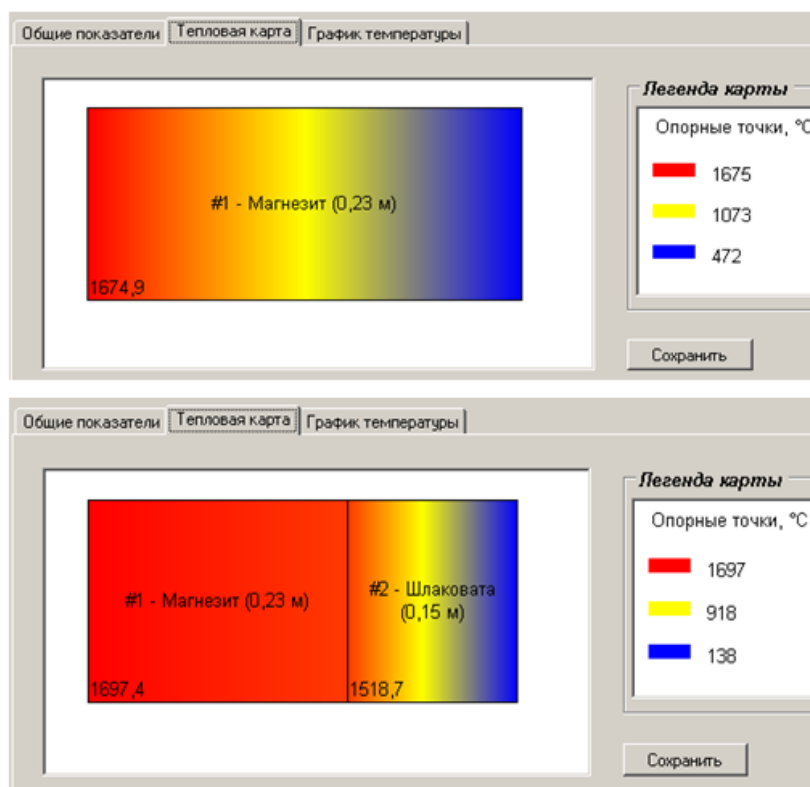


Рис. 5. Влияние тепловой изоляции на температурное поле в стенке

Видно, что при введении слоя тепловой изоляции температура в рабочем слое футеровки повышается, что отрицательно влияет на ее стойкость. Поэтому для высокотемпературных печей (сталеплавильных, ферросплавных, рафинирования никеля) целесообразно применять водоохлаждаемые панели корпуса, что подтверждается практикой [3].

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что рекомендуемыми мероприятиями для снижения тепловых потерь являются следующие:

- увеличение толщины слоя тепловой изоляции;
- применение теплоизоляционных материалов наилучшего качества, таких как минеральная вата;
- покрытие наружной поверхности светлой алюминиевой краской.

Для высокотемпературных печей целесообразно применять водоохлаждаемые панели корпуса, так как это снижает температуру в рабочем слое футеровки и повышает срок ее службы.

Таким образом, разработанное ПО позволяет рассчитать величину тепловых потерь через плоскую многослойную стенку, построить температурное поле в ней, а также исследовать влияние различных факторов на тепловые потери. ПО может использоваться инженерами-теплотехниками при проектировании металлургических печей, а также студентами технических специальностей при изучении дисциплины «Теплофизика».

#### Список использованных источников

1. Кутьин, В.Б. Расчет тепловых потерь через печные ограждения / В. Б. Кутьин, С. Н. Гущин, Б. А. Фетисов. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 1996. – 17с.
2. Лабор, В. В. Си Шарп: Создание приложений для Windows / В. В. Лабор. – Мн.: Харвест, 2003. – 384 с.
3. Алиферов, А. И. Электротермические процессы и установки: Учебное пособие / А. И. Алиферов [и др.] – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – 360 с.

## РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ МНОГОСЛОЙНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТЕНКИ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ

© Силкин П.А.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

В связи с развитием металлургии и по мере распространения тепловых агрегатов различного назначения одной из важных отраслей промышленности во всех развитых странах стало применение огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Огнеупорные материалы – изделия на основе минерального сырья, отличающиеся способностью сохранять свои свойства в условиях эксплуатации при высоких температурах, и которые служат в качестве конструкционных материалов и защитных покрытий.

Сырье для огнеупорных материалов – простые и сложные оксиды (например,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO-SiO}_2$ ), бескислородные соединения (например, графит, нитриды, карбиды, бориды, силициды), а также оксинитриды, оксикарбиды, сиалоны.

Эксплуатационные свойства огнеупорных материалов определяются комплексом химических, физико-химических и механических свойств.

Основное свойство огнеупорных изделий – огнеупорность, т.е. способность изделия противостоять, не расплавляясь, действию высоких температур.

Главная задача теплоизоляционных материалов в промышленных печных агрегатах сохранять тепло и поддерживать температуру на требуемом технологическом уровне. Для практического использования любого материала в качестве теплоизолятора важны две основные характеристики: температура длительного применения и аккумулирующая способность. Температура длительного применения и ее колебания в процессе эксплуатации влияют на величину коэффициента теплопроводности теплоизоляции. При постоянной температуре теплопроводность изоляции повышается примерно на 10–15% за счет упорядочения структуры, повышения ее плотности и других физико-химических процессов, а в условиях переменных температур понижается вследствие образования дополнительных микротрещин в структуре материала. Потери тепла на аккумуляцию и излучение кладкой промышленных печей колеблется от 50 до 90% в зависимости от конструкции печей. Эти потери могут быть сокращены двумя основными способами: уменьшением объема кладки стен и уменьшением теплоемкости или теплопроводности материала кладки печи. Оба способа тесно взаимосвязаны, так как при высоких температурах уменьшение объема футеровки может быть произведено лишь при наличии малотеплопроводного материала с низкой аккумулирующей способностью. Таким образом можно снизить и количество используемых материалов и снизить потери тепла.

Решение обозначенной проблемы лежит в сфере информационных технологий. Современная вычислительная техника позволяет выполнять вычисления с высокой точностью в считанные секунды. Для того чтобы воспользоваться преимуществами машинных вычислений, необходимо лишь программно реализовать решение поставленной задачи.

Таким образом, можно сделать вывод, что необходимо программное обеспечение, автоматизирующее процесс расчета тепловых потерь через печные ограждения.

Учитывая особенности применяемых материалов, нужно обеспечить возможность построения многослойной теплоизоляционной стенки, и с учетом тепла отводимого от поверхности стенки рассчитать тепловые потери. Для проверки возможности применения материала необходимо определять температуру внутри слоя, в частности на границе слоев. В результате применения таких расчетов должна появиться возможность выбора материалов наиболее подходящих в данном наборе слоев теплоизоляции, либо возможность подбора материалов для получения минимальной толщины стенки. В этом и заключена основная

задача созданной программы.

Для вычисления необходимых параметров системы был применен итерационный процесс, в ходе которого методом подгонки температурных полей должна быть построена зависимость температурного поля по всем слоям стенки. То есть, изменяя температуры, добиваемся такого значения теплового потока с поверхности и теплового потока через стенку, а также общего теплового потока, что отношение разности первых двух тепловых потока к третьему будет стремиться к нулю.

Исходными данными для расчета тепловых потерь являются такие параметры как: расстояние от центра до слоёв стенки, степень черноты наружной стенки, температуры внутренней и внешней среды, а также коэффициенты полиномиальной зависимости для вычисления теплопроводности. Расчетные формулы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные формулы

Расчетное значение	Ед.измерения	Наимен.	Уравнение расчета
Температура внутренней поверхности стенки	°C	t1	$t_{вн}-(q_{пог}/(\alpha_1*2\pi*r_1))$
Температура внешней поверхности стенки	°C	t4	$t_{кр}+(q_{пог}/(\alpha_2*2\pi*r_4))$
Средняя температура в слое 1	°C	tcp1	$(t_1+t_2)/2$
Средняя температура в слое 2	°C	tcp2	$(t_2+t_3)/2$
Средняя температура в слое 3	°C	tcp3	$(t_3+t_4)/2$
Коэффициент теплопроводности 1го слоя	Вт/(м*К)	$\lambda_1$	$A+B*tcp1*10^{(-3)}+C*tcp1^2*10^{(-6)}$
Коэффициент теплопроводности 2го слоя	Вт/(м*К)	$\lambda_2$	$A+B*tcp2*10^{(-3)}+C*tcp2^2*10^{(-6)}$
Коэффициент теплопроводности 3го слоя	Вт/(м*К)	$\lambda_3$	$A+B*tcp3*10^{(-3)}+C*tcp3^2*10^{(-6)}$
Плотность теплового потока через 1й слой	Вт/м2	q1	$(t_1-t_2)/((1/(2\pi*\lambda_1))*LN(r_2/r_1))$
Плотность теплового потока через 2й слой	Вт/м2	q2	$(t_2-t_3)/((1/(2\pi*\lambda_2))*LN(r_3/r_2))$
Плотность теплового потока через 3й слой	Вт/м2	q3	$(t_3-t_4)/((1/(2\pi*\lambda_4))*LN(r_4/r_3))$
Разность плотностей тепловых потоков через 1 и 2 слои	Вт/м2	q1-2	q1-q2
Разность плотностей тепловых потоков через 2 и 3 слои	Вт/м2	q2-3	q2-q3
Погонная плотность теплового потока	Вт/м2	qпог	$(t_1-t_2)/(((1/(2\pi*\lambda_1))*LN(r_2/r_1))+((1/(2\pi*\lambda_2))*LN(r_3/r_2))+((1/(2\pi*\lambda_4))*LN(r_4/r_3)))$
Тепловой поток	Вт	Q	qпог*1

Для осуществления установки программы необходимо запустить программу „Setup.exe”, расположенную в папке дистрибутива и следовать инструкциям программы-установщика.

По завершении процесса инсталляции программа „Расчет тепловых потерь многослойной цилиндрической стенки” не требует дополнительных настроек.

По окончанию разработки программного продукта „Расчет тепловых потерь многослойной цилиндрической стенки” созданы следующие функции:

- 1) загрузка исходных данных из xml-файла;
- 2) сохранение варианта исходных данных в xml-файле;
- 3) ручной ввод и редактирование исходных данных;
- 4) добавление новых материалов;
- 5) расчет тепловых потерь через цилиндрическую многослойную стенку;
- 6) определение критического диаметра газохода;



- 7) отображение расчетных данных в табличной форме;
- 8) построение криволинейных диаграмм распределения температуры по радиусу стенки;
- 9) формирование отчетов по выполненным расчетам в краткой (без отображения промежуточных данных) и полной форме (с отображением промежуточных данных);
- 10) возможность выбора параметров отображения диаграмм в отчете;
- 11) экспорт отчетов в популярные форматы (Excel, PDF);
- 12) предупреждение ошибок ввода.

Таким образом, программу можно использовать в качестве мощного инструмента при расчетах потерь тепла в промышленных агрегатах.

После запуска программного продукта “Расчет тепловых потерь многослойной цилиндрической стенки” загружается главная форма программы, вкладка “Исходные данные”:

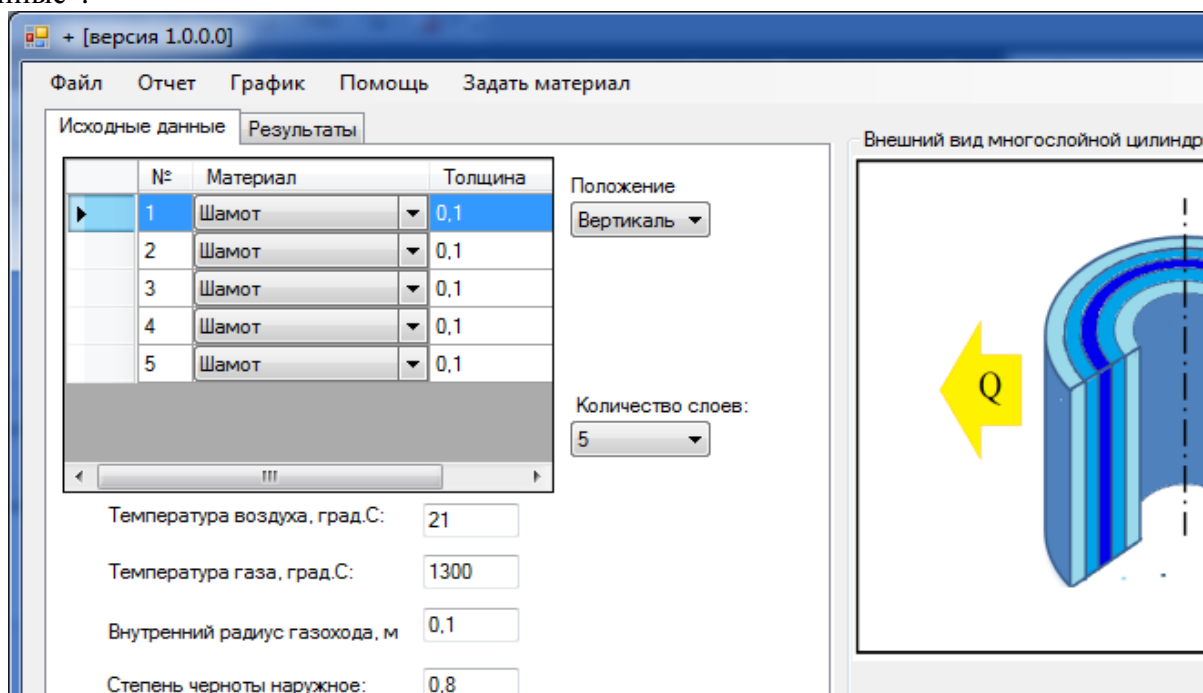


Рис. 1. Главная форма программы, вкладка “Исходные данные”

На вкладке “Исходные данные” по умолчанию вводятся программно заданные значения параметров. В программе используется технология “one-click”, т.е. для получения всех искомых величин необходимо нажать только на 1ну кнопку: “Расчет”.

Произведенный расчет можно сохранить в .xml-файле для дальнейшего анализа. Для этого можно воспользоваться 2мя пунктами главного меню: “Файл/Сохранить”, либо “Файл/Сохранить как...”. Стоит отметить, что если расчет проводится в новом файле то будет вызвано окно идентичное по функциональности вызываемому пунктом “Сохранить как...”. После выполнения сохранения кнопка “Сохранить” становится недоступной. Её активация производится редактированием параметров и реализацией нового расчета.

В программе реализована настраиваемая форма отчетов. Пример отчета приведен на рисунке 2:

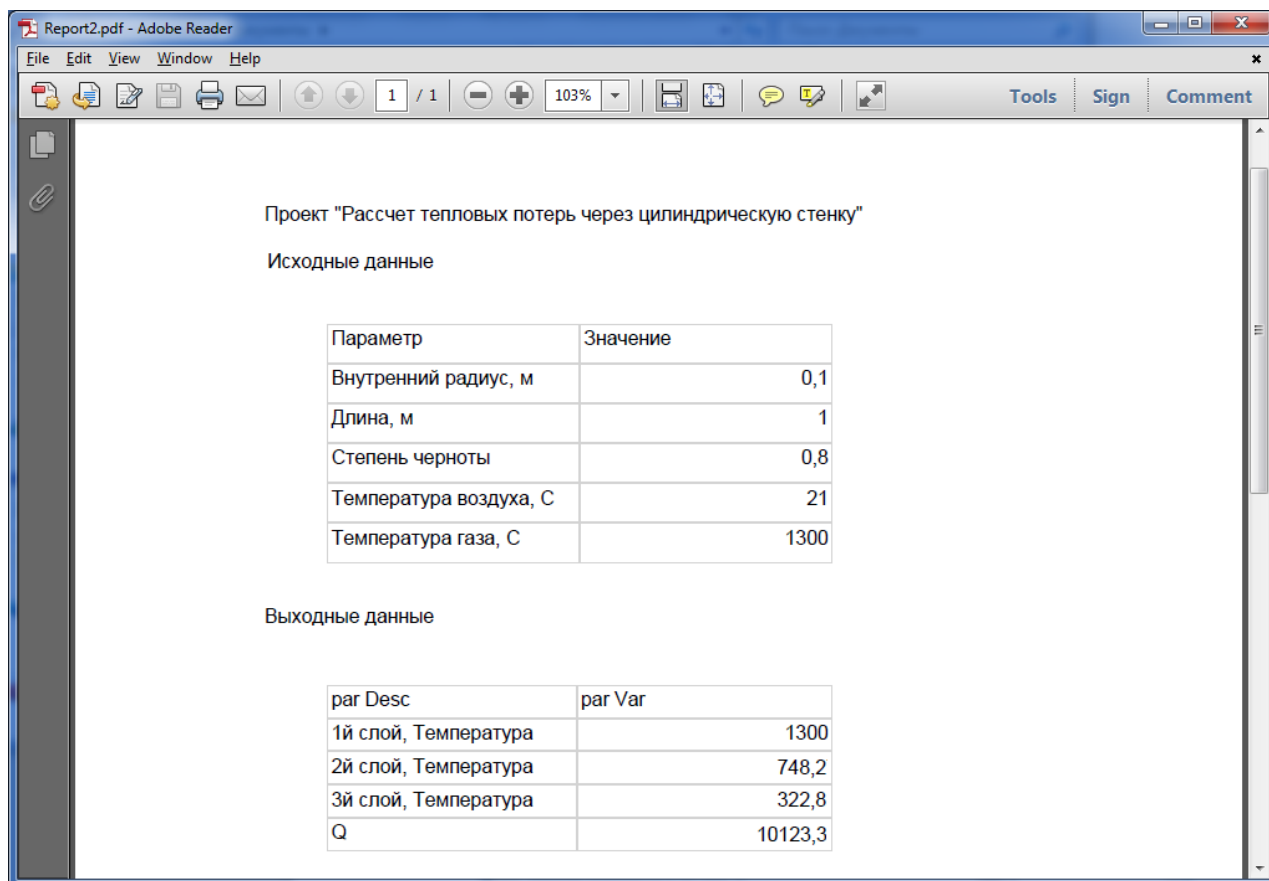


Рис. 2. Отчет результатов расчета

При нажатии команды «Помощь» в меню «Справка» появляется окно справки, в которой можно прочитать о программе, о функционале и о том, как работать в данной программе.

### Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических процессов / под общей редакцией А.С. Телегина, 3-е издание, 1993. 368 с.
2. Гушин С.Н., Казяев М.Д. Гидравлический расчет трубопроводов и выбор тягодутьевых средств, обеспечивающих работу промышленных печей. Учебное пособие / С.Н. Гушин – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 140с.
3. Балена Ф. Современная практика программирования на Microsoft Visual Basic и Visual C#: пер. с англ. / Ф. Балена, Дж. Димауро. М.: Русская редакция, 2006. 640 с.
4. Фридман А.Л. Основы объектно-ориентированной разработки программ / А.Л.Фридман. М.: Финансы и статистика, 2000. 192 с.
5. Ван-Тассел Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ – М.: Мир, 2001.
6. Лавров В.В. Технология разработки программного обеспечения: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 230201 – Информационные системы и технологии / В.В.Лавров, Бабин И.А. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. –19 с.

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ И ЭЛЕМЕНТОВ КУРСА КАК СРЕДСТВА НАПОЛНЕНИЯ МОДУЛЕЙ КУРСА В LMS MOODLE

© Сичная М.А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

Высокие темпы информатизации образовательного процесса в настоящее время привели к необходимости повышения эффективности функционирования единой информационной образовательной среды, разработанной на базе порталных технологий Moodle [1].

Обучение в образовательной среде должно включать выполнение всех контрольных мероприятий и практических (лабораторных) работ, предусмотренных государственным образовательным стандартом и примерным учебным планом для соответствующего направления подготовки или специальности [2].

Разрабатываемый курс должен иметь модульную структуру. Размещение материалов в образовательной среде целесообразно начинать с определения общей структуры курса. Содержание по темам курса заполняется с помощью добавления ресурсов или элементов курса. Под ресурсами в образовательной среде подразумевают статический контент курса, то есть теоретические материалы для изучения, хранящиеся на сервере. К ним относятся текстовые и web-страницы, ссылки на файлы (\*.pdf, \*.doc, \*.ppt, \*.gif, \*.jpg и т.д.), на каталоги или на архивы (\*.zip), а также аудио- и видеофайлы (\*.mp3, \*.swf, \*.avi, \*.mpg и т.д.), анимационные ролики, ссылки на ресурсы Интернет и т.п. Работать с ресурсами курса достаточно просто: их необходимо освоить в сроки, установленные преподавателем, – либо прочитать с экрана, либо сохранить их на свой локальный компьютер для дальнейшего ознакомления. Ресурсы, представленные в виде ссылки на файл, можно распечатать. Ресурсы добавляются в режиме редактирования курса (рисунок 1).

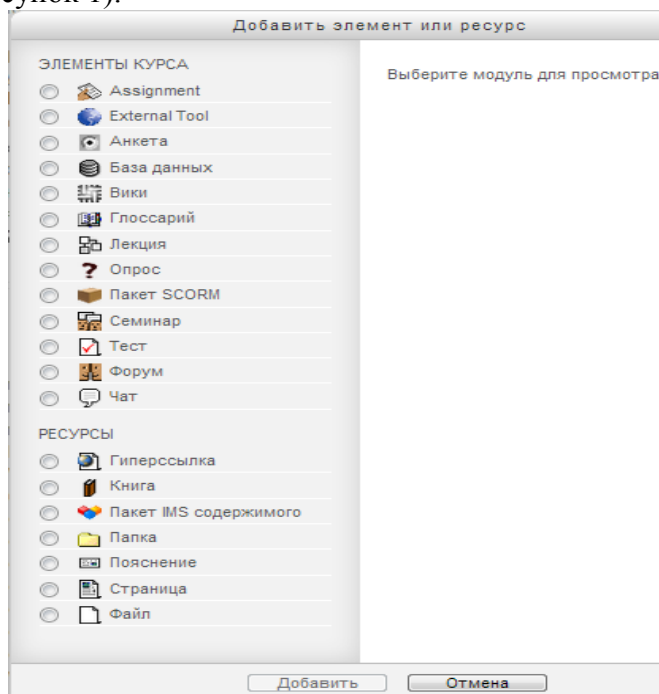










Рис. 1. Добавление ресурсов в образовательную среду

В курсе предусмотрено добавление интерактивных элементов. Интерактивные элементы позволяют акцентировать внимание студентов на отдельных фрагментах изучаемого материала, проверить уровень знаний, организовать взаимодействие студентов друг с другом и с преподавателем. К ним относятся: лекции, рабочие тетради, задания различных типов,

гlossарии (словари по курсу), форумы, чаты, опросы, тесты (таблица 1). Работа с этими элементами оценивается системой или преподавателем и позволяет выставить итоговую оценку [3].

Таблица 1

Элементы курса при работе в образовательной среде

<i>Пиктограммы</i>	<i>Элемент</i>	<i>Описание</i>
	Глоссарий	Перечень основных терминов курса с раскрытием их содержания. Глоссарий можно создавать единый на весь курс (глобальный), или локальный для отдельных модулей и учебных элементов (вторичный)
	Задание	Практические задания – задания, составленные по определенным правилам, направленные на проверку того, как студенты могут выполнять конкретные операции и действия
	Лекция	Реализовывается процесс программированного обучения. Теоретический материал разбит на несколько дидактических единиц. Для перехода к изучению дальнейшей информации необходимо правильно ответить на предложенные вопросы
	Опрос	Опрос позволяет задать студентам вопрос с выбором одного из нескольких вариантов ответа
	Рабочая тетрадь	Рабочая тетрадь позволяет студенту отвечать (в виде письменной контрольной работы) на предложенный вопрос преподавателя. Студент, в свою очередь, может редактировать и изменять свой ответ
	Тест	Осуществляет контроль знаний студентов, используя различные варианты вопросов – множественный выбор ответов, числовой ответ, конструируемый ответ и т.д.
	Форум	Форум – инструмент общения на сайте участников курса. Форум дает возможность студентам задавать вопросы и отвечать на вопросы других студентов. Такие совместные дискуссии позволяют в процессе общения выполнить разбор сложных задач самими студентами, не прибегая к помощи преподавателя
	Чат	Это общение в Интернете, когда разговор ведется в реальном времени. Чат позволяет многим пользователям, одновременно общаться между собой. Рекомендуется использовать для онлайн-консультаций студентов с преподавателями

Ресурсы и интерактивные элементы курсов позволяют на новом уровне организовать самостоятельную работу студентов: изучение лекций, получение и выполнение заданий, отправка преподавателю контрольных и курсовых работ, тестирование, общение по электронной почте, на форумах и многое другое.

**Список использованных источников**

1. Сичная М.А., Ильина Е.А. Об электронном деканате Moodle//Актуальность проблемы современной науки, техники и образования: междунар. научн.-техн. конф. – Магнитогорск: Из-во гос. техн. ун-та, 2012. –Т.2. С. 18 –19.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MOODLE/ Ильина Е.А., Егорова Л.Г., Дьяконов А.В. //Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – 2011. № 1–3. С. 166–172.

3. Разинкина Е. М. Непрерывная опережающая профессиональная подготовка кадров для горно-металлургической отрасли: проблемы и теоретические основы: монография/Е. М. Разинкина, Е. А. Ильина и др.: под ред. Е.М. Разинкиной, Е.А. Ильиной. –Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. –110 с.

## ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КОНВЕРТЕРЕ

© Советкин В.Л., Соловьев В.В.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия

Анализ процесса продувки штейна в конвертерах выявил ряд проблем, в частности, недостаточную стойкость футеровки ванны конвертера в районе ввода струй воздуха, интенсивное образование «бороды» в горловине (место выхода газов из конвертера) завышенный удельный расход воздуха (и связанные с этим высокие энергозатраты, а также трудности выделения сернистых газов из «разбуженных» продуктов процесса).

Однако наиболее существенным недостатком представляется «статичность» конструкции сочленения средств ввода окислителя и конвертера, не позволяющая варьировать параметры процесса продувки в более широком диапазоне, а именно изменение угла наклона, глубины и места ввода струй окислителя (а также возможность их дробления) в ванну в зависимости от параметров штейна. Тем самым сужается диапазон технологических решений процесса продувки.

В большинстве существующих конвертеров воздух вводится в ванну струями, вытекающими из большого количества сопел, представляющих собой наклонно установленные патрубки с внутренним диаметром 50мм и длиной -460мм. При этом сопла расположены в один ряд с шагом 150-200мм. Общий расход воздуха составляет в среднем 35000 м<sup>3</sup>/ч при давлении перед соплами ~1.0 кг/см<sup>2</sup> (диапазон изменения расхода от 20000 до 50000м<sup>3</sup>/ч при давлении от 0.7 до 1.5 кг/см<sup>2</sup>).

В качестве образца нами выбран горизонтальный конвертер с внутренними размерами (по футеровке): L=86120мм  $\Theta$ =2870мм. На рис. 1 представлен эскиз модели, выполненной в масштабе 1:10.

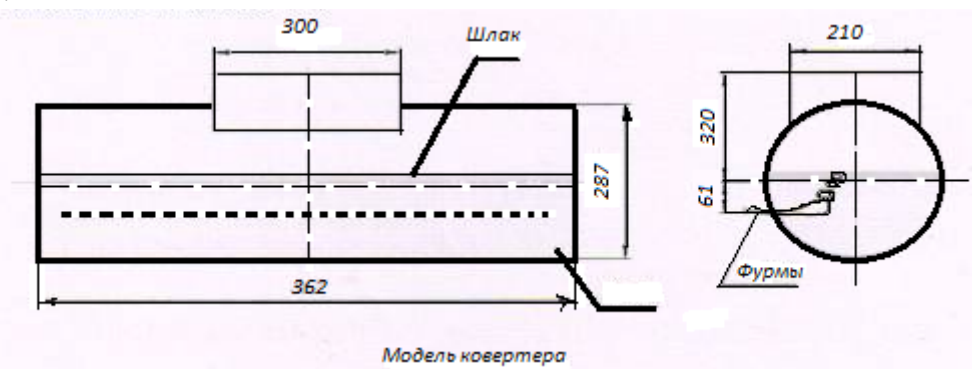


Рис. 1. Эскиз модели

Модель позволит использовать различные жидкости и газы, сопоставимые по плотности и вязкости, в том числе по величине поверхностного натяжения; дополнительно к изме-

рениям скоростей газов и жидкости нами предусмотрено также использование скоростной киносъемки.

Исследование особенностей взаимодействия барботирующих струй газа с жидкой ванной. Для этого на модели производится продувка ванн жидкости газовой средой с различными параметрами. При этом предполагается исследование следующих параметров:

скорости выхода газовой струи в жидкость, ее энергетических параметров (расход газа, глубина точки ввода, размер сопла и др.).

эффективности взаимодействия жидкости и газа в ванне (изменение угла встречи, распределение газов в ванне, использование нестационарностей движения).

Выбор и экспериментальное исследование условий эффективного гидродинамического режима работы ванны с изменением условий барботажа газами путем формирования их за счет конструктивных и технологических параметров

Разработка и оценка эффективных способов интенсификации работы продуваемой, газами жидкой ванны. При выполнении этого этапа работы следует обосновать ряд эффективных способов интенсификации гидродинамической работы ванны с целью обеспечения наиболее полного использования энергетических свойств газовых струй на основе использования нестационарностей движения как газов, так и жидкой ванны (пульсирующее дутье, энергия акустического поля, движения ванны и т.д.)

Для оценки эффекта взаимодействия газовой среды и жидкой ванны следует использовать локальные приборы контроля давления, скорости, степени внедрения изучаемых сред на основе оптических измерений.

Итогом работы являются установленные закономерности взаимодействия двух сред в условиях ограниченного движения рабочего пространства под действием газовых струй.

Предварительные исследования гидродинамики металлургических плавильных агрегатов позволили установить в качестве основных параметров, определяющих условия развития струйных процессов в жидкой ванне:

- высоту ванны выше места ввода в нее струйного процесса ( $x_1$ ), который предлагается оценивать относительной высотой максимальной глубины ввода струи в жидкость, %. Интервал изменения этого параметра, исходя из практических данных, принимаем от 0 до 30%.

- угол наклона струи к горизонту ( $x_2$ ), град. Принимаем интервал изменения этого параметра от 0 (горизонтальное расположение) до 60°.

- интенсивность продувки ванны, которая определяется как расход дутья, приходящего на 1 см<sup>2</sup> площади фурм в минуту ( $x_3$ ). Принимаем интервал его изменения от 0,1 до 1,5 м<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>мин.

Для изучения гидродинамики конвертера использовалась холодная прозрачная модель (рис.1). В качестве продуваемой среды использовался холодный воздух. Основная масса исследований проводилась на воде. Для изучения влияния плотности продуваемой среды применялся раствор цинкового купороса различной плотности. При проведении экспериментов определялись как мгновенные значения давления в предсопловом пространстве, так и осредненные во времени параметры газовой среды: давление воздуха, его расход, визуализация течения струй и вторичных газовых образований на модели с регистрацией гидродинамических процессов методами кино – и фотосъемки.

Для измерения нестационарной составляющей давления подачи использовались индукционные датчики с рабочей частотой 2-10кГц. Среднее давление и расход газа определялись с помощью демпфированных датчиков, манометров и ротаметров. Проведенные оценки погрешности измерений дали следующие результаты: для давления – не более 5%, для расхода газа – не более 10%. Характер движения жидкости в ванне исследовался с помощью гидродинамических индикаторов – частиц с удельным весом, близким к удельному весу жидкости. Траектории частиц фиксировались с помощью кино- и фотоаппаратуры.

В процессе исследований значения числа Маха не превышала 1,0.

Модель имеет длину 862мм, диаметр 287мм. Угол наклона сопел к горизонту устанавливался путем пространственного изменения их расположения при перекачивании корпуса



модели по твердой поверхности. Диаметр сопел составил 2мм. Количество сопел равно 52шт.

Статистические данные позволили выделить три газодинамических режима истечения струй. При небольших давлениях подачи газа близких к гидродинамическому давлению жидкости на срезе сопла в интервале  $(0,05-0,08) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  и скоростях истечения воздушной струи 20-30м/с наблюдается пузырьковый режим движения газов. На срезе сопла образуются отдельные газовые пузыри, размер, форма и частота отрыва которых определяются расходом и свойствами жидкости и газа. Было отмечено, что частота отрыва пузырей изменяется с увеличением давления газовой подачи от 5 до 10 Гц и слабо зависит от свойств газов. При использовании вязких жидкостей размер пузырей увеличивается, а характерная для воды сферическая их форма искажается ближе к эллипсоидной. При больших углах наклона фурм отдельные пузыри вытягиваются в вертикальном направлении. При этом частота отрыва их снижается вплоть до 1-3Гц.

По мере повышения уровня избыточного давления подаваемого воздушного дутья до  $(0,08-0,1) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  при скоростях выхода газовых струй 20-200м/с режим движения газовых струй переходит в пульсационный. При этом размеры пузырей увеличиваются, их форма вытягивается в сторону перемещения, а частота образования возрастает до 10-15Гц (рис. 2).

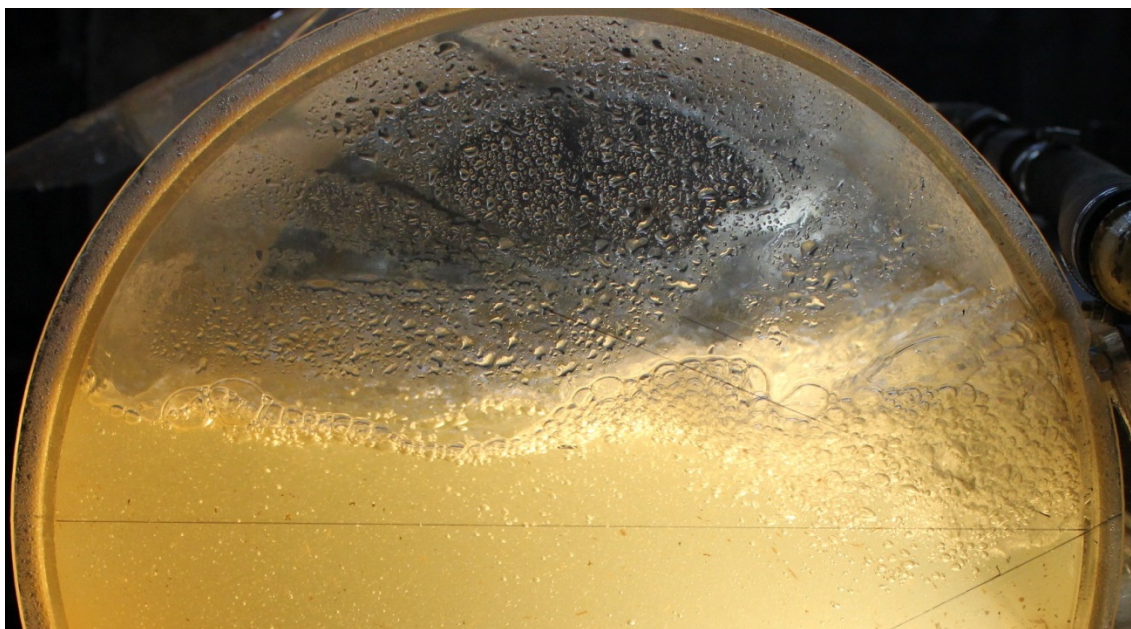


Рис. 2. Развитый струйный процесс в жидкой ванне конвертера

При более высоком избыточном давлении подаваемой газовой среды ( $P_0 \geq (1,2-1,5) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ) и скоростях газов близких к скорости звука в ванне образуется ярко выраженный двухфазный движущийся струйный поток с пульсирующим в широком высокочастотном спектре турбулентным пограничным слоем. Формирующиеся продольные неустойчивости сопровождаются отрывом массивов пузырей с частотой 10-20Гц. При повышенных скоростях выхода газов из сопла происходит развитие струи по всей ее длине с барботажом мелких пузырей на поверхности ванны. Исключение составляет начальный осесимметричный участок. Наличие Архимедовой силы приводит к последовательному искривлению траектории струи. В конце струи происходит сброс газов в виде мелких баработирующих пузырей.

При развитии струйного процесса в жидкости при этом режиме можно выделить три области (рис.3).

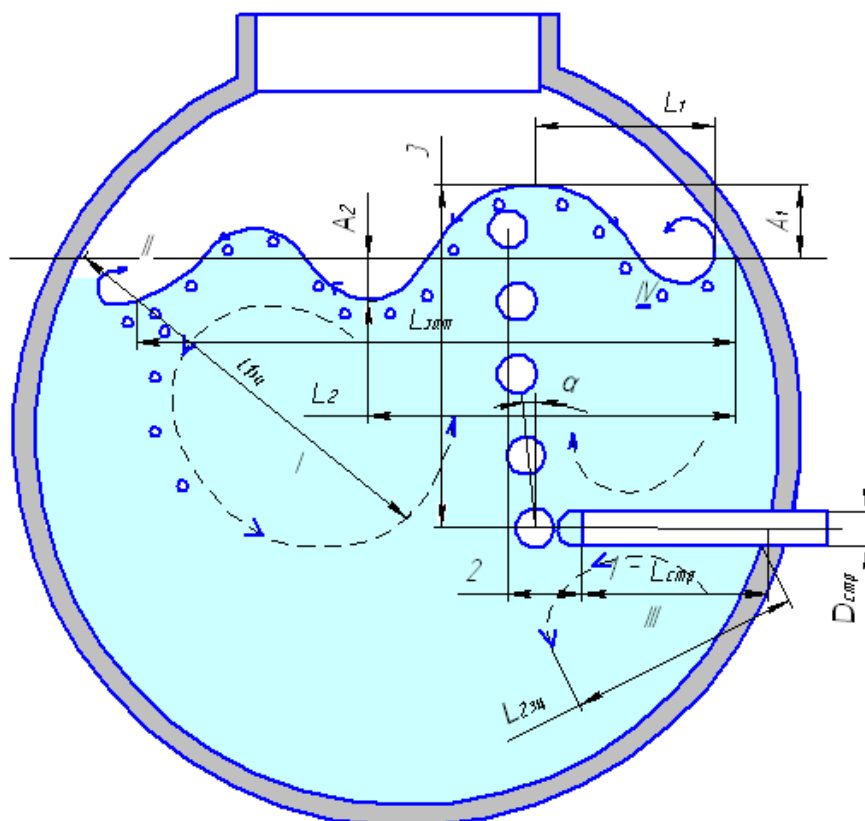


Рис.3. Схема развития струйного процесса в жидкой ванне

1 – зона развития струи в жидкости. На протяжении этого участка струя развивается по законам развития струйного процесса при обмене энергией с окружающей ее жидкостью и вовлечением в режим движения периферийных областей. По периферии струи образуется газожидкостная смесь. В целом струя представляет собой газовую среду с вовлеченными частицами жидкости. Протяженность этой зоны в направлении развития струи с увеличением давления газов возрастает.

2 – зона образования и отрыва пузырей, в которой происходит разделение газовой среды на отдельные объемы с большой ассимиляцией жидкости. Ограниченный объем пузырей приводит к формированию их сплошного потока. При этом течение газовых объемов характеризуется как продольной с частотой 10-15Гц, так и поперечной относительно оси струи пульсацией потока с частотой около 1Гц, что сопровождается колебаниями объема жидкости в ванне.

3 – зона перемещения газовых пузырей в объеме жидкости в вертикальном направлении. Развитие этой области сопровождается смещением потока пузырей вглубь ванны. При выходе газов на поверхность происходит выброс отдельных пузырей с выходом газов в окружающую среду и выносом жидкости на поверхность. Образовавшийся поток пузырей приводит к образованию интенсивной зоны барботаж на поверхности ванны, что выражается в локальном подъеме уровня жидкости относительно свободной поверхности. Излишняя потенциальная энергия возмущенной жидкости реализуется в формировании колебательных процессов на поверхности ванны. При распространении волны в сторону сопел энергия жидкости гасится на внутренней поверхности ванны со стороны подачи дутья, что приводит к возникновению внешних воздействий на футеровку ванны и формированием обратных потоков. В результате столкновения прямых и обратных колебательных движений образуется сплошная пузырьковая область IV. Распространение волновых процессов по длине ванны в сторону соседних сопел ограничено и связано со взаимным поглощением энергии волновых процессов от отдельных сопел. В результате между соплами появляются максимумы и минимумы амплитуды траектории движения жидкости на поверхность ванны.



Кроме того, волновые процессы развиваются в сторону от мест установки сопел с постепенным угасанием колебательных процессов на поверхности ванны (рис.4). Энергетическая составляющая этой части колебаний приводит к возникновению на поверхности ванны агрегата верхней зоны циркуляции жидкости (I), направленной против часовой стрелки. При затухании колебательных процессов в ванне не доходя стенки агрегата в наиболее удаленной верхней ее части происходит формирование слабоциркулирующей зоны (II) при движении жидкости по часовой стрелке.

Ниже струйного процесса в ванне в результате развития эжекционных явлений образуется нижняя зона циркуляции жидкости (III) с движением ее в направлении против часовой стрелки. Она практически не содержит газовых пузырей.

Всплывающие газовые пузыри и двухфазные массивы при любом режиме продувки образуют барботажную зону (IV), которая локализуется вблизи сопловой поверхности. Наличие в ванне верхней (I) и нижней (II) зон циркуляции в жидкой ванне способствует сносу пузырей к внутренней поверхности рабочего пространства конвертера, что при значительных скоростях движения массы жидкости и наличии пульсаций струи является одной из существенных причин для разрушения стенок металлургических агрегатов на границе раздела ванны и газовой среды.

Увеличение давления продувки, скорости выхода струи из сопла, снижение уровня жидкости над местом ввода дутья, смещение точки подачи газов в ванну будут способствовать смещению максимума высоты выбросов над уровнем ванны ближе к ее центру.

Наличие циркуляционных зон как в верхней, так и нижней области ванны относительно струйного процесса будет способствовать распространению газов по массе жидкости. Форма и размеры устойчивых газовых образований определяются условиями равновесия и зависят от гидростатического давления в слое жидкости, а также природы газа и жидкости.

Так, при хорошо развитом струйном процессе, может возникнуть ситуация когда область верхней циркуляционной зоны насыщенной газами уменьшается до минимального объема, а нижняя зона распространяется на всю ванну с ограниченной интенсивностью развития окислительных процессов. Однако в ней наиболее интенсивно происходит развитие движения газов в зоне барботажа, где скорость перемещения газовых пузырей на порядок превышает скорость циркуляции жидкой массы по объему ванны (0,2-0,5м/с). Все это приводит к значительному выбросу газов из ванны, а ограниченное время контакта их с межфазной поверхностью снижает эффективность использования дутья и замедляет развитие тепломассообменных процессов.

Для оценки степени развития струйных процессов в продуваемой ванне были выбраны следующие параметры:

1. Длина струи от точки ввода дутья до максимального развития струйного процесса по оси струи  $L_{стр}$ ;
2. Диаметр струи определяемая по ширине струи в конце второго расширенного участка  $D_{стр}$ ;
3. Угол наклона траектории движения газовых пузырей относительно вертикали  $\alpha$  по часовой стрелке;
4. Величина первой амплитуды выбросов жидкости в зоне барботажа относительно линии покоя ванны  $A_1$ ;
5. Место расположения первой амплитуды выбросов жидкости в зоне барботажа относительно края ванны сопловой стенки  $L_1$ ;
6. Величина второй амплитуды выбросов жидкости в зоне барботажа относительно линии покоя ванны  $A_2$ ;
7. Место расположения первой амплитуды выбросов жидкости в зоне барботажа относительно края ванны сопловой стенки  $L_2$ ;
8. Длина полного затухания поверхностных колебаний ванны  $L_{зат.}$ ;
9. Частота поверхностных колебаний в ванне  $\nu$ , Гц;

10. Протяженность первой зоны циркуляции от края ванны в направлении развития, L<sub>13Ц</sub>;

11. Протяженность второй зоны циркуляции от начала струйного процесса в направлении развития, L<sub>23Ц</sub>.

Полученные данные позволяют исследовать закономерности развития гидродинамических эффектов взаимодействия комплекса газовых струй с жидкой ванной с целью установления оптимальных технологических параметров образования барботажной зоны в рабочем пространстве горизонтального конвертера.

## **АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НА БАЗЕ LMS MOODLE**

**© Степаненко Т.А., Ильина Е.А.**

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

В соответствие с огромным потоком информации и широко распространенным в настоящее время дистанционным видом обучения, возникает потребность в новых образовательных технологиях, позволяющих реализовывать индивидуальные траектории обучения. Информационное образовательное пространство, в условиях которого осуществляется подготовка профессиональных знаний студентов, требует навыков самостоятельной переработки больших объемов информации.

Адаптация учебного процесса заключается в наличии учебного материала разного уровня сложности (обычного, простого, среднего, высокого) и в наличии контролирующих вопросов разного уровня сложности. Это позволяет решить сложную задачу, которую ставит использование технологий дистанционного обучения перед дистанционным преподавателем – осуществлять коммуникации с учетом индивидуальных способностей (эмоциональная устойчивость, свойство экстра – интроверсии, ответственность, коммуникабельность, скорость восприятия информации, рефлексия) и уровня подготовки (высокого, среднего, низкого) обучаемых на расстоянии без очного контакта.

Традиционная система контроля и оценки знаний студентов имеет, наряду с достоинствами, целый ряд недостатков. Основным из них является проявление субъективности в оценке знаний, которая является отражением индивидуальности преподавателя. Известны исследования, показывающие, что совпадение оценок двух экзаменаторов, проверявших независимо друг от друга знания одного и того же испытуемого в одной и той же области знаний путем устного опроса, совпадают не более чем в 60% случаев.

Педагогическое тестирование (форма измерения знаний учащихся, основанная на применении педагогических тестов. Педагогический тест — это инструмент, предназначенный для измерения обученности студента, и состоящий из системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения, обработки и анализа результатов) во многом свободен от недостатков, присущих традиционной системе контроля. В настоящее время существует несколько методов автоматизированной оценки знаний. Наибольшее распространение получил педагогический тест линейной структуры, то есть тест, в котором последовательно предъявляются вопросы, не связанные с уже выбранными ответами. Такой тест предъявляет жесткие требования к процессу его разработки и испытания. Необходимо обеспечить полное соответствие содержания тестового задания цели изучения материала, значимость предоставляемых вопросов, их достоверность, системность, компактность и сбалансированность, дифференциацию по уровню усвоения, кумулятивность (полнота, законченность), однозначность и четкость языка, регламентированность по времени (ограниченность его определенными временными рамками), краткость, определенную меру трудности, отсутствие косвенных признаков правильного ответа, вариативность, взаимосвязь содержания и формы тестового задания. Кроме того, тест должен быть проверен на валидность (способность теста измерять некото-

рые качества личности), надежность и эффективность. Однако такие тесты чаще всего создаются наспех лицами, не имеющими требуемой квалификации. Поэтому тестирующая система на основе линейного теста нередко оценивает уровень знаний весьма условно.

Повысить качество теста, прежде всего его валидность, можно, связывая задаваемые вопросы с теми ответами, которые были уже получены. Однако, даже в простейшем случае, такая тест-система представляет собой фактически экспертную систему, содержащую в базе знаний правила «если, то...». Создание такой базы знаний достаточно сложная задача. Адаптивные системы формирования и пополнения базы знаний требуют организации функционирования целого комплекса исследований по изучению уровней обучения.

По результату прохождения тестовых заданий система выдает числовую оценку в количественном и процентном соотношении. Но данная оценка не позволяет сделать выводы, дающие комплексную картину успеваемости студента по данному предмету. Поэтому актуальным является разработка плагина, позволяющего дать качественную оценку успеваемости обучаемого и на основе этой оценки сформировать адаптированный для пользователя курс обучения. Разрабатываемый метод использует нейросетевую модель для классификации текущего уровня знаний пользователя. Входными данными для нейросети является вектор ответов после прохождения рубежного контроля знаний. На выходе нейросети выдается нечеткая оценка уровня знаний пользователя. Используя данную оценку и процедурную модель, описанную в статье, формируется оптимальный набор учебно-тренировочных задач. Набор учебных элементов подбирается исходя из нечеткой оценки уровня успеваемости пользователя. У тех элементов, значение переменной «присутствие» больше 0,5, т.е. элемент полностью присутствует, будут поставлены в рекомендованную структуру курса обучения. Используя данный подход, можно разработать плагин, позволяющий генерировать структуру курса обучения, состоящую из набора элементов учебного материала, рассчитанных на конкретного студента с его успеваемостью. После генерирования новой структуры курса обучения, пользователь вновь проходит все этапы, описанные выше. Из базы данных выбираются те учебные элементы, которые требуются для успешного освоения неизученного материала. Обучение продолжается до тех пор, пока качественная оценка уровня подготовки пользователя не станет равной требуемой. Тогда курс считается пройденным успешно.

Рассмотрим задачу настройки линейного теста для оценки знаний с использованием искусственных нейронных сетей. Например, пусть линейный тест содержит 20 вопросов, из которых каждый будет содержать пять возможных вариантов ответов. Тогда входы нейронной сети – это все варианты предлагаемых ответов на вопросы теста. Таким образом, входы выбраны бинарными, то есть двоичными: «1» – ответ выбран тестируемым лицом, «0» – ответ не выбран. Выход нейросети – это оценка знаний студента. Можно, например, как это обычно принято оценивать знания оценками «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично», тогда имеем четыре бинарных выхода сети. Значение «1» на первом выходе соответствует оценке «неудовлетворительно», значение «1» на последнем – оценке «отлично». В основе принципа действия системы лежит свойство нейронных сетей обучаться. Обучение системы заключается в изменении весов связей (весовые коэффициенты связей между нейронами) нейронов сети по заданным алгоритмам, называемым правилами обучения. Целью обучения является сопоставление оценок, выставляемых по ответам теста нейронной сетью, с оценками, полученными при прохождении первоначального тестирования с целью выявления уровней подготовки студента и его индивидуальных способностей.

В качестве нейронной сети исследован многослойный перцептрон и полносвязные сети, структура которых представлена на рис. 1, – сети, в которых каждый нейрон передает свой выходной сигнал на вход остальных нейронов, а также самому себе.

Перцептрон состоит из элементов 3-х типов: S-элементов, A-элементов и одного R-элемента. S-элементы – это слой сенсоров, или рецепторов. Каждый рецептор может находиться в одном из двух состояний – покоя или возбуждения, и только в последнем случае он передает единичный сигнал в следующий слой, ассоциативным элементам – A-элементам. Они называются ассоциативными, потому что каждому такому элементу, как правило, соот-

ветствует целый набор (ассоциация) S-элементов. A-элемент активизируется, как только количество сигналов от S-элементов на его входе превысило некоторую величину  $\delta$ . Сигналы от возбужденных A-элементов, в свою очередь, передаются в сумматор R, причём сигнал от i-го ассоциативного элемента передаётся с коэффициентом  $\omega_i$ . Этот коэффициент называется весом A—R связи. Так же как и A-элементы, R-элемент подсчитывает сумму значений входных сигналов, помноженных на веса:

$$f(x) = s \left( \sum_{i=1}^n \omega_i x_i - \delta \right),$$

где S – входной сигнал

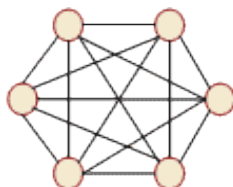


Рис. 1. Полносвязная нейронная сеть

Обучение перцептрона состоит в изменении весовых коэффициентов  $\omega_i$  связей A—R.

После обучения перцептрон готов работать в режиме распознавания. В этом режиме перцептрону предъявляются ранее неизвестные ему объекты, и перцептрон должен установить, к какому классу они принадлежат. Работа перцептрона состоит в следующем: при предъявлении объекта, возбужденные A-элементы передают сигнал R-элементу, равный сумме соответствующих коэффициентов  $\omega_i$ . Если эта сумма положительна, то принимается решение, что данный объект принадлежит к первому классу (например, отличник), а если она отрицательна — то ко второму (например, троечник). Если сумма входных сигналов равна нулю, выход считается либо равным нулю, либо неопределённым. На рис. 2 схематично представлена работа перцептрона.

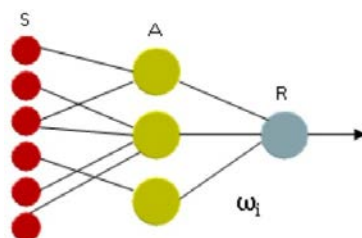


Рис. 2. Схема перцептрона

Веса S—A связей могут иметь значения  $-1$ ,  $+1$  или  $0$  (то есть отсутствие связи). Веса A—R связей  $\omega$  могут быть любыми. Многослойный перцептрон – это перцептрон, в котором присутствуют дополнительные слои A-элементов. Возможное количество обучающих выборок для теста, состоящего из 20 вопросов, которые имеют по 5 вариантов ответов, составляет  $20^5=3200000$ . Размер обучающей выборки можно ограничить величиной 10000 вариантов ответов на тест. Это всего 0.3% возможных вариантов ответов. Такой размер выборки можно принять, так как имеется вполне определенная зависимость между относительной погрешностью оценки теста нейронной сетью и размером обучающей выборки. Эта зависимость приведена на рис. 3.

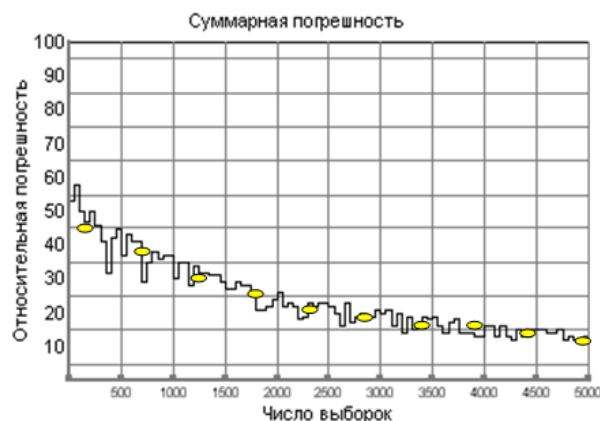


Рис. 3. Зависимость относительной погрешности оценки теста искусственной нейронной сетью от числа обучающих выборок

Аппроксимация (приближенное решение сложной функции с помощью более простых, или известных, что ускоряет и упрощает решение задачи) зависимости относительной погрешности от размера обучающей выборки может быть выполнена с помощью алгебраического полинома (многочлена):

$$V_x = \begin{pmatrix} 500 \\ 1000 \\ 1500 \\ 2000 \\ 2500 \\ 3000 \\ 3500 \\ 4000 \\ 4500 \\ 5000 \end{pmatrix} \quad V_y = \begin{pmatrix} 45 \\ 36 \\ 28 \\ 23 \\ 20 \\ 19 \\ 15 \\ 15 \\ 14 \\ 13 \end{pmatrix} \quad F_x = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1}{x} \\ \frac{1}{x^2} \\ \frac{1}{x^3} \end{pmatrix}$$

Минимально возможная погрешность обучения составляет 5.821%, она достигается при выборке в 3200000 вариантов ответов. Допустимая для тестирования точность 10% достигнута при числе обучающих выборок приблизительно 9300. Очевидно, что прямое обучение нейронной сети для оценки знаний является неприемлемым из-за огромного числа выборки для точности тестирования и минимальной погрешности ответов, то есть огромного количества наблюдений. Предлагаются процедуры адаптивного обучения, а также процедуры сочетания модельного обучения (имитация различных обучающих ситуаций) с адаптацией, с применением нечетких нейронных сетей.

Для построения персонализированного учебного курса предлагается использовать систему автоматизированной генерации тестовых заданий и модуль автоматизированного построения персонализированного учебного курса в среде LMS Moodle на основе результатов диагностического тестирования.

Адаптация в LMS Moodle заключается в конструировании оптимального для конкретного пользователя набора учебных элементов. Преподаватель формирует банк вопросов для курса обучения. Вопросы в Банке упорядочены по категориям. По умолчанию для каждого курса создается отдельная категория, кроме того, существуют категории, совпадающие с общими категориями курсов. Студент под своей учетной записью регистрируется в системе. Доступ осуществляется через web-интерфейс, что позволяет работать с системой с любого компьютера, где есть браузер. Выбирает доступные ему курсы обучения, изучает тематический материал. Далее студент проходит рубежный контроль, состоящий из набора тестовых заданий, который преподаватель поставил для первоначального прохождения курса. Результат прохождения курса обучения должен фиксироваться системой. Для его реализации си-

стемы выберем язык delphi с использованием базы данных MySQL. Нечеткость в структуре модели обуславливается тем, что набор конкретных позиций и переходов описывается нечеткой переменной «присутствие элемента», и для каждого пользователя будет существовать какой-то один конкретный набор учебных элементов.

Рассматриваемая система состоит из отдельных взаимодействующих компонент. Под компонентой понимается элементарный неделимый блок материала, который может быть представлен: текстом, веб-страницей, ссылкой на файл, веб-страницу, заданием и т.д. Каждая компонента имеет свое состояние. Состояние компоненты – это абстракция соответствующей информации, необходимой для описания ее будущих действий. Состояние компоненты зависит от предыстории этой компоненты, со временем состояние компоненты будет меняться. Оно отображает поведение моделируемой системы. Действиям компонент системы присущи совмещенность или параллельность. Действия одной компоненты системы могут производиться одновременно с действиями других компонент.

Преподаватель, разрабатывающий курс обучения, определяет набор компонент для первоначальной структуры курса обучения, то есть начальное представление дидактического материала студенту, на основе результатов входного контроля. Этот контроль показывает уровень на котором находится студент в момент прохождения контроля – низкий, средний или высокий. Определяются также альтернативные (замещающие) элементы, которые могут присутствовать в последующих изменениях структуры курса обучения. Элементам, определенным в первоначальной структуре курса обучения, присваивается значение 1. Альтернативным элементам присваивается значение в диапазоне  $[0 - 0, 5]$ , что определяет лишь их возможное присутствие в последующих изменениях курса обучения. Преподавателю, разрабатывающему курс обучения, предлагается выбрать для каждого элемента значение нечеткой переменной «присутствие», определяющей коэффициент допустим  $n_i$ , из списка возможных значений: Например, полностью:  $n_i=1$ , возможно:  $n_i=0,48$ , слегка:  $n_i=0,24$ , мало:  $n_i=0,12$ .

Рассмотренный подход построения информационной адаптивной системы обучения на базе LMS Moodle обладает рядом преимуществ перед конкурентными системами и позволяет:

- адаптировать структуру курса обучения, рассчитанную на конкретного пользователя;
- осуществлять мониторинг прохождения курса обучения пользователями на основе нейронных сетей;
- проводить дальнейшие исследования в данной области в целях улучшения качества автоматизации компьютерного обучения.

### Список использованных источников

1. Ильина Е.А. Организация самостоятельной работы студентов вуза с использованием автоматизированной обучающей системы: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Е.А. Ильина; Магнитогорск. гос. ун-т. –Магнитогорск, 2010. – 24 с.
2. Степаненко Т.А., Ильина Е.А. Из истории адаптивного обучения // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012». – Выпуск 4. Том 13. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – ЦИТ 412–0381 – С. 6–10.
3. Степаненко Т.А. Об адаптивном обучении в LMS Moodle // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – №2 – С. 371–372.
4. Эндрю А. Искусственный интеллект: Пер. с англ./Под ред. и с предисл. Д.А. Поспелова. – М.: Мир, 1985. – 264 с.
5. Горюшкин Е.И. Использование нейросетевых технологий в адаптивном тестировании по информатике в вузе: диссертация кандидата педагогических наук: 13.00.02. Курск, 2009.

6. Круглов В.В., Борисов В.В., Быстров А.В. Современные информационные технологии. Основы построения и применения искусственных нейронных сетей, Смоленск: СмолГУ, 2006. – 92 с.
7. Сенькина Г.Е., Емельченков Е.П., Киселева О.М. Методы математического моделирования в обучении: монография / Смол. гос. ун-т. – Смоленск, 2007. – 112 с.
8. Мунерман В.И., Шаповалова Г.П. Использование нейронных сетей в образовательных информационных системах. Смоленск: СмолГУ, 2006. – 92 с.
9. Ильина Е.А., Егорова Л.Г., Дьяконов А.В. Технология тестирования знаний студентов с использованием системы Moodle. // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – №1–3 – С. 166–172.
10. Ильина Е.А., Файнштейн С.И., Торчинский В.Е. Системы искусственного интеллекта – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ  
KRAFTWERK KENNZEICHEN SYSTEM (KKS) ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
И РЕКОНСТРУКЦИИ АСУТП ЭНЕРГОБЛОКОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ  
С ПАРОГАЗОВЫМИ УСТАНОВКАМИ**

© Супрунов С.Г., Лисиенко В.Г.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Правильный выбор способа построения структуры проектов большого объема имеет огромное значение и обязан происходить в самую первую очередь на этапе проектирования. РАО "ЕЭС России" обязало использовать систему KKS на вновь вводимых энергетических блоках с АСУТП, а также на реконструируемых энергетических блоках, на которых предусматривается создание АСУТП[1]. Рассмотрим основные преимущества и возможности внедрения данной системы.

К проектам большого объема относятся предприятия с парогазовыми установками, а именно «Способ выплавки стали и сплавов в замкнутом энерго-металлургическом цикле» патент №2433188 автор В.Г. Лисиенко [1]. На настоящий момент для реализации такого проекта накоплен обширный опыт по внедрению новейших технологий (таких как IGCC) реализованы проекты по модернизации уже существующих мощностей, разработаны и опробованы новые газовые турбины, газификаторы. Также уже более 25 лет используется разработанная немецким объединением промышленников (VGB)[1] система кодирования для электростанций – Kraftwerk Kennzeichen System, сокращенное название – KKS. РАО "ЕЭС России" ещё в 2001г. приобрело у VGB[1] документацию необходимую для применения системы KKS в энергетике.

KKS по сути является перечнем кодов, обозначающая все объекты: технологические системы, агрегаты, средства управления и сбора информации, алгоблоки прикладных программ управления и используемые в них сигналы, арматуру, кабели, помещения и др., всё что встречается в практике проектирования, монтажа, наладки и эксплуатации оборудования. Всего в системе используется более 12000 системных кодов, с одной стороны действительно внушающее число, однако, этого недостаточно для проектирования электростанций, на этот случай предусмотрен резерв позволяющий увеличивать в десятки раз количество идентификаторов. В число резерва можно отнести основную группу Z, специально выделенную для дополнительного оборудования, в случае с энерго-металлургической установкой эта группа может идентифицировать металлургическую часть.

Основное назначение систем классификации это дать каждому объекту уникальный идентификатор, но в каждом отдельном случае структура подобных систем зависит от цели использования. Классической системой идентификаторов является мнемоническая, наиболее распространенная и максимально приближенная к человеку. Основным недостатком такой системы является то, что это сложившиеся традиционно названия часто отличные на разных предприятиях, часто дублирующиеся, что делает её крайне неудобной для обработки. В качестве примера организации мнемонической системы кодирования широко используемой и имеющей структуру хотелось бы привести ГОСТ 2.710–81[2]. Данная структура является основной для проектирования практически всех электрических схем, более расширенная структура приведена в программном продукте EPLAN Electric P8, обладающая возможностью разделять объекты проекта на функциональную принадлежность, документ или установку.

Данная система крайне неустойчива, изменения возможны в любое время и сами принципы структуры могут отличаться у различных подразделений предприятия. В настоящее время данная проблема крайне актуальна так как создание АСУ энергоблока крайне тяжёлая задача для одной организации, зачастую объёмы работ делятся ген. подрядчиком между участниками, которые в свою очередь создают свои проекты со своими идентификаторами. В любом случае АСУ будет взаимодействовать с операторами, которым понадобится более понятная мнемоническая система. Единственным выходом из сложившейся ситуации является применение обеих систем, в этом случае у объектов (в основном электрических) имеется два идентификатора мнемонический и код KKS. В качестве примера можно привести замену выключателей на 5блоке Рефтинской ГРЭС. В настоящее время возможность реализации такого подхода существует и в автоматизированном проектировании в программном продукте EPLAN Electric P8 с дополнительным модулем EPLAN PPE.

Другое немаловажное отличие мнемонической системы от KKS, это необходимость строгой организации, это значит, что при проектировании необходимо заранее обговорить между всеми участниками правила задания всех идентификаторов, и необходим человек отвечающий за правильность всех изменений.

Наиболее распространены системы, предназначенные для учёта оборудования в виде материальных ценностей. Для обеспечения этой задачи подходят коды состоящие из набора цифр, в некоторых случаях потерявших свою функциональную принадлежность или имеющих крайне простую структуру не имеющей деления на составные части. Такие системы очень удобны для организационно-экономических отделов предприятий, так как разрабатываются для программ обработки баз данных, например СУБД «ORACLE». Цель таких систем это предоставление инвентарных номеров, которые не имеют привязки к функциональной принадлежности, структурной и др. либо имеют слабое деление, к примеру на электрическое, технологическое и вспомогательное оборудование. Пользуются такими системами материально ответственные лица при инвентаризации, использование таких систем для проектирования АСУ, при наладке монтаже и обслуживании крайне затруднительно для человека.

В качестве финальной стадии максимального удаления от человека является система на основе идентификаторов GUID, в основе которой используется абсолютно ничего не обозначающий статистически уникальный 128-битный идентификатор. В двоичном коде это 128 нулей и единиц, в 16-ричном коде это 32цифры и буквы. Такой идентификатор для человека очень сложен, но весьма удобен для баз данных и программных средств поэтому используется IT специалистами для организации нормальной, защищенной от сбоев работы специализированных серверов через интернет, либо локальную сеть. В настоящее время такие системы нашли широкое применение и с каждым годом всё больше интегрируются в АСУ, если вспомнить буквально 5–10 лет назад организация SCADA на обычных ПК было новшеством, сейчас работа с АСУ через браузер уже используется и внедряется. Одним из наиболее ярких примеров такой АСУ является SPPA– T3000.

Приведенные выше системы показывают, как влияет цель создания на конечный результат, у каждой системы есть свои положительные качества для наиболее быстрого наилуч-



шего достижения свои цели. Система KKS имеет признаки мнемонической системы с простыми по структуре идентификаторами и позволяет работать с программами обработки баз данных. В итоге получается система, наиболее приспособленная к созданию АСУТП энергоблоков для предприятий с парогазовыми установками. Использование KKS позволит сократить время при проектировании монтажа и наладке, что в свою очередь сократит количество ошибок при закупках оборудования, облегчит дальнейшее обслуживание, эксплуатацию и дальнейшее развитие АСУ предприятия.

Для научной работы создающей АСУТП сочетающей в себе и энергетическую и металлургическую специфику использование системы KKS позволяет создать функциональную схему энергетической части на основе последних внедрённых технологий. Использование международно-известной структуры упрощает понимание предложенных технологий сокращая дистанцию между наукой и производством, что делает более эффективным обмен опытом, привлечения инвестиций и любых других взаимоотношений на всех стадиях организации научного исследования. В настоящее время система KKS взята за основу при создании функциональной схемы реализующий новый способ выплавки стали и сплавов в замкнутом энерго-металлургическом цикле.

### **Список использованных источников**

1. Лисиенко В.Г. Способ выплавки стали и сплавов в замкнутом энерго-металлургическом цикле. Патент РФ №2433188; заявл. 03.09.2008; опубл. 10.11.2011
2. РД 153–34.1–35.144–2002 рекомендации по применению современной универсальной системы кодирования оборудования и АСУТП ТЭС.
3. Примеры методик и моделей классификации и идентификации объектов, применяемых в электроэнергетике Москва 2007
4. ГОСТ 2.710–81 (СТ СЭВ 2182–80, СТ СЭВ 6306–88) Государственный стандарт союза ССР единая система конструкторской документации обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ СОТРУДНИКА**

**© Суров С.И., Мосунов А.А.**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Целью данного проекта является создание веб-приложения позволяющего отслеживать собственные результаты работы.

На сегодняшний день можно смело утверждать, что динамика развития информационных технологий формирует ритм общества и жизни в целом. Всеобщая информатизация затрагивает буквально все аспекты человеческой деятельности. Информатизация общества – это капитализм, шагающий широкими шагами по нашей планете, захватывая новые территории. И у кого больше информации, тот владеет миром. Это не простая аллегория, это действительно так. Общество не так давно переместилось в виртуальное пространство социальных систем, обрушив остатки занавесов и стерев границы государств.

Основной целью, выбирая тему для практики, поставлено ознакомление с современными технологиями разработки программных продуктов. И как не странно, выбор пал на разработке web – приложения. Web – приложения активно завоевывают господство в информатизации, оттесняя, когда-то популярные, «толстые» клиенты в виде windows – форм. Мнение автора – будущее за «вебом».

Разработке веб-приложения – весьма интересный проект, который заслуживает внимания. Участие в этом проекте соответствует цели в познании технологии разработки современного ПО.

На данный момент, наибольшее распространение получили 2 типа клиент-серверной модели, это веб приложение (клиент – браузер, сервер – веб сервер), и классические клиент-серверные (клиент – персональный компьютер, сервер – источник запрашиваемых данных) решения.

Отношение пользователей к web-приложениям на сегодняшний день остается неоднозначным. Чем же они лучше своих десктопных коллег и в чем им уступают? Попробуем разобраться при рассмотрении их плюсов и минусов.

#### *Преимущества веб приложений*

- 1) не нуждается в установке на свою машину тяжеловесного программного обеспечения. Все, что требуется для полноценной работы – это браузер, обычно поставляемый вместе с операционной системой, и доступ в Интернет;
- 2) устанавливая приложения на свой компьютер, поневоле приходится брать на себя обязанности администратора, что доставляет неопытным пользователям массу хлопот. Приложение нужно установить и запустить, потом настроить под себя, а потом ни с того ни с сего вдруг возникают непонятные ошибки, требующие немедленного решения. В случае с браузерным приложением, фактически лежащем на сервере, беспокоиться об этом не придется;
- 3) web-приложения не требовательны к ресурсам и не предъявляют никаких требований к аппаратной платформе. Это значит, что нет никакой разницы, сколько мегабайт оперативной памяти установлено на компьютере пользователя и из под какой операционной системы он работает. Лишь бы был браузер и доступ в Интернет, все остальное не так уж и важно;
- 4) Кроме того, нет никаких проблем с поддержкой старых версий программ и обратной совместимостью. Когда появляется новая версия десктопного приложения, пользователям нередко приходится решать проблемы, связанные с обновлением уже установленной на их машине копии. В случае с браузерными приложениями таких проблем не возникает – существует только одна версия, в которой работают все пользователи, и в случае выхода новой все без исключения автоматически переходят на нее, порой даже не замечая этого;
- 5) web-приложения позволяют своим пользователям быть по-настоящему мобильными. По сути, вы можете работать в сети, сохранять результаты своей работы на сервере и, в случае необходимости, иметь к ним доступ отовсюду (где есть выход в Интернет, естественно).

#### *Недостатки веб приложений*

- 1) интернет сейчас доступен, увы, не везде – по крайней мере в нашей стране. И во многих районах нашей "необъятной" стоимость трафика и ширина интернет-канал оставляют желать лучшего;
  - 2) существует огромное количество приложений, которые не могут быть заменены браузерными (по крайней мере в ближайшем будущем). Например, невозможно в браузере создавать сложные трехмерные модели;
  - 3) самый главный минус web-приложений – многих пользователей смущает тот факт, что их данные будут храниться и обрабатываться где-то на чужом сервере. Ведь потенциально это может привести к утечке, потере или искажению информации (и в отдельных случаях наверняка приведет). Не каждый рискнет выложить личную информацию в сеть.
- Несмотря на отсутствие интернета в некоторых районах, это не является критичным недостатком для данного проекта.

#### *Преимущества классических клиентов*

- 1) делает возможным, в большинстве случаев, распределение функций вычислительной системы между несколькими независимыми компьютерами в сети. Это позволяет упростить

обслуживание вычислительной системы. В частности, замена, ремонт, модернизация или перемещение сервера не затрагивают клиентов;

- 2) все данные хранятся на сервере, который, как правило, защищён гораздо лучше большинства клиентов. На сервере проще обеспечить контроль полномочий, чтобы разрешать доступ к данным только клиентам с соответствующими правами доступа;
- 3) позволяет объединить различные клиенты. Использовать ресурсы одного сервера часто могут клиенты с разными аппаратными платформами, операционными системами и т. п.

*Недостатки классических клиентов*

- 1) неработоспособность сервера может сделать неработоспособной всю вычислительную сеть;
- 2) поддержка работы данной системы требует отдельного специалиста — системного администратора;
- 3) высокая стоимость оборудования.

## **ВНЕДРЕНИЕ ERP-СИСТЕМЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «МУРОМСКИЙ ЗАВОД РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ»**

© **Теняева М.Е.**

*Муромский институт (филиал) Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», МИ(ф) ВлГУ,  
г. Муром, Россия*

Большинство российских предприятий, имеющих опыт производства несколько десятилетий, до сих пор осуществляют планирование и учет в самостоятельно разработанных информационных системах или вообще обходятся без таковых. Но организациям необходимо повышать эффективность использования производственных мощностей, снижать издержки и трудоемкость разработки планирования. Поэтому переход к современным системам управления производством считается одним из основных тенденций развития. Ввод новой информационной системы — процесс сложный, особенно если производство комплексное и зрелое.

ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» (ОАО «МЗ РИП») является предприятием по производству наземных радиолокаторов, также разработке, реализации, ремонту и гарантийному обслуживанию радиотехнической аппаратуры и изделий военного и гражданского назначения. Общество специализируется на поставках продукции по Гособоронзаказу и внешнеторговой деятельности.

Многие годы на заводе оперативные планы составлялись на основе опыта: руководителей производственных служб, начальников цехов, производственно-диспетчерского отдела. Производство полуфабрикатов и ДСЕ проводилось с большим запасом, при этом совершенно не учитывался брак деталей. Производственный и складской учет в цехах осуществлялся вручную на бумажных носителях. Тем самым, для того, чтобы определить дефицит ДСЕ для изделия, требовалось более двух месяцев, именно поэтому с количеством запасов на предприятии перестраховывались и крайне его увеличивали.

Изделия предприятия многоступенчатые и сложные, имеют цикл сборки до 18 месяцев, при этом всегда преобладают строгие требования к срокам производства. В выпускаемых машинах содержится более 150 тысяч деталей и сборочных единиц, которые находятся в работе 16 цехов. Поэтому одной из важных задач для предприятия была оптимизации производственных процессов, в том числе путем их автоматизации.

С 2011 года компания «Аскон» продолжает построение системы эффективного управления производством на «МЗ РИП», создавая новый продукт САУП «Гольфстрим».

Основная причина автоматизации – резкое увеличение объемов заказов с 2011 г. В этих условиях наблюдается:

- снижение достоверности сроков выполнения заказов;
- недостаточная актуальность данных о текущем состоянии заказов;
- возникает потребность в информации в разрезе заказа, а также в регулировании запасов полуфабрикатов и ДСЕ (деталей), при существующих методах управления.

Именно поэтому целями проекта внедрения «Гольфстрим» являются:

- построение системы управления производством;
- автоматизация производственного планирования и учёта;
- создание единой ИС ОАО «МЗ РИП».

Развертывание системы управления производством на базе «Гольфстрим» включает следующие этапы:

1. Внедрение подсистемы «Производственного планирования и учета»
2. Внедрение подсистемы «Складского учета»
3. Внедрение подсистемы «Анализа потребностей производства»
4. Внедрение подсистемы «Внутрицехового управления работами»
5. Внедрение подсистемы «Учета затрат в производстве»

Задачей автоматизации производственного процесса является оптимизация существующего планирования и учета, которая обеспечит предприятию достоверность и качество полученной информации. На рисунке 1 представлена схема процесса производственного учета в САУП «ГОЛЬФСТРИМ».

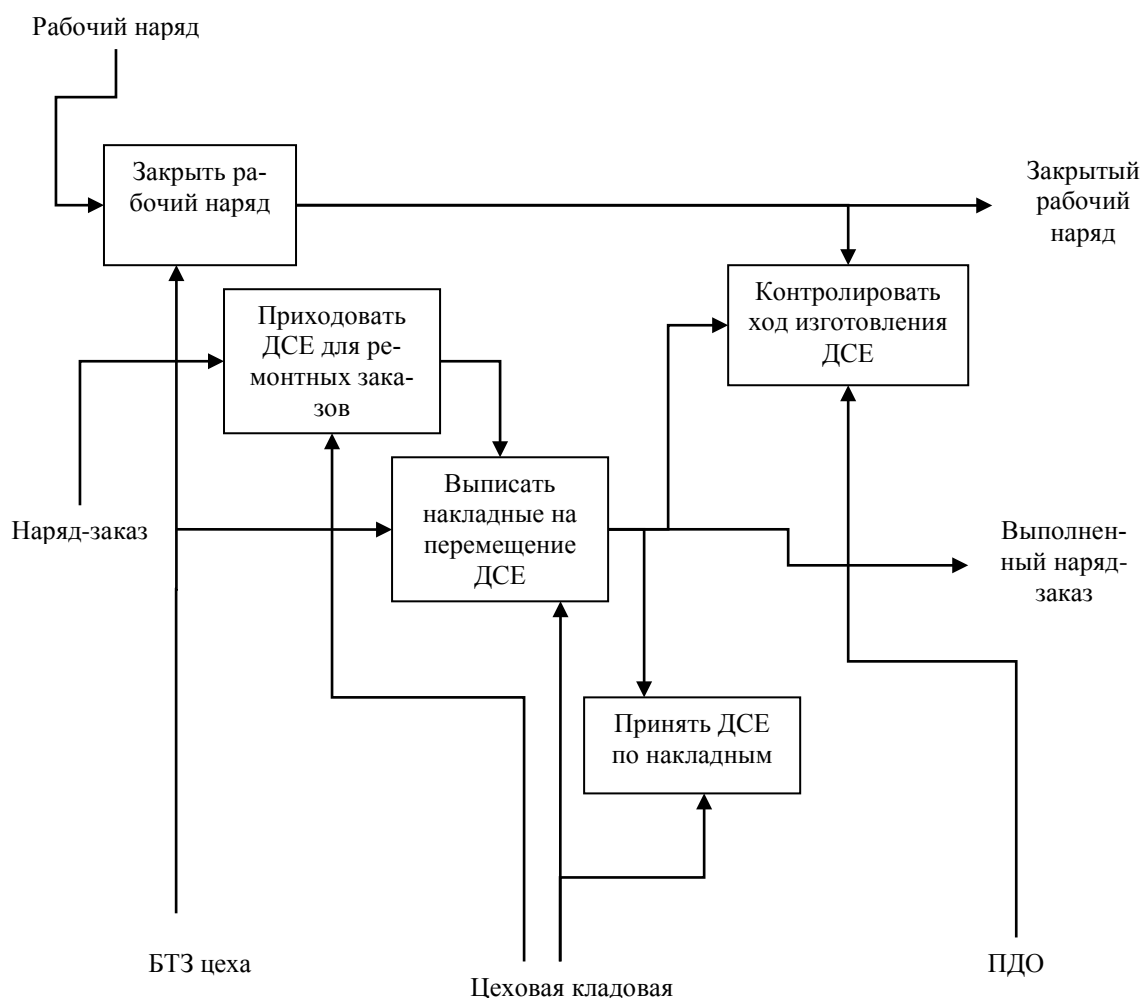


Рис. 1. Схема процесса производственного учета в САУП «ГОЛЬФСТРИМ»

Первый этап был успешно завершён в 2011 году: была упорядочена нормативно-справочная информация, введена информация по производственным заказам и формированию отчетности ПЭО по заказам, разработаны графики изготовления изделий, произведен учет движения ДСЕ в производстве и диспетчирование производства, сделан расчет дат запуска/изготовления номенклатуры ДСЕ, а также сформированы рекомендательные номенклатурные планы выпуска ДСЕ цехам. Результаты первого этапа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Эффекты от реализации проекта внедрения ГОЛЬФСТРИМ

Задача	Результат	Комментарий
Вывод производства «из тени» (производилось столько, сколько было необходимо, брак не скрывался, отказ от неоправданных запасов полуфабрикатов и ДСЕ)	90%	Выявлены лишние производственные запасы
Повышение достоверности информации о производственных процессах	100%	Соответствие технологическим маршрутам
Планирование и учёт в разрезе реальных заказов	100%	Диспетчирование
Раскрытие состава изделий и выбор ДСЕ	100%	
Определение дефицита	65%	Полностью со складским учетом
Анализ хода производства на основании первичных документов (исключается человеческий фактор)	100%	Соответствие технологическим маршрутам

Завершается текущий этап — автоматизация складского учета в цеховых кладовых (опытная эксплуатация), поэтому можно определить вероятные эффекты от внедрения САУП «ГОЛЬФСТРИМ» на предприятии к 2013 году (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, выполнение поставленных перед предприятием задач ведет ко многим положительным эффектам, которые непосредственно ощущают специалисты различных структурных подразделений.

Экономический эффект от внедрения автоматизированной системы производственного планирования, поддерживающей методику планирования на ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» определяется прежде всего возможностью сократить уровень складских запасов и НЗП.

Практика российских приборостроительных компаний показывает, что грамотное применение систем автоматизированного управления производством позволяет в среднем снизить уровень запасов до 30%. Даже достижение трети от указанного эффекта в абсолютных цифрах для ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» может составить десятки миллионов рублей экономии ежегодно.

С учетом практики российских приборостроительных компаний был произведен расчет относительного рассматриваемого предприятия и получен ожидаемый эффект от внедрения системы автоматизированного управления производством к 2013 году в таблице 3.

ОАО «МЗ РИП», выполнив в будущем все поставленные задачи, достигнув целей от внедрения САУП «Гольфстрим» и получив рассчитанный эффект от оптимизации процессов и управления, сможет более чем на 20% улучшить свои показатели финансовой устойчивости и производственного планирования, в 2–3 раза повысить производительность труда, что соответственно, положительно отразится на структуре бухгалтерского баланса, а также повысится уровень привлекательности предприятия и его конкурентоспособности.

Возможный эффект от внедрения САУП «ГОЛЬФСТРИМ»  
(при условии выполнения поставленных задач)

Сущность задач	Ожидаемый эффект
1. Повышение эффективности планирования и учёта, и, как следствие, повышение эффективности использования производственных мощностей, возможность оптимизации складских запасов, НЗП	Повышение производительности труда в 2–3 раза, экономия оборотных средств (снижение НЗП на 30–40%, снижение количества ПКИ на складах на 20%)
2. Автоматизация задач планирования производства	Снижение трудоёмкости разработки планов производства по выпуску готовой продукции на год (в 2–3 раза) и планов производства цехов на месяц (в 2–3 раза), выписки маршрутных листов исполнителями (в 1,5–2 раза)
3. Создание единой системы производственного учёта	Получение полной и достоверной информации о ходе производства, выполнении заказов, фактических затратах в любой момент времени
5. Автоматизация задач получения сводной аналитической отчётности по производству	Быстрое получение необходимых отчётных документов о ходе производства (в среднем 0,2–0,5 дня), выполнении плановых заданий, фактической выработке производственных рабочих, фактических затратах; расчёт плановых и фактических себестоимостей продукции в разрезе заказов и партий заказов с учётом параллельного использования нескольких методик расчёта, по состоянию на любой момент времени
6. Переход на использование передовых информационных технологий и методов управления производством	Повышение привлекательности предприятия для квалифицированных специалистов, повышение производительности труда

Экономические эффекты от внедрения САУП «ГОЛЬФСТРИМ»

Экономический эффект	
Качественные показатели	Количественные показатели
1. Снижение операционных и управленческих затрат производственных служб	1. Экономический эффект от снижения операционных и управленческих затрат производственных служб (около 20%)
2. Снижение уровня складских запасов	2. Экономический эффект от снижения затрат в незавершённом производстве (30–40%)
3. Эффект от высвобождения оборотных средств	3. Экономический эффект от снижения уровня складских запасов (15–20%)
4. Снижение затрат в незавершённом производстве	–
5. Снижение потерь от ошибок планирования и управления производством	–
6. Сокращение сроков выпуска продукции	–

## Список использованных источников

1. Адамов Н.А. Проблемы создания системы управленческого учета на российских предприятиях // Актуальные проблемы управления. – 2003. – № 2.
2. Полякова М. По течению точно к цели// Директор информационной службы, 2012. № 10
3. Официальный сайт ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mzrip.ru/>

## СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА МЕЖДУ ТРАНСФЕР-АГЕНТОМ И РЕГИСТРАТОРОМ

© Терентьев А.Ю., Ярчук В.Ф.

*ООО «ТЭКСИ–Консалтинг», г. Екатеринбург, Россия*

Система электронного документооборота (СЭД) между Трансфер-агентом и специализированным регистратором предназначена для организации обмена электронными сообщениями с использованием модуля ТА-обмена (модуля ТОМ) и программно-технического комплекса «Миг» (ПТК «Миг»).

Трансфер-агентом (ТА) называется лицо, осуществляющее прием документов от зарегистрированных лиц и передачу их регистратору, а также прием от регистратора ответов на запросы и передачу их зарегистрированным лицам. Прием и выдача документов зарегистрированным лицам осуществляется в соответствии с трансфер-агентским договором, заключенным между регистратором и трансфер-агентом.

Сообщение – это обменный пакет, включающий в себя данные о регистрации принятых документов, вложенные файлы в виде архива или сканированных документов, а также служебную информацию.

Модуль ТОМ предназначен для выполнения операций по обмену данными между участниками трансфер-агентской сети регистратора, включая ТА-пункты сторонних организаций (эмитентов, номинальных держателей) и обеспечивает автоматизированную подготовку документов для передачи, прием и обработку поступивших документов, а также взаимодействие с другими программными системами:

– системой ведения реестров «Верекон–2»;

– ПТК «Миг», осуществляющим транспорт электронных документов, подготовленных модулем ТОМ (транспорт с использованием средств шифрования, ЭЦП, проверка соответствия форматам XML-документов). Для хранения сертификатов ключей шифрования используются электронный носитель e-Token. Доступ к сертификату на электронном носителе защищен паролем.

Модуль ТОМ должен обеспечивать передачу:

– неформализованных документов (сканобразы документов);

– файлов установленного формата для обмена регистраторов и депозитариев (XML-формат FRD\_11\_01, утвержден советом директоров Профессиональной ассоциации регистраторов, трансфер-агентов и депозитариев в 2011 году);

– файлов произвольного XML-формата (не регламентированного формата).

Единицей обмена в модуле ТОМ является сообщение, структура данных которого включает:

– входящий акт;

– входящие документы акта;

– скан-образы входящих документов;

– распоряжения для выполнения запросов и операций в реестре;

– исходящие документы, сформированные в результате исполнения входящих документов данного входящего акта;

– связи входящих документов акта с распоряжениями и исходящими документами.

При регистрации входящего акта указанные данные сохраняются в SQL-базе модуля ТОМ.

В момент отправки запись входящего акта из SQL-базы конвертируется в набор XML-файлов.

Подготовка электронного сообщения в модуле ТОМ начинается с создания входящего акта. Функция выполняется на главной экранной форме модуля ТОМ, которая содержит список зарегистрированных входящих актов и панель кнопок управления.

Добавление записи входящего акта сопровождается появлением экранной формы сообщения (акта), которая содержит вкладки:

- «Входящие документы»;
- «Распоряжения»;
- «Исходящие документы»;
- «Протокол обработки сообщения».

Регистрация входящих документов в SQL-базе модуля ТОМ производится на вкладке «Входящие документы». Входящий номер регистрируемых документов наследуется от входящего акта, который был назначен при создании акта и вычисляется следующий свободный номер активированного входящего документа в акте. Тип входящего документа выбирается из справочника типов входящих документов системы «Верекон-2».

Ввод записи входящего документа может быть дополнен добавлением скан-образов документов.

Регистрация распоряжений для выполнения действий в реестре или выполнения запросов в реестр производится на вкладке «Распоряжения» формы работы с актом. Предусмотрено добавление/удаление записей распоряжения, ввод/корректировка реквизитов распоряжения. Ввод записи распоряжения начинается с выбора типа распоряжения из следующего допустимого перечня типов распоряжений (выбор производится из выпадающего списка):

- Запрос выписки;
- Запрос справки об операциях;
- Запрос справки о наличии ЦБ;
- Запрос уведомления об операции;
- Открытие лицевого счета зарегистрированного лица;
- Корректировка данных зарегистрированного лица;
- Перерегистрация ценных бумаг;
- Блокирование операций по лицевому счету;
- Разблокирование операций по лицевому счету.

Для каждого типа распоряжения имеется специальная экранная форма с соответствующим набором реквизитов распоряжения и возможностью выбора входящих документов акта для этого распоряжения.

При вводе распоряжения предусмотрена возможность выбора реквизитов из среза реестра, который имеется в базе ТА-пункта:

- выпуск ценных бумаг (из полного перечня выпусков реестра);
- зарегистрированное лицо – участник распоряжения (предусмотрен выбор по номеру лицевого счета или начальной части полного наименования зарегистрированного лица);
- тип документа-основания (из справочника системы «Верекон-2»).

Вкладка «Исходящие документы» предназначена, главным образом, для просмотра записей исходящих документов, которые были сформированы системой «Верекон-2» и являющиеся результатом исполнения входящих документов данного акта с категорией:

- «Документ-основание для проведения операции»;
- «Запрос».

На этой вкладке предусмотрена возможность добавления/удаления/редактирования записей исходящего документа, включая изменение привязки исходящего документа к входящим документам этого акта.



Подготовка электронного сообщения для передачи в ПТК «Миг» может производиться путем ручного выбора записей входящих актов, готовых для отправки.

Для каждого выбранного входящего акта формируется отдельное электронное сообщение, которое включает набор файлов:

- 1) XML-файл входящего акта (при передаче из ТА-пункта регистратору и обратно);
- 2) XML-файл регистрации входящих документов акта (при передаче из ТА-пункта регистратору и обратно);
- 3) JPG-файлы скан-образов входящих или исходящих документов акта (входящих – при передаче из ТА-пункта регистратору, исходящих – при передаче от регистратора в ТА-пункт – с отказом выполнения распоряжения или запроса);
- 4) XML-файл регистрации исходящих документов (при передаче из ТА-пункта регистратору и обратно);
- 5) XML-файлы исходящих документов (выписки, справки, уведомления) (при передаче от регистратора в ТА-пункт, а также при передаче из ТА-пункта регистратору для обновления реквизитов выдачи исходящего документа);
- 6) XML-файлы распоряжений (при передаче из ТА-пункта регистратору) в одном из вариантов:

а) распоряжения в XML-формате FRD\_11\_01:

- распоряжение на выдачу выписки;
- распоряжение на выдачу справки об операциях;
- распоряжение на выдачу справки о наличии ЦБ;
- распоряжение на выдачу уведомления об операции;
- распоряжение на перерегистрацию ценных бумаг;

б) распоряжения в нерегламентированном XML-формате:

- распоряжение на открытие лицевого счета зарегистрированного лица;
- распоряжение на корректировку данных зарегистрированного лица;
- распоряжение на блокирование операций по лицевому счету;
- распоряжение на разблокирование операций по лицевому счету.

Для отправки оператор ТА-пункта выбирает записи, находящиеся в статусе «Подготовлено для отправки». Изменение статуса входящего акта на стороне регистратора происходит по нажатию кнопки «Обновить статус актов» на гриде сообщений основной формы модуля ТОМ.

От регистратора допускается повторная передача ранее отправленного акта, если в нем содержатся новые данные, добавленные в акт после последней отправки.

Отправленное сообщение (акт) помечается датой-временем отправки адресату. Впоследствии эта отметка используется для анализа, требуется ли повторно отправлять данный входящий акт в ТА-пункт. Необходимость повторной отправки акта в ТА-пункт возникает, если в акте имеются входящие документы, у которых дата-время исполнения документа больше даты-времени последней отправки акта.

Для поддержки в актуальном состоянии среза данных реестра в базе ТА-пункта предусмотрена функция формирования электронного сообщения с данными реестра для передачи в ПТК «Миг». Формируемое электронное сообщение включает набор XML-файлов формата TRF\_11\_01, разработанного для приема-передачи реестров между специализированными регистраторами, эмитентами и депозитариями. Данный формат утвержден советом директоров Профессиональной ассоциации регистраторов, трансфер-агентов и депозитариев в 2011 году. Следующий набор файлов этого формата используется для передачи актуального среза данных реестра от регистратора в ТА-пункт:

- XML-файл конверта электронного сообщения с данными реестра;
- XML-файл с анкетными данными эмитента;
- XML-файл с описанием выпусков ценных бумаг;
- XML-файлы с анкетами зарегистрированных лиц;
- XML-файл с анкетами совладельцев;

– XML-файл с анкетами уполномоченных представителей.

Для оптимизации обмена передаче подлежат только данные реестра, измененные с момента последней отправки подобного электронного сообщения в конкретный ТА-пункт. Данные о выполненных обновлениях среза реестра в ТА-пункте хранятся в SQL-базе регистратора.

Перед отправкой в ПТК «Миг» XML-файлы среза объединяются в единый ZIP-файл. Отправление среза реестра сопровождается созданием записи сообщения без создания записи входящего акта для этого сообщения.

В модуле ТОМ предусмотрена также функция подготовки электронного сообщения с набором файлов произвольного формата. Данное электронное сообщение является сообщением свободного формата и включает единственный регламентированный файл – XML-файл конверта электронного сообщения.

Успешное функционирование рассматриваемой СЭД зависит, в том числе, от наличия налаженного контроля взаимодействия между модулем ТОМ и ПТК «Миг». В рассматриваемой реализации СЭД предусмотрена обработка модулем ТОМ технических сообщений, формируемых ПТК «Миг».

Модуль ТОМ обрабатывает следующие технические сообщения ПТК «Миг»:

"SEND" – документ отправлен (принят сервером СЭД);

"PARK" – документ получен и принят к обработке;

"REJT" – документ не принят к последующей обработке.

Соответствие технического сообщения электронному сообщению устанавливается по совпадению основной части наименования файла электронного сообщения и технического сообщения. ТА-модуль меняет статус акта (электронного сообщения) по следующей схеме:

– статус «Передан» меняет на статус «Принят к обработке» – при приеме технического сообщения типа "PARK";

– статус «Передан» меняет на статус «Документ не принят к последующей обработке» – при приеме технического сообщения типа "REJT".

В модуле ТОМ предусмотрена функция переноса обработанных сообщений в архив.

Выбранные записи сообщений перемещаются на вкладку «Архив сообщений», откуда могут быть возвращены, в случае необходимости, обратно на вкладку «Сообщения». При выполнении указанных операций допускается множественный выбор записей сообщений.

Регламент рассматриваемого электронного документооборота предусматривает также обмен бумажными документами, которые доставляются с некоторым запаздыванием (несколько дней) относительно перемещения их электронных копий.

Контроль перемещения бумажных документов обеспечивается функцией модуля ТОМ, которая предусматривает простановку отметок о передаче бумажных оригиналов документов акта и предназначена только для выполнения в ТА-пунктах.

Основным отчетом, который формируется с помощью модуля ТОМ, является журнал обмена документами с регистратором (ТА-пунктом). Отчет включает перечень входящих документов с основным набором реквизитов входящего документа: номер и дата регистрации в ТА-пункте и в базе регистратора, наименование документа, категория и статус документа, дата исполнения, перечень исходящих документов, являющихся результатом выполнения входящего документа и некоторые другие реквизиты.

Корректная работа модуля ТОМ зависит от правильного выполнения настройки параметров модуля, которые определяют его взаимодействие с ПТК «Миг». Для упрощения процедуры настройки этих параметров в модуле предусмотрена функция синхронизации настроек модуля ТОМ с аналогичными настройками ПТК «Миг». Указанная синхронизация реализована в виде функции импорта настроек из ПТК «Миг» в модуль ТОМ. После завершения процесса синхронизации настроек, модуль ТОМ проверяет корректность настройки путем запуска специального теста.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

© Терехова А.Ю.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

## ***Введение***

Тепловой баланс печи состоит из ряда статей прихода и расхода теплоты, которые необходимо рассчитать, чтобы определить потребное количество теплоносителя. Следовательно, для составления теплового баланса должны быть полностью известны конструкция печи, вид теплоносителя, тепловой режим, производительность. В ряде случаев тепловому балансу предшествует расчет материального баланса плавки (для данного расчета этого не потребуются). В данной работе произведен процесс информатизации расчета теплового баланса вторичного сырья шахтной печи [1].

## ***Описание агрегата***

Объект информатизации представляет собой шахтную печь. Шахтная печь в цветной металлургии имеет широкое применение для плавки руд меди, никеля и свинца.

Шихту загружают сверху отдельными порциями (колошами) получают слои в следующем порядке: кокс, обороты, флюсы, руда. Столб шихты опирается на боковые стены и на ванну расплавленного металла, газы пронизывают шихту встречным потоком. В нижних слоях шихты образуются пустоты из-за выгорания топлива и выплавления штейна (черновой металл для цветной металлургии). Столб шихты оседает, в фурменной зоне, где вдувается воздух, развивается активный процесс горения и температура достигает 1400–1600 °С. Эта зона называется фокусом печи. Между шихтой и пронизывающими её газами, происходит процесс химического взаимодействия и теплообмена. Газы остывают, шихта нагревается. У фокуса печи – расплавление, после чего жидкие продукты стекают в горн печи.

Конечным продуктом плавки в этих печах являются: штейн, шлак и газы  $CO_2$  и  $SO_2$ . Образующиеся сернистые газы являются ценным продуктом для получения серы [2].

## ***Основные этапы разработки***

Математическая модель задачи строится на основе методики расчета теплового баланса вторичного сырья шахтной плавки. Исходными данными для расчета являются параметры и температуры загружаемого материала, табличные. Правильность модели проверяется с помощью MicrosoftOfficeExcel.

Проектирование программного обеспечения включает в себя этап функционального моделирования. Функциональная модель помогает визуализировать структуру программы и состоит из следующих ключевых блоков: процессы, связанные с операциями над исходными данными (загрузка, редактирование, сохранение), процесс расчета и процессы формирования и отображения отчета.

Следующий этап в разработке программного обеспечения – проектирование логики расчета в пакете Microsoft Office Visio 2010 в виде диаграмм. Этот этап необходим для отображения связей между множеством различных данных. Спецификация к диаграммам содержит все условные обозначения и необходимые формулы.

В дальнейшем разработана математическая библиотека на языке C# в среде Microsoft Visual Studio 2010. Она представляет из себя динамически подгружаемую библиотеку dll. В нее закладывается весь математический аппарат, реализованный в данном программном продукте.

Программный интерфейс, с которым непосредственно взаимодействует пользователь, разработан в виде отдельного самостоятельного проекта. Далее к нему подключается динамическая библиотека и собирается общий проект. Преимущество данного подхода заключается в возможности модернизации алгоритма расчета, исправления в нем недоработок или

неточностей без перекомпиляции программы путем обновления файла математической библиотеки dll. На рисунке 1 изображено главное окно интерфейса программы. В основу проектирования структуры ПО положен объектно-ориентированный подход [3].

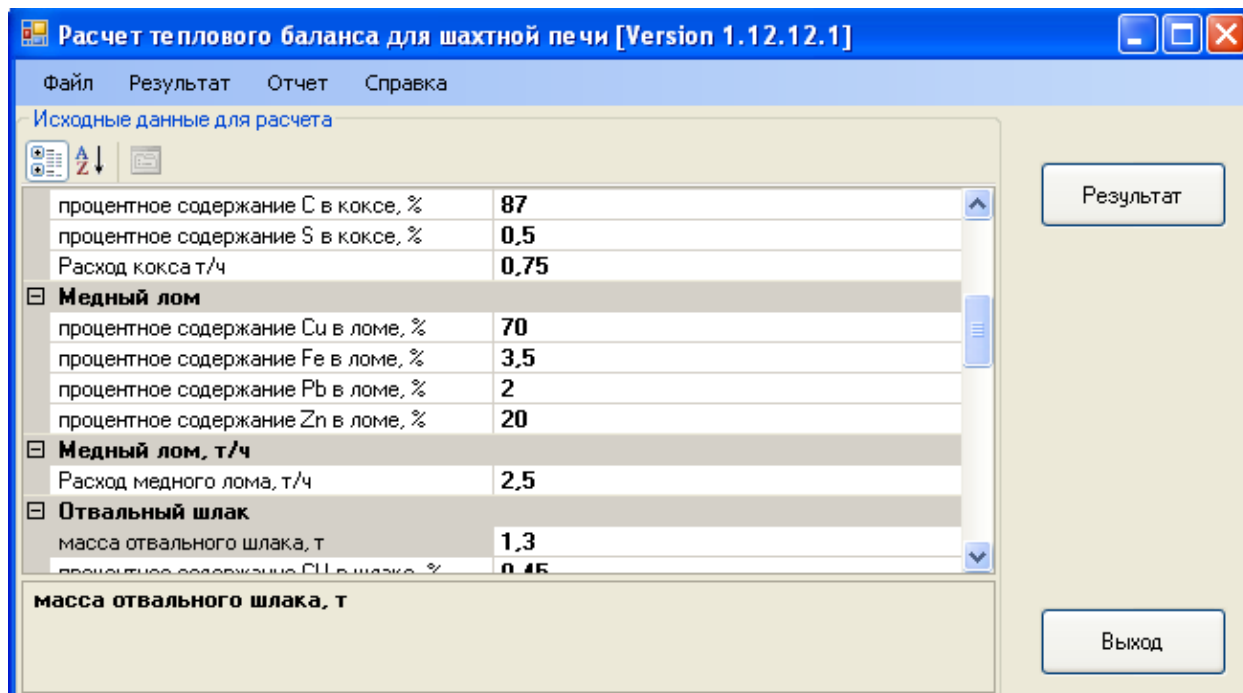


Рис. 1. Главное окно программы

Тестирование программы. Для этого использовалось средство тестирования модулей NUnit, в котором можно создавать тесты для библиотек, разрабатываемых на платформе .NET Framework [4]. Для осуществления тестирования в библиотеке создаются классы. Через графическую оболочку NUnit производится запуск тестов и просмотр результатов.

В рамках проекта создана контекстно-зависимая справка, которую можно вызывать во время работы программы. Она содержит всю необходимую информацию по продукту, технологию его использования и описание возможных ошибок (рисунок 2).

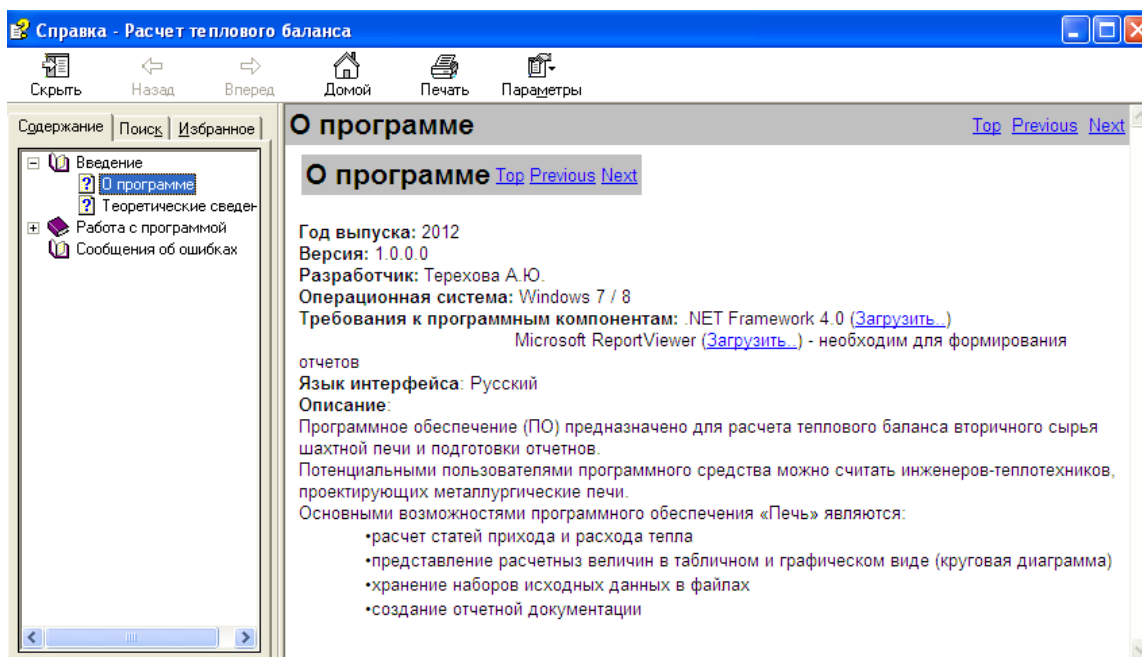


Рис. 2. Справка

Следующим этапом было создание дистрибутива в рамках среды Microsoft Visual Studio 2010 посредством встроенной возможности добавления проекта развертывания.

Полученный продукт обладает следующим функционалом:

- возможность ввода и корректировки исходных данных;
- возможность сохранения введенных исходных данных;
- контроль над вводом данных и недопущение ввода некорректных данных;
- представление результатов расчета в численном виде и в виде графического изображения;
- настройка и создание отчета о работе программы с возможностью экспорта в форматы Word, Excel, PDF;
- возможность получения справочного материала во время работы программы.

Также с помощью программы можно производить анализ тепловой работы печи. Для этого достаточно изменять необходимые исходные параметры, чтобы понять, как это повлияет на результаты сушки материалов и показатели печи, такие как статьи расхода, мощность, коэффициент полезного действия и т.д.

#### **Заключение**

Разработанное программное средство позволяет решить задачу расчета теплового баланса вторичного сырья шахтной плавки. Таким образом, заложенная в начале этапа проектирования функциональность была достигнута. Основные пользователи программного обеспечения – инженеры, контролирующие ход технологического процесса и студенты ВУЗов.

#### **Список использованных источников**

1. Лоскутов Ф.М., Цейдлер А.А. Расчёт по металлургии тяжелых цветных металлов. Москва: Металлургиздат, 1963. 592 с.
2. Матрюков, Б. С. Теплотехнические расчеты промышленных печей / Матрюков Б. С. // Издательство «Металлургия», 1972, с. 368.
3. Бадд, Т. Объектно-ориентированное программирование в действии / Т. Бадд // СПб.: Питер, 2000.
4. Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования: пер. с англ. / Э. Гамма, Р. Хелм // СПб.: Питер, 2007, 366 с.

#### **О ФОРМИРОВАНИИ СТРАТЕГИИ ПОСТАВЩИКА ИТ-УСЛУГ**

**© Торопчин А.С., Зимин В.В., Кулаков С.М.**

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия*

***Публикация подготовлена в рамках научного исследования, выполненного при поддержке государства в лице Минобрнауки России, грант 14.В37.21.0391***

**Введение.** Современные поставщики ИТ-услуг обладают схожими характеристиками и возможностями. Главной отличительной особенностью любого ИТ провайдера услуг является применяемая им стратегия. При построении стратегии провайдер должен ориентироваться, прежде всего, на цели своего потенциального заказчика. Для этого необходимо четко понимать, какую роль сыграет предоставляемая ИТ-услуга или ИТ сервис в бизнесе заказчика. Более того, ввиду крайне быстрого развития ИТ-области, в настоящее время поставщику услуг уже недостаточно просто оперативно реагировать на требования заказчика, ему нужно знать заранее, что потребует заказчику в будущем, то есть предугадывать его потребности.

Именно поэтому построение стратегии является основополагающим этапом в жизненном цикле услуги. Каждый провайдер услуг должен осознавать, что заказчики покупают не конкретные продукты, а средства удовлетворения своих бизнес-потребностей.

В статье приводится описание формирования стратегии ит-провайдера на основе лучших практик библиотеки ITIL (версия 3) [1].

**Формирование стратегии ИТ-провайдера.** На рисунке 1 показана общая схема формирования и актуализации ИТ-стратегии поставщика услуг, включающая три этапа.

**На первом этапе** производится стратегическая оценка внутренних и внешних факторов, и формулируются стратегические цели ИТ-провайдера. При этой оценке производительность активов заказчиков должна быть первостепенным объектом анализа. Кроме этого учитываются: отличительные компетенции ИТ-провайдера, бизнес-стратегия заказчика, критические факторы успеха, угрозы и благоприятные возможности.

Проводимый анализ должен быть направлен на выявление выгод для заказчиков и ИТ-провайдера, включая:

- усиление возможностей заказчика (быстрая реализация изменений в ответ на запросы бизнеса);
- увеличение производительности активов заказчика (сокращение срока окупаемости активов);
- улучшение использования активов ИТ-провайдера (увеличение доступности ресурсов);
- уменьшение условно-постоянных затрат на бизнес-процессы;
- снижение операционных рисков из-за недостатка мощности ИТ-активов.

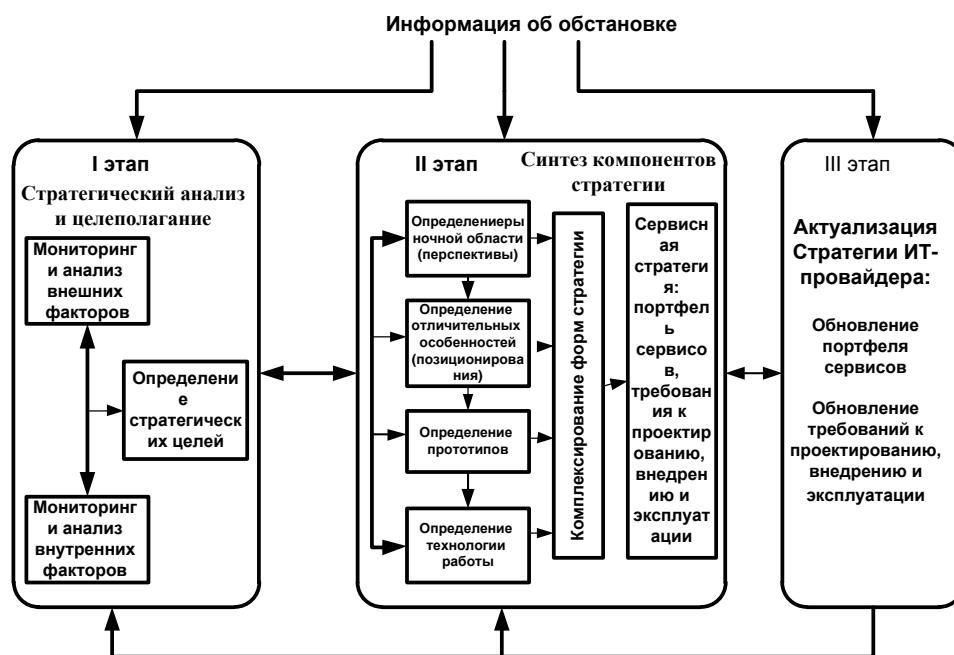


Рис. 1. Процедура формирования стратегии ИТ-провайдера

В результате проведенного анализа формулируются стратегические цели ИТ-провайдера.

**На втором этапе,** исходя из стратегических целей, посредством последовательного синтеза перспективы, позиционирования и применения прототипов формируется портфель сервисов, который выражает выбранную сервисную стратегию. Исходя из содержания портфеля, разрабатываются требования к ИТ-активам провайдера [3] других стадий жизненного цикла сервиса – проектирования, внедрения, эксплуатации и утилизации [2]. Для выполнения этих требований инициируются и реализуются необходимые проекты по приведению в соот-

ветствие сервисных активов ИТ-провайдера запрашиваемым потребностям заказчика. Сервисные активы создаются или модифицируются исходя из достижения максимальной ценности для заказчиков, минимизации затрат и рисков для ИТ-провайдера.

Важнейшими характеристиками внешней обстановки, определяющим образом влияющими на конкурентоспособность стратегии, выраженной в портфеле ИТ-сервисов, являются критические факторы успеха (CFS) [1], которые определяются исходя из потребностей заказчика, бизнес-тенденций, измененной конкурентной и законодательной среды, поставщиков, стандартов, лучших промышленных. Критические факторы успеха определяются с учетом следующих присущих им свойств:

- CFS выражены в терминах возможностей и ресурсов (т.е. в терминах ИТ-активов);
- CFS представляют собой определяющие факторы успеха ИТ-лидеров;
- CFS определяют уровень, достигнутый всей рыночной областью, а не отдельным ИТ-провайдером;
- CFS являются основными индикаторами ИТ-конкуренции в данной рыночной области;
- CFS изменяются со временем (состав показателей и их значения);
- достижение рыночных значений CFS обычно требует значительных инвестиций и времени.

Получение оценок CFS рыночной области является существенной составной частью стратегической деятельности. Динамичная природа рынков и бизнес-стратегий организаций требует периодического обновления множества CFS и регулярного оценивания их текущих значений. На рисунке 2 в двумерном пространстве критических факторов успеха показаны сегменты рыночной области с различной степенью конкурентоспособности ИТ-провайдеров.



Рис. 2. Критические факторы успеха и конкурентная среда (двумерное представление)

Так, при низких значениях CFS, соответствующих нижнему левому углу рисунка 2, ИТ-провайдер не в состоянии конкурировать, так как большинство конкурентов превосходят его и ему трудно, или невозможно, найти заказчиков. Правому верхнему углу рисунка 2 соответствуют критические факторы успеха для лидирующих ИТ-провайдеров. Для того, чтобы быть конкурентоспособным, конкретному провайдеру надо достигнуть, по крайней мере, тех значений CFS, которые соответствуют срединной зоне рисунка 2.

**На третьем этапе** (рисунок 1) формирования стратегии решается задача актуализации стратегии в связи с постоянным изменением внешней и внутренней обстановки. В частности, вслед за изменением конкурентной среды, изменяется состав CFS и соответствующая конкурентоспособная область значений CFS, которая смещается со временем в направлении правого верхнего угла рисунка 2, побуждая конкретного ИТ-провайдера двигаться вместе с

ней. Чтобы не утратить конкурентоспособность, ИТ-провайдер вынужден регулярно инициировать проекты по модернизации своих активов в последовательные моменты времени ( $t_m | m = 1, M$ ) [3], соответствующие существенному снижению конкурентоспособности по отношению к заданному значению. Для этого необходимо разработать подходы и механизмы стратегического управления, в основу которых целесообразно положить процесс актуализации ИТ-стратегии с применением критических факторов успеха.

Задача разработки или актуализации стратегии ИТ-провайдера состоит в создании следующих объектов:

- миссия, видение, стратегические цели провайдера;
- перспектива, позиционирование, прототипы для применения, планы достижения стратегических целей;
- рентабельный, удовлетворяющий потребностям клиентов и ИТ-провайдера, портфель сервисов (ПС);
- множество внутренних и привлекаемых извне ИТ-активов, структура и их стратегические показатели.

По классификации Г. Саймона и А. Ньюэлла эта задача относится к классу слабоструктурируемых задач, описание которых включает количественные и качественные компоненты. Для решения задачи предлагается процедура, включающая следующие этапы (частные задачи):

**Этап 1.** Определение перечня критических факторов успеха рыночной среды и показателей  $\{X_n | n=1, N\}$  для них; оценивание среднерыночных значений  $\hat{X}_n$  для показателей  $X_n$ ,  $n=1, N$ . Решение этих задач осуществляют и поставляют специализированные ИТ-компании. Провайдер может воспользоваться их услугами или решить задачи первого этапа самостоятельно.

**Этап 2.** Разбиение множества показателей  $\{X_n | n=1, N\}$  на базовые показатели («стандарты конкуренции») и показатели – «потенциалы успеха» (отличительные способности):

$$\{X_n | n=1, N\} = \{X_b | b=1, N^b\} \cup \{X_p | p=1, N^p\}, \quad (1)$$

где  $X_b$  – базовые показатели а  $X_p$  – показатели – «потенциалы успеха». Необходимость такого разбиения обусловлена тем, что ИТ-провайдер не может позволить себе стратегию, направленную на одновременное улучшение значений всего множества показателей  $\{X_n | n=1, N\}$  из-за ограниченности активов.

**Этап 3.** Определение целевых значений  $X_b^*, b=1, N^b$ , для базовых показателей на основе среднерыночных оценок  $\hat{X}_n$ ,  $n=1, N$  (то есть по принципу «от достигнутого» (этап 1)).

**Этап 4.** Реструктуризация активов ИТ-провайдера для оптимизации показателей  $X_p$ ,  $p=1, N^p$ , – «потенциалов успеха» и достижения заданных значений  $X_b^o, b=1, N^b$ , базовых факторов – «стандартов конкуренции».

Обозначим через  $X_n(R_n(a_s))$  – значение показателя  $X_n$ , которое достигается при выделении ИТ-активов

$$R_n(a_s) = \{r_n(a_s) | a_s \subset A_s\}, \quad (2)$$

где  $r_n(a_s)$  – спецификация актива типа  $a_s$ , а  $A_s$  – множество типов активов ИТ-провайдера. Пусть также

$$R^o(a_s) = \{r^o(a_s) | a_s \subset A_s\} \quad (3)$$

(3) – множество доступных для ИТ-провайдера активов (спецификации активов всех типов). Тогда формализованная постановка слабоструктурированной частной задачи этапа 4 описывается следующими соотношениями:

$$X_p(R_p(a_s)) \Rightarrow opt; p = 1, N^p \quad (4)$$



$$X_b(R_b(a_s)) \geq X_b^*, b = 1, N^b \quad (5)$$

$$\bigcup_{p=1}^{N^p} r^p(a_s) + \bigcup_{b=1}^{N^b} r^b(a_s) \subseteq R^o(a_s), a_s \subset A_s \quad (6)$$

Решением этой задачи являются спецификации ИТ-активов

$$R_n(X_n) = \{r_n(a_s | X_n) | a_s \subset A_s\}, \quad (7)$$

которые обеспечивают значения  $X_b, b = 1, N^b$ , не хуже, чем  $X_b^*, b = 1, N^b$  и оптимизируют значения показателей  $X_p, p = 1, N^p$ . Одним из специфицированных активов, составляющих решение задачи, является портфель ИТ-сервисов.

**Этап 5.** Определение момента времени очередной актуализации стратегии ИТ-провайдера и реализация процедуры актуализации. Моменту времени начала актуализации предшествует существенное изменение внешних и/или внутренних обстоятельств: состава критических факторов успеха, среднерыночных значений  $\hat{X}_n$  и темпов их изменения, реализация процедур слияния, приобретения, аутсорсинга, высокая степень износа активов, снижение рентабельности действующего портфеля сервисов, появление новых технологических возможностей др.

**Заключение.** Применение изложенного подхода к формированию стратегии ИТ-провайдера, который основан на лучших мировых практиках, критических факторах успеха и разделении показателей этих факторов на «базовые» и «потенциалы успеха» требует развитого рынка ИТ-услуг. В рамках этого рынка должны оказываться, в том числе, услуги по бенчмаркингу конкурентоспособности, в частности, по определению текущего состояния рынка, то есть определения соответствующего этому состоянию множества критических факторов успеха, а также показателей CFS и значений этих показателей.

#### Список использованных источников

1. OGC–ITILV3–1 – ServiceStrategy, TSO, 2007. – 373 p.
2. Зимин В.В. Ситуационно-динамическое управление жизненным циклом ИТ-сервисов корпоративной информационной системы/ В.В.Зимин, С.М. Кулаков// Известия вузов. Черная металлургия, №6 2010.
3. Зимин В.В. Активы ИТ-провайдера как объекты ситуационно-динамического управления / Кулаков С.М., Зимин А.В// Известия вузов. Черная металлургия, №2 2011, С.47–53.

### ПРОГРАММНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

© Трапезникова А.С., Логунова О.С.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия

В настоящее время одно из ведущих мест занимают проблемы, связанные с потреблением и воспроизводством водных ресурсов. Перед службами водоснабжения возникает задача, определения эффективного и экономного их распределения. Особенной задачи водопотребления актуальных для мегаполисов и городов, в которых функционируют крупные промышленные предприятия. Одним из таких промышленных городов можно считать Магнитогорск, в котором успешно работает металлургический гигант ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», производящий 12 млн. т. стали в год.

Можно выделить несколько основных проблем возникающих в сфере водопотребления: незаконных подключений к сетям водоснабжения; несанкционированное потребление воды не только городским населением, но и предприятиями; большое количество утечек, связанных с аварийными ситуациями, происходящими в сетях водоснабжения.

Обнаружение и устранение аварийных ситуаций в городских сетях водоснабжения возлагается на аварийно-диспетчерские службы. В городе Магнитогорске эти обязанности возлагаются на МП Трест «Водоканал».

Особенностями сетей водоснабжения г. Магнитогорска являются: приемка водопроводных сетей в изношенном состоянии от предприятий, организаций, бесхозных сетей значительно увеличивает расходы МП трест «Водоканал» на их обслуживание, капитальный ремонт и замену (для компенсации этих расходов требуется соответствующее увеличение тарифа); применение в городе в прошлом для водоснабжения в основном стальных труб ведет к их значительному износу (износ составляет более 72%) и вызывает повышенные потери воды (более 20%) в водопроводных сетях [1].

Целью построения наглядного представления является визуализация графовой модели для водопроводных сетей г. Магнитогорска.

Система водоснабжения представляет собой сложную структуру состоящую из множества домов, вентилях, пожарных гидрантов, муниципальных учреждений и труб (рисунок 1).

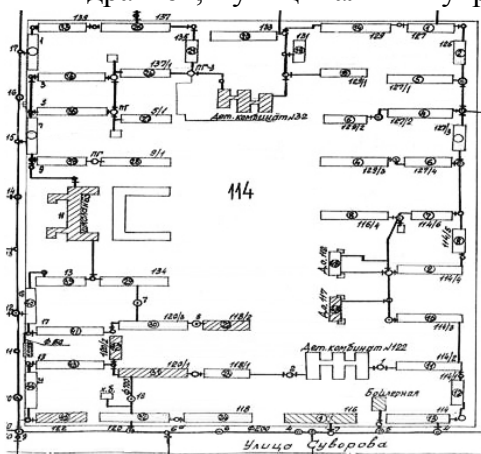


Рис. 1. Фрагмент схемы сетей водоснабжения в городе Магнитогорске

Каждое из этих множеств имеет свои технические характеристики (таблица 1).

Таблица 1

Технические характеристики множеств.

Название множества	Технические характеристики
Дома	Этажность, диаметр труб доме, пропускная способность труб в доме, давление подачи воды в трубах;
Вентили	Размер вентиля;
Пожарные гидранты	Объем;
Муниципальные учреждения	Влажность, диаметр труб, пропускная способность труб, давление подачи воды;
Трубы	пропускная способность, диаметр

Для формирования сетевой структуры необходимо учитывать все технические характеристики. К методам формирования сетевой структуры можно отнести: информационный, теоретический, математический, аналитический.

Используя математический метод формирования сетевой структуры можно получить визуализацию графовой модели водопроводных сетей.

На рисунке 2 представлена визуализация графового представления водопроводной сети. Программа создана на языке программирования Java в среде разработки NetBeans. Была использована библиотека графического интерфейса пользователя Swing, входящая в состав Java Standard Edition.

В программе создан абстрактный класс Node, представляющий собой элемент схемы квартала:

```
public abstract class Node {
    public ArrayList<Node> childs; //Массив элементов, с которыми связан текущий элемент. Служит для представления графа
    protected final int SIZE = 40; //Размер элемента в пикселях экрана
    protected int x, y; //Экранные координаты центра элемента
    protected Node() { //Конструктор класса
        x = 0;
        y = 0;
        childs = new ArrayList<>();
    }
    public abstract void paint(Graphics g); //Функция рисования элемента на экране
}
```

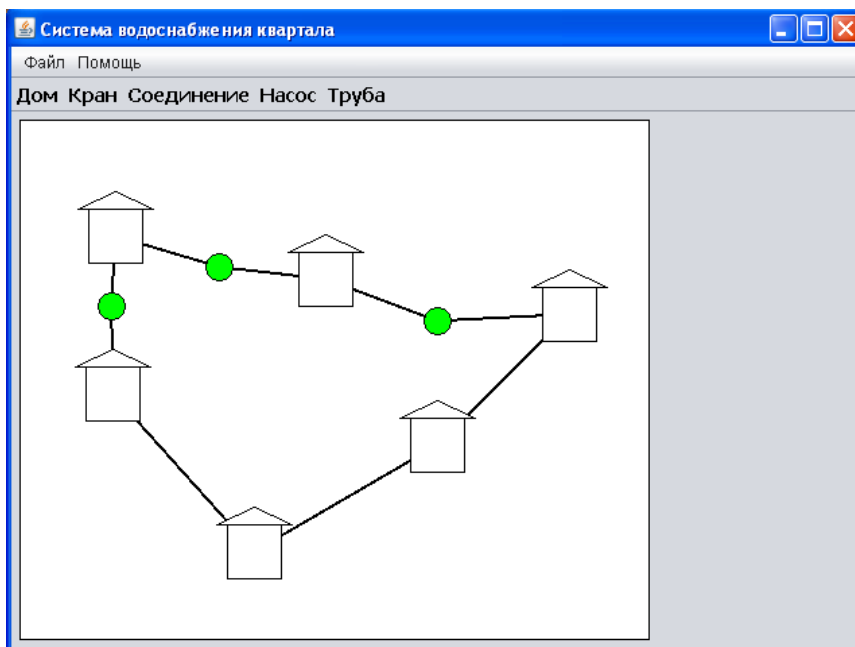


Рис. 2. Визуализация графового представления

От класса Node унаследованы конкретные элементы схемы квартала: Дом (класс HouseNode), Кран (класс TapNode), Соединение труб (класс JointNode), Насосная станция (класс SourceNode), каждый из которых имеет свою собственную реализацию функции рисования paint(Graphics g):

```
public class HouseNode extends Node { //Класс элемента Дом
    public HouseNode() { //Конструктор класса
        super(); //Вызов конструктора суперкласса
    }
    @Override
    public void paint(Graphics g) { //Реализация абстрактного метода paint суперкласса
        if (x != 0 && y != 0) {
            g.setColor(Color.WHITE);
            g.fillRect(x - SIZE/2, y - SIZE/2, SIZE, SIZE);
        }
    }
}
```

```

        int[] xx = {x - SIZE/2 - SIZE/5, x, x + SIZE/2 + SIZE/5};
        int[] yy = {y - SIZE/2, y - SIZE/2 - SIZE/3, y - SIZE/2};
        g.fillPolygon(xx, yy, 3);
        g.setColor(Color.BLACK);
        g.drawRect(x - SIZE/2, y - SIZE/2, SIZE, SIZE);
        g.drawPolygon(xx, yy, 3);
    }
}
}
public class TapNode extends Node { //Класс элемента Кран
    public enum State { //Объявляем тип-перечисление Состояние крана: включен (ON)
или выключен (OFF)
        ON, OFF;
    }
    private State state; //Переменная, отвечающая за состояние крана
    public TapNode() { //Конструктор класса
        super(); //Вызов конструктора суперкласса
        state = State.ON; //При создании нового крана полагаем, что он включен
    }
    public void setState(State state) { //Функция установки состояния крана
        this.state = state;
    }
    @Override
    public void paint(Graphics g) { //Реализация абстрактного метода paint суперкласса
        if (x != 0 && y != 0) {
            if (state == State.ON) //Условно изображаем включенный кран зеленым цветом
                g.setColor(Color.GREEN);
            else //выключенный кран красным цветом
                g.setColor(Color.RED);
            g.fillOval(x - SIZE/4, y - SIZE/4, SIZE/2, SIZE/2);
            g.setColor(Color.BLACK);
            g.drawOval(x - SIZE/4, y - SIZE/4, SIZE/2, SIZE/2);
        }
    }
}
public class JointNode extends Node { //Класс элемента Соединение труб
    public JointNode() { //Конструктор класса
        super(); //Вызов конструктора суперкласса
    }
    @Override
    public void paint(Graphics g) { //Реализация абстрактного метода paint суперкласса
        if (x != 0 && y != 0) {
            g.setColor(Color.BLACK);
            g.fillOval(x - SIZE/8, y - SIZE/8, SIZE/4, SIZE/4);
        }
    }
}
public class SourceNode extends Node { //Класс элемента Насосная станция
    public SourceNode() { //Конструктор класса
        super(); //Вызов конструктора суперкласса
    }
    @Override

```

```

public void paint(Graphics g) { //Реализация абстрактного метода paint суперкласса
    if (x != 0 && y != 0) {
        g.setColor(Color.BLUE);
        g.fillRect(x - SIZE/4, y - SIZE/4, SIZE/2, SIZE/2);
    }
}
}
}

```

Таким образом данная программа позволит получить визуализацию водопроводной сети в виде графа, в котором вершинами будут дома, а трубы-ребра.

### Список использованных источников

1. Трапезникова А.С., Логунова О.С. Результаты теоретико-информационного анализа структуры сетей водоснабжения городского населения // ИТиС-2012 Информационные технологии и системы – Банное: Челяб.гос.ун-т, 2012. – С. 50–54;
2. Трапезникова А.С., Логунова О.С. Объектно-множественная модель водоснабжения городского населения // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования – г.Вологда : Вологодский гос.техн.ун-т,2012.– С. 334–340.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НАХОЖДЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГ ПРИ ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ ДУГОВЫХ ПЕЧАХ

© Хромых Ю.Ю., Костылева Е.М., Ячиков И.М.

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»,  
г. Магнитогорск, Россия*

### **Аннотация**

Показан алгоритм и программное обеспечение для нахождения положения двух электрических дуг при их электромагнитном взаимодействии. Рассмотрены основные этапы разработки программного обеспечения: постановка задачи, разработка технического задания, алгоритмического обеспечения, проектирование и реализация программного средства.

### **Актуальность работы**

Одним из основных путей повышения эффективности работы современных металлургических агрегатов являются разработка теории технологических процессов, методов управления ими, а также создание соответствующего математического, алгоритмического и программного обеспечения. В работе проведен процесс информатизации расчета для нахождения формы оси электрической дуги.

### **Цели и задачи работы**

Целью работы является создание программного продукта, реализующего математическую модель, описывающую форму двух дуг, горящих между двумя соосными электродами и токопроводящей поверхностью.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- изучить методику расчета, позволяющего находить форму оси электрической дуги при электромагнитном силовом взаимодействии двух вертикальных дуг постоянного тока;
- составить расчетную модель в среде *MathCad*;
- программно реализовать решение задачи с использованием современной среды разработки.

### **Результаты реализации решения задачи**

Первый этап разработки – функциональное моделирование системы с дальнейшей разработкой архитектуры приложения. Каждая диаграмма функциональной модели разделена на несколько составляющих: процессы, связанные с операциями над исходными данными, процесс расчета и процессы формирования и отображения результата. Архитектура представляет из себя схему, которая включает в себя взаимосвязанные блоки. Пользователь взаимодействует с графическим интерфейсом программы. В свою очередь, интерфейс вызывает все необходимые функции, как показано на рисунке 1.

Математическая модель рассмотрена в работе [1].

Рассмотрим случай, когда токи, протекающие через дуги одинаковые  $i_1 = i_2 = i$ , в этом случае задача определения формы дуги  $y(z)$  сводится к решению интегрально-дифференциального уравнения:

$$Q(z) + V(z) = \frac{\beta(z)}{\left(1 + (dy/dz)^2\right)^{3/2}} \left| \frac{d^2 y}{dz^2} \right|. \quad (1)$$

где

$$Q(z) = \int_0^l \frac{\left( \frac{dy(\xi)}{d\xi_*} (\xi - z) - (y(\xi) - y(z)) \right)}{\left( (|y(\xi) - y(z)| + y_0)^2 + (\xi - z)^2 \right)^{3/2}} d\xi;$$

$$V(z) = \int_0^l \frac{\left( \frac{dy(\zeta)}{d\zeta} (\zeta - z) - (y(\zeta) - y(z)) \right)}{\left( (|y(z) - y(\zeta)| + y_0)^2 + (\zeta - z)^2 \right)^{3/2}} d\zeta; \quad \beta(z) = F(z) f^2(z),$$

Для решения краевой задачи дополним (1) начальными условиями в точке привязки дуги на катоде:

$$y|_{z=0} = a, \quad \left. \frac{dy}{dz} \right|_{z=0} = \alpha, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – тангенс угла наклона оси дуги,  $a$  – половина расстояния между катодами.

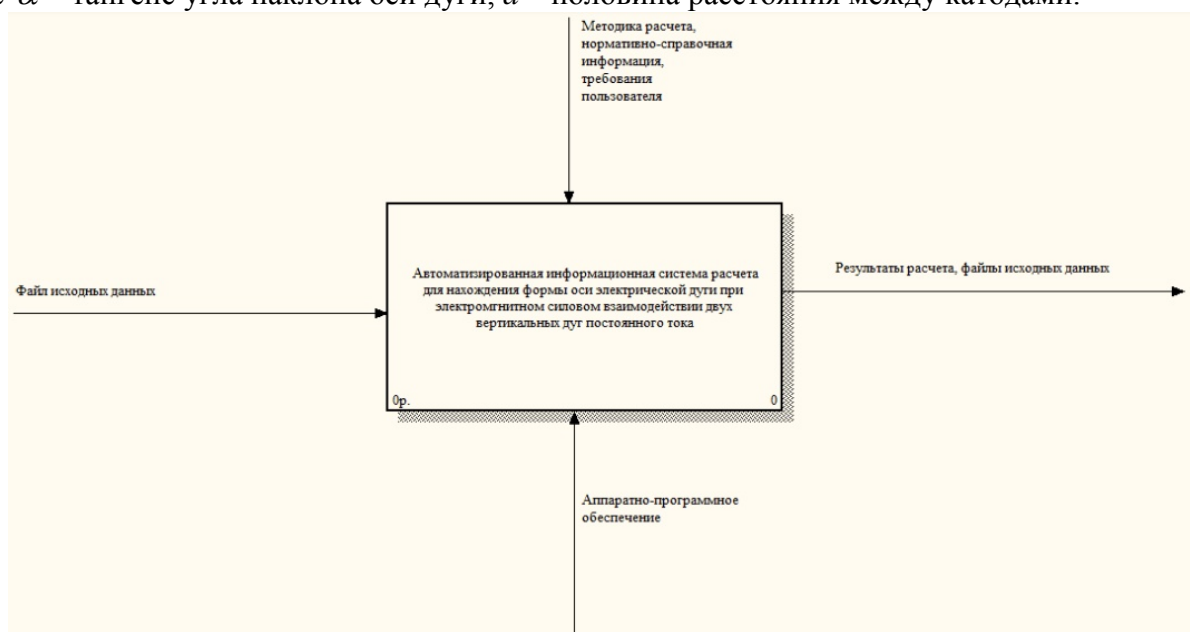


Рис. 1. Фрагмент функциональной модели

Задача сводится к нахождению функции  $y(z)$ , то есть имеется обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка с начальными условиями (задача Коши), при этом:

- 1) задача нелинейная, так как знаменатель правой части уравнения содержит искомое решение;
- 2) в дифференциальном уравнении имеется модуль, что затрудняет его решение.

Для решения подобных уравнений обычно используются приближенные итерационные алгоритмы, например метод Пикара. Однако, его численная реализация показала, что итерационный процесс является расходящимся.

С учетом этого, предложены алгоритмы нахождения приближенного решения. В первом приближении полагаем, что неизвестная функция имеет форму параболы  $\varphi_0 = a_0 + a_1 z + a_2 z^2$ . Исходя из начальных условий (2), имеем  $a_0 = a$ ,  $a_1 = \alpha$ , следовательно, неизвестным остается коэффициент  $a_2$ , который можно определить, решая нелинейное интегральное уравнение (1) относительно  $a_2$ . Создан программный продукт, позволяющий решать это уравнение при разных значениях  $z$  на интервале  $[0, l]$  с шагом  $\Delta z$ . Усредняя полученные значения, находим искомое значение  $a_2$ .

Для получения более точного решения предполагаем, что искомая функция имеет вид  $y(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \dots$ . Подлежащие нахождению коэффициенты искомого многочлена находились как минимум функций нескольких переменных

$$\varphi_1(a_2, a_3, \dots) = \int_0^l \Phi^2 dz = \min, \quad (3)$$

или

$$\varphi_2(a_2, a_3, \dots) = \int_0^l |\Phi| dz = \min, \quad (4)$$

где  $\Phi = Q(z, y(z)) + V(z, y(z)) - \frac{\beta(z)}{(1 + (dy/dz)^2)^{3/2}} \left| \frac{d^2 y}{dz^2} \right|$ .

В среде разработки *Mathcad 14* создан алгоритм для нахождения формы оси электрической дуги при электромагнитном силовом взаимодействии двух вертикальных дуг постоянного тока. В программе задавались исходные данные о теплофизический и электрических свойствах плазмообразующего газа, условиях теплообмена дуги с окружающей средой, а также порядок искомого полинома. Результаты работы программы представлены на рисунке 2.

Следующим этапом является программная реализация с использованием современной интегрированной виртуальной среды разработки на языке *C# – Microsoft Visual C# Express*. При программировании использованы компоненты *NET Framework 4.0* для построения графиков *ZedGraph*. Полученный программный продукт обладает возможностями:

- ввода и корректировки данных;
- контроля над вводом данных и недопущение ввода некорректных данных;
- представления результатов расчета, полученных в среде *Mathcad 14* и *Microsoft Visual C# Express*.

В качестве контрольного примера приведено моделирование отклонения двух аргоновых дуг длиной  $l=40$  см от нормали, полурасстояние между которыми  $a=20$  см. Дуги имеют следующие параметры: ток  $I=9$  кА; радиус цилиндрической части  $r_0=2,84$  см; количество га-

за прокачиваемого через дугу  $\rho u = 1,16 \frac{\Gamma}{\text{см}^2 \text{с}}$ ;  $r_k/r_0 = 0,378$ , где  $r_k$  – радиус пятна на катоде

Результаты работы программы представлены на рисунке 3. На основе проведенного моделирования выявлено, что форма оси аргоновой электрической дуги хорошо описывается полиномом третьей или четвертой степени. Получено хорошее соответствие с результатами расчетов в среде *Mathcad 14*.

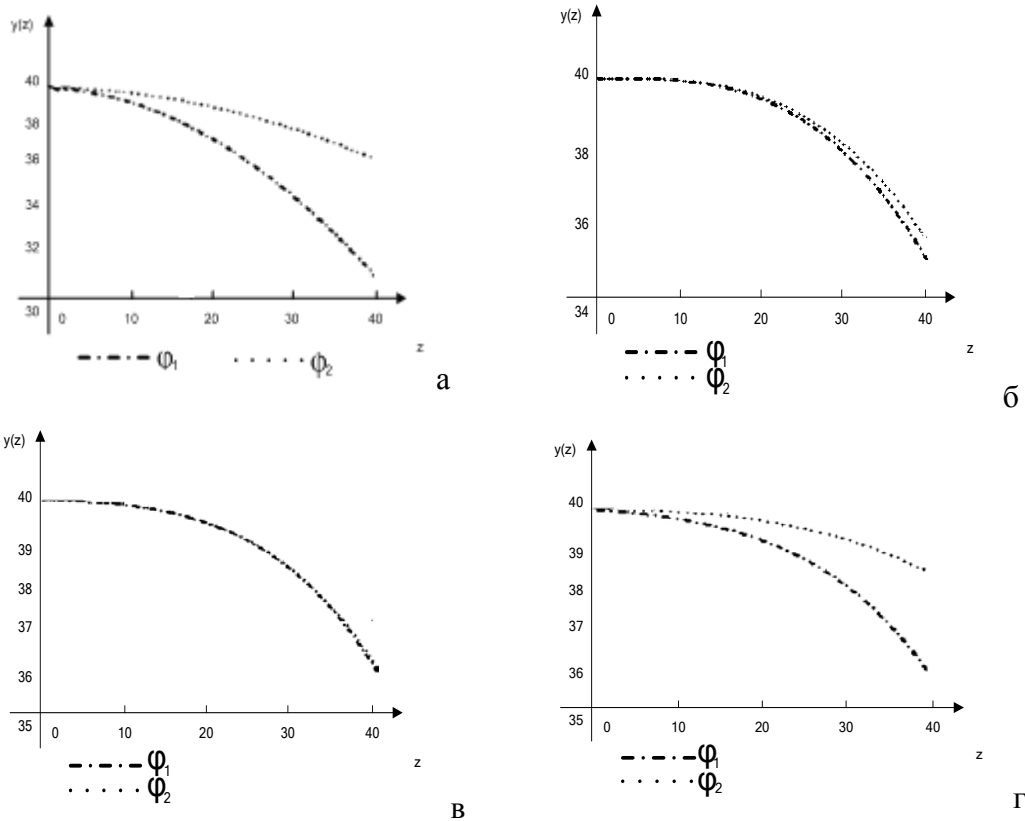


Рис. 2. Положение оси электрической дуги при использовании функций  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  для полиномов: а – второй; б – третьей; в – четвертой; г – пятой степени (расчет в MathCad 14)

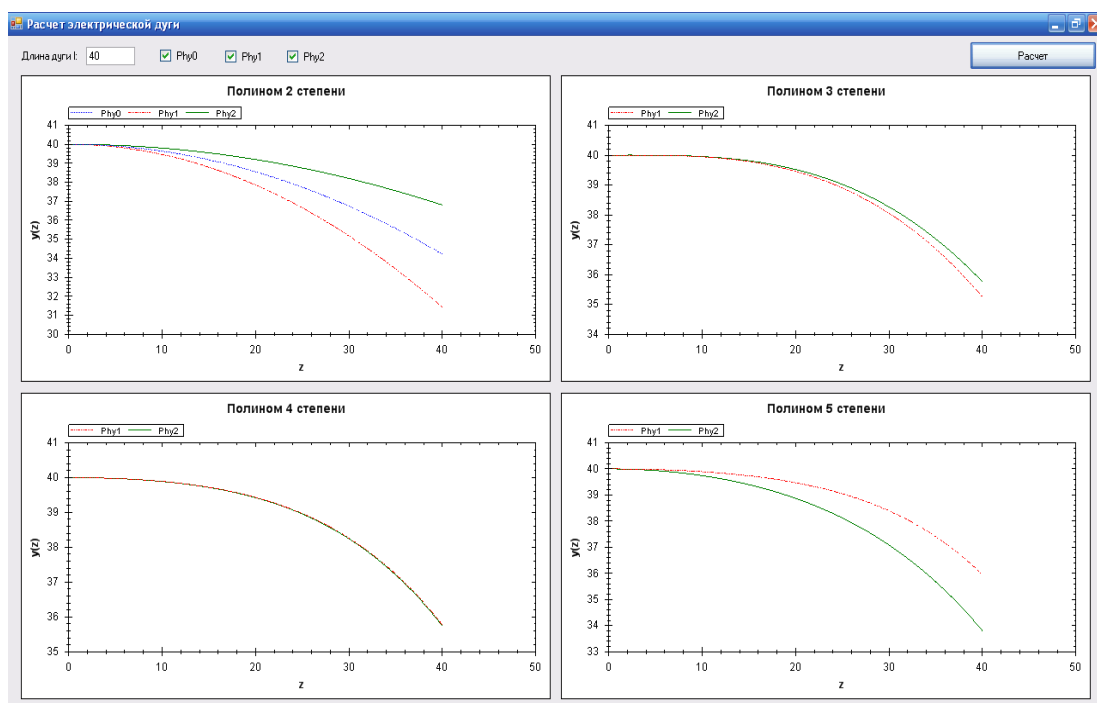


Рис. 3. Результаты расчетов в C# Express положения оси электрической дуги при использовании функций  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  для полиномов: а – второй; б – третьей; в – четвертой; г – пятой степени

## Заключение



Таким образом, разработаны алгоритмы и программные средства позволяющие решить задачу нахождения формы осей электрических дуг постоянного тока при их электромагнитном силовом взаимодействии. Созданное программное обеспечение может быть полезно для автоматизации хода технологического процесса, протекающего в дуговых и плазменных печах.

#### Список использованных источников

1. Ячиков И.М., Костылева Е.М. Положение электрических дуг при их электромагнитном взаимодействии в многоэлектродных дуговых печах// Информационные технологии и системы: материалы Первой междунар. конф. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2012. – С. 36–38.

2. Хромых Ю.Ю. Теоретико-информационный анализ положения электрических дуг в многоэлектродных дуговых печах //Математическое и программное обеспечение систем в промышленных и социальных сферах.: междунар. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – С. 373 – 378.

### РАЗРАБОТКА АРМ РУКОВОДИТЕЛЯ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТИТУТА МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И МЕТАЛЛУРГИИ УРФУ

© Энес Н.А., Лавров В.В.

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Россия*

Лаборатории центра коллективного пользования Института материаловедения и металлургии ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ) обладают уникальным оборудованием:

- комплексных исследований и экспертной оценки органических материалов;
- структурных методов анализа и свойств материалов и наноматериалов;
- физико-химических методов анализа неорганических материалов;
- ядерно-физических методов исследования наноматериалов;
- информационно-телекоммуникационных систем и технологий.

Для успешной и эффективной работы центра необходимо создание графика работы лабораторного оборудования, а также необходима возможность просмотра отчетов по использованию оборудования для дальнейшего анализа распределения времени работы.

Основными задачами для создания АРМ руководителя Центра коллективного пользования стали:

- разработка удобного клиентского пользовательского интерфейса;
- развертывание на компьютере Центра коллективного пользования web-сервера на платформе IIS;
- реализация web-отчетов с использованием инструмента Reporting Services.

Программное обеспечение создано в среде MS Visual Studio 2010 на языке C#.

Ввиду высокой объектной ориентированности, язык C# великолепно подходит для быстрого конструирования различных компонентов — от высокоуровневой бизнес-логики до системных приложений, использующих низкоуровневый код. Программа состоит из нескольких файлов, каждый из которых может содержать одно или несколько пространств имен. Каждое пространство имен может содержать вложенные пространства имен и типы, такие как классы, структуры, интерфейсы, перечисления и делегаты— функциональные типы. При создании нового проекта C# в среде Visual Studio выбирается один из 10 возможных типов проектов, в том числе Windows Application, Class Library, Web Control Library,

ASP.NET Application и ASP.NET Web Service. На основании сделанного выбора автоматически создается каркас проекта.

Разработанное программное обеспечение имеет следующий вид (рисунок 1).

Для создания отчетов были использованы службы Reporting Services.

Службы Reporting Services обеспечивают широкий спектр готовых к использованию средств и служб для создания, разворачивания и управления отчетами организации, а также функции программирования, которые позволяют расширить и настроить функциональность отчетов. Службы Reporting Services — это серверная платформа отчетов, предоставляющая возможности для удобной работы с отчетами для разнообразных источников данных. Службы Reporting Services включают в себя полный набор инструментов, позволяющий создавать, осуществлять управление и производить доставку отчетов; также они содержат API-интерфейсы, позволяющие разработчикам произвести интеграцию или расширить возможности обработки данных и отчетов в пользовательских приложениях. Инструменты служб Reporting Services работают в окружении Microsoft Visual Studio и полностью интегрированы с инструментами и компонентами SQL Server.

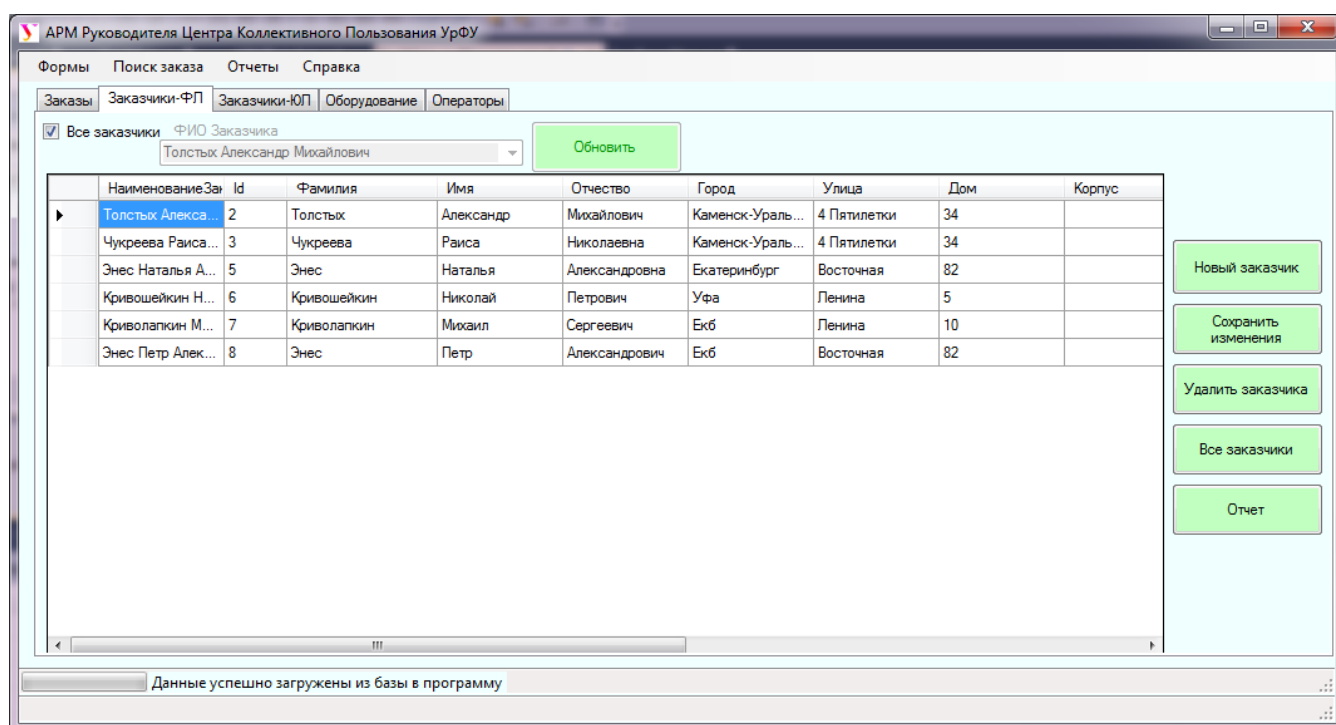


Рис. 1. Внешний вид созданного приложения

Для создания отчета был использован пакет SQL Server Business Intelligence Development Studio. В качестве источника данных была использована уже существующая база данных ARM. Среда для создания отчета состоит из блоков, которые располагаются на соответствующих вкладках: создание наборов данных и формирование внешнего вида отчета (вкладка Design) и предварительный просмотр отчета (вкладка Preview).

Следующим шагом указываются наборы данных, которые будут использоваться для формирования отчета. Данный отчет позволяет получить информацию о задействованном оборудовании.

После нажатия вкладки «Просмотр» можно посмотреть результат запросов (рисунок 2).

Id Заказа	Наименование Заказчика	Наименование Оборудования	Дата Начала	Время Начала	Продолжительность Использования, час
1	Энес Наталья Александровна	микроскоп10	23.09.2012 0:00:00	10:00:00.0000000	3
2	Сбербанк	весы1	17.09.2012 0:00:00	13:00:00.0000000	1
3	Энес Наталья Александровна	весы1	19.09.2012 0:00:00	12:00:00.0000000	2
4	Криволапкин Михаил Сергеевич	весы2	20.09.2012 0:00:00	13:00:00.0000000	1

Рис. 2. Пример отчета

Internet Information Services (IIS) – набор серверов для нескольких служб интернета от компании Microsoft. Основным компонентом IIS является web-сервер, который позволяет размещать в интернете сайты. IIS поддерживает протоколы HTTP, HTTPS, FTP, POP3, SMTP, NNTP.

Благодаря развертыванию web-отчетов на платформе IIS появляется возможность осуществлять просмотр созданных с помощью SQL Server Business Intelligence Development Studio отчетов, используя web-браузер.

#### Список использованных источников

1. Пауэрс Л. Microsoft Visual Studio 2008 / Л.Пауэрс, М.Снелл. СПб.: БХВ–Петербург, 2009, 1200 с.
2. Библиотека MSDN [Электронный ресурс] / Режим па: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms123401.aspx>.
3. Жилинский А. [Microsoft SQL Server 2005](#) / А.Жилинский, Л.Беднарская. – СПб: БХВ-Петербург. 2007. – 304 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН

© Эшмуродов З.О.

*Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои, Узбекистан*

Для изучения режимов работы, определения алгоритмов управления, исследования особенностей взаимодействия электроприводов (ЭП) в составе горных комплексов (ГК) необходимо установить взаимосвязь между отдельными величинами, характеризующими состояние ЭП, рабочих машин, параметры технологического процесса. Эта взаимосвязь определяет на основе уравнений ЭП, состоящих из уравнений его элементов и выражений для коэффициентов связи между ними. Система управления комплекса имеет многоуровневую иерархию. В результате структуризации определены элементы технологического про-

цесса, подсистемы, подлежащие автоматизированному управлению, входы и выходы, связывающие подсистемы, а также систему с внешней средой.

В соответствии с объемом автоматизации систему управления можно разделить на три уровня автоматизации. Каждый уровень определяется совокупностью подсистем и устройств, которые могут функционировать самостоятельно независимо от систем вышестоящих уровней. Подсистемы нижнего уровня работают либо как автономные устройства, либо как функционально объединенные элементы систем автоматизированного электропривода более высокого уровня. Функциональная связь между элементами одного уровня осуществляется на следующем более высоком функциональном уровне. Повреждение элементов не влияет на другие элементы того же уровня, так как локализируются в небольшой области системы. Такая организация системы, кроме того, облегчает работы по монтажу и наладке, поскольку функциональные элементы системы, начиная с нижнего уровня, могут быть смонтированы и налажены параллельно или последовательно.

Задающими переменными управляющих устройств являются, с одной стороны, задающие величины, например, команды на включение, пуск, остановку, выбор режима работы, предельные значения и технологические параметры, которые вводятся оператором вручную или поступают в виде сигнала с вышестоящих уровней автоматизации, а с другой стороны, сигналы обратной связи, значения которых содержат информацию о вспомогательных переменных, важных для управления, режимах работы и работоспособности элементов объекта управления. Выходными переменными управляющих устройств являются сигналы, информирующие обслуживающий персонал или вышестоящий уровень управления о состоянии системы и протекающих процессах.

Для упрощения дальнейшего анализа многоуровневую структуру комплекса целесообразно упростить, условно заменяя многочисленные ЭП на различных уровнях автоматизации одним  $i$ -м ЭП ( $i \geq 1$ ), одной  $j$ -й ( $j \geq 1$ ) системой управления (рис. 1.) [1]. В качестве  $i$ -го ЭП рассматриваем один из ЭП: регулируемый или нерегулируемый. Описанный подход в дальнейшем позволит использовать полученные результаты для исследования и разработки ЭП различных механизмов, используемых в горном производстве.

Таким образом, структура аналогичных систем может быть организована по модульному принципу, что позволит выбрать конкретный комплект моделей (двигателей, блоков защиты, регуляторов напряжения, частоты, блоков управления и т.д.) в зависимости от характеристик объекта, как простых, так и сложных систем управления оборудованием с решением задач оптимизации режимов. Данный принцип организации структуры электрической части комплекса дает возможность строить ее математические модели, программы расчетов также по модульному принципу, рассматривая отдельные элементы систем как модули.

Из анализа рис 1 следует, что математическая модель электрической части комплекса представляет собой системы дифференциальных уравнений ЭП, согласованные между собой коэффициентами связи  $K_U$ ,  $K_i$ ,  $K_p$ , элементами логики переключений и устанавливает взаимосвязь параметров элементов комплекса, параметров режима, параметров возмущений, алгоритмов и констант управления. Часто при работе комплекса влияние параметров питающей линии, источника электроснабжения на характеристики ЭП существенно: падение напряжения на линии, соизмеримость мощностей источника электроснабжения и электроприемников комплекса могут вызвать ухудшение характеристик ЭП и комплекса в целом. В связи с этим в математической модели электрической части комплекса должны быть введены модули, описывающие источник электроснабжения и питающую линию.

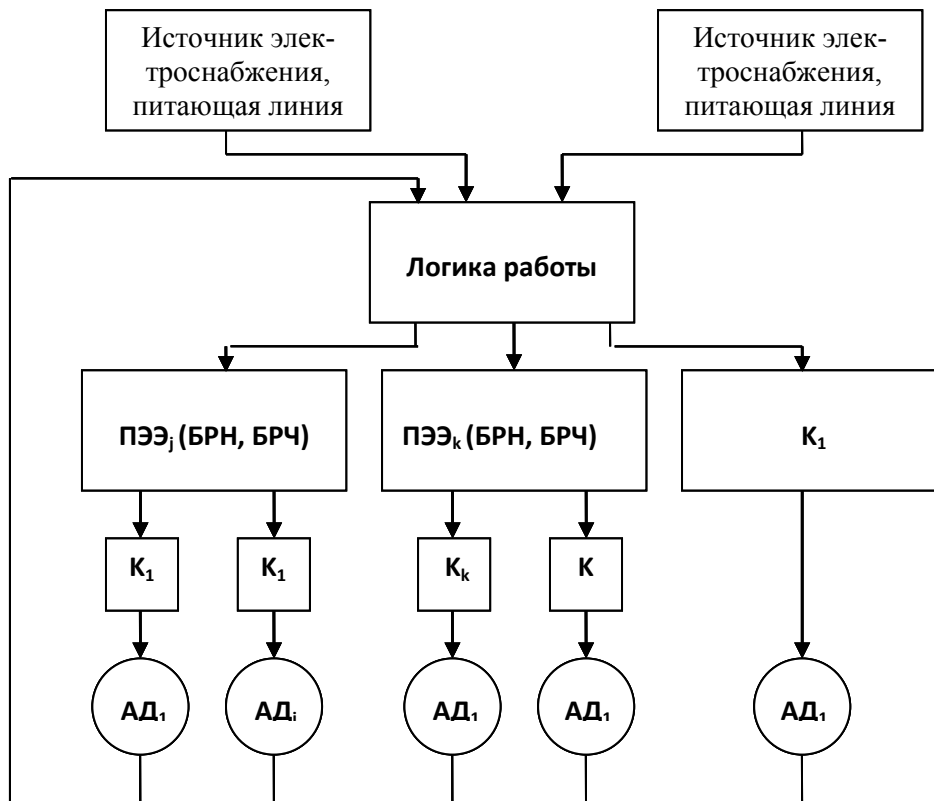


Рис. 1. Структура математическая модели ЭП ГРК: ПЭЭ – преобразователь электрической энергии; БРН – блок регулирования напряжения; БРЧ – блок регулирования частоты; АД – асинхронный двигатель; К – коэффициенты преобразование

Рассматриваемые зависимости при конкретизации элементов электрической части комплекса, выборе законов изменения управляемых переменных, а также задании соответствующих начальных условий описывают любой процесс, происходящий в системе.

Общее решение этих уравнений может быть представлено следующим образом:

$$\begin{aligned}
 U &= f(Z_n, \Pi, F, t); \\
 i &= f(Z_n, \Pi, F, t); \\
 M &= f(Z_n, \Pi, F, t); \\
 \omega_0 &= f(Z_n, \Pi, F, t)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $Z_n$  – характеристики нагрузки ЭП;  $\Pi$  – параметры элементов ГРК;  $F$  – законы изменения управляемых переменных;  $t$  – время.

Помимо  $U, I, M, \omega_0$ , данные уравнения совместно с исходной системой (1) позволяют определить характер изменения во времени любого параметра энергии ЭП ГРК. Коэффициенты связи представляют собой отношения между базисными величинами электрических машин ГРК:

$$\begin{aligned}
K_{Uj} &= \frac{U_{\delta j}}{U_{\delta(o-1)}} = \frac{U_{\delta j}}{K_{U(j-1)} U_{\delta(j-2)}}; \\
K_{ij} &= \frac{I_{\delta j}}{I_{\delta(j-1)}} = \frac{I_{\delta j}}{K_{i(j-1)} I_{\delta(j-2)}}; \\
K_{Pj} &= \frac{P_{\delta j}}{P_{\delta(j-1)}} = \frac{P_{\delta j}}{K_{P(j-1)} P_{\delta(j-2)}};
\end{aligned}
\tag{2}$$

где  $U_{\delta}$ ,  $i_{\delta}$ ,  $P_{\delta}$  – значения базисных величин: напряжения, тока, электромагнитной мощности;  $J$  – порядковой номер электрической машины.

В качестве базисных используется следующие значения параметров энергии: амплитуды номинальных значений фазного напряжения, фазного тока, номинальная мощность, номинальные частоты вращения роторов электрических машин.

### Список использованных источников

1. Эшмуродов З.О. Обоснование применение регулируемых электроприводов в электрифицированных растениеводческих системах. Дисс.канд.тех наук. Москва, 1996 г

## Именные стипендиаты кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии» 2013 года



### ДЕВЯТЫХ ЕВГЕНИЙ АНДРЕЕВИЧ

*Стипендиат Президента РФ  
по приоритетным направлениям модернизации  
и технологического развития экономики России,  
стипендиат Губернатора Свердловской области,  
стипендиат Учёного Совета  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»*

Девятых Евгений Андреевич, родился 6 мая 1989 года. После 9 классов школы успешно поступил в колледж по специальности «Металлургия цветных металлов». В 2008 году закончил колледж с красным дипломом, и по собеседованию поступил на металлургический факультет УГТУ–УПИ на специальность «Информационные системы и технологии».

Со школы посещает различные дополнительные курсы и занятия, постоянно получая новые знания и навыки.

За время обучения в университете зарекомендовал себя дисциплинированным, трудолюбивым, целеустремленным и любознательным студентом, умеющим активно отстаивать свою точку зрения.

Серьезное отношение к учебе, природная эрудированность и разносторонность знаний – все это позволяет Девятых Е.А. в полном объеме выполнять учебный план, сдавать экзамены и зачеты по учебным дисциплинам преимущественно на отличные оценки.

Отличную учебу успешно сочетает с общественной жизнью. Активно участвует в культурных и научных мероприятиях студенческой группы и университета в целом. Пользуется уважением и авторитетом у однокурсников и преподавателей кафедры.

Результаты научно-исследовательской работы Девятых Е.А.:

- публикация на 12-й Всероссийской научно-практической конференции «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России» (Магнитогорск, 2011 г.);
- публикация на научно-практической конференции «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (Екатеринбург, 2011 г.);
- стенд на выставке «ЭнергоЭкспо-2011» (Екатеринбург, 2011 г.).



## ДЕВЯТЫХ ТАТЬЯНА ОЛЕГОВНА

*Стипендиат Президента РФ  
по приоритетным направлениям модернизации  
и технологического развития экономики России,  
стипендиат Учёного Совета  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»*

Девятых Татьяна Олеговна, 1991 года рождения, в 2008 г. поступила на специальность «Информационные системы и технологии» после окончания гимназии №210 г. Екатеринбурга с серебряной медалью. Склонность к образованию проявила еще в школе, занимала призовые места на Всероссийской научной конференции в г. Ярославле по истории. Активно участвовала в жизни класса и школы, состояла в органе самоуправления школы.

Полученные навыки приобрели профессиональную направленность после поступления в вуз. За время обучения зарекомендовала себя дисциплинированным, трудолюбивым, целеустремленным и любознательным студентом, имеющим и активно отстаивающим свою точку зрения. Серьезное отношение к посещению учебных занятий, настойчивая систематическая работа по усвоению изучаемого материала, природная эрудированность и разносторонность знаний – все это позволило Девятых Т.О. сдать экзамены и зачеты по всем учебным дисциплинам преимущественно на отличные оценки.

Отличную учебу успешно сочетает с общественной и семейной жизнью. В 2011 году вышла замуж за Девятых Евгения Андреевича, студента параллельной группы.

Активно участвует в культурных мероприятиях студенческой группы и университета в целом. С самого начала учебы является старостой своей студенческой группы.

Пользуется уважением и авторитетом у однокурсников и преподавателей кафедры, доброжелательна.

Результаты научно-исследовательской работы Девятых Т.О.:

- публикация на 3-й Всероссийской научно-практической конференции «Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии» (Новокузнецк, 2011 г.);
- публикация на научно-практической конференции «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (Екатеринбург, 2011 г.);
- стенд на выставке «ЭнергоЭкспо-2011» (Екатеринбург, 2011 г.).





## СВИТКИН ВАДИМ ГРИГОРЬЕВИЧ

*Стипендиат Ученого Совета  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»*

Свиткин Вадим Григорьевич, 1992 года рождения, в 2009 г. поступил на специальность «Информационные системы и технологии» после окончания с серебряной медалью МО-УСОШ №64 г. Нижнего Тагила. Со школы зарекомендовал себя как активный человек, участвовал в олимпиадах и конкурсах, занимал призовые места в городской олимпиаде по физике.

За время обучения в университете зарекомендовал себя дисциплинированным, трудолюбивым, целеустремленным, ответственным и любознательным студентом, умеющим активно отстаивать свою точку зрения.

Серьезное отношение к учебе, природная эрудированность и разносторонность знаний - все это позволяет Свиткину В. Г. в полном объеме выполнять учебный план, сдавать экзамены и зачеты по учебным дисциплинам преимущественно на отличные оценки.

Отличную учебу успешно сочетает с общественной жизнью. Активно участвует в культурных мероприятиях студенческой группы и университета в целом, является старостой академической группы. Свиткин В. Г. пользуется заслуженным авторитетом среди студентов группы и преподавателей кафедры.

Результаты научно-исследовательской работы Свиткина В. Г. представлены публикациями в сборниках:

- сборник докладов I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве» с международным участием (Екатеринбург, 2012);
- Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: международный сборник научных трудов (Магнитогорск, 2012).



## **СИЛКИН ПЕТР АЛЕКСЕЕВИЧ**

*Стипендиат Президента РФ,  
стипендиат Ученого Совета  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»*

Силкин Петр Алексеевич, 1989 года рождения, в 2009 г. поступил на специальность «Информационные системы и технологии» после окончания МОУСОШ №26 г. Первоуральска. Со школы зарекомендовал себя как активный человек, участвовал в олимпиадах и конкурсах. С 2008 по 2009 проходил военную службу в рядах вооруженных сил РФ в 51 гвардейском полку ВДВ, где показал отличные организаторские способности и высокую организованность. В ходе службы освоил специальность наводчика оператора боевой машины десанта.

За время обучения в университете зарекомендовал себя дисциплинированным, трудолюбивым, целеустремленным, ответственным и любознательным студентом, умеющим активно отстаивать свою точку зрения.

Серьезное отношение к учебе, природная эрудированность и разносторонность знаний – все это позволяет Силкину П. А. в полном объеме выполнять учебный план, сдавать экзамены и зачеты по учебным дисциплинам на отличные оценки.

С 2012 г. Силкин П.А. совмещает учебу с работой учебного мастера на кафедре «Теплофизика и информатика в металлургии» Института материаловедения и металлургии УрФУ, осваивая дополнительно навыки управления сетевыми технологиями.

Отличную учебу успешно сочетает с общественной жизнью. Активно участвует в культурных мероприятиях студенческой группы и университета в целом. Является стипендиатом Ученого совета УрФУ (приказ ректора №1194/05 от 27.08.2012) и Президента Российской Федерации (приказ Министерства образования и науки РФ №873 от 29.10.2012).

Результаты научно-исследовательской работы Силкина П.А. представлены публикациями в сборниках трудов научно-практических конференций всероссийского и международного уровня.

Силкин П.А. пользуется заслуженным авторитетом среди студентов группы и преподавателей кафедры.

## Список авторов

Авазов Ю.Ш. ....	127	Дружков В.Г. ....	182
Азимов Р.К. ....	130	Епишин А.В. ....	52
Александров И.А. ....	133	Епишин А.Ю. ....	56
Арынханова Э.К. ....	136	Жумаев О.А. ....	130
Ахмадишина Ю.И. ....	148	Зайнуллин Л.А. ....	56
Ахмедова Н.М. ....	7, 10	Захаровых К.В. ....	184
Базайкина О.Л. ....	12	Зимин В.В. ....	173, 201, 231, 273
Бастанова Т.А. ....	140	Зоря И.В. ....	60
Белавенцев Д.А. ....	216	Зырянцев О.А. ....	62
Берковская Д.В. ....	166, 168	Ильина Е.А. ....	190, 212, 254
Бессонова А.Е. ....	143	Кабиров Р.А. ....	64
Бикмаев С.Р. ....	108	Кадникова Д.В. ....	74
Блинов Н.Е. ....	146	Кадыров Ё.Б. ....	127
Боковиков Б.А. ....	16	Казанцев С.В. ....	143, 184, 210
Брусницын А.П. ....	20	Казанцева А.В. ....	186
Бурлаков А.А. ....	22	Казанцева Н.М. ....	112
Бурькин А.А. ....	148, 197	Казимиров С.А. ....	12
Бухмиров В.В. ....	70	Казяев Д.М. ....	93
Быков Р.С. ....	24	Казяев М.Д. ....	78, 81, 93
Ваганов А.И. ....	182	Калитаев А.Н. ....	140
Васькова Е.О. ....	25	Каприлевская З.Г. ....	190
Витькина Г.Ю. ....	29	Карелин В.Г. ....	56
Волкова Л.Е. ....	151	Карпова Е.В. ....	197
Воробьева Л.А. ....	34	Киселев Е.В. ....	20, 93
Воронов Г.В. ....	88	Клейн В.И. ....	16
Воронцов Е.Ю. ....	38	Колесников А.С. ....	66
Вохмяков А.М. ....	93	Колибаба О.Б. ....	70
Выволокина Е.В. ....	154	Костылева Е.М. ....	281
Герасименко Т.Е. ....	115	Краснобаев А.В. ....	197
Гой Е.А. ....	159	Куделин С.П. ....	180, 194
Гольцев В.А. ....	62, 151	Кузнецов В.В. ....	52
Гонтаренко К.И. ....	66	Кузнецов И.Д. ....	71
Губинский С.М. ....	119	Кулаков С.М. ....	173, 201, 273
Гурин И.А. ....	162	Куликов И.С. ....	74
Гусаков А.А. ....	42	Лавров В.В. ....	197, 228, 285
Дворецкий Д.С. ....	45	Левченко С.П. ....	201
Девярых Е.А. ....	166	Лимонова Т.В. ....	78
Девярых Т.О. ....	168	Липунов Ю.И. ....	102
Дерман В.С. ....	45	Лисиенко В.Г. ....	38, 84, 259
Джамбеков А.М. ....	171	Логунова О.С. ....	277
Дмитриев А.Н. ....	29	Луговой Ф.С. ....	148
Добрынин А.С. ....	173	Майорова Е.С. ....	219
Догадкина О.В. ....	176	Матюхин В.И. ....	24, 25
Докшина А.Н. ....	180	Матюхин О.В. ....	25
Дружинин Г.М. ....	47, 64	Махмутов Р.Ф. ....	105

Машкина А.Ю. ....	52	Спитченко Д.И. ....	93
Мешков Е.И. ....	115	Старцева М.В. ....	102
Мизгулин В.В. ....	204	Степаненко Т.А. ....	254
Митяков В.Ю. ....	42	Степанов Д.М. ....	204
Можайский С.А. ....	42	Студенок С.И. ....	204
Мосунов А.А. ....	261	Сулейманов М.Г. ....	70
Муртазина Е.Р. ....	66	Супрунов С.Г. ....	259
Мухаметшин Р.Р. ....	207	Суров С.И. ....	261
Мясников Д.А. ....	194	Темлянцев М.В. ....	12
Накоскина М.А. ....	210	Теняева М.Е. ....	263
Носков В.Ю. ....	159	Теплых Е.О. ....	105
Нургалина Р.Г. ....	212	Терентьев А.Ю. ....	267
Нурмухаметов В.Н. ....	216	Терехова А.Ю. ....	271
Овчинникова В.Н. ....	66	Толстопят О.А. ....	45
Огнева Е.С. ....	219	Торопчин А.С. ....	273
Олейник Е.С. ....	224	Трапезникова А.С. ....	277
Оленников А.А. ....	60	Усачева Д.Ю. ....	216
Онуфриев В.А. ....	133	Усенко А.Ю. ....	108
Пестерева Д.В. ....	81	Федоров С.С. ....	45
Петрышев А.Ю. ....	16	Хамраев Р.Б. ....	7, 10
Полейко А.Л. ....	228	Харченко А.С. ....	105
Пономарев Н.Н. ....	38	Хлебников Н.А. ....	112
Попов А.О. ....	234	Хромых Ю.Ю. ....	281
Попов В.В. ....	84	Чапаев Д.Б. ....	60
Попов Е.В. ....	47	Чесноков Ю.А. ....	29
Порох О.В. ....	88	Чибашвили А.В. ....	115
Прохоров И.Е. ....	182	Чипурина А.О. ....	12
Пургина М.В. ....	231	Чугунников С.Л. ....	52
Рахманова Д.Н. ....	10	Швыдкий В.С. ....	22, 74, 168, 239
Румянцев М.И. ....	234	Шипулин Ю.Г. ....	130
Рыболовлев В.Ю. ....	197	Ширшов М.Ю. ....	182
Сабиров Е.Р. ....	22	Шишко Ю.В. ....	119
Самойлов М.О. ....	12	Шубин И.Г. ....	234
Самойлович Ю.А. ....	47	Щипанов К.А. ....	176, 186
Саттаров О.У. ....	127	Эйсмондт К.Ю. ....	102
Свиткин В.Г. ....	239	Энес Н.А. ....	285
Сибатуллин С.К. ....	105	Эшмуродов З.О. ....	287
Силкин П.А. ....	243	Ярошенко Ю.Г. ....	16, 102
Сичная М.А. ....	247	Ярчук В.Ф. ....	267
Советкин В.Л. ....	249	Ячиков И.М. ....	122, 281
Соловьев В.В. ....	249	Ячиков М.И. ....	122
Спирин Н.А. ....	197, 228		

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии».....</b>	<b>3</b>
<b>Секция 1. Актуальные проблемы теплотехники и экологии металлургического производства.....</b>	<b>7</b>
<i>Ахмедова Н.М., Хамраев Р.Б.</i> ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА КЛИМАТ.....	7
<i>Ахмедова Н.М., Хамраев Р.Б., Рахманова Д.Н.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА .....	10
<i>Базайкина О.Л., Темлянцев М.В., Казимиров С.А., Самойлов М.О., Чипурина А.О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УГАРА ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ МАРОК 40ХН, 34ХН1М, 5ХНМ ПРИ НАГРЕВЕ ПОД ОБРАБОТКУ ДАВЛЕНИЕМ .....	12
<i>Боковиков Б.А., Клейн В.И., Петрышев А.Ю., Ярошенко Ю.Г.</i> ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШИХТЫ НА ТЕМПЕРАТУРУ ГАЗА НА ВХОДЕ В ЗОНУ СУШКИ ПРИ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	16
<i>Брусницын А.П., Киселев Е.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ .....	20
<i>Бурлаков А.А., Сабиров Е.Р., Швыдкий В.С.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА В ВАННЕ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ ....	22
<i>Быков Р.С., Матюхин В.И.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ВОЗДУШНОГО ДУТЬЯ МИНЕРАЛОВАТНОЙ ВАГРАНКИ ЗАВОДА В Г. БОГДАНОВИЧ .....	24
<i>Васькова Е.О., Матюхин В.И., Матюхин О.В.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕЛЬЦПРОЦЕССА .....	25
<i>Витькина Г.Ю., Дмитриев А.Н., Чесноков Ю.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ И КОКСА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ .....	29
<i>Воробьева Л.А.</i> РАЗРАБОТКА РЕГЕНЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОХОДНОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕЧИ .....	34
<i>Воронцов Е.Ю., Лисиенко В.Г., Пономарев Н.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ВТОРОГО ПОРЯДКА С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ .....	38
<i>Гусаков А.А., Митяков В.Ю., Можайский С.А.</i> ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ СФЕРИЧЕСКОЙ ЛУНКИ НА ТЕПЛООБМЕН .....	42
<i>Дерман В.С., Федоров С.С., Дворецкий Д.С., Толстопят О.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ НА ОСНОВЕ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ГОТОВОГО ПРОДУКТА .....	45

<i>Дружинин Г.М., Самойлович Ю.А., Попов Е.В.</i> РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ СКОРОСТИ ОКИСЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ НАКЛАДОК ПРИ НАГРЕВЕ ПОД ЗАКАЛКУ .....	47
<i>Епишин А.В., Кузнецов В.В., Машкина А.Ю., Чугунников С.Л.</i> КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ СТАНА 5000 ОАО "ВМЗ" НА БАЗЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА .....	52
<i>Епишин А.Ю., Карелин В.Г., Зайнуллин Л.А.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЧАСТИЦ ЛИСАКОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР .....	56
<i>Зоря И.В., Оленников А.А., Чапаев Д.Б.</i> ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ЭНЕРГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В ЦЕЛЯХ ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ КУЗБАССА .....	60
<i>Зырянцев О.А., Гольцев В.А.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЫПУЧЕСТИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА НА ОАО «СУМЗ» .....	62
<i>Кабиров Р.А., Дружинин Г.М.</i> ОСОБЕННОСТИ НОВЕЙШЕГО U-ОБРАЗНОГО РАДИАЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ GTI RASERT .....	64
<i>Колесников А.С., Гонтаренко К.И., Овчинникова В.Н., Муртазина Е.Р.</i> ВЛИЯНИЕ ОТВАЛА КЛИНКЕРА ВЕЛЫЦЕВАНИЯ ЦИНКОВОЙ РУДЫ НА ЭКОЛОГИЮ ПАЧИСАЙ И РЕГИОНА В ЦЕЛОМ .....	66
<i>Колибаба О.Б., Бухмиров В.В., Сулейманов М.Г.</i> ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СЛОЯ С УЧЕТОМ ФИЛЬТРАЦИИ .....	70
<i>Кузнецов И.Д.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОДА РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ФИЛИАЛА ПСЦМ ОАО «УРАЛЭЛЕКТРОМЕДЬ» .....	71
<i>Куликов И.С., Кадникова Д.В., Швыдкий В.С.</i> ПРИБЛИЖЁННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ .....	74
<i>Лимонова Т.В., Казяев М.Д.</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ СТАНА 550 ОАО «ЧУСОВСКОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» .....	78
<i>Пестерева Д.В., Казяев М.Д.</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ СТАНА ТПА – 140 ОАО «СИНТЗ» .....	81
<i>Попов В.В., Лисиенко В.Г.</i> СПОСОБ ВЫПЛАВКИ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ В ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ – ПРОЦЕСС ЛП–Ш .....	84
<i>Порох О.В., Воронов Г.В.</i> АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С РАСПЛАВОМ МЕДИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ .....	88
<i>Спитченко Д.И., Вохмяков А.М., Киселев Е.В., Казяев М.Д., Казяев Д.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ПОСЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ .....	93

<i>Старцева М.В., Липунов Ю.И., Эйсмонт К.Ю., Ярошенко Ю.Г.</i> ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ НАКЛАДОК .....	102
<i>Теплых Е.О., Сибагатуллин С.К., Харченко А.С., Махмутов Р.Ф.</i> ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОКАТЫШЕЙ В СЛОЕ АГЛОМЕРАТА В БУНКЕРЕ КОМПАКТНОГО БЗУ НА РАВНОМЕРНОСТЬ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ В КОЛОШНИКОВОЕ ПРОСТРАНСТВО ПЕЧИ .....	105
<i>Усенко А.Ю., Бикмаев С.Р.</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ .....	108
<i>Хлебников Н.А., Казанцева Н.М.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОДУКТА СТАЛИ ПУТЕМ ПЕРЕПЛАВА ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	112
<i>Чибашвили А.В., Герасименко Т.Е., Мешков Е.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЗОНАЛЬНОГО МЕТОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОКАЛИВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	115
<i>Шшико Ю.В., Губинский С.М.</i> РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ГАЗА ПИРОЛИЗА БИОМАССЫ .....	119
<i>Ячиков М.И., Ячиков И.М.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ПОДОВОГО ЭЛЕКТРОДА ДППТ С ВОДЯНЫМ И ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ .....	122
<b>Секция 2. Системы автоматизации и информатизации в образовании, науке и производстве .....</b>	<b>127</b>
<i>Авазов Ю.Ш., Кадыров Ё.Б., Саттаров О.У.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ ....	127
<i>Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Жумаев О.А.</i> ПОВЕРОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ БЫТОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА .....	130
<i>Александров И.А., Онуфриев В.А.</i> МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРИБОРА-ИДЕНТИФИКАТОРА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ .....	133
<i>Арынханова Э.К.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС .....	136
<i>Бастанова Т.А., Калитаев А.Н.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ЗАГРУЗКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	140
<i>Бессонова А.Е., Казанцев С.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ПОД ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ANDROID .....	143
<i>Блинов Н.Е.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ «СПОРТМАКС» .....	146

<i>Бурькин А.А., Луговой Ф.С., Ахмадишина Ю.И.</i> ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИНГА .....	148
<i>Волкова Л.Е., Гольцев В.А.</i> ОБРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРОХОДНОЙ ПЕЧИ ФИРМЫ EBNER НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БАЗЫ ДАННЫХ .....	151
<i>Выволокина Е.В.</i> РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПО ГАЗОХОДУ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ .....	154
<i>Гой Е.А., Носков В.Ю.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-СЕРВЕРА .....	159
<i>Гурин И.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕЛЕФОНИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ .....	162
<i>Девярых Е.А., Берковская Д.В.</i> РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ SCADA-СИСТЕМЫ В РАМКАХ ПРОЕКТА ПО СОЗДАНИЮ АСУТП И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ХРОМОВОГО АНГИДРИДА НА ЗАВОДЕ ЗАО "РУССКИЙ ХРОМ 1915" .....	166
<i>Девярых Т.О., Берковская Д.В., Швыдкий В.С.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЕРЕПЛАВКИ МЕДНЫХ (ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ) ПЛАСТИН .....	168
<i>Джамбеков А.М.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ .....	171
<i>Добрынин А.С., Кулаков С.М., Зимин В.В.</i> О МЕХАНИЗМЕ НАЧАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛИЗОВ НА СТАДИИ ВНЕДРЕНИЯ ИТ-СЕРВИСОВ .....	173
<i>Догаджина О.В., Щипанов К.А.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ .....	176
<i>Докишина А.Н., Куделин С.П.</i> СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	180
<i>Дружков В.Г., Ваганов А.И., Прохоров И.Е., Ширшов М.Ю.</i> НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ОСНАЩЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДУТЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ .....	181
<i>Захаровых К.В., Казанцев С.В.</i> ПОВЕДЕНЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПРИ ПОИСКЕ РАБОТЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ НА ПРИМЕРЕ САЙТА «РАБОТА66» ....	184
<i>Казанцева А.В., Щипанов К.А.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКОЙ .....	186



<i>Каприлевская З.Г., Ильина Е.А.</i> АЛГОРИТМ РАСЧЁТА УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКОВ-БАКАЛАВРОВ ВУЗОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 230100 – ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА .....	190
<i>Куделин С.П., Мясников Д.А.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫГРУЗКИ ДОКУМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....	194
<i>Левченко С.П., Зимин В.В., Кулаков С.М.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ОБРАТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИТ-СЕРВИСОВ .....	201
<i>Мизгулин В.В., Степанов Д.М., Студенок С.И.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ ОБЛАЧНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ НА ГЛОБАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ ВУЗОВ .....	204
<i>Мухаметшин Р.Р.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СУШИЛЬНОЙ ПЕЧИ .....	207
<i>Накоскина М.А., Казанцев С.В.</i> ТАКСОНОМИЯ И ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ .....	210
<i>Нургалина Р.Г., Ильина Е.А.</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СДО MOODLE .....	212
<i>Нурмухаметов В.Н., Белавенцев Д.А., Усачева Д.Ю.</i> УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НОВОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	216
<i>Огнева Е.С., Майорова Е.С.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ LMS MOODLE .....	219
<i>Олейник Е.С.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТРУДОВОЙ МИГРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГИОНА .....	224
<i>Полейко А.Л., Лавров В.В., Спиринов Н.А.</i> СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ГРУППЕ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ .....	228
<i>Пургина М.В., Зимин В.В.</i> КЛАССИФИКАЦИИ ИТ-ПРОВАЙДЕРОВ И СЕРВИСНЫЕ СТРУКТУРЫ КОМПАНИЙ-ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ИТ-УСЛУГ .....	231
<i>Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О.</i> НЕКОТОРЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ГОРЯЧЕЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ НА ШСГП .....	234
<i>Свиткин В.Г., Швыдкий В.С.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ПЛОСКУЮ МНОГОСЛОЙНУЮ СТЕНКУ .....	239
<i>Силкин П.А.</i> РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ МНОГОСЛОЙНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТЕНКИ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ .....	243

<i>Сичная М.А.</i> ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ И ЭЛЕМЕНТОВ КУРСА КАК СРЕДСТВА НАПОЛНЕНИЯ МОДУЛЕЙ КУРСА В LMS MOODLE .....	247
<i>Советкин В.Л., Соловьев В.В.</i> ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КОНВЕРТЕРЕ .....	249
<i>Степаненко Т.А., Ильина Е.А.</i> АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НА БАЗЕ LMS MOODLE .....	254
<i>Супрунов С.Г., Лисиенко В.Г.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ KRAFTWERK KENNZEICHEN SYSTEM (KKS) ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ АСУТП ЭНЕРГОБЛОКОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПАРОГАЗОВЫМИ УСТАНОВКАМИ .....	259
<i>Суров С.И., Мосунов А.А.</i> РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ СОТРУДНИКА .....	261
<i>Теняева М.Е.</i> ВНЕДРЕНИЕ ERP-СИСТЕМЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «МУРОМСКИЙ ЗАВОД РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ» .....	263
<i>Терентьев А.Ю., Ярчук В.Ф.</i> СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА МЕЖДУ ТРАНСФЕР-АГЕНТОМ И РЕГИСТРАТОРОМ .....	267
<i>Терехова А.Ю.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ .....	271
<i>Торопчин А.С., Зимин В.В., Кулаков С.М.</i> О ФОРМИРОВАНИИ СТРАТЕГИИ ПОСТАВЩИКА ИТ-УСЛУГ .....	273
<i>Трапезникова А.С., Логунова О.С.</i> ПРОГРАММНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ .....	277
<i>Хромых Ю.Ю., Костылева Е.М., Ячиков И.М.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НАХОЖДЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДУГ ПРИ ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ ДУГОВЫХ ПЕЧАХ .....	281
<i>Энес Н.А., Лавров В.В.</i> РАЗРАБОТКА АРМ РУКОВОДИТЕЛЯ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТИТУТА МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И МЕТАЛЛУРГИИ УРФУ ..	285
<i>Эшмуродов З.О.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГОРНЫХ МАШИН .....	287
<b>Именные стипендиаты кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии» 2013 года.....</b>	<b>291</b>
<b>Список авторов.....</b>	<b>295</b>

*Научное издание*

**ТЕПЛОТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ,  
НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Сборник докладов II Всероссийской  
научно–практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2013)  
с международным участием*

Техническое редактирование и компьютерная верстка В.В. Лаврова

Доклады представлены в авторской редакции

ИД № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

---

Подписано в печать \_\_\_\_\_ г.  
Бумага типографская  
Уч.-изд.л. \_\_\_\_\_

Офсетная печать  
Тираж

Формат 60×84 1/16  
Усл.печ.л. \_\_\_\_\_  
Заказ

---