

ВЕСТНИК

Череповецкого государственного университета



НАУЧНЫЙ
ЖУРНАЛ

*Основан
в 2002 году*

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

2/2004

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в декабре 2002 г.

№ 2(7) • 2004 • НОЯБРЬ. Выходит два раза в год

Направление: **ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УЧРЕДИТЕЛЬ: ГОУ ВПО Череповецкий государственный университет

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н.И. ШЕСТАКОВ, д-р техн. наук, проф. (*гл. редактор*);
А.И. ВИНОГРАДОВ, канд. техн. наук, доц. (*зам. гл. редактора*);
Н.В. ДЕМИДОВА, канд. пед. наук, доц. (*ответственный секретарь*);
А.С. АНДРЕЕВ, канд. техн. наук, доц.;
В.С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук, проф.;
Э.А. ГАРБЕР, д-р техн. наук, проф.;
Е.В. ЕРШОВ, канд. техн. наук, доц.;
З.К. КАБАКОВ, д-р техн. наук, проф.;
Н.П. КОЛОМИЙЦЕВ, канд. биол. наук, доц.;
В.В. МУХИН, д-р физ.-мат. наук, проф.;
Е.Б. ОСИПОВ, д-р физ.-мат. наук, проф.;
В.В. ПЛАШЕНКОВ, д-р воен. наук, проф.;
Н.Н. СЕНИЦЫН, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКТОРЫ:

Н.А. БАЧУРИНА (компьютерное макетирование), Г.В. ИВАНОВА

Адрес редакции: 162600, г. Череповец, пр. Луначарского, 5, тел. (8202) 51-72-40

Раздел 1

ЭКОЛОГИЯ

УДК 330:502

Е.Н. Яковлева
Кафедра менеджмента

ПРИНЯТИЕ ДОЛГОСРОЧНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПРИРОДООХРАННОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Отправной среди главных функций менеджмента является планирование. Актуальным при принятии решений на стадиях стратегического планирования считается сегодня подход, основанный на учете и согласовании интересов всех заинтересованных групп – так называемых стейкхолдеров. На предприятиях России такой подход в области природопользования и охраны окружающей среды особенно важен для привлечения иностранного капитала, в сотрудничестве с государственными органами экологического управления и контроля, со средствами массовой информации, общественными организациями и в работе с потребителями, особенно зарубежными. Проблема здесь состоит в сложности подготовки и обоснования управленческих решений, особенно связанных с инновационной деятельностью.

Внедрение инноваций в любой сфере хозяйственной деятельности может дать четыре вида эффекта: экономический, научно-технический, социальный и экологический. Под экологическим эф-

фектом обычно понимают сокращение выбросов, сбросов и размещения отходов вредных веществ, улучшение некоторых эргономических свойств (снижение уровня шума, вибрации и т.д.) и других показателей, характеризующих снижение интенсивности и опасности техногенного воздействия. Существуют две группы методов денежной оценки таких экологических эффектов: методы, основанные на анализе кривых рыночного спроса, и методы, основанные на денежной оценке физических изменений в окружающей среде.

Экономическая оценка экологических эффектов имеет целью выбор из технически возможных и экологически приемлемых вариантов мероприятий того (или их комплекса), которое приводит к максимальному совокупному предотвращенному ущербу при сравнительно низких затратах. Однако следует заметить, что не всегда существует возможность оценить ущерб (наносимый или предотвращаемый) в денежной форме. Многофакторность, масштабность и разнокачественность усло-

вий, взаимосвязей и законов в природе является причиной сложностей при отборе и обосновании наиболее эффективных с экологической точки зрения проектов. Выделим возможные подходы для комплексной оценки экономической и экологической эффективности процессов принятия управленческих решений в природопользовании и охране окружающей среды. К ним относятся:

- экономическая эффективность рассматривается как главный показатель, а экологическая эффективность – как ограничение, т.е. принимаются только те проекты, которые предусматривают мероприятия экологического характера;

- вначале варианты решений разрабатываются и рассматриваются с позиций экологических целей независимо от экономических, а далее среди отобранных экологически эффективных вариантов определяется экономически эффективный;

- рассчитывается интегральный обобщающий показатель экономической и экологической эффективности, но ввиду частой качественной несопоставимости целей такой расчет носит условный характер.

Для решения задачи идентификации экологических аспектов деятельности предприятий с оценкой их значительности и ранжирования по степени экологической опасности с применением любого из вышеперечисленных подходов необходимо формирование системы информативных критериев. Экологические или эколого-экономические критерии формируются на базе обработки информации, полученной в процессе экологического учета и проведения экологического аудита. Они должны не только оценивать эффективность принятия управленческих решений, но и обеспечивать эту эффективность, так как позволяют выявить отклонения от поставленных целей и выстроить реальные программы корректировки управленческих действий.

Совокупность наиболее часто применяемых в России и за рубежом аналитических методов обоснования и отбора эффективных экологических проектов представлена в таблице.

Анализ приведенных методов показал, что каждый из них обладает достоинствами и недостатками. Наиболее распространенными отрицательными моментами их являются информационные ограничения на использование (практически для

всех методов, в особенности для 3-7, 10-11, 13, 15-го), сложность оценки (особенно для комплексных подходов – 4, 5, 6, 11), специфичность области применения (методы 3, 5-9, 15), недостаточная достоверность (критерии 3, 5, 6) и информативность (показатели 12, 13, 14), отсутствие учета взаимосвязи с сильными и слабыми сторонами деятельности предприятия и его системой экологического учета. Нет одного «лучшего» критерия или метода. Достоверно определить эффективность природоохранных мероприятий можно путем комплексной оценки на основании нескольких показателей, что представляется довольно трудоемким процессом. В свете этого факта сегодня особенно актуальна задача разработки новых сравнительно простых в определении, но достоверных методов экономической оценки природоохранных мероприятий и технологических решений и продолжения работы над совершенствованием системы существующих. В качестве одного из таких методов можно предложить определение ущербов и отходоёмкости предприятий, производств, проектов [1], [2]. Однако для выявления преимуществ и недостатков, а также разработки конкретных механизмов применения этих показателей в инвестиционном планировании необходимы дополнительные исследования.

Применение рассмотренных методов оценки эколого-экономической эффективности на практике поэтапно и в четкой последовательности показано в виде блок-схемы процесса принятия управленческих решений в области природопользования и охраны окружающей среды (рис. 1).

В основу разработки блок-схемы положен ситуационный подход, поскольку он наиболее полно отражает проблемы, возникающие при управленческой деятельности, универсален и содержит методы, используемые в других подходах (см., например, [3]). Подготовка решений осуществляется на основе всей совокупности информации о ситуации, ее тщательного анализа и оценок. В приведенной блок-схеме четко выделены основные этапы принятия решения и их технологическая последовательность. Использование ее на практике, на наш взгляд, облегчит процессы разработки и принятия управленческих решений в сфере природопользования и охраны окружающей среды.

Таблица

Методы технико-экономического анализа природоохранных проектов

Методы эколого-экономической оценки проектов	Критерии оценки
1. Анализ затрат-результатов (АЗР)	Экономическая эффективность проекта Рентабельность проекта Коэффициент эффективности инвестиций Срок окупаемости проекта Дисконтированный срок окупаемости проекта Чистый дисконтированный доход Индекс рентабельности инвестиций Внутренняя норма прибыли инвестиций и другие
2. Анализ эффективности затрат (АЭЗ)	Критический объем продукции Приведенные затраты
3. Многокритериальный анализ	Интегрированная оценка, получаемая путем суммирования «взвешенных» натуральных изменений разнокачественных результатов
4. Оценка воздействия проекта на окружающую среду (ОВОС)	Множество показателей в комплексе
5. Метод контрольных списков	Сумма количественной (как правило, в баллах) оценки видов воздействий, присущих рассматриваемому объекту
6. Метод матриц	Сумма балльных оценок интенсивности воздействия и его весомости
7. Метод диаграммы потоков	Последовательное выявление и прогнозирование зависимостей между воздействием и его последствиями
8. Метод совмещенного анализа карт	Площадь территории предполагаемых воздействий на картах-схемах
9. Метод расчета надежности	Экономический эффект от повышения надежности технологических систем
10. Определение экологического риска	Экологический риск проектов
11. Методы расчета агрегированных показателей экологического влияния	Индексы воздействия проектов на окружающую среду Коэффициенты эквивалентности техногенного воздействия Индексы безотходности и безопасности и другие
12. ABC/XYZ - анализ	Уровень иерархии каждого проекта, оцениваемый по трем качественным и трем количественным показателям
13. Определение «экологического следа»	Площадь территории, необходимая для ассимиляции всех видов воздействий на окружающую среду
14. Оценка «экологического рюкзака»	Масса или объем использованных природных ресурсов на производство единицы продукции за вычетом массы или объема данной продукции
15. Экологическое картографирование	Воздействие на существующие и потенциальные ключевые экологические проблемы, отраженные и описанные на экологической карте предприятия

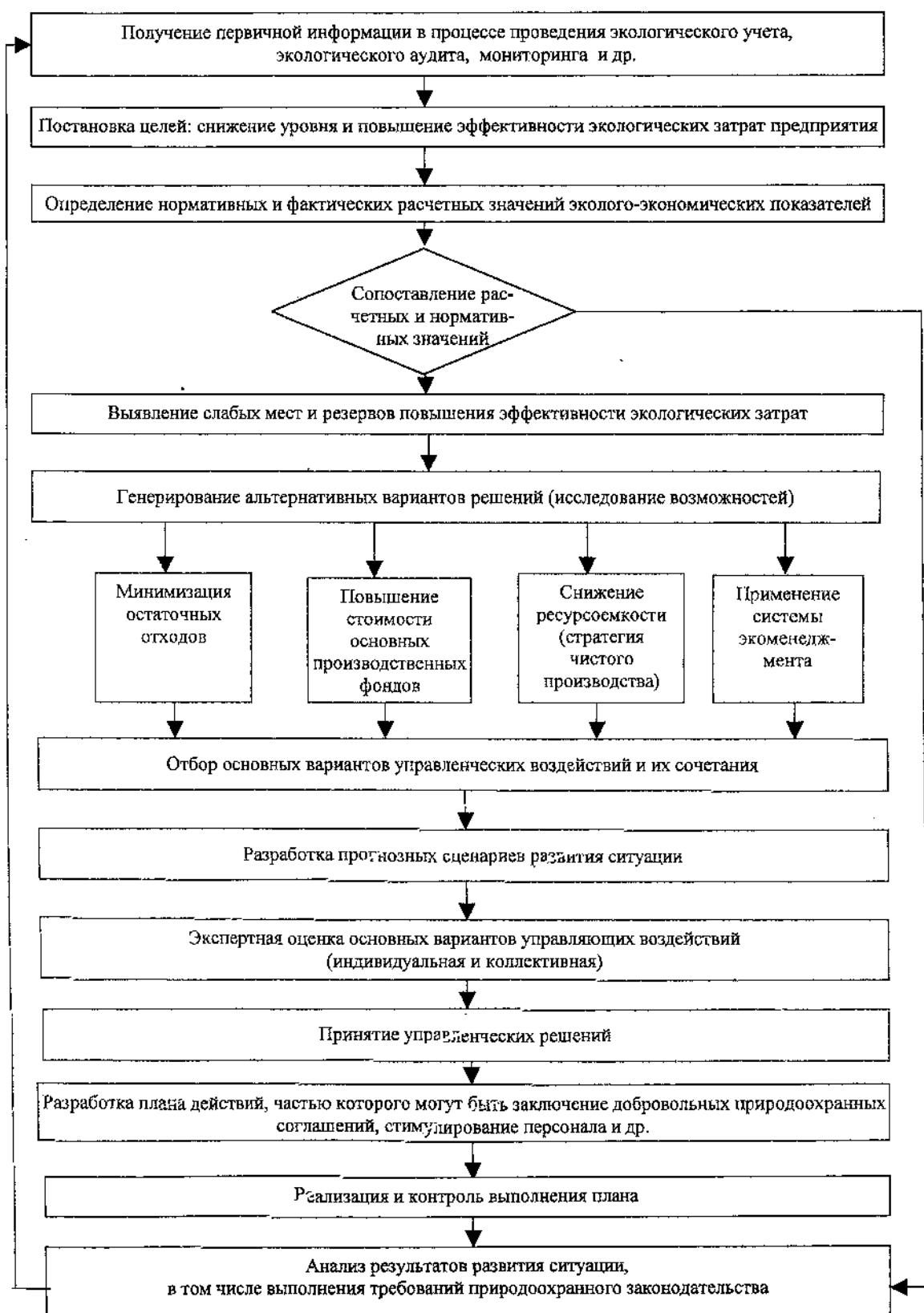


Рис. 1. Блок-схема основных этапов разработки и принятия управленческих решений в процессе природоохранного инвестиционного планирования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильцова В.М., Яковлева Е.Н.* Новый подход к управлению инвестициями в природоохранной деятельности предприятий // *Современные системы управления CSBC-2001*: Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. / Под ред. проф. Л.А. Кузнецова. – Липецк, 2001. – С. 30-32.

2. *Яковлева Е.Н.* Экологические аспекты управления инновационной деятельностью промышленных предприятий // *Сборник трудов участников IV межвузовской конференции молодых ученых.* – Череповец: ЧГУ, 2003. – 204 с.

3. *Литвак Б.Г.* Разработка управленческого решения. – М.: Дело, 2003. – 392 с.

УДК 330:502

Е. Н. Яковлева, Е. Г. Лазарева
Кафедра экономики

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ СЕКТОРЕ РОССИИ

Реализация сельскохозяйственных процессов, особенно в земледелии, характеризуется неопределенностью и риском. В связи с этим в аграрном секторе развитых стран даже при относительно стабильных условиях хозяйствования значительное внимание уделяется оценке и управлению экологическими рисками. Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды», экологический риск – это вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [1]. Одной из основных причин возникновения экологических рисков в земледелии является повышенное использование химических веществ для регулирования плодородия почв и борьбы с болезнями и вредителями растений. Устранение данной причины путем сокращения использования или отказа от применения агрохимикатов, благоприятно влияя на экологическую обстановку, приводит к возможным потерям урожая и доходов сельхозпроизводителей. Постепенно накапливаемый в России опыт решения подобных проблем целесообразно проанализировать под углом зрения зарубежной практики.

Рассмотрим динамику применения агрохимикатов и средств защиты растений на территории России с 1999 по 2002 гг. Представим данные в табличной форме (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в России за последнее время сохраняется тенденция к увеличению внесения минеральных удобрений, а также средств защиты растений. Одновременно неуклонно снижается мелиоративная обработка почв, что вызвано недостатком необходимых машин и финансирования. Для исправления данной ситуации должна быть разработана стратегия снижения использования агрохимикатов для улучшения экологической обстановки на территории РФ. Проведем анализ возможных стратегий с учетом их сильных и слабых сторон, а также последствий и целесообразности их применения в России.

Стратегия 1. Государственное регулирование применения агрохимикатов

В России преимущественное внимание пока уделяется административному воздействию, регулирующему и регламентирующему применение агрохимикатов, которое в полной мере не отработано. Агроэкологические программы, специально направленные на снижение использования агрохимикатов в сельском хозяйстве, и учет связанных с этим экологических рисков в России до последнего времени не разрабатывались. Частично это можно объяснить тем, что применение агрохимикатов регламентируется целевыми комплексными программами развития отрасли, федеральной программой сохранения биоразнообразия и другими.

Предлагается разработать Федеральную целевую программу мониторинга применения удобрений

Таблица 1

Выполнение агрохимических работ и поставка минеральных удобрений, защита растений

Показатели использования агрохимикатов	Единицы измерения	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2002 г. к 2001 г.	
						%	+,-
Поставка минеральных удобрений	тыс. т д.в.	1216,4	1318,7	1461,6	1422,4	97,3	-39,2
Мелиоративная обработка почв	тыс. га	12,1	17,0	6,6	5,0	75,8	-1,6
Внесение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры	тыс. тонн д.в.	1132,2	1360,8	1345,8	1479,0	109,9	133,2
Внесение органических удобрений под сельскохозяйственные культуры	млн. тонн	69,1	66,0	59,6	60,6	101,7	1,0
Защита посевов сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков	тыс. га	25754,0	32656	38337	36339	94,8	-1997,5
Поставлено средств защиты растений	тонн	29309	25191,0	28693,6	30912,7	108	2219,1

Примечание: составлено по [4].

ний и пестицидов. Логичнее будет связать ее с будущей Единой государственной системой экологического мониторинга, которая, в свою очередь, будет являться составным звеном в сети глобального экологического мониторинга [2, с. 200]. В первую очередь необходимо исследовать неблагоприятные с данной точки зрения регионы России, выявить причины повышенного применения агрохимикатов. Далее разработать для каждого региона свою агроэкологическую программу с учетом фитосанитарной, санитарной и экологической обстановки, потребности растений в агрохимикатах, состояния плодородия земель (почв), а также с учетом рационов животных. Затем необходимо рассчитать объем финансирования разработанных мероприятий государством и получаемые эффекты и приступить к реализации программ. Данный процесс должен носить итерационный характер, а необходимые коррективы должны вноситься своевременно. В результате должно произойти снижение использования агрохимикатов и пестицидов, а вместе с этим улучшение экологической обстановки.

К недостатку данной стратегии можно отнести

достаточно длительный срок появления эффекта, который к тому же может быстро исчезнуть.

Стратегия 2. Компенсационно-регламентирующее снижение экологического риска

Реализуемая в России стратегия снижения экологического риска от использования агрохимикатов предусматривает, с одной стороны, соблюдение установленных регламентов и правил применения пестицидов и агрохимикатов, исключающих их негативное воздействие на здоровье людей и окружающую природную среду, а с другой – финансовое и техническое поощрение фермеров к снижению применения агрохимикатов и соответственно к уменьшению экологического риска.

Предлагается использовать опыт Евросоюза, а именно положения концепции 1992 г. «Совет регулирования 20782 по методам ведения сельскохозяйственного производства, совместимым с требованиями защиты окружающей среды и управления в сельской местности» [3, с. 121]. Согласно данному документу, потери фермеров от снижения урожая из-за участия в экологических программах компенсируются распределением рисков через страхование специальными государственными и

частными компаниями, а также вовлечением фермеров в программы поддержки цен на продукцию или их доходов. Верхний уровень платежей, стимулирующих фермеров к добровольному участию в агроэкологических схемах в соответствии с Концепциями регулирования 2078 и 746/92, устанавливается исходя из учета трех критериев [3, с. 121-122]: 1) понесенных издержек; 2) ожидаемого дохода; 3) стимулирующего элемента (устанавливаемого на уровне, который не превышает 20 % от ожидаемого дохода). При этом премию следует рассматривать как компенсацию за издержки обеспечения экологического общественного блага, а не как субсидию.

Недостатком данной стратегии, на наш взгляд, является сложность прогнозирования понесенных издержек и ожидаемого дохода, т.к. кроме экономической нестабильности существует вероятность природных катаклизмов (наводнение, засуха, холода), которую невозможно предсказать. Кроме того, реализация инструмента страхования потребует создания правовой базы, проведения информационно-разъяснительной работы среди сельхозпроизводителей и значительных финансовых затрат.

Стратегия 3. Использование научных достижений для минимизации экологических рисков в агропромышленном секторе

Особое значение имеют осуществляемые ныне в масштабах страны разработка и внедрение нового поколения ландшафтно-ориентированных систем земледелия. В таких системах использование всех видов антропогенных ресурсов, в том числе и агрохимикатов, оптимально минимизируется [3, с. 124]. Предлагается увеличить финансирование научных разработок в области повышения урожайности при сокращении применения агрохимикатов. К примеру, создать систему интегрированной защиты растений, внедрять на центральных и черноземных площадях России системы капельного полива некоторых видов овощей.

Главной проблемой данной стратегии является недостаточное финансирование науки в целом и в агропромышленном комплексе в частности. Не выделяются денежные средства на проведение важных долгосрочных исследований влияния агрохимикатов и пестицидов на живые организмы, природу, которые могли бы помочь в определении

действительно допустимых объемов применения агрохимикатов. В основном исследуются случаи острого токсикологического отравления. Фактически без проведения таких исследований непонятно, до какого уровня необходимо снижать применение агрохимикатов и пестицидов в долгосрочном периоде.

Стратегия 4. Создание информационно-аналитической системы управления рисками

В современных условиях сохранения в сельском хозяйстве жестких финансовых ограничений изучение природы, источников, размеров и последствий реализации как экологических, так и других рисков для принятия наилучших управленческих решений значительно расширяется. Осознанный, а тем более оцененный риск помогает уменьшить очевидные потери и избежать новых. Для помощи сельхозпроизводителям в России реализуется федеральная программа создания информационно-аналитической службы АРИС, основной задачей которой является развитие конкурентоспособности аграрного сектора путем оказания содействия сельским товаропроизводителям в принятии обоснованных экономических решений [3, с. 125].

Создание информационно-аналитической службы сельхозпроизводителей будет эффективным только в том случае, если будут охвачены все регионы и доступ к ней будут иметь большинство сельхозпроизводителей. Но создание такой службы без осознания фермерами важности охраны окружающей среды будет в экологическом смысле почти бесполезно.

Стратегия 5. Добровольно-стимулирующее снижение применения агрохимикатов

Используя опыт США, предлагается создание программ, основанных на осознании фермерами того, что выигрыш от сокращения затрат на химикаты и получаемых экологических выгод компенсирует риск потерь урожая. В данном случае можно увеличить налог на розничные цены агрохимикатов до такого уровня, чтобы отчисления по этому налогу стремились бы к цифре возможных потерь от отказа применения агрохимикатов. Однако высокие налоги могут вызвать негативные последствия - снижение урожайности до критического уровня, ухудшение финансово-хозяйственного состояния предприятия, поэтому требуется де-

тальное изучение средних региональных издержек на агрохимикаты.

Несмотря на экономическую и экологическую эффективность добровольно-стимулирующего подхода, он не получил широкого применения даже в США. В этой ситуации начинают действовать эффекты «безбилетного пассажира» и бесплатности общественных благ [2, с. 144].

Сведем результаты анализа возможных стратегий управления экологическими рисками в агропромышленном комплексе России в матрицу решений (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что единственно правильной стратегии управления рисками, возникающими вследствие снижения применения агрохимикатов и пестицидов в сельском хозяйстве, не существует и необходимо использовать все

предложенные стратегии комплексно. В первую очередь требуется уделить внимание государственному регулированию решения проблемы перехода на экологически безопасные сельскохозяйственные технологии, создать специальную федеральную программу. Исходя из российской действительности, добровольно-стимулирующее снижение применения агрохимикатов не принесет существенного эффекта. Имеет перспективу развитие компенсационно-регламентирующего снижения экологического риска, когда сельхозпроизводителей стимулируют посредством финансирования и обеспечения необходимой техникой. Важно увеличивать финансовую и информационную поддержку сельского хозяйства, так как без нее, как показывает мировой опыт, агрокомплекс не может стабильно функционировать.

Таблица 2

Матрица стратегических решений проблемы управления экологическими рисками в агропромышленном секторе экономики

Стратегии	Преимущества (выгоды)	Недостатки (издержки)	Последствия
1. Государственное регулирование применения агрохимикатов	Обязательный для всех характер проведения; четкие программы действий и стандарты	Длительность разработки программ; вероятность получения небольшого эффекта для фермеров	Комплексное улучшение экологического состояния на сельхозугодьях
2. Компенсационно-регламентирующее снижение экологического риска	Сельхозпроизводители сами заинтересованы в снижении применения агрохимикатов; они получают компенсацию за возможные риски от государства	Риски трудно рассчитать из-за информационных ограничений; требует значительного финансирования со стороны государства	Получение выгод сельхозпроизводителями при снижении применения агрохимикатов; поддержка со стороны государства
3. Использование научных достижений для минимизации экологических рисков	Научная база изучения влияния агрохимикатов на ОС и живых организмов; использование достоверных данных и систем по повышению урожаев	Существенные объемы финансирования исследований; получение эффекта через длительный промежуток времени	Более научный подход к рассматриваемой проблеме; получение конкретных разработок
4. Создание информационно-аналитической системы управления рисками	Государственная помощь в принятии экономических решений; получение необходимой информации; осознание важности экологических мероприятий	Проблема донесения информации до всех заинтересованных субъектов; проблема правильного использования информации	Принятие решений сельхозпроизводителями в ситуации достаточной информированности; осознание ими своей роли в экономике и экологии России
5. Добровольно-стимулирующее снижение применения агрохимикатов	Не требует финансирования со стороны государства; поиск альтернативных путей увеличения урожая	Эффекты «безбилетного пассажира»; бесплатности общественных благ; осознание сельхозпроизводителями эколого-экономического эффекта	Добровольное снижение применения агрохимикатов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране окружающей среды: Федеральный закон РФ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // Российская газета. – 2001. – № 6 (2874). – 12 января.

2. Пахомова Н.В. и др. Экологический менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 544 с.

3. Пахомова Н.В. и др. Экологический менеджмент. – СПб.: Питер, 2004. – 352 с.

4. Министерство сельского хозяйства // www.mscx.ru – 05.04.2004.

УДК 338.2

Г.С. Дресвянникова
Кафедра экономики

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДЕНЕЖНОЙ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТОВ И ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИХ СОХРАНЕНИЯ

Сохранение компонентов природной среды является одним из основных принципов охраны окружающей среды в Российской Федерации и составляет важнейшую из задач управления природоохранной деятельностью на всех уровнях территориальной организации. Это предполагает использование целого спектра природоохранных механизмов (административных, контрольных, экономических и т. д.), информационную основу применения которых составляют результаты денежной оценки природных ресурсов и объектов.

Актуальность выполнения такой оценки состоит в том, что, с одной стороны, Российская Федерация обладает внушительными запасами биологических ресурсов и объектов, что определяет необходимость их сохранения как на уровне конкретных регионов и локальных территорий, так и в планетарном масштабе. С другой стороны, специфичность проблематики сохранения объектов природной среды делает эту сферу малопонятной потенциальным инвесторам. Как следствие, интересы сохранения таких объектов находятся в стороне от реального инновационного процесса, что в условиях рынка вызывает серьезные проблемы финансирования.

Решение этих вопросов возможно при широком распространении в практике природоохранного управления современных методов оценки ресурсов и объектов природной среды в соответствии с теорией полной экономической ценности,

определением места и роли таких методов при конкретизации и применении стандартов серии ИСО 14000.

Денежная оценка природных ресурсов и объектов необходима для принятия управленческих решений по внедрению и особенностям применения широкого спектра природоохранных механизмов, в частности:

- по корректировке размеров платежей за использование природных ресурсов;
- по уточнению размеров штрафов за нарушение природоохранного законодательства и нерациональное использование природных ресурсов;
- по обоснованию компенсационных платежей, связанных с ущербом, изменением целевого назначения и изъятием биологического ресурса;
- по учету ценности биологических объектов в структуре национального богатства страны и капиталов регионов;
- по оценке эффективности коммерческих и природоохранных проектов, связанных с сохранением объектов природной среды и др.

Денежная оценка рассматривается как неотъемлемая часть общего алгоритма управления сохранением ресурсов и объектов природной среды.

Алгоритм включает набор процедур по решению ряда типичных управленческих задач и объединяет последовательность действий, соблюдение которой позволяет достичь поставленной цели сохранения ресурсов и объектов природы.

Общий алгоритм включает в себя пять основных системных блоков:

- обязательство и политика;
- планирование;
- развитие;
- измерение и оценка;
- анализ и улучшение.

Именно эти элементы, при их последовательном применении, обеспечивают непрерывное повышение эффективности управления сохранением разнообразия компонентов природной среды.

Использование при оценке ресурсов и объектов природной среды унифицированного набора оценочных принципов и методов, разработанных в рамках эколого-экономического учета и успешно применяемых в большинстве стран мира, позволяет получить сопоставимые результаты, эффективно адаптировать современный международный опыт в сфере сохранения объектов природной среды и скорректировать практику природоохранного управления.

Информационное обеспечение управленческого процесса осуществляется по двум взаимосвязанным направлениям: учет и оценка ресурсов и объектов в физических показателях и их денежная оценка.

Учет и оценка ресурсов и объектов в физических показателях осуществляются в соответствии с принципами устойчивого развития и предполагают сбор и анализ данных о состоянии компонентов природной среды, об основных направлениях их использования и перспективах количественного и качественного истощения.

Денежная оценка ресурсов и объектов природной среды основывается на теории полной экономической ценности. Основной задачей такой оценки является разработка экономических основ сохранения и повышения эффективности использования ресурсов и биологических объектов в условиях сокращения бюджетных ассигнований.

В соответствии с классификацией, рекомендованной ООН, применяются три основных подхода к денежной оценке природных ресурсов и объектов:

- рыночная оценка;
- нерыночная прямая оценка;
- нерыночная косвенная оценка.

В рыночной оценке выделяют следующие направления: фактические рыночные цены на биологические ресурсы, текущая дисконтированная стоимость предполагаемых поступлений; чистые цены, помноженные на соответствующие количества запасов природных ресурсов.

Методы нерыночной прямой оценки используются в случае качественного и количественного использования природной среды в целях общественного потребления. Примером может служить стоимость рекреационных услуг, предоставляемых природными объектами, например, особо охраняемыми природными территориями (ООПТ), такими как Дарвинский природный заповедник и др.

Нерыночная косвенная оценка основана на использовании данных о фактических или предполагаемых издержках, которыми являются расходы на цели сохранения разнообразия компонентов природной среды, например, затраты на охрану ООПТ или расходы по смягчению последствий ущерба, наносимого биологическим объектам в результате ухудшения качества окружающей среды [1], [2].

В рамках эколого-экономического учета ресурсов Вологодской области проведена оценка рыбных запасов, сосредоточенных в Рыбинском и Шекснинском водохранилищах, методом рыночной оценки возобновляемых ресурсов при изменяющихся во времени показателях эксплуатации.

Чистый капитализированный доход от промыслового вылова рыбы за весь прогнозируемый срок эксплуатации ресурса при различных показателях добычи рассчитывался по формуле:

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+s)^t},$$

где PV – чистый капитализированный доход (стоимость ресурса); V_t – величина дохода от добычи ресурса в году t и определяется по формуле:

$$V_t = NV \cdot Q,$$

где NV – чистая стоимость ресурса в году t , Q – добыча ресурса в году t ; s – ставка дисконтирования; T – расчетный срок эксплуатации ресурса; t – расчетный год [3].

Для расчета приняты следующие исходные данные [4]:

- расчетный срок эксплуатации $T = 50$ лет;
- ставка дисконтирования $s = 3\%$;
- чистая стоимость 1 т рыбы принята постоянной в течение всего расчетного периода эксплуатации ресурса $NV = 360$ руб./т;
- объемы ежегодного промыслового лова рыбы Q приняты: в 1996–1998 гг. – 900 т; с 1999 г. по 2003 г. ежегодно возрастают на 81,4 т/год, с 2004 г. по 2046 г. принимаются постоянными, равными годовому лимиту вылова рыбы 1307 т/год.

Стоимость рыбных ресурсов, полученная в результате расчета, составляет $PV = 14,6$ млн. руб., что доказывает их значительную экономическую ценность как части природного капитала Вологодской области.

УДК 614.778

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобылев С.Н. Экономика сохранения биоразнообразия. – М.: Наука, 1999. – 88 с.
2. Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов. – М.: Аспект Пресс, 1998. – 319 с.
3. Разработка региональных матриц эколого-экономического учета и механизма их синтеза на федеральном уровне. Первый этап. Пилотное составление матриц СЭЭУ на примере четырех регионов России. – Ярославль: НПП «Кадастр», 2000. – 145 с.
4. Программа охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов на 1996–2000 гг. и основные направления работы на перспективу. – Вологда, 1996. – 131 с.

Л.Ю. Кудрявцева, Е.В. Секушина
Кафедра промышленной экологии

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНА Г. ЧЕРЕПОВЦА

В последние годы в г. Череповце возросло загрязнение атмосферного воздуха вредными примесями, выхлопными газами автотранспорта, пылью, также значительно увеличился уровень шумового воздействия [1]. В связи с этим большое значение придается как исследованию загрязнения атмосферного воздуха, так и разработке мероприятий для предотвращения воздействия данных вредных факторов.

Одним из способов улучшения состояния атмосферного воздуха городов согласно градостроительным нормам является озеленение территории [2]. По данным Г.М. Гаврилова [3], зеленые насаждения способны поглощать пыль, содержащуюся в атмосферном воздухе, и задерживать большое количество пылевых частиц; синтезировать органические вещества из углекислого газа в процессе фотосинтеза; поглощать вредные газообразные вещества; снижать общий уровень городского шума путем поглощения части звуковой энергии; улучшать микроклиматические условия посредст-

вом изменения радиационно-температурного и ветрового режимов, повышения влажности воздуха и т.д.

Для исследования состояния окружающей среды в настоящее время применяются различные методы, но в соответствии с ГОСТом Р ИСО 14010 большое значение приобрел экологический аудит. Экологический аудит может осуществляться по различным программам: сокращенным и полным специальным, решающим отдельные сложные экологические проблемы, и сокращенным и полным комплексным, решающим совокупность экологических проблем отдельных объектов или территорий. Согласно ГОСТу Р ИСО 14011-98 «Руководящие указания по экологическому аудиту. Процедуры аудита. Проведение аудита систем управления окружающей средой» для каждого объекта исследования должна быть разработана своя индивидуальная программа.

Экологический аудит состояния зеленых насаждений проводился по специальной сокращенной

программе с целью выяснения фактического состояния зеленых насаждений на территории Первомайского района г. Череповца и соответствия их нормам. В качестве метода экологического аудирования выбран метод составления ситуационных планов [4], позволяющий наглядно представить информацию о состоянии зеленых насаждений.

Программа исследования состояния зеленых насаждений, разработанная на основе ГОСТа Р ИСО 14011, включала следующие этапы:

- 1) сбор исходных данных по исследуемой проблеме;
- 2) проведение «обзорных туров»;
- 3) инвентаризация зеленых насаждений;
- 4) визуальная оценка фактического состояния озелененных территорий;
- 5) оценка соответствия фактического состояния зеленых насаждений установленным нормам [2];
- 6) разработка мероприятий по оптимизации количественного и качественного состава озелененных территорий.

Нормирование зеленых насаждений осуществляется по ГОСТу 17.5.3.01-78. В основе принципа нормирования озелененных территорий городов лежит установление необходимых площадей насаждений в зависимости от численности городского населения, характера лесорастительной зоны, лесистости. Согласно этому ГОСТу удельный вес озелененных территорий различного назначения в пределах застройки городов должен быть не менее 40 %.

В ходе работы были последовательно выполнены все этапы программы и получены следующие результаты.

На этапе сбора исходных данных было выявлено, что для г. Череповца норма зеленых насаждений ограниченного пользования составляет 36 м² на одного человека, общего пользования – 19 м² на одного человека. Анализ действующего в настоящее время в г. Череповце проекта озеленения [5], разработанного в 1994 г., показал, что проектная площадь зеленых насаждений на территории Первомайского района не соответствует нормативной как по насаждениям общего, так и по насаждениям ограниченного пользования. По проектным данным, зеленые насаждения всех видов на территории Первомайского района составляют 4,7 % от нормы озеленения.

На втором этапе программы аудита осуществлялась подготовка к исследованию фактического

состояния озелененных территорий. Для этого Первомайский район был разделен на отдельные участки, на каждом участке были выделены основные магистрали и улицы. Исследование территории проходило путем организации «обзорных туров» по каждому участку района. В ходе «обзорных туров» выявлен качественный и количественный состав древесно-кустарниковых пород и особенности их расположения на рассматриваемых улицах.

По результатам «обзорных туров» проведена инвентаризация зеленых насаждений на территории Первомайского района г. Череповца по следующим улицам: Архангельская, Гоголя, К. Белова, К. Беляева, Красная, Краснодонцев, Леднева, Олимпийская, Первомайская, пр. Победы, Суворова, Тимохина, Химиков, Юбилейная. Для каждой улицы составлен в масштабе план, на который нанесена информация о количестве и качественном состоянии зеленых насаждений на данной улице.

Визуальная оценка результатов инвентаризации, представленных на ситуационных планах, показала, что наиболее озелененными улицами Первомайского района являются улицы: Архангельская, Леднева и К. Белова, Красная; наименьшее количество зеленых насаждений наблюдается на улицах: К. Беляева и Олимпийская. При анализе качественного состава древесных пород выявлено, что в данном районе преобладающей породой является тополь бальзамический. Согласно использованной методике [4] состояние зеленых насаждений определяется по нижеследующим признакам: «хорошее» - насаждения здоровые с правильной, хорошо развитой кроной, без существенных повреждений; «удовлетворительное» - насаждения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими жизни ранениями или повреждениями; «неудовлетворительное» - насаждения с неправильно и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями или ранениями, с зараженностью болезнями или вредителями, не угрожающими их жизни. В результате анализа насаждений Первомайского района выявлено, что в «хорошем» состоянии находятся около 65 % деревьев и кустарников, в «удовлетворительном» состоянии – около 30 %, оценку «неудовлетворительно» получили около 5 % от общего числа древесно-кустарниковых пород. Основными проблемами расположения зеле-

ных насаждений на улицах района являются близость по отношению к зданиям, к опорам освещения, к канализационным колодцам, к проезжей части; касание кронами деревьев линий электропередач. Проблема касания проводов кронами деревьев и близость их к опорам освещения наблюдается на большинстве улиц Первомайского района, в том числе: Архангельская, К. Беляева, К. Белова, Гоголя, Леднева, Первомайская, Тимохина. Близкое расположение деревьев и кустарников к проезжей части представляет проблему для водителей автотранспорта в связи с уменьшением области обзора дороги, эта проблема наблюдается на улицах: К. Белова, Красная, Краснодонцев, Леднева. Близкое расположение деревьев к колодцам канализации выявлено на улицах: Гоголя, К. Белова, К. Беляева, Леднева, Олимпийской, Тимохина, Юбилейной.

Анализ фактических данных по уровню озеленения Первомайского района показал, что общая площадь района составляет 912 га, из них озелененными являются 132,9 га, что составляет 16,6 % от общей площади. При сравнении с нормативным значением площади зеленых насаждений, равным 364,8 га (40 % от общей площади), выявлено, что уровень озеленения в Первомайском районе значительно ниже норм.

Проведенный аудит состояния зеленых насаждений Первомайского района показал необходимость разработки мероприятий по улучшению качественного и количественного состава древесно-кустарниковых пород в данном районе. Основными мероприятиями по оптимизации озеленения в Первомайском районе могут быть следующие.

1. Увеличение площади зеленых насаждений на 23,4 % до нормативных значений, что составит около 102 200 единиц древесно-кустарниковых пород. В результате увеличения количества зеленых насаждений возрастет содержание кислорода в воздухе. Так, существующее количество насаждений, равное 132,9 га, выделяет в атмосферу 773,5 кг кислорода в час, при его возростании до

нормативных значений (364,8 га) количество выделяемого кислорода увеличится на 1349,6 кг/ч, что значительно улучшит состояние атмосферного воздуха в Первомайском районе.

2. Изменение качественного состава древесно-кустарниковых пород, посадка видов деревьев и кустарников, наиболее соответствующих климатическим условиям города и способствующих улучшению качества атмосферного воздуха, таких как акация белая, вяз перистоветвистый, клен полевой, тополь канадский, дерен белый, шиповник обыкновенный [3].

3. Удаление деревьев и кустарников, расположенных близко к опорам освещения, зданиям, колодцам канализации, проезжей части автодорог; осуществление контроля за состоянием зеленых насаждений на улицах района, в том числе контроль высоты деревьев, касающихся кронами проводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проведение натурных обследований автотранспортных потоков г. Череповца по методике НИИ «Атмосфера»: Отчет о НИР. – Череповец: ЧГУ, 2000. – 12 с.
2. СНиП 2.07.01-89 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М., 1989. – 9 с.
3. Гаврилов Г.М. Оздоровительные свойства зеленых насаждений и методы их повышения планировочными свойствами. Градостроительные тенденции охраны окружающей среды. – Л.: Стройиздат, 1987. – 218 с.
4. Инструкция по инвентаризации зеленых насаждений в городах, рабочих, дачных и курортных поселках РСФСР. Утверждена приказом по МХК РСФСР от 12 марта 1971 г. № 130 с дополнениями и изменениями, внесенными приказом МЖКХ РСФСР от 11 апреля 1975 г. № 156. – 6 с.
5. Комплексная схема озеленения г. Череповца. Пояснительная записка. – СПб., 1994. – 64 с.

Раздел 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 691.327

А.Г. Каптюшина, О.А. Запирева, Т.В. Туева
Кафедра строительных материалов и технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОРОДНОСТИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ НА КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Использование комбинированных заполнителей (смеси пористых и плотных заполнителей) позволяет получить конструкционные облегченные бетоны, обладающие улучшенными прочностными, деформативными, теплофизическими и экономическими характеристиками [1], [2].

Обеспечение однородности бетонной смеси является важным требованием, предъявляемым к бетонам для любых конструкций. Выполнение этого требования особенно актуально для бетонов на комбинированных заполнителях, в составе которых сочетаются компоненты разной плотности.

В качестве объекта исследования выбран бетон на смеси шлаковой пемзы фракции 10-20 мм, природного щебня фракции 5-10 мм и гранулированного доменного шлака в качестве мелкого заполнителя. Составы бетона приняты по [2]. В качестве бетонов-аналогов приняты обычный шлакопемзобетон и тяжелый бетон. Составы и свойства бетонов приведены в табл. 1, 2.

Расслаиваемость бетонных смесей контролировали тремя способами. Первый способ включал определение раствооротделения по стандартной методике по ГОСТ 10181. Раствооротделение бетонной смеси, характеризующее ее связность при динамическом воздействии, определяли путем сопоставления содержания растворной составляющей бетонной смеси в нижней и верхней частях свежесформованного образца размерами 200×200×200 мм. Показатель раствооротделения Π_p рассчитывали по формуле:

$$\Pi_p = \frac{\Delta V_p}{\sum V_p} 100,$$

где ΔV_p – абсолютная величина разности между содержанием растворной составляющей в верхней и нижней частях образца; $\sum V_p$ – суммарное содержание растворной составляющей в верхней и нижней частях образца, %.

Таблица 1

Составы бетонов

Вид бетона	Бетон на комбинированных заполнителях		Обычный шлакопемзобетон		Тяжелый бетон		
Класс бетона	B30	B35	B25	B30	B22,5	B30	B35
Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси							
Цемент, кг	460	493	394	477	297	390	430
Шлаковая пемза фр. 10-20 мм, л	616	588	-	-	-	-	-
Щебень природный фр. 5-10 мм, л	409	393	-	-	-	-	-
Гранулированный доменный шлак, л	599	403	-	-	-	-	-
Шлаковая пемза фр. 5-20 мм, л	-	-	613	626	-	-	-
Щебень природный фр. 5-20 мм, кг	-	-	-	-	1151	1100	1105
Песок кварцевый, л/кг	-	-	650/954	635/932	517/759	541/794	505/742
Вода, л	271	218	215	250	193	199	198
ЛСТ, $\rho = 1,055 \text{ г/см}^3$, л	7,29	8,24	6,59	7,94	-	-	-

Таблица 2

Свойства бетонов

№	Класс бетона	Прочность при сжатии, МПа		Плотность, кг/м ³		Удельный расход цемента Ц / R ₂₈ , кг/ м ³
		R ₁	R ₂₈	ρ ₁	ρ ₂₈	
Бетон на смеси шлаковой пемзы, природного щебня и гранулированного доменного шлака						
1	B30	30,6	41,5	1947	1963	11,1
2	B35	34,5	47,6	1984	1989	11,9
Обычный шлакопемзобетон						
3	B25	22,4	35,2	1968	1974	11,2
4	B30	26,8	41,4	2154	2020	11,5
Тяжелый бетон						
5	B22,5	20,4	29,8	2332	2389	10,0
6	B30	29,9	44,5	2305	2353	8,8
7	B35	32,1	48,7	2348	2371	8,8

Показатель раствороотделения (табл. 3) для всех исследованных бетонов не превышает допустимых нормативных значений, которые составляют 3 % для тяжелого бетона и 4 % для легкого бетона.

Второй способ исследования однородности бетонных смесей предусматривал сопоставление массы бетонной смеси в нижней и верхней частях свежесформованного образца диаметром 150 мм и высотой 300 мм. Показатель расслаиваемости, $\Pi_{рас}$, %, вычисляли по формуле:

$$\Pi_{рас} = \frac{2(m_n - m_v)}{m_n + m_v} 100, \quad (2)$$

где m_n , m_v – масса смеси соответственно в нижнем и верхнем цилиндре, кг.

Таблица 3

Показатель раствороотделения

Вид бетона	Бетон на комбинированных заполнителях		Обычный шлакопемзобетон		Тяжелый бетон		
Класс бетона	B30	B35	B25	B30	B22,5	B30	B35
Показатель раствороотделения, $\Pi_{рас}$, %	0,47	0,59	1,8	0,37	0,6	1,5	0,8

Полученные результаты показали, что с повышением расхода цемента показатель расслаиваемости несколько увеличивается, однако расслаиваемость тяжелого, легкого и бетона на комбинированных заполнителях имеет близкие значения (см. рис.).

Третий способ контроля однородности бетонной смеси представляет собой исследование изме-

нения гранулометрического состава заполнителей по высоте свежесформованного образца. Способ заключался в сравнении процентного соотношения объемов фракции 10-20 и 5-10 мм в верхней и нижней частях свежесформованного образца. Полученные результаты представлены в табл. 4.

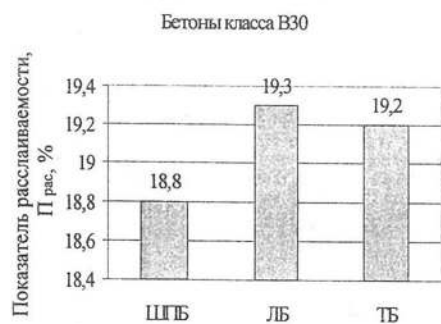
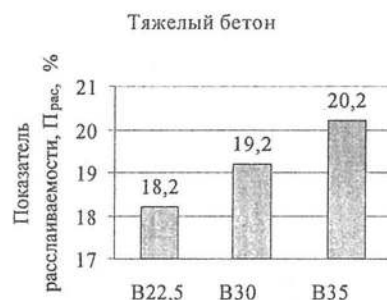
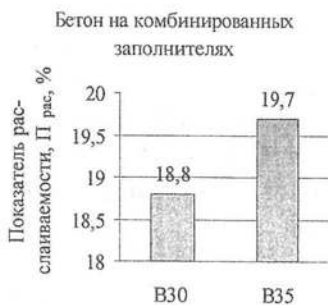
Увеличение содержания фракции 5-10 мм в нижней части образца составляет для легкого бе-

Таблица 4

Изменение гранулометрического состава заполнителя по высоте образца

Вид бетона	Бетон на комбинированных заполнителях		Обычный шлакопемзобетон		Тяжелый бетон		
Класс бетона	B30	B35	B25	B30	B22,5	B30	B35
$V_{10-20}^в : V_{5-10}^в$	56,5:43,5	62,5:37,5	62,5:37,5	56,8:43,1	88,5:11,5	86,9:13,0	85,7:14,3
$V_{10-20}^н : V_{5-10}^н$	58,0:42,0	53,8:46,2	55,5:44,4	52,8:47,2	86,9:13,0	83,3:16,7	83,3:16,7

Примечания: $V_{10-20}^в : V_{5-10}^в$ – соответственно объем фракции 10-20 и 5-10 мм в верхней части свежесформованного образца; $V_{10-20}^н : V_{5-10}^н$ – то же, в нижней части образца.



ШПБ – бетон на комбинированных заполнителях (на смеси шлаковой пемзы, природного щебня и гранулированного доменного шлака); ЛБ – обычный шлакопемзобетон; ТБ – обычный тяжелый бетон

Показатель расслаиваемости бетонной смеси

тона 4-7 %; для тяжелого – 2-4 %, для бетона на комбинированных заполнителях – 0-8 %. Таким образом, наименьшее изменение гранулометрического состава крупного заполнителя по высоте образца при виброуплотнении отмечается у тяжелого бетона. Легкий бетон и бетон на комбинированных заполнителях характеризуются повышенным изменением гранулометрического состава заполнителя по высоте образца, что объясняется различием плотности заполнителя и плотности раствора в этих бетонных смесях. Поэтому при использовании таких материалов необходимо осуществлять тщательный контроль за расслаиваемостью бетонных смесей и предусматривать мероприятия по предотвращению расслоения.

Несмотря на повышенное изменение гранулометрического состава для легкого бетона и для бетона на комбинированных заполнителях, расслаиваемость исследованных бетонных смесей не превышала допустимых нормативных значений. Вязкости цементного теста и раствора в этих составах было достаточно для того, чтобы предот-

вратить появление недопустимых величин расслаиваемости (показателя расщепления).

Таким образом, результаты проведенных экспериментов позволяют сделать вывод об удовлетворительных показателях однородности всех исследованных бетонных смесей. Отсутствие расслоения было обусловлено достаточной вязкостью цементного теста и раствора, подбором рационального соотношения компонентов при проектировании составов бетонов, выбором оптимальных режимов перемешивания и уплотнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каптюшина А.Г. Конструкционный легкий бетон на шлаковых заполнителях с повышенными эксплуатационными свойствами: Дис... канд. техн. наук / Харьковский автомобильно-дорожный институт. – Харьков, 1987. – 189 с.
2. Астраханкина О.А. Конструкционные облегченные бетоны на комбинированных заполнителях: Дис... канд. техн. наук / Петербургский гос. ун-т путей сообщения. – Санкт-Петербург, 1999. – 150 с.

УДК 691.327

Т.Н. Чорная, М.Ю. Белозор
Кафедра строительных материалов и технологий

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЕЙШИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПЛОСКИХ КРОВЕЛЬ

До недавнего времени в России для устройства плоских кровель применялись в основном материалы на основе окисленного битума. Модифицированные битумно-полимерные материалы позволили сделать значительный шаг вперед и повысить эксплуатационные характеристики кровель. Широкий ассортимент выпускаемой продукции позволяет решать практически любые задачи, возникающие при устройстве кровельного ковра как при ремонте, так и на вновь возводимых объектах. В каждом конкретном случае возможно подобрать тип материала, соответствующий конструкционным и другим требованиям.

Новые кровельные материалы условно можно разделить на две группы. В первую входят аналоги старых материалов с измененными свойствами (требования СНиП 2-26-99. «Нормы проектирова-

ния кровли») и более эстетическим внешним видом. Во вторую – принципиально новые продукты, создающие дополнительные возможности при конструировании кровель.

Кровельные материалы для плоских крыш содержат защитный атмосферный слой из минеральных гранул, армирующий слой с мягким пропиточным битумом и нижний слой приклеивающей мастики. Из-за высокой хрупкости битумного покровного слоя на кровле могут появляться трещины, поэтому материал следует модифицировать полимерами. Наиболее перспективными модификаторами битума являются эластомеры, способные набухать в маслах битума. Заводы в России, которые занимаются новейшими разработками кровельных материалов, стремятся создать комбинированные материалы, сочетающие в себе все лучшие свойства.

рованный материал повышенной заводской готовности, содержащий несколько слоёв, существенно различающихся по свойствам и функциональному назначению. Эти слои обеспечат прочность материала, паронепроницаемость, защиту от ультрафиолетовых лучей. Это кровли-полуфабрикаты, применение которых резко повысит качество и снизит трудозатраты при выполнении кровельных работ.

Наиболее известными российскими производителями кровельных материалов являются завод «Технониколь», «Изофлекс». Из зарубежных производителей, представленных на российском рынке, можно выделить такие страны, как Финляндия, Испания, Литва, США.

Одним из самых экономичных видов по многим показателям (технология устройства, трудозатраты, долговечность, себестоимость) является мастичная кровля (таблица). На стационарном заводе готовится битумно-эмульсионная мастика,

которая представляет собой дисперсную систему, состоящую из двух нерастворимых жидкостей (битум и вода), из которых дисперсная фаза распределена в дисперсной среде, кроме этого имеется твердый эмульгатор (известь) и для обеспечения устойчивости в качестве армирующего слоя используется наполнитель (асбест). Мастики могут наноситься на различные поверхности любой конфигурации. Главное условие – поверхность должна быть идеально ровной, так как невозможно будет добиться одинаковой толщины мастичного слоя. В заводских условиях современным мастикам придаётся нужный цвет.

Таким образом, для ремонта и возведения новых плоских кровель можно рекомендовать мастичные кровли на основе БЭМ, качество которых по всем показателям соответствует требованиям, предъявляемым к современным конструкциям.

Таблица

Сравнительные характеристики кровельных материалов (для плоских крыш)

Виды кровли	Преимущества	Недостатки	Срок службы
1. Мастичные кровли (битумно-эмульсионные пасты и битумно-эмульсионные мастики)	Стойкость к агрессивным средам. Тепло и морозостойкость от -30 до +150 С. Низкая трудоёмкость. Отсутствие стыков и швов в кровельном ковре. Технология нанесения механизирована	Невозможность укладки при отрицательных температурах. Сложность в достижении гарантированной толщины изолирующей плёнки	15–20 лет
2. Наплавляемые рулонные материалы (изопласт, изоласт, полистон и другие)	Вне зависимости от условий проведения работ и состояния поверхности создают изоляционный слой с необходимой гарантированной толщиной	Большое количество швов (нахлёстов), т.е. слабых мест при изготовлении ковра	5–8 лет
3. Полимерные мембраны (ПВХ, ТПО)	Высокая скорость монтажных работ, возможность их проведения в любое время года	Достаточно высокая стоимость (нет в продаже, выполняются на заказ)	10–20 лет

Раздел 3

ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.746.27

Н.И. Шестаков, Ю.А. Калягин, О.В. Картузова, Н.В. Запатрина
Кафедра промышленной теплоэнергетики

О РАСЧЕТЕ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ СТЕНКИ КРИСТАЛЛИЗАТОРА С КРУГЛЫМИ ЩЕЛЕВЫМИ КАНАЛАМИ

В настоящее время в машинах непрерывного литья заготовок применяют кристаллизаторы, оснащенные щелевыми водоохлаждаемыми каналами как прямоугольной, так и круглой формы. Тепловые процессы в щелевых кристаллизаторах с прямоугольными каналами исследованы в [1], [2]. Рассмотрим рабочую стенку, оснащенную каналами круглой формы (рис. 1). Для получения расчетной зависимости найдем среднеинтегральное расстояние, которое проходит тепловой поток от рабочей поверхности стенки до поверхности охлаждающего канала. Обозначим: $M(0, y_p)$ – произвольная точка на рабочей поверхности стенки 1; $N(x_k, y_k)$ – произвольная точка на поверхности канала 2. Пусть расстояние между этими двумя точками равно некоторой величине β . Найдем это расстояние.

Рассмотрим разные частные случаи:

$$1. 0 \leq y_p \leq l/4; 0 \leq x_k \leq \delta - r + r(1 - \cos(\pi/8));$$

$$\beta_1 = \frac{\delta - r + [\delta - r + r(1 - \cos(\pi/8))]}{2}; \quad (1)$$

$$2. l/4 < y_p \leq l; \delta - r + r(1 - \cos(\pi/8)) < x_k \leq \delta;$$

$$\beta_2 = \sqrt{(y_p - r \cdot \sin(\alpha))^2 + [\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}; \quad (2)$$

$$3. l/4 < y_p < r; \delta - r + r(1 - \cos(\pi/8)) < x_k \leq \delta;$$

$$\beta_3 = \sqrt{(r \cdot \sin(\alpha) - y_p)^2 + [\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}; \quad (3)$$

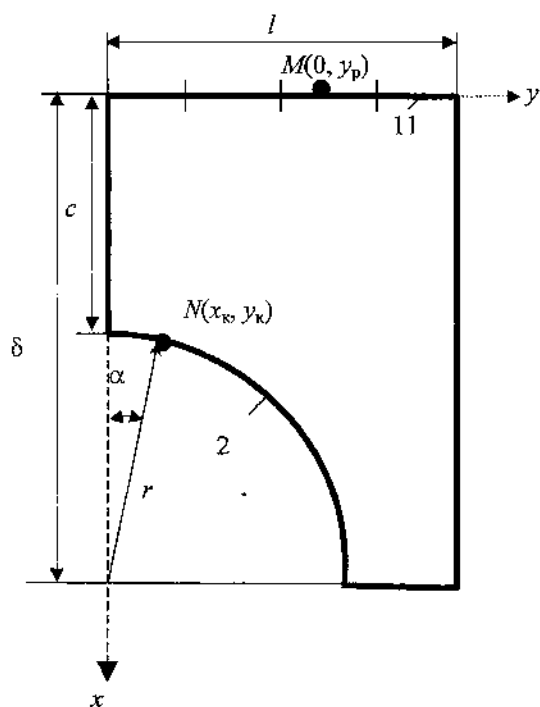


Рис. 1. Рабочая стенка кристаллизатора, оснащенного щелевыми каналами круглой формы (расчетная схема): 1 – рабочая поверхность стенки; 2 – поверхность охлаждающих каналов

где l – полушаг расположения каналов, δ – толщина стенки кристаллизатора, r – радиус канала, α – угол наклона радиуса канала к оси.

Соотношения (1) – (3) получены из геометрических соображений.

Найдем среднеинтегральное значение величин β_2 и β_3 .

$$\bar{\beta}_2 = \frac{2}{\pi l} \int_0^{\pi/2} d\alpha \times \int_0^l \sqrt{(y_p - r \cdot \sin(\alpha))^2 + [\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2} dy_p; \quad (4)$$

$$\bar{\beta}_3 = \frac{2}{\pi l} \int_0^{\pi/2} d\alpha \times \int_0^l \sqrt{(r \cdot \sin(\alpha) - y_p)^2 + [\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2} dy_p. \quad (5)$$

Выражения (4), (5) содержат двойной интеграл от иррациональной функции вида:

$$\varphi(u) = \sqrt{(u - m)^2 + n^2},$$

где

$$u = y_p; \quad m = r \cdot \sin(\alpha); \quad n = [\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))].$$

Покажем, как вычисляется этот интеграл. Воспользуемся тригонометрической подстановкой:

$$u - m = n \cdot \sin t,$$

тогда

$$du = n \cdot \cos t \, dt,$$

$$\int \varphi(u) \, du = \int \sqrt{(u - m)^2 + n^2} \, du = n^2 \int \cos^2 t \, dt. \quad (6)$$

Из тригонометрии известно, что

$$\cos^2 t = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2t,$$

тогда

$$\int \varphi(u) \, du = n^2 \left(\frac{1}{2} t + \frac{1}{4} \sin 2t \right) + c_1, \quad (7)$$

где c_1 – в данном случае – постоянная интегрирования.

Из (7) следует:

$$t = \arcsin \left(\frac{u - m}{n} \right). \quad (8)$$

Делая тригонометрическую замену:

$$\sin 2t = 2 \sin t \cos t = 2 \sin t \sqrt{1 - \sin^2 t},$$

и учитывая (8), представим выражение (6) в виде:

$$\begin{aligned} \int \varphi(u) \, du &= \\ &= n^2 \left(\frac{1}{2} \arcsin \frac{u - m}{n} + \frac{1}{2} \frac{u - m}{n} \sqrt{1 - \left(\frac{u - m}{n} \right)^2} \right) + c_1 = \\ &= \frac{n^2}{2} \left(\arcsin \frac{u - m}{n} + \frac{u - m}{n^2} \sqrt{n^2 - (u - m)^2} \right) + c_1. \quad (9) \end{aligned}$$

Воспользуемся полученным решением (9) для вычисления интегралов, содержащихся в (4), (5).

$$\begin{aligned}
 & \int_0^l \varphi_2(u) du = \\
 & = \int_0^l \sqrt{(y_p - r \sin(\alpha))^2 + \delta - r[c + r(1 - \cos(\alpha))]}^2 dy_p = \\
 & = \frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \\
 & \times \arcsin \frac{y_p - r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \frac{y_p - r \sin(\alpha)}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (y_p - r \sin(\alpha))^2}.
 \end{aligned}$$

В соответствии с формулой Ньютона - Лейбница запишем:

$$\begin{aligned}
 & \int_0^l \varphi_2(u) du = \left[\frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \right. \\
 & \times \arcsin \frac{r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \frac{r \sin(\alpha)}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (r \sin(\alpha))^2} - \\
 & - \left[\frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \right. \\
 & \times \arcsin \frac{l - r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \frac{l - r \sin(\alpha)}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (l - r \sin(\alpha))^2} \left. \right]. \quad (10)
 \end{aligned}$$

Аналогично:

$$\int_0^l \varphi_3(u) du =$$

$$\begin{aligned}
 & = \int_0^l \sqrt{(r \sin(\alpha) - y_p)^2 + [\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2} dy_p = \\
 & = \left[\frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \arcsin \frac{r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \right. \\
 & + \frac{r \sin(\alpha)}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (r \sin(\alpha))^2} - \\
 & - \left[\frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \arcsin \frac{r \sin(\alpha) - l}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \right. \\
 & + \frac{r \sin(\alpha) - l}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (r \sin(\alpha) - l)^2} \left. \right]. \quad (11)
 \end{aligned}$$

Выражения (4), (5) с учетом (10), (11) примут вид:

$$\begin{aligned}
 & \bar{\beta}_2 = \frac{2}{\pi \cdot l} \int_0^{\pi/2} \times \\
 & \times \left[\frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \arcsin \frac{r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \right. \\
 & + \frac{r \sin(\alpha)}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (r \sin(\alpha))^2} - \\
 & - \frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \arcsin \frac{l - r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \\
 & + \frac{l - r \sin(\alpha)}{2} \times \\
 & \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (l - r \sin(\alpha))^2} \left. \right] d\alpha. \quad (12)
 \end{aligned}$$

$$\bar{\beta}_3 = \frac{2}{\pi \cdot l} \int_0^{\pi/2} \times$$

$$\times \left[\frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \arcsin \frac{r \sin(\alpha)}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \right.$$

$$\left. + \frac{r \sin(\alpha)}{2} \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (r \sin(\alpha))^2} - \right.$$

$$\left. - \frac{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2}{2} \times \arcsin \frac{r \sin(\alpha) - l}{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]} + \right.$$

$$\left. + \frac{r \sin(\alpha) - l}{2} \times \sqrt{[\delta - r + r(1 - \cos(\alpha))]^2 - (r \sin(\alpha) - l)^2} \right] d\alpha. \quad (13)$$

Ввиду громоздкости интегралов (12), (13) воспользуемся для их решения программой Mathcad Professional. Результаты представим в виде графиков зависимости термического сопротивления рабочей стенки кристаллизатора с круглыми щелевыми каналами от радиуса канала при различных конструктивных параметрах. Графики приведены на рис. 2, 3.

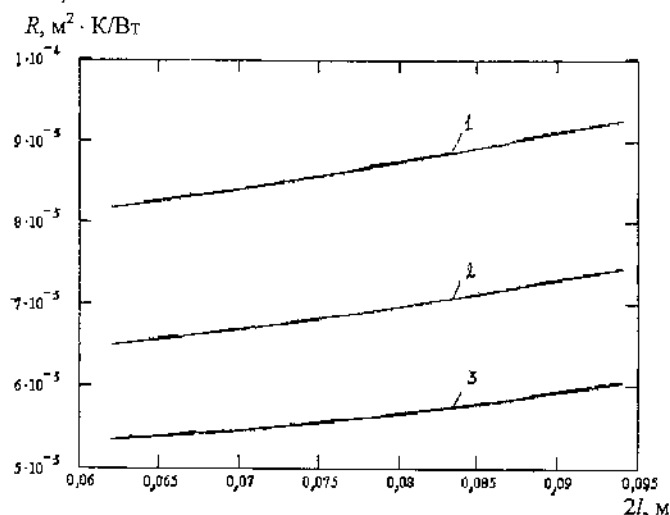


Рис. 2. Зависимость термического сопротивления рабочей стенки кристаллизатора МНЛЗ с круглыми щелевыми каналами от шага между каналами при различных значениях радиуса канала ($\delta = 0,035$ м). 1 — $r = 0,01$ м; 2 — $r = 0,02$ м; 3 — $r = 0,03$ м

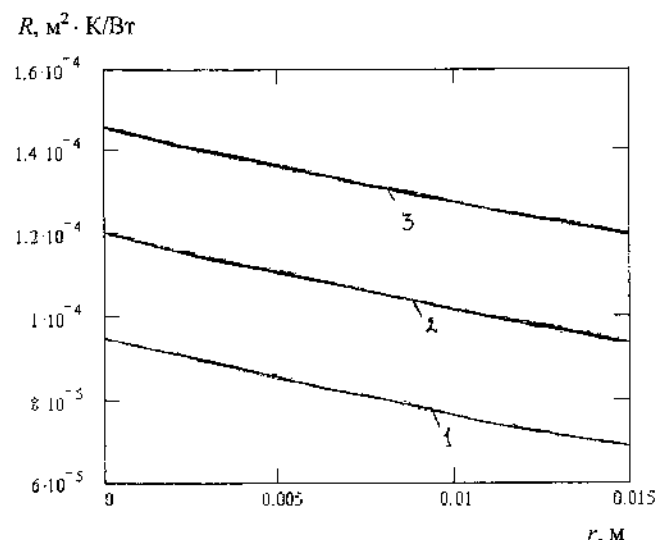


Рис. 3. Зависимость термического сопротивления рабочей стенки кристаллизатора МНЛЗ с круглыми щелевыми каналами от радиуса канала при различных значениях толщины рабочей стенки ($l = 0,018$ м): 1 — $\delta = 0,035$ м; 2 — $\delta = 0,045$ м; 3 — $\delta = 0,055$ м

Из графиков видно, что термическое сопротивление уменьшается с увеличением параметра δ . С увеличением шага между каналами ($2l$), термическое сопротивление рабочей стенки растет, причем его значение тем больше, чем меньше радиус канала при неизменной толщине стенки. При $r = 0,01$ м R увеличивается от $8,2 \times 10^{-5}$ до $9,2 \times 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, при $r = 0,02$ м — от $6,5 \times 10^{-5}$ до $7,4 \times 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, а при $r = 0,03$ — от $5,3 \times 10^{-5}$ до $6,05 \times 10^{-5} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Таким образом, в статье разработана методика расчета термического сопротивления рабочей стенки кристаллизатора МНЛЗ с круглыми щелевыми каналами, пригодная для инженерных расчетов. И на ее основе проанализировано влияние основных конструктивных параметров кристаллизатора на величину термического сопротивления стенки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестаков Н.И., Калягин Ю.А., Манько О.В. Тепловые процессы в рабочей стенке кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок // Материалы VI Международной конференции «Прогрессивные процессы и оборудо-

вание металлургического производства». - Череповец: ЧГУ, 2003. – С. 132–135.

2. Калягин Ю.А., Шестаков Н.И., Манько О.В., Лукин С.В. Расчет теплообмена в рабочей стенке щелевого кристаллизатора и оценка влияния его конструктив-

ных параметров на величину термического сопротивления рабочей стенки // Заготовительные производства в машиностроении. – 2004. – № 2. – С. 38–40.

УДК 621.981.635: 536.21

Н.В. Телин

Кафедра промышленной теплоэнергетики

ДИНАМИКА НЕОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПОЛОГО РОЛИКА МНЛЗ

Ролики машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) находятся во взаимодействии со средами, имеющими разную температуру, физические свойства, площадь и условия взаимодействия (раскаленный металл, охлаждающая жидкость, окружающий воздух и т.д.). Следствием такого взаимодействия являются высокие температуры нагрева (500...800 °С) и значительные температурные перепады в пограничных к воздействию областях. Трудности изучения температурных условий работы роликов объясняются тем, что абсолютные температуры нагрева и температурные перепады подвержены изменениям в зависимости от изменения режимов эксплуатации, условий ведения технологических процессов, внешних условий и других факторов.

Известны аналитические решения уравнения теплопроводности для вращающихся роликов при переменных по полярному углу условиях конвективно-лучистого теплообмена [1], граничных условиях первого [2] и третьего рода [3]. Настоящая работа посвящена аналитическому исследованию температурного поля во вращающихся роликах при неравномерных по образующей граничных условиях второго рода.

Задача определения температурного поля в полом вращающемся ролике формулируется следующим образом: требуется найти распределение температуры в бесконечно длинном кольцевом слое с наружным радиусом R_2 и внутренним R_1 , вращающимся вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω . На наружной поверхности

слоя задан тепловой поток как функция угловой координаты $q(\varphi)$, а на внутренней поверхности постоянная температура t_1 . Принято, что материал цилиндра однородный и изотропный, а его физические характеристики не зависят от температуры. Рассматривается квазистационарный тепловой режим.

Математическая формулировка задачи в подвижной системе координат в безразмерном виде имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial \varphi^2} - Pd \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} = 0,$$

$$(r_1 \leq r \leq 1, 0 \leq \varphi \leq 2\pi). \quad (1)$$

Граничные условия:

– условие на наружной поверхности

$$\left. \frac{\partial \theta}{\partial r} \right|_{r=1} = \frac{R_2}{\lambda} q(\varphi); \quad (2)$$

– условие на внутренней поверхности

$$\theta|_{r=r_1} = 0; \quad (3)$$

– условие периодичности по угловой координате

$$\theta|_{\varphi=0} = \theta|_{\varphi=2\pi}, \quad (4)$$

где $\theta = t - t_1$ - перепад температуры относительно температуры на внутренней поверхности; t - текущее значение температуры; r, φ - радиальная и

угловая координаты; $\rho = \frac{r}{R_2}$ — относительный радиус ролика; $\varphi = \alpha + \omega \cdot \tau$; α — угловая координата в неподвижной системе координат; τ — время; $Pd = \frac{\omega \cdot R_2^2}{a}$ — критерий Предводителя; λ — коэффициент теплопроводности; a — коэффициент температуропроводности.

Искомое температурное поле в ролике ищется в виде ряда Фурье. Опуская промежуточные выкладки, запишем решение системы (1) — (4) в виде

$$\begin{aligned} \theta(\rho, \varphi) = & \frac{1}{2} a_0 \ln \frac{\rho}{\rho_1} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I^{\sqrt{\frac{nPd}{2}}(\rho-1)}}{\sqrt{nPd\rho}} \times \\ & \times \left[a_n \cos \left(n\varphi + \sqrt{\frac{nPd}{2}}(\rho-1) - \frac{\pi}{4} \right) + \right. \\ & \left. + b_n \sin \left(n\varphi + \sqrt{\frac{nPd}{2}}(\rho-1) - \frac{\pi}{4} \right) \right], \end{aligned} \quad (5)$$

где a_0, a_n, b_n — коэффициенты разложения в ряд Фурье граничного условия (2).

Анализ выражения (5) показывает, что температурное поле роликов условно можно разделить на две составляющие: осесимметричную и неосесимметричную. Неосесимметричная составляющая температурного поля роликов проникает на некоторую глубину радиуса роликов. Глубина ее проникновения фактически определяет толщину поверхностного слоя роликов, в котором возникают наиболее опасные, с точки зрения возможности появления трещин, термические напряжения. Последнее связано с наличием в этой области наиболее резких градиентов температуры. Причем наибольшие перепады температуры возникают на установившемся тепловом режиме работы роликов. С увеличением угловой скорости вращения роликов и выравнивания тепловых воздействий по их образующей глубина проникновения неосесимметричной составляющей в тело ролика уменьшается. Осесимметричная составляющая температуры определяет тепловой профиль, величину теплового расширения роликов. Она формируется под действием осе-

симметричной составляющей теплового воздействия.

В результате вычислений по уравнению (5) были получены зависимости безразмерной температуры от относительного радиуса ρ , угловой координаты φ , угловой скорости вращения Pd и параметра φ_0 . Для проведения расчетов была принята следующая форма теплового воздействия

$$q(\varphi) = \begin{cases} q_0, & -\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0; \\ 0, & -\pi \leq \varphi < -\varphi_0, \varphi_0 < \varphi \leq \pi, \end{cases}$$

где $2\varphi_0$ — угловая ширина площадки теплового воздействия; q_0 — постоянная по ширине площадки плотность теплового потока.

Выбранная форма теплового воздействия соответствует контактному тепловому воздействию на вращающиеся ролики МНЛЗ с внутренним охлаждением. На рис. 1 приведены типичные кривые, характеризующие зависимость безразмерной неосесимметричной составляющей температуры от угловой координаты для случая контактного теплового воздействия. Расчеты выполнены для трех значений относительного радиуса $\rho = 0,8; 0,9; 1$. Можно видеть, что на поверхности ролика максимум температуры имеет место вблизи задней кромки источника теплового воздействия (т.е. при $\varphi = \varphi_0$), а минимум температуры наблюдается

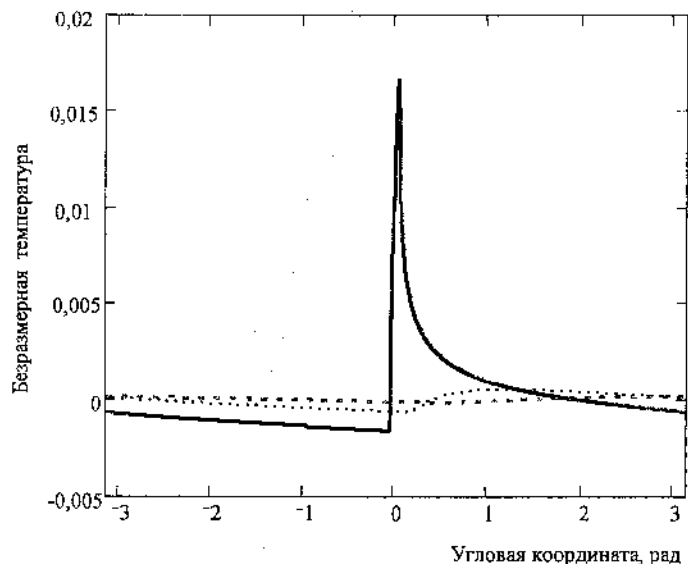


Рис. 1. Зависимость безразмерной неосесимметричной температуры от угловой координаты и относительного радиуса для $\varphi_0 = 0,044$; — $\rho = 1$; — $\rho = 0,9$; - - - - - $\rho = 0,8$

вблизи передней кромки, т.е. $\varphi = -\varphi_0$. Для слоя, расположенного на некоторой глубине от поверхности, максимум температуры сдвигается от источника теплового воздействия в направлении вращения ролика (против часовой стрелки). На глубине, соответствующей $\rho = 0,8$, колебаний температуры практически не наблюдается.

На рис. 2 показана зависимость экстремальных значений температур от угловой ширины площадки контакта ролика со слитком φ_0 . Видно, что с увеличением φ_0 максимальное значение темпера-

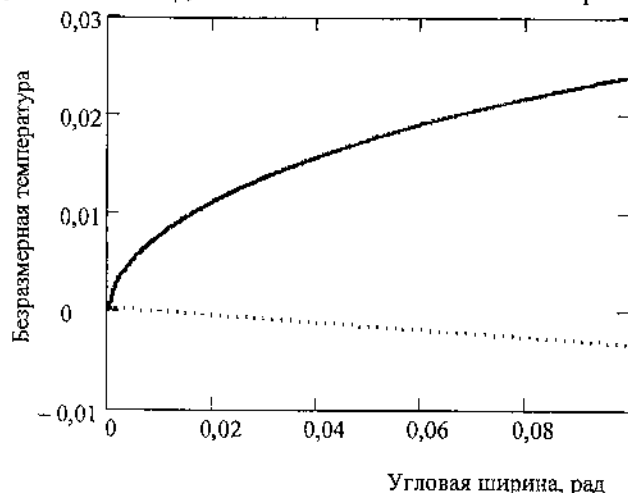


Рис. 2. Зависимость экстремальных значений температур полого ролика от угловой ширины площадки контакта

туры увеличивается, а минимальное — уменьшается. Наиболее интенсивный рост максимальной температуры наблюдается для $\varphi_0 = 0 \dots 0,02$, а далее замедляется.

УДК 674.8

Для проведения расчетов были приняты следующие величины параметров: $\varphi_0 = 0,044$ рад; $R = 0,19$ м; $a = 6,1 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $Pd = 312$.

Получено аналитическое выражение для определения распределения температуры в радиальном сечении полого ролика при неосесимметричных граничных условиях второго рода с учетом вращения. В результате вычислений получены зависимости безразмерной температуры от вида и формы теплового воздействия, относительного радиуса, угловой координаты, угловой скорости вращения. Полученные решения температурной задачи справедливы для средней по длине части бочки ролика, равной примерно ширине обрабатываемого металла, где градиент температуры вдоль образующей с достаточной для инженерных расчетов точностью можно считать равным нулю. Практическая важность сформулированной выше задачи состоит в том, что позволяет моделировать тепловое состояние роликов при разнообразных формах теплового воздействия на их наружную поверхность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестаков Н.И. Тепловые процессы при непрерывной разливке стали. — М.: Черметинформация, 1992. — 268 с.
2. Игнашов И.А., Быстроумов В.А. Температурное поле вращающегося полого цилиндра // Инженерно-физический журнал. — 1979. — Т. 37. — № 4. — С. 705-711.
3. Роговский В.А. Нестационарное распределение температуры во вращающейся трубе при неосесимметричной теплоотдаче // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. — 2002. — № 3. — С. 40 — 42.

Е.А. Шестакова, М.Ю. Белозор, М.А. Кононова
Кафедра химических технологий и оборудования;
кафедра строительных материалов и технологий;
кафедра промышленной теплоэнергетики

ТЕПЛОМАССООБМЕН ПРИ УВЛАЖНЕНИИ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ ПОСЛЕ ИХ ТЕРМООБРАБОТКИ

Древесноволокнистые плиты (ДВП) наиболее часто изготавливают так называемым мокрым способом. Процесс изготовления плит отличается

стабильностью, готовая продукция обладает хорошим качеством. Рассматриваемый способ включает в себя приготовление древесноволокнистой

массы, проклеивание, при котором в массу вводятся различные химические добавки, формирование ковра, прессование, термическую обработку и увлажнение [1].

При термической обработке плит, производимых в специальной камере, завершаются начатые в прессе процессы термохимических превращений компонентов. Термическая обработка предназначена для уменьшения поглощения плитами воды и повышения их механической прочности.

После термообработки плиты, вышедшие из камеры, начинают адсорбировать пары воды из окружающего воздуха. Для придания плитам формоустойчивости их увлажняют и кондиционируют. Увлажнение производится в увлажнительных машинах или в камерах непрерывного действия. Обработываемые плиты перемещаются с помощью валов, на которые они опираются. Вода снизу наносится спрыском и через увлажненные обрезиненные валы.

В процессе увлажнения протекают физические явления массообмена: перенос влаги из окружающей среды к поверхности материала (массоотдача) и перемещение влаги внутри материала (массоперенос). Будем рассматривать комплексную задачу, включающую в себя оба указанных явления. При этом необходимо моделировать перемещение теплоты и влаги как вблизи поверхности плиты, так и внутри тела [2].

Перенос влаги внутри материала опишем так называемым эффективным уравнением диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \lambda_c \nabla^2 C, \quad (1)$$

где C – концентрация влаги внутри обрабатываемого материала; τ – время; λ_c – эффективный коэффициент диффузии, определяемый экспериментально.

Дифференциальное уравнение (1) дополним граничными условиями третьего рода:

$$\lambda_c \nabla C_n = \beta (C_n - C_o), \quad (2)$$

где C_n , C_o – концентрация влаги у поверхности плиты и в окружающей среде.

Для решения уравнения (1) при граничных условиях (2) необходимо знать распределение влаго-содержания в теле в начальный момент:

$$C|_{\tau=0} = C(x, y, z), \quad (3)$$

где x , y , z – текущие координаты.

Сетчатая сторона плит, на которую наносят воду, обращена к нижним валам, поэтому при рассмотрении процесса увлажнения ДВП можно ввести допущение об отсутствии переноса влаги в верхней части камеры в направлении сверху вниз. Допустимо также пренебречь переносом влаги в поперечном и продольном направлениях, т.к. толщина обрабатываемой плиты значительно меньше ее ширины и длины. (Трехмерная задача тепло-массообмена в процессе увлажнения древесноволокнистых плит при сложных граничных условиях рассмотрена в [3] и [4].) В нашем случае массо-обменные процессы описываются дифференциальными уравнениями:

$$V \frac{\partial C}{\partial Z} = \lambda_c \frac{\partial^2 C}{\partial X^2}; \quad (4)$$

$$Z > 0; 0 \leq X \leq \delta,$$

где V – скорость движения обрабатываемых плит; δ – толщина плиты.

В начале процесса влага внутри плиты распределена равномерно:

$$C_1(x, 0) = C_n. \quad (5)$$

Поскольку на верхней поверхности плиты массообмен отсутствует, то здесь задаются нулевые граничные условия третьего рода:

$$\frac{\partial C(o, z)}{\partial x} = 0. \quad (6)$$

На нижней поверхности плиты процесс описывается граничным условием, аналогичным (2):

$$\lambda_c \frac{\partial C(\delta, z)}{\partial x} = \beta [C(\delta, z) - C_o]. \quad (7)$$

Для удобства решения и последующего обобщения результатов расчета уравнения (4)–(7) представим в безразмерной форме:

$$\frac{\partial C}{\partial Z} = Kl \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \quad (8)$$

$$C_1(X, 0) = C_n; \quad (9)$$

$$\frac{\partial C(0, Z)}{\partial C} = 0; \quad (10)$$

$$\frac{\partial C(1, Z)}{\partial C} = Bi' [C(1, Z) - C_o], \quad (11)$$

где X , Z – текущие координаты в безразмерной форме; Kl – безразмерный комплекс; Bi' – критерий Био массоотдачи.

Входящие в (8)-(11) безразмерные величины определяются из соотношений:

$$Kl = \frac{\lambda_c}{\delta V}; \quad Bi' = \frac{\beta \cdot \delta}{\lambda_c};$$

$$X = \frac{x}{\delta}; \quad Z = \frac{z}{\delta}.$$

Систему (8)-(11) решим операционным методом Лапласа. Решение имеет вид:

$$\Phi(C) = \left[1 + \frac{1}{2} Sl \left(1 - X^2 + \frac{2}{Bi'} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{Sl}{\mu_n^2} \right) \times A_n \cos(\mu_n C) \exp(-\mu_n^2 Ml) \right]. \quad (12)$$

Безразмерные числа, входящие в (12), определяются выражениями:

$$\Phi(C) = \frac{C_1 - C_0}{C_n - C_0}; \quad Ml = KlZ;$$

$$Sl = \frac{1}{(C_n - C_0) \cdot Kl}; \quad A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n},$$

где μ_n - параметр, рассчитываемый из характеристического уравнения:

$$Bi' \operatorname{ctg} \mu_n = \mu_n.$$

Проинтегрировав (12) и разделив на толщину плиты, получим расчетную зависимость для вычисления средней концентрации влаги:

$$\bar{\Phi}(C) = 1 + \frac{1}{3} Sl \left(1 + \frac{3}{Bi'} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{Sl}{\mu_n^2} \right) B_n \exp(-\mu_n^2 Ml), \quad (13)$$

где

$$B_n = \frac{2 Bi'^2}{\mu_n^2 (Bi'^2 + Bi' + \mu_n)}.$$

Таким образом, динамика изменения влажности материала определяется тремя критериями: Sl , Bi' и Ml . Из рассмотрения уравнений (12) и (13) следует, что влажность материала связана с критерием Sl практически линейной зависимостью. Критерий Sl характеризует диффузионные процессы внутри обрабатываемого материала. Критерий Ml (аналог критерия Фурье) характеризует динамику протекания массообменных процессов вдоль технологической линии, а критерий Bi' - соотношение внутренних и внешних диффузионных сопротивлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов В.А., Карасев Е.И., Мерсов Е.Д. Технология и оборудование производства древесноволокнистых плит и пластиков. - М.: Экология, 1992. - 416 с.
2. Шестакова Е.А., Никонова Е.Л., Кононова М.А. Моделирование процессов тепломассообмена при наличии внутренних источников теплоты. - Череповец: ЧГУ, 2003. - 105 с.
3. Шестакова Е.А. Математическое моделирование процесса увлажнения древесноволокнистых плит // Информационные технологии в производственных, социальных и экономических процессах: Материалы II Международной конференции. - Череповец: ЧГУ, 1999. - С.172-173.
4. Шестакова Е.А., Никонова Е.Л., Кононова М.А., Белозор М.Ю. Математическое моделирование теплообмена при увлажнении древесноволокнистых плит // Вузская наука - региону. Материалы II Всероссийской научно-технической конференции. - Вологда: ВГТУ, 2003. - С. 82-84.

УДК 621.746.027.047

С.В. Лукин, А.Р. Мусин

Кафедра промышленной теплоэнергетики

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ОТ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ОХЛАДИТЕЛЯ В ЗОНЕ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МНЛЗ

На современных криволинейных МНЛЗ актуальной задачей является рациональная организация системы вторичного охлаждения. Одной из

главных проблем создания оптимальных условий охлаждения слитка в зоне вторичного охлаждения (ЗВО) является установление количественных

соотношений между коэффициентами теплоотдачи на поверхности сляба и плотностью его орошения охлаждающей жидкостью [1].

Зависимость среднего коэффициента теплоотдачи в зоне вторичного охлаждения от среднего удельного расхода воды (управляющая зависимость) $\bar{\alpha} = f(\bar{g})$ может существенно различаться для разных МНЛЗ и даже для различных зон охлаждения одной МНЛЗ, если в отдельных зонах применяются различные типы охлаждающих форсунок.

Зависимость $\bar{\alpha} = f(\bar{g})$ чаще всего представляют в виде линейной функции типа: $\bar{\alpha} = \alpha_0 + \mu \cdot \bar{g}$, где $\bar{\alpha}$ – средний коэффициент теплоотдачи в отдельной зоне, Вт/(м²·°C); $\bar{g}$ – средний удельный расход воды в зоне, м³/(м²·ч); α_0 – коэффициент теплоотдачи от поверхности сляба, обусловленный излучением и контактом с роликами ($\alpha_0 = 120 \div 160$ Вт/м²·°C); μ – эмпирический коэффициент, имеющий большой разброс в значениях: $\mu = 40 \div 250$ Вт·ч/м³·°C. Значение среднего удельного расхода воды определяется из выражения: $\bar{g} = \frac{G}{B l}$, где G – расход воды в зоне, м³/ч; B и l – ширина охлаждаемой поверхности сляба и длина данной зоны охлаждения соответственно, м.

Существующие методики определения данной зависимости отличаются сложностью, например, способ с “вмораживанием” термопар в слиток [2].

Изложенная в данной работе методика определения управляющей зависимости $\bar{\alpha} = f(\bar{g})$ предполагает установку одного сканирующего датчика температуры поверхности сляба, установленного в одной из зон вторичного охлаждения. Предполагается, что датчик измеряет среднюю температуру поверхности сляба в зоне $\bar{t} = \frac{1}{F} \int_F t dF$, где F – площадь поверхности сляба в данной зоне; t – локальная температура поверхности сляба.

Для простоты настройки ЗВО примем, что зависимость $\bar{\alpha} = f(\bar{g})$ одинакова для всех зон охлаждения МНЛЗ. Значение коэффициента теплоотдачи излучением и контактом с роликами α_0 изменяется в небольших пределах и его можно

заранее оценить и принять постоянным для всех зон охлаждения. Таким образом, задача определения управляющей зависимости для конкретной МНЛЗ сводится к отысканию коэффициента μ в выражении $\bar{\alpha} = \alpha_0 + \mu \cdot \bar{g}$.

Сущность методики определения зависимости $\bar{\alpha} = f(\bar{g})$ состоит в следующем. По реальным значениям расходов воды в зонах МНЛЗ G_i , используя выражение $\bar{g}_i = \frac{G_i}{B_i l_i}$, рассчитываются

средние удельные расходы воды $\bar{g}_i$ для каждой i -й зоны, а по выражению $\bar{\alpha} = \alpha_0 + \mu \bar{g}$, рассчитываются средние коэффициенты теплоотдачи $\bar{\alpha}_i(\mu)$ для каждой i -й зоны при различных возможных значениях коэффициента μ .

Процесс затвердевания-охлаждения сляба моделируется следующим образом. Численно решается дифференциальное уравнение теплопроводности:

$$c_{эф} \rho \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2},$$

где $t(x, \tau)$ – одномерное температурное поле сляба; τ – текущее время; x – координата, отсчитываемая от поверхности сляба; ρ – плотность стали, кг/м³; $c_{эф}$ – эффективная теплоемкость стали, определяемая следующим образом:

$$c_{эф} = \begin{cases} c_T, & t < t_c; \\ \frac{c_T + c_{ж}}{2} + \frac{L}{t_L - t_c}, & t_c < t < t_L; \\ c_{ж}, & t > t_L, \end{cases}$$

где $c_T, c_{ж}$ – массовые теплоемкости твердой и жидкой фаз, Дж/кг·°C; t_c, t_L – температуры солидуса и ликвидуса стали, °C; L – теплота затвердевания стали, Дж/кг. Коэффициент теплопроводности стали определяется следующим образом:

$$\lambda = \begin{cases} \lambda_T, & t < t_c; \\ \lambda_T + (\lambda_{ж} - \lambda_T) \left(\frac{t - t_c}{t_L - t_c} \right), & t_c < t < t_L; \\ \lambda_{ж}, & t > t_L, \end{cases}$$

где $\lambda_t, \lambda_{ж}$ – коэффициенты теплопроводности твердой и жидкой фаз, Дж/м·°С.

Начальное условие задается таким образом: $t(x, 0) = t_{ж}$, для любого x , где $t_{ж}$ – температура жидкой стали в промковше.

Граничные условия задаются так: поскольку температурное поле принимается симметричным

относительно середины сляба, то $\left. \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=S} = 0$,

где S – половина толщины сляба; граничные условия на поверхности выбираются в зависимости от времени τ :

$$0 < \tau < \frac{H}{v}: \quad -\lambda \left. \frac{\partial t}{\partial x} \right|_{x=0} = q(\tau);$$

$$\frac{z'_i}{v} < \tau < \frac{z''_i}{v}: \quad -\lambda \left. \frac{\partial t}{\partial x} \right|_{x=0} = \bar{\alpha}_i(\mu) \cdot (t|_{x=0} - t_0);$$

$$\frac{L_{ЗВО}}{v} < \tau < \frac{L_{техн}}{v}: \quad -\lambda \left. \frac{\partial t}{\partial x} \right|_{x=0} = C \left(\left(\frac{T_{п}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right)$$

где H – рабочая высота кристаллизатора; v – стационарная скорость разливки; x – координата, отсчитываемая по нормали от поверхности элемента сляба; $q(\tau)$ – зависимость плотности теплового потока от времени пребывания элемента сляба в кристаллизаторе, представляется выражением вида: $q(\tau) = a + b \cdot e^{-c\tau}$, где a, b, c – эмпири-

ческие константы; z'_i, z''_i – координаты начала и конца i -й зоны охлаждения; z_i – характерная координата i -й зоны; t_0 – температура охладителя; $L_{ЗВО}, L_{техн}$ – длина ЗВО и технологическая длина; C – коэффициент излучения на воздухе.

При различных значениях μ (а значит, и коэффициентов теплоотдачи $\bar{\alpha}_i(\mu)$) численно рассчитываются средние температуры поверхности сляба в зонах $\bar{t}_i(\mu)$. Зависимости $\bar{t}_i(\mu)$ можно обратить и представить в виде $\mu(\bar{t}_i)$. Зная реальное значение средней температуры поверхности в какой-

либо зоне МНЛЗ (по показанию температурного датчика), по зависимости $\mu(\bar{t}_i)$ для данной зоны можно определить коэффициент μ , а значит, и саму управляющую зависимость $\bar{\alpha} = f(\bar{g})$ для всей МНЛЗ.

Для иллюстрации методики приведём следующий численный пример. Разливается сляб сечением 250×1800 мм. При стационарной скорости разливки 1 м/мин по реальным значениям расходов охладителя и конструктивных параметров МНЛЗ рассчитываются удельные расходы воды. Характеристика зон охлаждения МНЛЗ дана в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики	Номер зоны					
	1	2	3	4	5	6
Длина, м	0,2	1,2	1,98	1,62	1,66	1,83
Расход воды, м³/ч	2,83	16,04	7,67	4,39	3,42	2,93
$g, \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$	7,9	7,4	2,2	1,5	1,1	0,9

По значениям удельных расходов воды рассчитываются средние коэффициенты теплоотдачи в зонах при разных значениях μ . В результате численного решения задачи охлаждения и затвердевания сляба рассчитывается массив значений средней температуры поверхности сляба в зонах МНЛЗ в зависимости от коэффициента μ (при расчете принято $\alpha_0 = 140 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$). В аналитическом виде аппроксимация зависимости средней температуры поверхности сляба в зоне № 6 от коэффициента μ получилась такой: $\bar{t}_6 \cong 1140 - 1,25 \mu$. Допустим, температурный датчик, установленный в зоне № 6, показывает среднюю температуру поверхности сляба в этой зоне, равную 930 °С. Тогда, используя обратную зависимость $\mu = 912 - 0,8 \cdot \bar{t}_6$, определяем численное значение коэффициента μ в управляющей зависимости: $\mu = 912 - 0,8 \cdot 930 \approx 170 \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^3$. Сама управляющая зависимость будет иметь окончательный вид: $\bar{\alpha} = 140 + 170 g$.

Если в разных зонах МНЛЗ управляющие зависимости существенно различаются, то настраивать

следует последовательно все зоны, начиная с первой, устанавливая в каждой зоне температурный датчик.

В данной работе рассмотрена методика определения управляющей зависимости коэффициента теплоотдачи от удельного расхода охладителя в условиях конкретной МНЛЗ.

УДК 62-83(075-8)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов В.А. Тепловая работа машин непрерывного литья заготовок: Учеб. пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1988. – 143 с.
2. Тепловые процессы при непрерывном литье стали / Под ред. Ю.А. Самойловича. – М.: Металлургия, 1982. – 152 с.

О.Л. Матвеева, Н.А. Новикова

Кафедра электропривода и электротехники

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ГОРОДСКИХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Город Череповец насчитывает 320 тыс. жителей. Основные источники тепла – муниципальные котельные. Также теплоснабжение осуществляется от ТЭЦ ОАО «Северсталь» (65 тыс. жителей) и ТЭЦ АО «Аммофос» (7 тыс. жителей). Большая часть источников тепла закольцована и работает на общую сеть. 1500 домов города оборудованы индивидуальными тепловыми пунктами, которые обслуживают жилищные организации. Температурный график от ТЭЦ «Северстали» 110/70 °С, от котельных 130/70 °С. В Зашекснинском районе единственная котельная с открытым водоразбором, которую постепенно переводят на закрытую систему, как и все остальные. Тепловые сети и муниципальные котельные обслуживает МУП «Теплоэнергия», подчиненное департаменту ЖКХ администрации города. В полностью газифицированном Череповце практически все, даже новые потребители, подключаются к централизованной системе отопления [4].

Как известно, централизованные системы теплоснабжения включают в себя источник, магистральные, распределительные и квартальные сети, насосные станции, тепловые пункты, местные тепловые сети, индивидуальные узлы присоединения потребителей [3]. Все это характеризуется рассредоточенностью трубопроводов и тепловых насосных станций по территории города, большим числом параметров контроля, изменение одного из

которых ведет за собой изменение ряда других. Многие события, происходящие в тепловой сети, возникают в случайные моменты времени и заранее не могут быть предсказаны (прорывы трубопроводов, поломки насосов, аварии в системе электроснабжения насосных). Так, Ю.М. Хлебалин и Ю.Е. Николаев [6] обращают внимание на низкую эффективность существующих теплофикационных систем в результате больших потерь в тепловых сетях, а Б.Ф. Реутов, А.Г. Семенов и др. [5] приводят значения тепловых потерь от 20 % до 70 % и высказывают мнение, что они уменьшают экономию топлива.

Из всего технического оборудования систем теплоснабжения в наиболее неблагоприятном состоянии повсеместно находятся тепловые сети. Их состояние устанавливает надежность теплоснабжения и уровень тарифов не в меньшей степени, чем топливообеспечение (причем количество необходимого топлива определяется уровнем потерь). Следствием технической политики, проводившейся в нашей стране на протяжении десятилетий, главный смысл которой заключался в минимизации капитальных вложений, явилась недостаточная надежность тепловых сетей. Малые объемы перекадок череповецких сетей (10 км в год из 297 км) предопределяют значительную повреждаемость, около 300 разрывов в год [4]. Крупные аварии Череповцу не грозят. От серьезных

потрясений пока спасают относительно теплые зимы.

Отсутствие ограничения расхода приводит к недоиспользованию тепловой энергии многими потребителями, расположенными в непосредственной близости от ТЭЦ, удаленные же от ТЭЦ потребители недополучают тепло. А значительно превышенный фактический расход сетевой воды (на 30 % выше расчетного) привел к невозможности работы оборудования ТЭЦ по температурному графику 150/70 °С и к переходу на график 110/70 °С из-за ограничений котельного оборудования и почти полной загрузки насосного оборудования.

Объединение в единую систему магистральных тепловых сетей, внутриквартальных тепловых сетей, тепловых пунктов и внутренних систем отопления и горячего водоснабжения зданий позволяет значительно улучшить управляемость единым технологическим процессом и уменьшить затраты на теплоснабжение. При этом прогнозирование, планирование потребления энергоресурсов и дальнейший контроль за соблюдением заданных параметров составляет значительную долю деятельности энергосбыта и плановых служб МУП «Теплоэнергия».

Одним из перспективных направлений исследования можно считать анализ и прогнозирование параметров энергопотребления в городских тепловых сетях в условиях наличия и различного сочетания детерминированной и недетерминированной информации. Разработанные ранее классические методы анализа и прогнозирования параметров социально-экономических объектов были ориентированы в основном на стационарные условия их развития. Современные условия существования субъектов хозяйственной деятельности характеризуются нестабильностью социальных и экономических процессов, что требует совершенствования методов анализа и прогнозирования.

К другим задачам следует отнести решение вопросов, направленных на создание и совершенствование эффективных моделей, способных предсказывать параметры управления, использование которых позволит хозяйству городских теплосетей эффективно функционировать в условиях неопределенности входной информации. Внедрение в практику управления моделей, сформированных на базе искусственных нейронных сетей, позволя-

ет наиболее четко видеть взаимодействие возмущающих и управляющих воздействий для достижения желаемого результата.

Оптимизация теплопотребления в городских системах водо- и теплоснабжения при использовании искусственных нейронных сетей ведет к разработке программного продукта по управлению и учету потоков, движущихся по трубопроводам, что позволит создать единую сеть учета, контроля и управления параметрами тепловой энергии в рассредоточенной тепловой системе. А моделирование работы существующих тепловых сетей позволит точно определить весь комплекс технических мероприятий, необходимых для полного обеспечения потребности города в воде и тепле с минимальными затратами времени и средств.

Для разработки такого программного продукта возможно использование MATLAB (МАТричная ЛАБоратория) – доступной современной математической среды для профессиональной работы в широком диапазоне. Особенностью MATLAB является постоянно расширяемое компанией семейство программ, называемых приложениями или модулями (Toolboxes). Эти программы являются специализированными библиотеками М-файлов и предназначены для работы в отдельных предметных областях. Использование приложения Neural Network Blockset позволит выполнять обработку сигналов и изображений, моделировать систему управления, оптимизировать теплопотребление и др. [1].

С точки зрения математического аппарата, физические процессы, происходящие в тепловых сетях и водопроводах, хорошо известны и их моделирование на основе методологии нейроинформатики экономически оправдано. Именно применение приложения Neural Network Blockset позволит работнику, принимающему управленческое решение, автоматически использовать весь необходимый для этого комплекс научных и практических знаний, но при этом не быть специалистом широчайшего профиля.

Появляется возможность не только принять экономически компромиссное решение, но и проанализировать, в чем состоят технические аспекты и риск его реализации. При этом решение будет

приниматься исходя из энергетических потребностей теплосетей города.

В качестве исследуемых данных достаточно указывать требуемые параметры, и соответствующая программа не только рассчитает самое экономное для этой цели сочетание оборудования, но и определит самое экономное сочетание режимов его работы. Одновременно с этим искусственные нейронные сети определят, каким образом должно быть обеспечено увеличение энергетических затрат и, соответственно, зададут самый экономный режим получения этой энергии. Это может быть комбинация изменения режимов работы оборудования с увеличением закупок топливного сырья. Все необходимые расчеты будут производиться автоматически с применением известных математических и технологических методов. При этом в режиме реального времени с прогнозированием развития ситуации будут комплексно учтены все факторы, влияющие на стоимость безопасной реализации этого управленческого решения, начиная от приобретения энергоносителей до оказания конкретной энергетической услуги конечному потребителю.

Причем информацию о текущей ситуации, прогнозе ее развития, путях решения проблем можно будет получать непосредственно как на экране своего персонального компьютера, так и в виде документа по утвержденной форме.

Целью создания математического аппарата [2], описывающего модель энергопотребления при использовании искусственных нейронных сетей, является разработка и внедрение методов и средств анализа, достоверного прогнозирования, обеспечивающих:

- надежное теплоснабжение всех потребителей города;
- разработку рекомендаций диспетчерским службам по экономичным режимам работы системы теплоснабжения;
- повышение безопасности эксплуатации системы теплоснабжения за счет своевременного предупреждения аварийных ситуаций;

- повышение эффективности управления городских тепловых сетей за счет повышения объемов и достоверности информации, регистрации и архивирования технологических параметров.

Нейросетевые технологии в зависимости от уровня управления могут быть предназначены для сбора, обработки информации от существующих систем автоматического управления о состоянии технологического оборудования, текущих параметров в заданных точках и, взаимодействуя как с верхним, так и с нижним уровнем управления, - для комплексного обеспечения города в реальном масштабе времени энергетическими ресурсами.

Использование нейросетевых технологий рассчитано на управление городскими энергетическими системами с любым количеством уровней управления, в каждом из которых предусматривается два режима: текущий и прогнозирующий.

Нейросетевые технологии не подменяют собой имеющиеся АСУ, а являются интеллектуальной надстройкой к ним, предназначенной для решения так называемых "оптимизационных" задач в городских тепловых сетях с позиций муниципальных и региональных интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев В.С., Потемкин В.Г.* Нейронные сети MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г. Потемкина. - М.: ДИАЛОГ - МИФИ, 2002.
2. *Нечитайлов В.Ю., Вилесов И.А.* Прогнозирование бытовых показателей деятельности энергосистемы с помощью аппарата нейронных сетей // Промышленная энергетика. - 2002. - № 4.
3. *Соколов Е.Я.* Теплофикация и тепловые сети. - М.: Изд-во МЭИ, 1999.
4. *Семенов В.Г.* Обзор состояния теплоснабжения в регионах // Новости теплоснабжения. - 2001. - № 9.
5. *Реутов Б.Ф., Семенов В.Г., Наумов А.В. и др.* Теплоснабжение страны на грани... // Энергия: экономика, техника, экология. - 2002. - № 1.
6. *Хлебалин Ю.М., Николаев Ю.Е.* Влияние потерь в тепловых сетях на энергетическую эффективность теплофикации // Промышленная энергетика. - 2003. - № 10.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Системы теплоснабжения – важнейшие структурные составляющие топливно-энергетического комплекса страны и региона. В «Энергетической стратегии России до 2020 г.» [1] рассматривается широкий круг вопросов развития теплоэнергетики страны, из которых особое значение имеет повышение эффективности путем реализации энергосберегающих мероприятий при учете недостатков систем центрального и коммунального теплоснабжения, связанных с технической и технологической отсталостью тепловых сетей, отсутствием средств измерения и автоматики, высокой аварийностью.

Наиболее целесообразным методом регулирования отпуска тепла в системах центрального теплоснабжения современных городов с разнородной нагрузкой (отопление, горячее водоснабжение) является сочетание центрального качественного регулирования по отопительной нагрузке или по суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения с местным количественным регулированием отдельных видов нагрузки [2].

В районах, в которых кроме отопления имеется существенная нагрузка горячего водоснабжения, используют схему с двухступенчатым подогревом воды для горячего водоснабжения (рис. 1).

Задачей регулирования системы горячего водоснабжения является поддержание постоянной температуры горячей водопроводной воды после подогревателя, независимо от наружной температуры и характера суточной нагрузки горячего водоснабжения.

Распределение сетевой воды осуществляется регулятором расхода РР. При этом режим центрального качественного регулирования по суммарной нагрузке рассчитывается из условия постоянного расхода сетевой воды для удовлетворения суточного расхода тепла на отопление

и горячее водоснабжение абонентов.

Импульсом для регулятора температуры РТ является температура горячей воды после подогревателя верхней ступени ПВ. При изменении нагрузки в системе горячего водоснабжения изменяется расход холодной водопроводной воды через подогреватель нижней ступени ПН. Расход максимален в вечерние часы предвыходных дней. С увеличением расхода водопроводной воды необходимо увеличивать расход сетевой воды через подогреватель верхней ступени ПВ при постоянной температуре сетевой воды.

При изменении наружной температуры необходимо изменять расход сетевой воды через по-

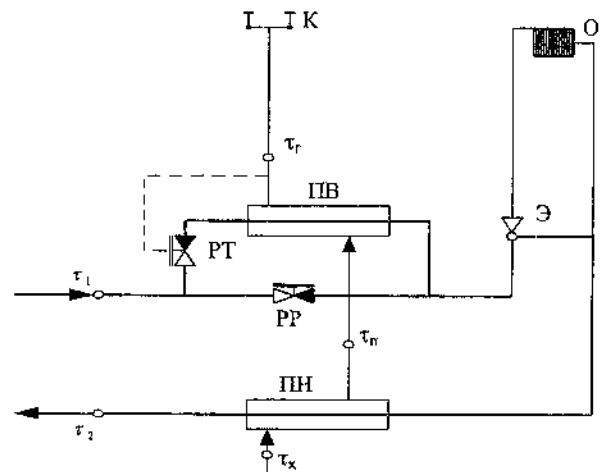


Рис. 1. Присоединение установки горячего водоснабжения по двухступенчатой последовательной схеме и отопительной установки по зависимой схеме:

ПН – подогреватель нижней ступени, ПВ – подогреватель верхней ступени, Э – элеватор, О – отопительный прибор, К – водоразборный клапан, РР – регулятор расхода, РТ – регулятор температуры.

Параметры системы теплоснабжения: τ_1 – температура сетевой воды в подающей магистрали; τ_2 – температура сетевой воды в обратной магистрали; τ_x – температура холодной водопроводной воды ($\tau_x = 5...10^\circ\text{C}$); τ_n – температура подогреваемой воды; τ_r – температура горячей воды ($\tau_r = 55...65^\circ\text{C}$)

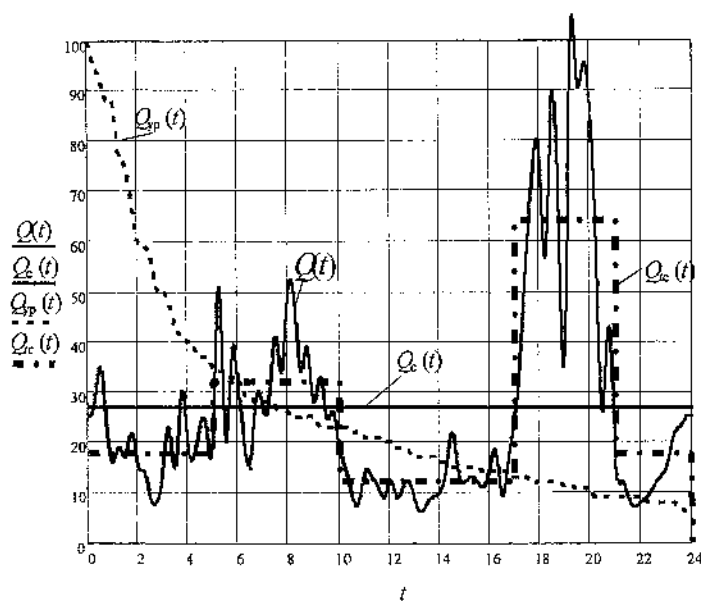


Рис. 2. Суточный график теплопотребления жилого дома

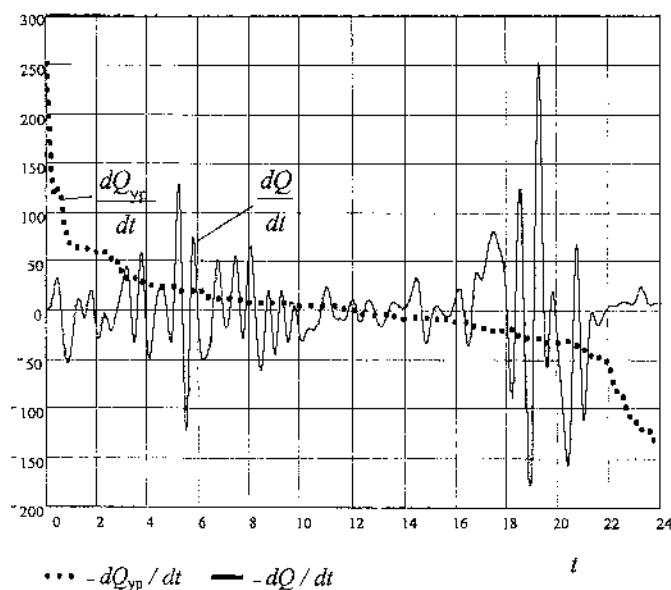


Рис. 3. Суточный график скорости изменения теплопотребления жилого дома

догреватель верхней ступени ПВ при сохранении постоянного расхода холодной воды.

Стандартный суточный график расхода горячей воды в жилом доме с интервалом определения 15 мин и суточный график скорости изменения теплопотребления жилого дома приведены на рис.

2 и 3, где $Q(t)$ - теплопотребление, %; $Q_{yp}(t)$ - упорядоченное теплопотребление; Q_c - средний суточный уровень теплопотребления, $Q_c = 26,8\%$; $Q_{с}(t)$ - средний уровень теплопотребления в выбранные интервалы времени. $Q_{с}$ характеризует суточный минимум, а $Q_{с_4}$ - суточный максимум теплопотребления; $\frac{dQ}{dt}$ и $\frac{dQ_{yp}}{dt}$ - соответственно текущее и суточное упорядоченные значения выбранного параметра регулирования, %/ч.

В процессе эксплуатации системы теплоснабжения происходит изменение параметров режима из-за температурных, технологических, временных и других факторов. Анализ различных способов оптимизации теплопотребления и снижения расхода горячей воды позволил предложить использование устройств коррекции работы регулятора с помощью интеллектуальных способов, моделирующих процесс мышления человека: нечеткую логику (fuzzy-logic) для реализации фаззи-регулятора теплопотребления. Структурная схема регулятора приведена на рис. 4.

Блоки фаззификации преобразуют входные физические переменные U_e и $U_{\frac{dQ}{dt}}$ в лингвистические переменные $Q_{л}$ и $\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{л}$. Выходной фаззи-переменной является сигнал регулирования U_p , отрабатывающий соответствующий угол открытия вентиля РР. Коэффициенты $1/K_Q$, $1/K_{\frac{dQ}{dt}}$, K_Δ обеспечивают нормирование входных и выходных переменных.

Лингвистические переменные (термы) представлены в виде следующих фаззи-множеств, накладывающихся друг на друга:

$$Q_{л} = \{MQ, CQ, BQ\},$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{лк} = \left\{ \begin{array}{l} -B\frac{dQ}{dt}; -C\frac{dQ}{dt}; -M\frac{dQ}{dt}; H\frac{dQ}{dt}; \\ M\frac{dQ}{dt}; C\frac{dQ}{dt}; B\frac{dQ}{dt} \end{array} \right\},$$

$$K_j = \{-BK; -CK; -MK; HK; MK; CK; BK\},$$

которые обозначают: $\pm B$ – большое отклонение, $\pm C$ – среднее отклонение, $\pm M$ – малое отклонение, H – нулевое отклонение выбранного параметра.

В блоке логического заключения на основании предлагаемого свода правил, приведенного в табл. 1, принимается решение и выдается выходное воздействие в терминах фаззи-логики в соответствии со следующей логической формулой.

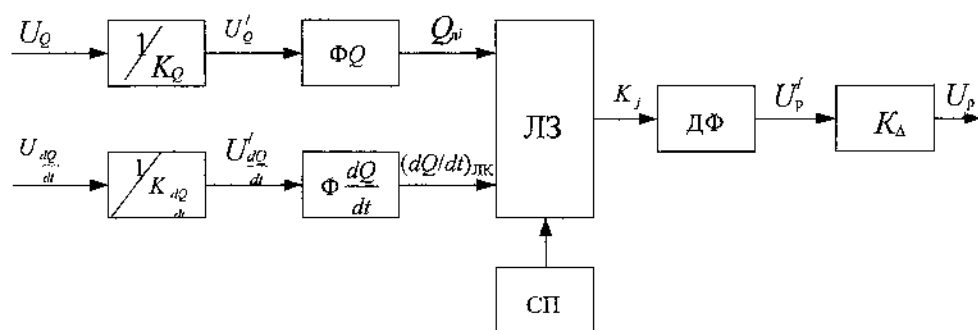


Рис. 4. Структурная схема фаззи-регулятора теплотребления. Основные элементы регулятора: ΦQ и dQ/dt – блоки фаззификации переменных, ЛЗ – блок логического заключения, СП – свод правил, ДФ – блок дефаззификации

Каждое фаззи-множество характеризуется функцией принадлежности μ , имеющейся в интервале от нуля до единицы и означающей степень принадлежности конкретного значения параметра к тому или иному множеству [4]. Для упрощения реализации вычислительных алгоритмов законы вероятности распределения аппроксимируются треугольными зависимостями. Границы изменения характеристик были определены по упорядоченным зависимостям переменных, 100 % потребления горячей воды жилого дома соответствует 75 кВт (кДж/с).

Математическое описание для треугольной функции принадлежности фаззи-множеству имеет вид:

$$\mu_{m,n}(x_m) = \begin{cases} \frac{x_m - d_{m,n-1}}{d_{m,n} - d_{m,n-1}} & \text{для } d_{m,n-1} \leq x_m \leq d_{m,n}; \\ \frac{x_m - d_{m,n+1}}{d_{m,n} - d_{m,n+1}} & \text{для } d_{m,n} \leq x_m \leq d_{m,n+1}, \end{cases}$$

где m – номер лингвистической переменной, n – номер термина по m -переменной, x_m – значение m -й лингвистической переменной, μ – значение функции принадлежности n -му терму m -й лингвистической переменной, $d_{m,n}$ – граница n -го термина m -й переменной.

Если U'_Q есть Q_{ni} и $U'_{dQ/dt}$ есть $\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{лж}$, то $U'_p \in K_j$, где K_j – участвующее в правиле j -е фаззи-множество по выходной переменной U'_p .

Таблица 1

U'_Q	$U'_{dQ/dt}$						
	-Б	-С	-М	Н	М	С	Б
М	-С	-С	-М	Н	М	С	С
С	-Б	-С	-С	Н	С	С	Б
Б	-Б	-Б	-С	С	С	Б	Б

Так как каждое значение входной переменной принадлежит к двум термам, то при использовании операции конъюнкции в процессе принятия решения оказываются задействованы четыре правила. Определение значения функции принадлежности μ осуществляется в результате нечеткой импликации – операции минимума. Полученные четыре усеченные выходные термы не позволяют выдать одно выходное воздействие, поэтому необходимо реализовать операцию дефаззификации – приведение к четкости. При использовании

для этого метода центра тяжести выходное значение фаззи-регулятора определяется по следующей синглетон-формуле:

$$U'_p = \frac{\mu_1 \cdot x_{01} + \mu_2 \cdot x_{02} + \mu_3 \cdot x_{03} + \mu_4 \cdot x_{04}}{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4},$$

где $x_{01} - x_{04}$ - центры тяжести полученных выходных термов, $\mu_1 - \mu_4$ - значения функций принадлежности, ограничивающие выходные формы.

Настройку синтезированного фаззи-регулятора целесообразно осуществлять экспериментальным поэтапным тестированием при корректировке свода правил и функций принадлежности по динамике изменения температуры горячей воды τ_r . Техническая реализация устройства возможна цифровым способом при использовании однокристального восьмиразрядного микроконтроллера, например MC68HC908GP фирмы Motorola.

В качестве переменных, регулирующих и оптимизирующих систему теплоснабжения, возмож-

но использование значений температуры воды в различных точках системы с коррекцией по температуре окружающей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федяев А.В., Федяева О.Н. Тенденции и перспективы развития в XXI веке систем теплоснабжения и теплофикации России // Известия Академии наук. Энергетика. – 2003. – № 1. – С. 46–56.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1975. – 376 с.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
4. Круглов В.В. и др. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
5. СНиП 2.04.07-86*. Тепловые сети. – М.: ЦПП, 1994. – 48 с.

УДК 620.9:662.92

В.С. Грызлов, Е.В. Меньшикова
Кафедра строительных материалов и технологий

ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ БЕТОНА

Основным механизмом теплообмена для капиллярно-пористых материалов (типа бетон) является контактная теплопроводность, которая осуществляется благодаря связанным между собой процессам: переход тепла от частицы к частице через непосредственные контакты между ними и переход тепла через разделяющую промежуточную среду. С термодинамической точки зрения теплообмен в бетонных системах представляет собой теплоперенос (поток тепла), а точнее перенос энтропии под действием градиента температуры.

Общее уравнение производства энтропии изотропной системы через потоки и силы может быть представлено уравнением:

$$\partial S^{(i)} / \partial r = J_Q X_Q + \sum_i^k J_{Di} X_{Di} + \sum_{i=1}^r \omega_i X_R + \sum_{m=1}^{m=3} \sum_{l=1}^{l=3} \Pi_{ml} X_{ml}, \quad (1)$$

где J_Q – поток теплоты, в дальнейшем обозначается через q^+ ; J_{Di} – диффузионный поток вещества; ω_i – обобщенный поток вещества, обусловленный происходящими в системе химическими реакциями; Π_{ml} – необратимая или вязкая составляющая потока импульса; X_Q, X_{Di}, X_R, X_{ml} – соответствующие этим потокам обобщенные силы.

Рассмотрим систему из двух тел. Оба тела находятся в тепловом контакте друг с другом, не изолированы от окружающей среды, то есть происходит обмен теплотой с окружающей средой.

Суммарное изменение энтропии обоих тел

$$dS = (dQ^*_{I1} / T_1 + dQ^*_{II} / T_{II}) - dQ^{(i)} (1/T_1 - 1/T_{II}),$$

где dQ^*_{I1} и dQ^*_{II} – количество теплоты, полученной соответственно первым и вторым телом от

окружающей среды; $dQ^{(i)}$ – количество теплоты, отданное первым телом второму.

Внутреннее изменение энтропии обоих тел за время dr , т.е. производство энтропии

$$\partial S^{(i)} / \partial r = [(T^I - T^{II}) / T^I T^{II}] \partial Q^{(i)} / \partial r.$$

В векторной форме уравнение имеет вид

$$\partial(\rho s^{(i)}) / \partial r = (-q^{\rightarrow} \text{grad } T) / T^2. \quad (2)$$

Согласно общим феноменологическим соотношениям термодинамики необратимых процессов $\partial S^{(i)} / \partial r$ равняется произведению обобщенного потока J_i на обобщенную силу X_i и применительно к рассматриваемому случаю

$$\partial(\rho s^{(i)}) / \partial r = q^{\rightarrow} X^{\rightarrow}_Q. \quad (3)$$

Из сравнения уравнений (2) и (3) следует, что

$$X^{\rightarrow}_Q = -\text{grad } T / T^2.$$

Так как обобщенный поток теплоты $q^{\rightarrow}$ должен быть линейной функцией $X^{\rightarrow}_Q$, то

$$q^{\rightarrow} = -(\gamma_Q T^2) \text{grad } T / T^2.$$

Обозначив коэффициент переноса γ_Q через λ (коэффициент теплопроводности), получаем уравнение Фурье

$$q^{\rightarrow} = -\lambda \text{grad } T.$$

Подставив полученные выражения для q и X_Q в уравнение (1) получим

$$\partial S^{(i)} / \partial r = \int [\lambda (\text{grad } T)^2 / T^2] dV. \quad (4)$$

В левой части согласно второму закону термодинамики $\partial S^{(i)} / \partial r$ всегда положительно. В правой части величина $(\text{grad } T)^2 / T^2$ имеет положительный знак, поэтому $\lambda > 0$, т.е. коэффициент теплопроводности всегда положителен.

Производство энтропии $\partial S^{(i)} / \partial r$ связано с внутренними превращениями в бетонной системе и является составляющей величиной в балансовом уравнении энтропии системы:

$$\partial S / \partial r = \partial S^{(i)} / \partial r + \partial S^{(e)} / \partial r, \quad (5)$$

где $\partial S^{(e)} / \partial r$ – поток энтропии из внешней среды ($0 < \partial S^{(e)} / \partial r < 0$).

Если сравнить значения энтропии твердых продуктов (цементная матрица) реакций гидратации $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $\beta\text{-}2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ в системе

$\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ (табл.), то видно, что приращения энтропии высокоосновных соединений выше, чем у низкоосновных. При этом нужно отметить, что коэффициент теплопроводности у шлакопортландцементных вяжущих ниже, чем у чисто клинкерных (0,545-0,620 Вт/(м·К) для портландцемента М400 и 0,430-0,540 Вт/(м·К) для шлакопортландцемента М400) [3].

Таблица

Продукты реакции	ΣS_{298} , кал/град.	Прираще- ние ΣS_{298} , кал/град.
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1,17 \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$	58,3	18,0
$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$	134,4	53,8
$6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 12\text{Ca}(\text{OH})_2$	360,5	118,7
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1,17 \text{H}_2\text{O}$	38,4	7,9
$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$	94,5	33,5

Выразив производство энтропии из уравнения (5) и подставив в уравнение (4) получаем:

$$\partial S / \partial r - \partial S^{(e)} / \partial r = \int [\lambda (\text{grad } T)^2 / T^2] dV.$$

В левой части уравнения значение $(-\partial S^{(e)} / \partial r)$ показывает, что внешнее воздействие различного характера (виброуплотнение, ТВО, вибропрессование и т.д.) на бетонную систему вызывает уменьшение энтропии всей системы, т.е. происходит упорядочение системы за счет отрицательного потока энтропии извне.

Условия и направленность внешних воздействий, в свою очередь, влияют на характер протекания физико-химических процессов в системе, что несомненно будет связано с производством энтропии $\partial S^{(i)} / \partial r$ внутри системы.

Таким образом, согласно энтропийной постановке теплопроводность бетона имеет определенную связь с производством энтропии внутри системы. Изменение энтропии за счет протекающих неравновесных процессов внутри системы (химические реакции, физико-химические взаимодействия, перенос), по сути, является термодинамическим критерием оценки теплопроводности бетонных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мchedlov-Петросян О.П. Термодинамика силикатов / Под ред. О.П. Мchedlova-Петросяна. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
2. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика: Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1972. – 672 с.

3. Комохов П.Г., Грызлов В.С. Структурная механика и теплофизика легкого бетона. – Вологда: Изд-во Вологодского научного центра, 1992. – 321 с.

4. Черняевский В.Л. Энтропийный режим и функциональное состояние цементных материалов // Известия высш. учеб. заведений. Строительство. – 1992. – № 7-8. – С.61-65.

Раздел 4

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.39.06

А.Н. Зуев, Л.Е. Борчук

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПЛАНА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАПРОСОВ РЕЛЯЦИОННОЙ СУБД

Глобальным планом выполнения запросов называется совокупность отдельных (локальных) планов выполнения всех запросов к реляционной СУБД. В общем случае задача для всей совокупности не решена [1] – [3] и в ближайшее время решение ее ожидать нет оснований. Однако введенная объединенная характеристика, с точки зрения разработчика, полностью характеризует поведение системы и в частных случаях оптимизация отдельных составляющих (запросов) может дать

искомое решение задачи оптимизации глобального плана выполнения запросов. Построение математической модели оптимизируемого процесса может существенно упростить задачу и формализовать (автоматизировать) некоторые выполняемые действия.

Выберем в качестве исследуемой системы СУБД Oracle версии 8i. Выбор конкретной реляционной СУБД (РСУБД) безусловно в некоторой степени ограничивает общность задачи, поэтому в

дальнейшем будем рассматривать функционирование системы исходя из возможностей системы, послужившей прототипом всех лидеров рынка РСУБД (если сравнивать производительность на больших объемах данных) – проекта System R лабораторий компании IBM [1] – [2].

Пусть имеется некоторая база данных, физическая модель которой описывается семейством ER-диаграмм либо IDEF1х-нотацией [4]. Есть некоторое семейство различных SQL – запросов к системе, количество которых конечно. Дополним имеющуюся информацию информацией о плане выполнения запросов совместно с оценкой степени селективности предикатов стоимостного оптимизатора Oracle. Получить такую информацию можно по явному указанию сервера в структуру PLAN_TABLE [5]. Это, во-первых, может быть таблица в самой РСУБД (для этого нужно явно выполнить команду EXPLAIN PLAN для каждого SQL-запроса). Во-вторых, информация может быть получена утилитой TKPROF, преобразующей информацию трассировочного файла (при этом достаточно будет установить режим трассировки на сессию пользователя).

В полученном семействе таблиц в рамках задачи построения математической модели системы

сов. Представим процесс получения требуемой информации в виде некоторой совокупности функциональных устройств (ФУ), каким-либо образом связанных друг с другом [6]. Поместим каждое устройство в вершину некоторого ациклического ориентированного графа G. Пусть каждая вершина графа имеет столько дуг, сколько входов имеет соответствующее ей ФУ. Будем считать дуги графа направленными линиями связи, обеспечивающими передачу информации от устройства к устройству. Предположим, что ФУ, помещенные в вершины без выходящих дуг, являются устройствами ввода, помещенные в вершины без входящих дуг, – устройствами вывода. Заставим работать построенную систему по правилам, описанным в [6]. Будем называть такую модельную вычислительную систему граф-машиной. Граф G будем называть графом этой системы. Граф-машина не имеет собственной памяти и может сохранять результаты промежуточных вычислений только в самих ФУ до следующих срабатываний.

В процессе своего функционирования граф-машина будет реализовывать какой-то алгоритм. Естественно, он будет зависеть как от графа G, так и от состава ФУ, помещенных в его вершины. В

Таблица

Учитываемые параметры структуры PLAN_TABLE

Название	Тип данных	Описание
1. Operation	Varchar2(30)	Смотри [5]
2. Options	Varchar2(30)	Смотри [5]
3. Object_Name	Varchar2(30)	Название таблицы или индекса
4. Object_instance	Numeric	Порядковый номер в SQL-запросе
5. Object_type	Varchar2(30)	Описание объекта. Например, NON – UNIQUE для индексов
6. ID	Numeric	Номер, присвоенный шагу
7. Parent_ID	Numeric	Номер предыдущего шага по порядку выполнения
8. Position	Numeric	Порядок у записей, имеющих одинаковый Parent_ID
9. Cost	Numeric	Оценка стоимостного оптимизатора
10. Cardinality	Numeric	Оценочное количество строк, участвующих в операции
11. Bytes	Numeric	Оценочное количество байт, участвующих в операции

выделим учитываемые и неучитываемые параметры. Результаты сведем в таблицу.

Формализуем математически полученную информацию о глобальном плане выполнения запро-

рамках зафиксированных ограничений граф G может быть любым. Возьмем в качестве графа G граф анализируемого алгоритма, а в каждую его вершину поместим такое ФУ, которое может вы-

полнять операцию, соответствующую именно этой вершине.

В полученной таким образом модели количество вершин будет расти пропорционально объему данных, потому использование такой математической модели для больших систем не представляется возможным. Преобразуем полученную граф – машину для построения математической модели глобального плана выполнения запросов реляционной СУБД. В основе такого преобразования лежит гомоморфная свертка графа [7].

Пусть граф G представляет граф-машину. Совершим операцию простого гомоморфизма. Выбирая вершины u, v , определяем две операции и два ФУ, которые эти операции реализуют. Сливая вершины u, v , связываем с вершиной z не одну, а пару операций. ФУ, отвечающее вершине z , должно иметь возможность выполнить обе операции последовательно. После многократного применения операции простого гомоморфизма полученный граф можно рассматривать как граф новой модели вычислительной системы. ФУ, связанное с любой его вершиной, обязано последовательно выполнять все операции алгоритма, связанные со всеми вершинами – прообразами. Дуги по-прежнему символизируют направление передачи информации. Наличие петли около вершины говорит о том, что соответствующее ФУ будет срабатывать многократно.

Имеется одно принципиальное отличие граф-машины от вычислительной системы, полученной при гомоморфной свертке. Граф-машина не имеет памяти. Роль ее ячеек успешно выполняют сами

ФУ в силу того, что каждое из них срабатывает только один раз.

Поскольку количество различных алгоритмов преобразования данных в РСУБД конечно, будем заканчивать гомоморфную свертку узлов граф-машины по достижении шага выполнения запроса. В результате получим совокупность различных элементарных графов, представляющих собой математические модели алгоритмов преобразования данных РСУБД. Добавляя или изменяя в системе элементарные графы, будем получать различные математические модели глобальных планов выполнения запросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов С.Д. Развитие идей и приложений реляционной СУБД System R. http://www.citforum.ru/database/articles/art_27_1.shtml
2. Кузнецов С.Д. Методы оптимизации выполнения запросов в реляционных СУБД. http://www.citforum.ru/database/articles/_art_26.shtml
3. Чаудхари С. Методы оптимизации запросов в реляционных системах // СУБД. – 1998. – № 3.
4. Информационное моделирование. Методология IDEF1x. – М.: Весть. МетаТехнология, 1993.
5. ORACLE7 Server Concepts Manual – Oracle Corporation.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
7. Оре О. Теория графов. – М.: Мир, 1980.

УДК 681.3.06

В.В. Плащенко, А.В. Беляев

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

ОБНАРУЖЕНИЕ АТАК КЛАССА «ПЕРЕПОЛНЕНИЕ БУФЕРА» НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВЕКТОРОВ РАЗМЕРНОСТЕЙ ЗАГОЛОВКОВ СЕТЕВЫХ ПАКЕТОВ

Объем данных, передаваемых по локальным и глобальным сетям передачи данных (СПД), возрастает ежегодно в среднем в четыре раза [1]. Вместе с этим становятся все более актуальными

вопросы защиты информации в компьютерных сетях. Наиболее перспективным направлением современных исследований в этой области многие эксперты называют этап обнаружения инциден-

тов. Системы обнаружения несанкционированных действий способны отслеживать и во многих случаях предотвращать инциденты, реализующие угрозы, способные преодолеть другие подсистемы защиты периметра вычислительной системы (ВС).

Практически все активные способы реализации угроз информации с применением в качестве средства сетей передачи данных создают инциденты аномального функционирования СПД. Под этим термином понимается как изменение каких-либо количественных характеристик, так и нарушение каких-либо качественных правил, характерных для штатного режима работы СПД.

Атака класса "переполнение буфера" характеризуется умышленным расширением одного из полей заголовка сетевого пакета для нарушения пределов, выделенных под данное поле, в момент обработки на приемной станции. При этом чаще всего целью атаки переполнения длины поля является замена (перезапись) вектора точки возврата, которая находится в стеке правее локальной переменной, хранящей значение поля. Это позволяет в конце обработки заголовка заставить ВС передать управление не по штатному вектору возврата, а по адресу, указанному злоумышленником, и тем самым получить контроль над ВС.

При всей сложности логики, реализуемой в системе обнаружения аномального функционирования (СОАФ), система не должна содержать в себе точную копию контролируемого процесса или объекта ВС. В противном случае будет экономически эффективнее произвести дублирование соответствующего объекта и выполнять обнаружение и коррекцию аномалий на основе мажоритарных схем. Для достижения оправданности реализации и внедрения системы она должна контролировать только некоторые совокупные характеристики ВС на основе модели, упрощающей логику функционирования ВС.

Выделение инвариантных признаков классификации систем (в данной задаче - на два класса: нормальную и аномальную активность в СПД) тождественно вопросу об изоморфности двух систем относительно некоторого отображения. Для выяснения необходимых и достаточных условий изоморфности систем, а также определения каче-

ственных и количественных параметров отображения изоморфизма в середине прошлого века был разработан математический аппарат теории подобия.

Применение теории подобия для контроля устойчивости вычислительных систем было впервые предложено в научной школе В.В. Ковалева (см., например, [2]). Метод анализа размерностей вычислительного процесса в ВС оперирует в качестве инвариантных информативных признаков размерностями переменных процесса. На первом этапе алгоритм вычислительного процесса приводится к канонической форме введением новых вспомогательных переменных с целью вывести вычислительные операторы из управляющих операторов (условных переходов, ветвлений, циклов). Как результат, управляющий оргграф процесса приводится к виду, в котором все вычислительные операторы сгруппированы в множестве линейных участков процесса - вершин графа. Дугами оргграфа являются управляющие операторы вычислительного процесса.

Для линейных участков задача обнаружения ошибок в семантическом строе вычислительного процесса решается следующим образом. Определяется система однородных линейных уравнений с n неизвестными. Функции неизвестных играют логарифмы размерностей величин. Для каждой вычислительной операции производится разбор правой части оператора присвоения на однородные слагаемые. В результате при наличии в правой части, например, i слагаемых становится возможным наложить на систему размерностей исходных, промежуточных и выходных переменных дополнительно i условий.

Пусть, например, оператор присваивания имеет вид (1):

$$A = B \cdot C + \frac{D}{E}. \quad (1)$$

В правой части имеется два однородных слагаемых, что накладывает два условия - (2) и (3) - на размерности величин, входящих в оператор:

$$[A]^1 \cdot [B]^{-1} \cdot [C]^1 = 1, \quad (2)$$

$$[A]^1 \cdot [D]^{-1} \cdot [E]^1 = 1. \quad (3)$$

Прологарифмировав обе части уравнений (2) и (3), получаем два однородных линейных уравнения – (4 и 5) – для системы размерностей вычислительного процесса:

$$(1) \cdot \ln[A] + (-1) \cdot \ln[B] + (-1) \cdot \ln[C] = 0, \quad (4)$$

$$(1) \cdot \ln[A] + (-1) \cdot \ln[D] + (1) \cdot \ln[E] = 0. \quad (5)$$

Объединением всех условий, полученных для данного линейного участка программы, формируется локальная система размерностей S_i данного участка. Например, полагая, что в процессе задействовано шесть переменных, система, содержащая условия (4) и (5), будет иметь вид:

$$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \cdot \bar{L} = 0, \quad (6)$$

где $\bar{L}$ – вектор-столбец переменных, соответствующих логарифмам размерностей основных переменных процесса. Критерием корректности семантического строя процесса в данном методе формулируется непротиворечивость построенной системы условий. В аналитической форме это требование преобразуется к нетривиальной совместности системы S_i .

Основными положениями предлагаемого способа обнаружения атак класса "переполнение буфера" являются:

- внедрение в стек протоколов передающей станции K сети передачи данных программного модуля, осуществляющего построение системы инвариантов размерности s_K ;
- кодирование и передача параллельно защищаемому информационному сообщению элемента s_K на станцию-получатель;
- внедрение в стек протоколов принимающей станции L программного модуля, осуществляющего построение системы инвариантов размерности s_L ;
- реализация решающей схемы, выполняющей проверку необходимого критерия семантической

корректности процесса обработки данных при передаче по СПД – ($s_K \times s_L$), нетривиально совместна.

Способ обладает нулевым уровнем ложных срабатываний, так как проверяет выполнение качественных условий и при этом использует детерминированные алгоритмы. Способ обнаруживает все аномалии функционирования СПД распределенной ВС, связанные с нарушением системы ограничений размерности. Контроль выполнения критерия способен обнаруживать аномалии, возникшие как в процессе обработки данных в стеках сетевых протоколов абонентских станций, так и в процессе передачи сообщения по СПД.

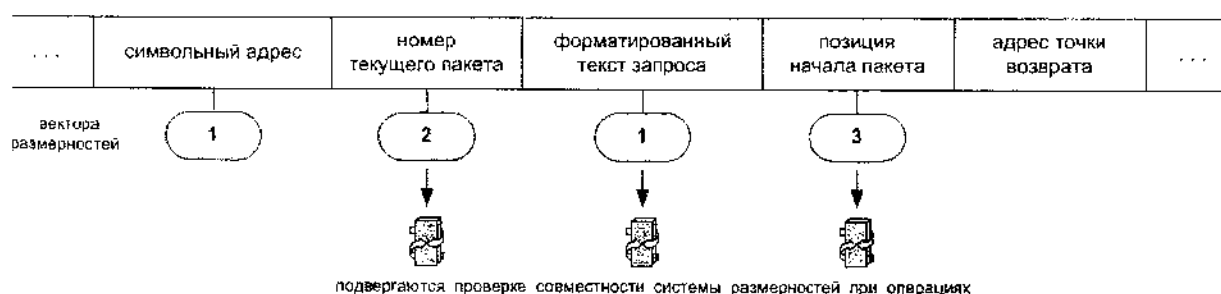
Характеристики качества обнаружения аномальной активности неизменны как для уже известных, так и для новых способов реализаций несанкционированных или непреднамеренных действий. Это свойство обусловлено моделированием нормального (в терминах ограничений размерности) процесса функционирования СПД, а не моделированием различных аномальных ситуаций.

Для проверки нетривиальной совместности матрицы s_K и s_L необходима реализация кодирования и передачи на приемную сторону информационного элемента s_K . Элемент содержит:

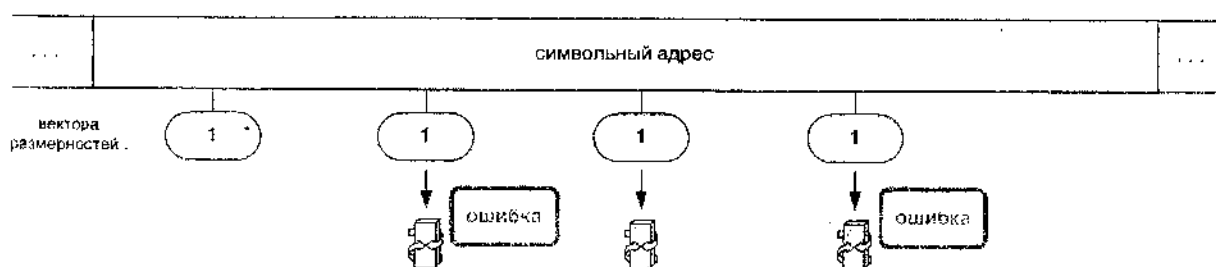
- вектор переменных, содержащихся в заголовке пакета,
- вектор смещений и длин данных переменных,
- матрицу уравнений размерности для данных переменных.

В целях минимизации дополнительного трафика, порождаемого информационным элементом s_K разработано несколько методик кодирования матрицы уравнений размерности (как занимающей основной объем элемента s_K). В зависимости от степени разреженности матрицы возможно либо ее полное кодирование, либо кодирование только ненулевых элементов с указанием позиций в строках матрицы. Для кодирования значений элементов предлагается использовать коды переменной длины, например, код Хаффмана.

На рисунке приведен пример состояния стека процесса обработки пакета на приемной станции



ПРИМЕР ПОЛОЖЕНИЯ ДАННЫХ В БУФЕРЕ ПОСЛЕ СИТУАЦИИ ПЕРЕПОЛНЕНИЯ



Пример состояния стека до и после атаки класса "переполнение буфера"

до и после атаки. В штатном режиме работы переменные, следующие за "символьным адресом", имеют различные вектора размерностей и при проверке формируют непротиворечивую систему ограничений размерности. В случае успешной реализации переполнения буфера для переменной "символьный адрес" у всех переменных, находящихся правее ее, включая адрес точки возврата, вектор размерности сменится на равный вектору переменной "символьный адрес". Это факт с определенной вероятностью будет обнаружен в момент задействования второй или четвертой переменной в процессе обработки заголовка.

Как видно из примера, основными факторами, влияющими на обнаружение инцидента в предложенном способе, являются:

- количество переменных, располагающихся между переполняемой переменной и точкой возврата из процедуры (при увеличении их количества вероятность обнаружения возрастает);
- количество операций, выполняемых в процессе между моментом переполнения буфера и выходом из процедуры (при увеличении количества операций вероятность задействования пере-

менных с нарушенными векторами размерности возрастает);

- характер перезаписанных локальных переменных (совпадение векторов размерности с переполняемой переменной, как, например, у третьей переменной на рисунке, приводит к ложно-отрицательному результату проверки).

Предлагаемый способ позволяет обнаруживать атаки класса "переполнение буфера" в том числе новых видов, не занесенных в базы данных уязвимостей. Отличительной особенностью способа по сравнению с существующими методами поиска корреляционных аномалий является нулевой уровень ложных срабатываний при аналогичном проценте обнаружения инцидентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Janson M. Internet: Forecasting and Reality // Daily Mitot. USA, April 2002.
2. Петренко С.А., Ковалев В.В. Модели и методы обеспечения устойчивости вычислительных процессов в ИВК МО РФ. –М.: Изд-во МО РФ, 2001.

АНАЛИЗ ВИДОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА БАЗЕ РЕСУРСОВ ИНТЕРНЕТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Под ресурсом Интернет образовательного назначения (РИОН) будем понимать совокупность научно-педагогической, учебно-методической, хрестоматийной, нормативно-инструктивной, технической, организационной информации, программных средств и систем образовательного назначения, представленных в формате, обеспечивающем их технико-технологическую поддержку в глобальных сетях и хранящихся на различных серверах.

Рассматривать виды деятельности, которые целесообразно реализовывать, используя образовательный потенциал РИОН, можно в зависимости от уровня подготовки учителя к использованию ресурса (в порядке возрастания квалификации педагога).

Поисковая деятельность на основе тематических каталогов иерархической структуры. Этот вид деятельности предполагает просмотр образовательных и других ресурсов по темам и разделам сайтов, специальным образом структурированных в виде иерархических каталогов общего назначения, как, например, <http://www.Yahoo.com>, <http://km.ru>, www.yandex.ru, www.rambler.ru и др., и предметного, например, www.kinder.ru (каталог ресурсов о детях и для детей (свыше 1000 ресурсов), и др. Такие сайты организованы специально для того, чтобы в процессе просмотра можно было получить существенную информацию по предметной области.

Данный вид деятельности рекомендуется начинающим пользователям, от которых требуется лишь знание адресов и умение пользоваться браузером, чтобы попасть на нужный сайт, а также папкой «Избранное» для использования готовых ссылок и накопления своих собственных. Преимущество этого вида деятельности заключается в том, что сайты с обобщенной иерархической структурой содержат большое количество ссылок на различные ресурсы, содержащих избыточную для учителя информацию. К недостаткам этого

вида деятельности можно отнести обилие информации, несущественной с точки зрения конкретных учебных задач и отвлекающих учащихся от цели работы. С другой стороны, избыточность распределенного информационного ресурса требует умения отличать главное от второстепенного.

Поисковая деятельность с помощью поисковых машин. Следующим уровнем поиска (а также уровнем сложности использования) является организация поиска по ключевому слову, выражению, а также с использованием средств расширенного поиска. Здесь от учителей и учащихся требуется умение составить запрос на поиск, отобрать нужную информацию, количество и качество которой существенно зависит от локализации запроса. Использование средств расширенного поиска, описанных на каждой поисковой машине, позволяет снизить избыточность информации, полученной в результате поиска. Тем не менее этот метод достаточно сложен и в процессе урока можно столкнуться с ситуацией, когда не все учащиеся справляются с задачей отбора необходимой информации.

Использование потенциала распределенных информационных ресурсов для организации исследовательской деятельности учащихся в процессе урока. По мере изучения потенциала распределенных информационных ресурсов учителя могут использовать его непосредственно для исследовательских задач своей предметной области. Включая выполнение учащимися исследовательских проектов с помощью ресурсов Интернет как в off-line, так и в online-режиме на уроках и в качестве домашних заданий, можно адресовать их к определенным ресурсам для проведения исследования, изучения методики проведения эксперимента, просмотра опыта и т.д. Так, например, используя ресурс <http://www.edu.yar.ru/russian/sources/chem/op/op1.html>, можно получить список подробных описаний экспериментов и демонстраций по химии, которые можно выполнить в до-

машинных условиях. С помощью ресурса <http://www.stars-111.narod.ru/> можно получить различные материалы о космосе, звездах, астрономических наблюдениях, космонавтике.

Такие проекты можно достаточно просто и эффективно осуществить, используя возможности мультимедиа, которые предоставляют данные информационные ресурсы. Собранные в процессе работы данные рекомендуется использовать для пополнения информационных ресурсов предметных областей школьного web-сайта.

Сложность организации данного вида деятельности заключается в том, что использование некоторых описанных ресурсов требует от учителя специальной научной подготовки, а также адаптации ресурсов для учащихся либо создания специального пояснительного комментария.

Проведение совместных научных исследований с другими партнерами (классами, школами и т.д.) на базе распределенных информационных ресурсов предметных областей. Этот вид деятельности является модификацией предыдущего, поскольку в процессе исследовательской работы учащиеся с помощью учителя устанавливают контакты с партнерами, работающими над той же проблемой, предоставляют партнерам ресурсы своего сайта, работают с ресурсами в виде распределенных баз данных, обмениваются с партнерами способами обработки и интерпретации информации, участвуют в совместных дискуссиях.

Соответственно от учителей кроме работы с ресурсом Интернет предметной области требуется умение найти партнеров по проекту, спланировать и организовать совместную работу учащихся, провести совместную дискуссию, оформить полученные совместные результаты.

В качестве источника организации этого вида деятельности можно предложить ресурс «SchoolNet Global» (<http://www.schoolnetglobal.com/>) - британский портал интернет-ресурсов, созданных школьниками. Он посвящен "Всемирному учебному плану" (Global Curriculum) по истории, географии и другим предметам; содержит исследовательские проекты школьников, предоставляет возможность выбора из существующих направлений исследований. Можно предложить

свою идею и найти партнеров, желающих принять участие в ее осуществлении.

К достоинствам этого вида деятельности можно отнести синергизм воспитательного воздействия на основе работы с представителями разных культурных особенностей, религиозных убеждений, языков. Учащиеся могут увидеть сходство и различие своего процесса обучения и процесса обучения своих партнеров, что усиливает взаимопонимание и обеспечивает эффективность совместной деятельности.

Недостатком такого рода деятельности является снижение контроля за результатом по сравнению с организацией такого же проекта внутри одного класса. Кроме того, совместная работа осложняется особенностями учебных процессов участников, разницей часовых поясов для организации on-line взаимодействий, языковыми различиями и т.д.

Создание собственного распределенного информационного ресурса в виде тематического каталога предметной области либо персонального web-сайта. По уровню сложности этот вид деятельности не сложнее предыдущего, однако он требует от учителя дополнительных знаний и умений создавать такие страницы. Технически самым простым способом является создание текстовых страниц с помощью обычного редактора Word и сохранение их в виде html-документа. Тематические каталоги должны быть структурированы по темам соответствующей предметной области, снабжены кратким комментарием к содержанию и дополнены примерами использования. Поскольку школьный web-сайт, как определено выше сформулированными требованиями и принципами его создания, является открытым ресурсом, встраивание таких страниц не представляет особого труда.

Дополнительным преимуществом является возможность сократить время поиска учащимися необходимых для изучения темы ресурсов и, следовательно, оптимизировать время урока. Кроме того, как было отмечено выше, это позволяет учителю повысить уровень своей квалификации и обеспечить учащихся важной для изучения данной темы информацией.

В качестве примера создания такого ресурса можно привести ресурс «Особо охраняемые природные территории» (<http://oopt.priroda.ru/>), в нем

даны описания биосферных и природных заповедников, национальных парков, памятников природы, заказников и иных ООПТ Российской Федерации, населяющих их видов животных и растений, занесенных в Красные книги МСОП, Российской Федерации и регионов России, лента новостей ООПТ, каталог тематических сайтов и др. Созданный таким образом ресурс должен периодически проверяться на предмет достоверности ссылок и обновляться по мере появления новых ресурсов данной предметной области.

Обучение и помощь в создании учащимися своих собственных ресурсов Интернет. Одной из таких форм деятельности является участие в международной организации Think Quest (www.thinkquest.org), которая провозгласила своей целью создание ресурсов Интернет интернациональными группами учащихся, представляющих национальные особенности образования каждого участника группы. Необходимым условием участия в деятельности этой организации является наличие интернациональной команды учащихся и учителей-тренеров. Далее команда с помощью средств телекоммуникаций выбирает тему исследования, связанную с углубленным изучением какого-нибудь раздела предметной области (или нескольких областей), проектирует свой ресурс Интернет и выставляет его на сайте www.thinkquest.org. Все этапы создания ресурса, все коммуникации участников осуществляются через Интернет.

Такой вид деятельности позволяет организовать более тесные связи между учителями и учащимися в процессе обучения, имеющего своей целью создание ресурса по результатам изучения выбранной темы. При этом изменяется роль учителя, который выступает в качестве консультанта и организатора исследовательской деятельности учащегося, кроме того, учителя-тренеры обмениваются идеями совершенствования своей стратегической деятельности для достижения целей и получения необходимых результатов. Параллельно с этим учащиеся, которые в большей степени осваивают технологию проектирования web-страниц, в свою очередь становятся консультантами для учителей, что повышает их значимость и усиливает чувство собственного достоинства.

Создание ресурсов Интернет требует от участ-

ников (в том числе и от учителей) больших временных затрат, в основном во внеурочное время, но отдача от работы, как правило, окупает затраченное дополнительное время, поскольку учащиеся глубоко погружаются в изучаемый предмет, а учителя более глубоко осваивают технологию создания web-страниц.

Создание Web-квеста (WebQuest), т.е. создание ресурса Интернет образовательного назначения по определенной теме, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к учебному продукту (см., например, <http://school-sector.relan.ru/web-quests>). Это отдельный вид деятельности, который предназначен для учителей, заинтересованных в развитии образовательных ресурсов своих предметных областей в форме ресурсов Интернет и склонных к самостоятельному проектированию web-страниц. Для организации его учитель разрабатывает сценарий возможных информационных взаимодействий с будущим ресурсом, выдает учащемуся (либо группе учащихся) список заданий, которые должны быть осуществлены, список существенных для информационного обеспечения ресурсов, требования к знаниям и умениям, которые учащиеся должны приобрести в процессе работы по созданию ресурсов Интернет, критерии оценки их деятельности. При этом заранее определяются сроки выполнения работы с учетом как классной, так и дополнительной внеклассной работы учащихся.

Работа над созданием Web-квеста требует от учащихся более глубокого уровня погружения в предмет, чем это предполагает даже исследовательская деятельность. Он становится как бы организатором приобретения знаний для учащихся – будущих пользователей этого ресурса. Им необходимо быть исследователями более высокого ранга, анализируя возможные ситуации, возникающие у тех, кто будет работать с этим ресурсом, сопоставляя различные точки зрения и позиции, объединяя различные варианты данных, способы представления информации, оценивая разные ситуации.

Очевидно, что создание хорошего, с педагогических позиций, ресурса требует больших затрат времени и умений структурировать информацию, максимально соответствующую тем учебным задачам, ради выполнения которых этот ресурс за-

думывался и создавался. Очевидно также, что не все учителя (а тем более учащиеся) способны к этой деятельности. Большим искусством является также отбор соответствующего материала и его количество. Тем не менее этот вид деятельности активизирует все знания, умения и навыки, полученные с помощью предыдущих уровней использования.

Поддержка учебного курса средствами ресурсов Интернет. Этот вид деятельности ориентирован на специализированную старшую школу и предназначен для реализации локального либо школьного образовательного компонента. Такая работа требует координации усилий группы специалистов (среди которых могут быть и учащиеся) содержательной области, дизайна, web-программирования, графики и т.д. Например, в

поддержку преподавания курса химии можно предложить ресурс "1С:Репетитор. Химия" (<http://repetitor.1c.ru/online/disp.asp?10;3>), в котором представлены основы общей, органической и неорганической химии, фото- и видеоиллюстрации, справочные материалы, задачи и контрольные работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касторнова В.А., Прозорова Ю.А. Методические рекомендации по использованию ресурсов Интернет образовательного назначения в общем образовании // Ученые записки ИИО РАО. – 2004. – Вып. 12. – С. 66-106.

УДК 681.327

Т.Г. Нарушевич
Кафедра программного обеспечения ЭВМ

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ЗАПРАВКИ ТКАЦКОГО СТАНКА ДЛЯ РУЧНОГО ТКАЧЕСТВА

Традиции ручного народного ткачества уходят корнями в глубокое прошлое. Получаемые таким образом изделия относятся к народным промыслам, имеют высокую художественную и рыночную стоимость, поэтому ткацкое производство до сих пор актуально, а его продукция востребована потребителем.

Город Череповец исторически сложился не только как промышленный, но и как культурный центр. Одним из ведущих предприятий ручного узорного ткачества является фабрика «Красный ткач». В 80-х – 90-х годах XX века продукция фабрики экспонировалась на международных выставках: Венесуэле, Лос-Анджелесе, Лиссабоне, Лейпциге, Познани, ФРГ, Югославии и др. На предприятие постоянно поступали заказы по созданию изделий для оформления номеров гостиниц, общественных зданий и т.д.

Однако, являясь ведущим предприятием узорного ткачества, в настоящее время фабрика является убыточной. Продукция фабрики не пользуется

должным спросом из-за малого ассортимента и медленного его обновления. Разнообразие ассортимента и качество орнамента на ткани зависят от применяемой технологии ткачества. Например, на так называемых «жаккардовых» станках, имеющих более широкие возможности, можно создавать изделия с более сложным рисунком. Алгоритм подъема ремиз на «жаккардовых» станках задается специальными перфокартами. Создавать новые изделия на таких станках легче и быстрее из-за более широких технических возможностей и меньшего количества ограничений. Однако, даже имея более скромные возможности создания изделий, предприятие могло бы работать эффективнее, если бы могло создавать конкуренцию своим соперникам. Одним из условий хорошего спроса на продукцию является наличие большого ассортимента выпускаемой продукции, что может обеспечить гибкость по отношению к рыночной ситуации.

Рассмотрение технологической цепочки пока-

зывает, что наиболее узким местом производственного процесса является процесс создания нового изображения, который полностью зависит от художника-дизайнера предприятия. В случае фабрики «Красный ткач» большая трудоемкость работы художника по созданию нового изделия «тормозит» развитие предприятия, не позволяет приспособиться к рыночной ситуации, подстроиться под покупателя.

В связи с тем, что труд художника является полностью ручным, на разработку нового изделия у одного дизайнера уходит в среднем один месяц. С учетом того, что только одно из трех-четырех разработанных изделий будет отобрано комиссией предприятия, новое изделие появляется не чаще, чем раз в два-три месяца. Так как работа художника носит итерационный характер, после появления художественной идеи у него может возникнуть необходимость несколько раз корректировать изделие и создавать опытные образцы для исследования, прежде чем появится окончательный вариант.

Художнику в своей работе требуется решать несколько задач: во-первых, художник может задаться видом подвязки нитей основы, ходом по подножкам, подвязкой подножек, чтобы получить вид карты переплетений. Это требуется для приближенной оценки представления рисунка на ткани; во-вторых, перед художником может возникнуть обратная задача, то есть необходимость по карте переплетений получения схемы подвязки нитей основы, хода по подножкам, подвязки подножек к ремизам. Эта задача возникает тогда, когда художник создает новое изделие, следуя от эскизного варианта и от предварительного вида карты переплетений, созданной по эскизу; и в-третьих, если художнику не удастся без изменения карты переплетений уменьшить число используемых подножек, он может принять решение об изменении карты переплетений с целью упрощения работы ткача по созданию изделия. Кроме того, среди процессов, выполняемых художником вручную, есть такие операции, как преобразование палитры изображения, которое в настоящий момент производится приближенно, соот-

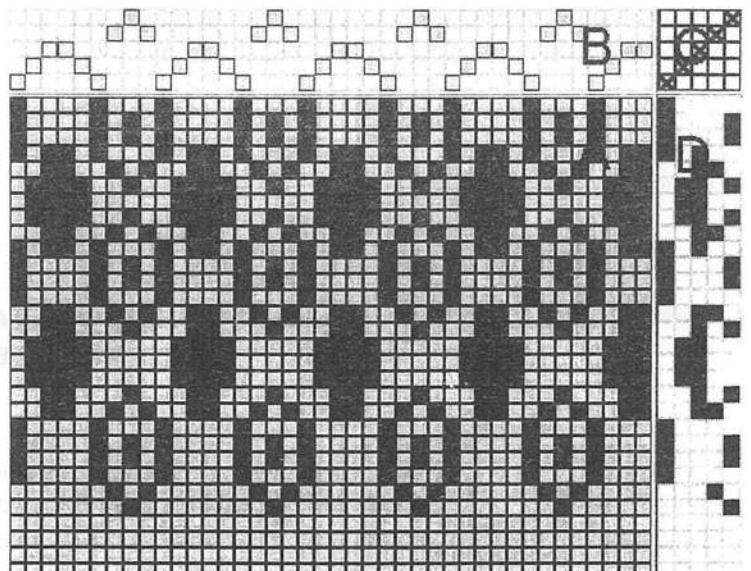
ветственно, возможны ошибки художника. Контроль реализуемости полученного изделия также производится вручную и, как правило, уже после разработки. В результате чего увеличивается время разработки.

Следовательно, автоматизация труда художника актуальна, она может ускорить работу, сократить трудоемкие вычисления и преобразования и, как следствие, повысить ассортимент выпускаемой предприятием продукции.

Ткачу, чтобы начать работу, требуется так называемая карта заправки. Это документ, который определяет настройку ткацкого станка и алгоритм нажатия подножек станка ткачом для создания того или иного изделия ткачества. Карта заправки разрабатывается художником-дизайнером предприятия и выдается ткачу для реализации. Карта заправки представляет собой рисунок, выполненный чаще всего на клетчатой бумаге.

Как видно из рисунка, карта заправки ткацкого станка состоит из четырех полей: поле рисунка – *A*, поле подвязки нитей основы к ремизам – *B*, поле подвязки подножек к ремизам – *C* и поле хода по подножкам – *D*.

Если представить каждое поле карты заправки в виде матрицы, то можно установить взаимосвязь между матрицами *A*, *B*, *C* и *D*. Исходя из этой взаимосвязи можно получить матрицу *A*, если из-



Карта заправки ткацкого станка

вестны матрицы B , C и D при решении задачи получения карты переплетений по ходу и подвязкам, или матрицы B , C и D по известной матрице A при решении обратной задачи создания карты заправки ткацкого станка по известному рисунку. В отличие от прямой задачи эта задача не имеет однозначного решения, но имеет ряд ограничений, связанных с трудностями при ткачестве изделия. Поэтому возникает необходимость искать пути для оптимизации заправки, а именно хода по подножкам с тем, чтобы упростить создание продукта ткачества.

Разрабатываемая система берет на себя выполнение некоторых операций при разработке дизайнером карты заправки ткацкого станка, которая выдается ткачу для создания изделия или опытного образца. Эта система позволит художнику выполнять основные действия над картой заправки: преобразование карты переплетений в ход по подножкам, подвязку подножек и подвязку нитей основы; уменьшение количества подножек в карте заправки без изменения карты переплетений и с изменением последней достаточно быстро и без лишних усилий.

Для разработки математического обеспечения нам потребовалось перейти от карты заправки к ее представлению в матричной форме.

Таким образом был получен опорный план заправки ткацкого станка, однако следует заметить, что такой план в некоторых случаях дает нереализуемый (труднореализуемый) для ткача алгоритм

нажатия подножек. На практике этот алгоритм дает неподходящий ход по подножкам уже для рисунков, которые требуют 3-4 подножек. Труднореализуемость связана с тем, что данная методика дает алгоритм нажатия, который требует нажимать три группы подножек одновременно, либо группу подножек более чем из четырех педальей. Трудности при ткачестве изделия возникнут и тогда, когда в ходе присутствуют две группы, в одной из которых более трех подножек.

Предложенная система может быть использована как для разработки новых сюжетных узоров для ручного ткачества, так и для восстановления существующих изделий по музейным образцам и материалам поисковых экспедиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов Е.В., Нарушевич Т.Г., Кутузов Д.А., Осетров Е.Н. Программное обеспечение автоматизированного контроля плотности ткани при ручном ткачестве // Оптические, радиоволновые и тепловые методы и средства контроля качества материалов, промышленных изделий и окружающей среды: Тезисы докладов 8-й Международной НТК. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. - С. 53.
2. Иоксимович Ч.М. Спутник ткацкого мастера за 1920 год. - М., 1910.
3. Лунд-Иверсен Б. Ткацкие переплетения. - М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1986.

УДК 669.1:0.11.56 075.8

А.Л. Смылова, И.М. Брезгунов, А.А. Россихин
Кафедра автоматизации и систем управления

ПРОГРАММА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕГО ДУТЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Доменная печь как объект управления обладает большой инерционностью и временем запаздывания. Такое значение параметров процесса существенно усложняет управление особенно "сверху". Управление "снизу" менее инерционно, но его воздействие значительно слабее. Поэтому управ-

ление "снизу" используется для исправления нарушений процесса, вызванного неточностью управления "сверху". Кроме того, на управляющие воздействия "снизу" наложен ряд ограничений. Например, невозможно повысить при управлении температуру дутья, так как она поддержи-

вается максимально возможной по техническим условиям (стойкость кладки воздушнонагревателей).

Воздушнонагреватели (ВН) представляют собой регенеративные теплообменники периодического действия, обеспечивающие нагрев дутья выше 1300 °С. Доменные печи оснащаются тремя или четырьмя ВН, режим включения которых может быть различным. Каждый ВН попеременно работает в режимах отопления и аккумуляции тепла насадкой регенератора ("на нагреве") и остывания насадки при нагреве дутья ("на дутье"). Перевод ВН с одного режима на другой может осуществляться по временной программе (например, 1 ч "на дутье" и 2 ч "на нагреве") или по показателю, характеризующему остывание ВН. Основными задачами автоматического управления тепловым режимом ВН являются: полное сжигание топлива, нагрев насадки до определенной температуры с ограничением предельной температуры купола ВН для предотвращения разрушения огнеупоров, автоматическое переключение с режима "на нагреве" в режим "на дутье" и наоборот.

Система стабилизации температуры горячего дутья (рис. 1) строится различным образом в зависимости от режима включения воздушнонагревателей (ВН). При последовательном режиме работы один воздушнонагреватель (например, ВН 1) находится на дутье, остальные – на нагреве. Температура горячего дутья в этом случае поддерживается регулятором 1 путем смешения с холодным дутьем при помощи смесительного клапана 2. В начале периода работы ВН на дутье клапан имеет максимальное открытие, которое уменьшается до прак-

тически полного закрытия по мере остывания ВН. При попарно-параллельном режиме два ВН всегда находятся на дутье и два на нагреве. Переключение на дутье двух ВН происходит не одновременно, а со сдвигом во времени. Как только ВН включается на дутье, расход воздуха через него минимальный, а затем по мере охлаждения предыдущего ВН дутье между ними перераспределяется с помощью регулятора 1 и клапанов 3 так, чтобы поддерживать постоянную температуру. Как только расход дутья через предыдущий ВН уменьшится до нуля, он отключается и подключается последующий.

Для наглядного представления технологического процесса была разработана программа, позволяющая наглядно отобразить систему в виде мнемосхемы и динамически выводить параметры системы на экран. Структурная схема контура регулирования температуры горячего дутья приведена на рис. 2, 3.

В состав структурной схемы входит ограниченный набор типовых звеньев: интеграторы, апериодические и дифференцирующие элементы, пропорционально-интегральные регуляторы, реле.

В основу процедуры моделирования типовых звеньев положен метод Рунге-Кутты. Применительно к интегратору он может быть представлен таким образом:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{1}{Tp};$$

$$Y(p) \cdot p = \frac{X(p)}{T}, \quad \frac{dy}{dt} = \frac{X(t)}{T}.$$

В конечных приращениях то же самое можно записать в виде:

$$\Delta y = \frac{\Delta t}{T} X;$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_n = Y_n + \frac{\Delta t \cdot X_n}{T},$$

где T – постоянная интегрирования звена; X_n , Y_n – соответственно вход и выход звена на n -м шаге расчета; Δt – величина интервала времени, в течение которого входное воздействие считается постоянным.

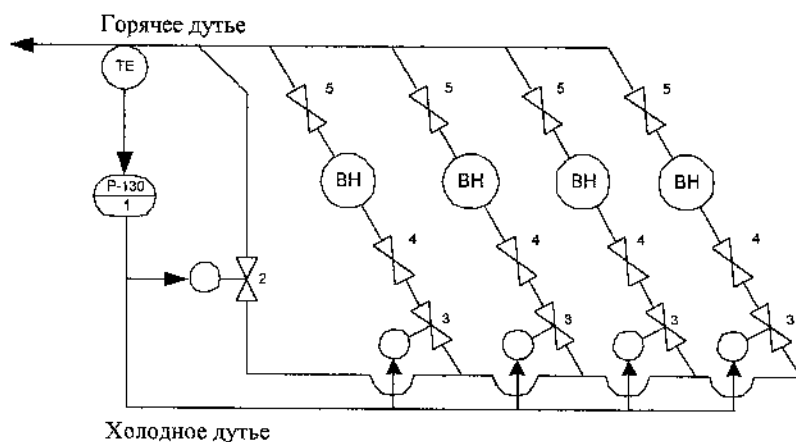


Рис. 1. Система регулирования температуры горячего дутья

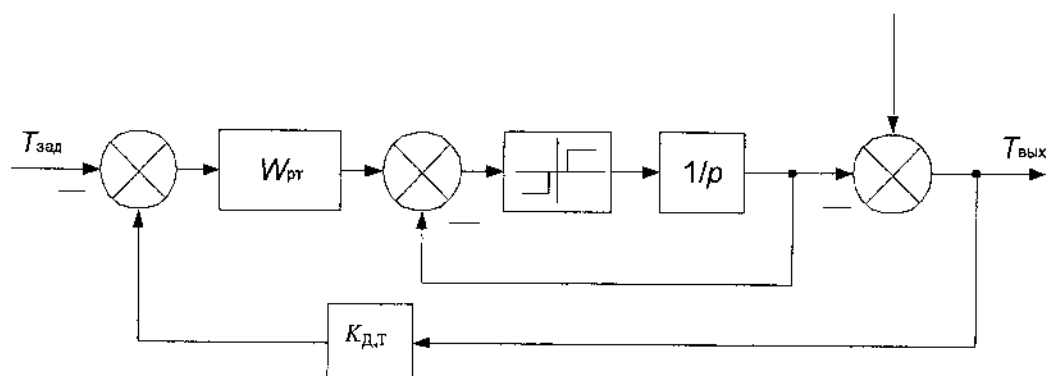


Рис. 2. Контур регулирования температуры горячего дутья (подробная модель)

Воздухонагреватель моделируется инерционным звеном первого порядка. Входная величина – расход газа в условных единицах. В режиме нагрева на вход подается 1, в режиме дутья – 0. Выходная величина – температура воздуха на выходе воздухонагревателя. В режиме нагрева задание на расход газа равно 1. По мере прогрева ВН температура купола начинает возрастать до достижения максимально допустимого значения. Когда температура воздухонагревателя достигает 1300, задание на расход газа устанавливается равным 0, воздухонагреватель переводится в режим дутья.

Температура воздуха на выходе в первый момент времени равна 1300 и с течением времени уменьшается по экспоненциальному закону. Когда температура воздухонагревателя достигает 1000, задание на расход газа устанавливается равным 1, воздухонагреватель переводится в режим нагрева, воздух не подается. В режим дутья переводится

следующий воздухонагреватель.

Максимальная температура на выходе ВН составляет 1300, минимальная равна заданной – 1000 градусов. Диапазон регулирования составляет 300 градусов, открытие клапана на 1 процент приводит к изменению температуры на выходе на 3 градуса.

Температура в магистрали горячего дутья сравнивается с заданной. Регулятор управления клапаном выдает сигнал на исполнительный механизм в процентах открытия (0 % – клапан закрыт, 100 % – клапан полностью открыт).

В программе предусмотрен выбор структуры регулятора и его параметров, реализованы П, ПИ, ПД, ПИД регуляторы.

Исполнительный механизм моделируется двумя способами.

- упрощенная модель, представляет собой инерционное звено первого порядка. В упрощенной модели настраиваемым параметром является постоянная времени механизма;

- подробная модель, состоящая из реле с нечувствительностью и интегратора, охваченных отрицательной обратной связью. Настраиваемыми параметрами являются уровень выходного сигнала реле K и порог нечувствительности H .

Задание на температуру выдается в градусах, оно постоянно и равно 1000 градусов.

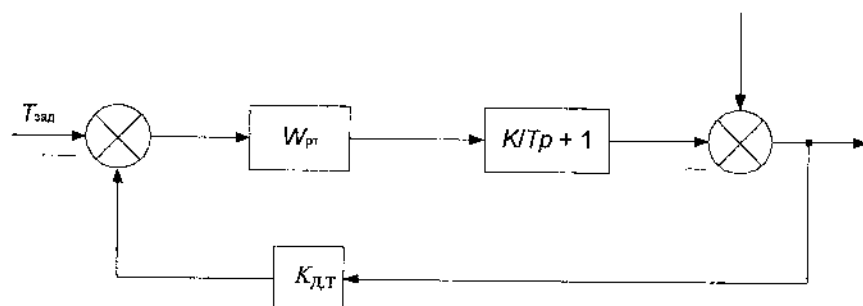


Рис. 3. Контур регулирования температуры горячего дутья (упрощенная модель): $T_{зад}$ – задание на горячее дутье; $W_{рт}$ – регулятор положения смесительного клапана; K – коэффициент исполнительного механизма; $K_{дт}$ – датчик температуры; $T_{вых}$ – температура горячего дутья, поступающего в печь; ограничения на регуляторе и на исполнительном механизме 0-100

Шаг интегрирования задается пользователем исходя из цели моделирования и параметров системы.

Математическая модель была реализована в среде визуального программирования C++Builder v.6 в виде интерактивной схемы, с реализацией динамического отображения состояния схемы в виде графиков.

В программе реализованы модели воздухогревателя, регулятора с возможностью выбора его структуры и исполнительного механизма, остальные элементы структурной схемы реализованы непосредственно в алгоритме обработки данных.

Следует также отметить, что в программе есть возможность динамического вывода на экран необходимых параметров структурной схемы, отдельные параметры модели можно настраивать в режиме реального времени, также можно менять параметры регулятора, исполнительного механиз-

ма, выбор ручного или автоматического режима, изменять режим течения времени.

Специально для программы была разработана универсальная система графической визуализации, имеющая невысокие аппаратные требования, данная система оптимизирована для работы с операционными системами Windows NT/2000/XP, в среде Win9x/Me возможна некорректная работа программы из-за особенностей реализации аппаратного таймера в этих операционных системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинков Г.М., Маковский В.А. АСУ ТП в черной металлургии: Учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и перераб. – М.: Металлургия, 1999.
2. Ургхарт Фергус. Программирование графических интерфейсов. Руководство разработчика: Учеб пособие. Т. 1. / Пер. с англ. – М.: Изд-во «Вильямс», 2001.

УДК 681.5. 017.511

Н.С. Николаев, А.Л. Смылова

Кафедра автоматизации и систем управления

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВХОДНОГО СИГНАЛА СИСТЕМЫ ЦЕНТРИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОЛОСЫ

Входной сигнал системы центрирования, являясь случайным, обладает свойством стационарности и эргодичности [1]. Для оценки случайных процессов используются такие статистические характеристики, как математическое ожидание, дисперсия, функция автокорреляции. Большинство случайных процессов характеризуется тем, что оценки их основных статистических характеристик можно получить из единственной реализации [1], [2]. Поскольку входной сигнал центрирующей системы непрерывен, а управляющее устройство обрабатывает цифровые сигналы, то сигнал $x_{вх}(t)$, характеризующий отклонение полосы от оси агрегата, в процессе аналого-цифрового преобразования дискретизируется с шагом T_0 .

Математическое ожидание совокупности случайных величин $x(nT_0)$ конечного объема N определяется выражением

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(nT_0). \quad (1)$$

Оценка (1) является несмещённой и её точность увеличивается с ростом N .

Дисперсия выборочного среднего считается по формуле

$$D[\bar{x}] = D\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i\right] = \frac{1}{N^2} D\left[\sum_{i=1}^N x_i\right].$$

Следовательно, для независимых замеров

$$D[\bar{x}] = \frac{D[x_i]}{N}.$$

Оценка дисперсии случайного процесса $x(t)$ по дискретным отсчётам $x(n)$ может быть найдена из выражения

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [x(n) - \bar{x}]^2.$$

Оценка АКФ случайного процесса $x(t)$ по дискретным значениям $x(n)$ находится по выражениям

$$R_x^*(\tau) = \frac{T_d}{N} \sum_{n=0}^{N-|\tau|} x(n) x(n+\tau), \quad (2)$$

$$R_x^{*1}(\tau) = \frac{T_d}{N-|\tau|} \sum_{n=0}^{N-|\tau|} x(n) x(n+\tau), \quad (3)$$

где $R_x^*(\tau)$ и $R_x^{*1}(\tau)$ - смещённая и несмещённая оценки АКФ входного сигнала соответственно; $\tau = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Несмотря на кажущуюся простоту выражений (2) и (3), оценки АКФ требуют больших вычислительных затрат.

В практических приложениях АКФ находят не по формулам (2) и (3), а по оценке выборочной спектральной плотности, которые связаны между собой преобразованием Фурье

$$R_x^T(\tau) = \int_{-T}^T S_x^*(f) e^{j2\pi f \tau} df,$$

где T - некоторый интервал наблюдения, определяемый временем (интервалом) корреляции.

В реальных установках для оценки спектральной плотности часто применяется метод вычисления периодограмм. Для этого необходимо вычислить ДПФ случайной последовательности.

Метод оценки спектральной плотности посредством вычисления периодограмм состоит в разбиении всей последовательности $\{x(n)\}$ на M последовательностей длиной в N отсчётов. Последовательности $x_r(n)$ могут быть перекрывающимися (сдвинутыми одна относительно другой на L отсчётов), т.е. $x_r(n) = x(n+rL)$, $r = 0, 1, \dots, M-1$.

Далее вычисляется ДПФ от произведения $x_r(n) w(n)$

$$x_r(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_r(n) w(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk},$$

где $w(n)$ - сглаживающее временное окно. Роль этого окна состоит в уменьшении дисперсии

оценки спектральной плотности, т.е. увеличении её точности.

Вычисление спектральной плотности с использованием периодограмм решает многие проблемы, связанные с цифровой обработкой сигналов, но при проведении этих вычислений предъявляются достаточно высокие требования к процессору по вычислительной мощности. Для преодоления этой проблемы в работе предлагается использовать метод оценки спектральной плотности на основе использования быстрого преобразования Уолша (БПУ). Этот метод подобен методу периодограмм, однако является существенно более быстроедействующим, так как при этом не нужно выполнять умножения.

Разложим последовательность $\{x(n)\}$ в базисах дискретных экспоненциальных функций

$\varphi_s(n, k) = \exp\left(j\frac{2\pi}{N}nk\right)$ и дискретных функций

Уолша $\varphi_w(n, k)$:

$$x_r(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_{sr}(k) \varphi_s(n, k), \quad (4)$$

$$x_r(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_{wr}(k) \varphi_w(n, k), \quad (5)$$

где $X_{sr}(k)$ и $X_{wr}(k)$ - коэффициенты разложения в базисах $\varphi_s(n, k)$ и $\varphi_w(n, k)$ соответственно.

Известно [3], что спектральные коэффициенты разложения в разных базисах связаны соотношением

$$S_2(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S_1(n) \Phi(n, k), \quad (6)$$

где $\Phi(n, k) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \varphi_w(n, m) \varphi_s^*(k, m)$ называется

ядром Фурье. Ядра Фурье составляют ортонормированную систему функций

$$\sum_{k=0}^{N-1} \varphi(n, k) \varphi^*(m, k) = \begin{cases} 1, & \text{при } n=m, \\ 0, & \text{при } m \neq n. \end{cases}$$

Оценкой спектральной плотности в базисе экспоненциальных функций последовательности $\{x(n)\}$ служит

$$S_x^*(f_k) = \overline{|x_{s,r}(k)|^2}. \quad (7)$$

Усреднение в (7) выполняется суммированием либо по k с весами соседних $x_{s,r}$ значений $|x_{s,k,r}|^2$, либо с одинаковым весом соответствующих значений $|x_{s,k,r}|^2$ нескольких периодограмм для $r = 0, 1, \dots, M-1$. В последнем случае сохраняется высокая разрешающая способность оценки спектральной плотности. Из (4) и (5) с учётом (6) получим

$$X_x^*(f_k) = \overline{|X_{s,k}|^2} = \sum_{n=0}^{N-1} \overline{|X_{w,n}|^2} |\Phi(n,k)|^2.$$

Оценку $\overline{|X_{w,n}|^2}$ получим методом усреднения M периодограмм в базисе дискретных функций Уолша

$$\overline{|X_{w,n}|^2} = \frac{1}{M} \sum_{l=0}^{M-1} \overline{|X_{w,n,l}|^2}.$$

В общем случае подпоследовательности $\{x_r(n)\}$, которые формируются из исходной последовательности $\{x(n)\}$, могут быть перекрывающимися по времени.

Для реализации этого метода разработан алгоритм оценки спектральной плотности случайного процесса в базисе дискретных экспоненциальных функций, использующий алгоритм БПУ. Он состоит из следующих этапов.

1. Формирование последовательностей $\{x_r(n)\}$ из $\{x(n)\}$.
2. Вычисление ДПУ методом БПУ от $x_r(n)$.

3. Вычисление квадратов модулей коэффициентов ДПУ.

4. Усреднение найденных несглаженных оценок спектральной плотности в базисе функций Уолша.

5. При $r < M-1$ возврат к п. 4.

6. Преобразование полученных спектральных оценок в базисе Уолша в оценки спектральной плотности в базисе экспоненциальных функций.

При оценке $S^*(f_k)$ по предполагаемой методике вычислительные затраты составляют $2N^2$ комплексных умножений и около $M \cdot N \cdot \log_2 N + Nm + N^2$ комплексных сложений. Для типичных значений N и M равно 128. Выигрыш в вычислительных затратах по сравнению с методом периодограмм составляет примерно 1,3. Увеличение выигрыша достигается при уменьшении N и росте M , так, например, при $N = 64$ и $M = 200$ выигрыш составляет около 2,8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических процессов в прокатном производстве / Под ред. Б.Б. Тимофеева и В.И. Попельхуна. – М.: Металлургия, 1979. – 243 с.
2. Грибанов Ю.И., Мальков В.Л. Погрешности и параметры цифрового спектрально-корреляционного анализа. – М.: Радио и связь, 1984. – 268 с.
3. Коган Б.Я. Электронные моделирующие устройства и их применение для исследования систем автоматического регулирования. – М.: Радио и связь, 1991. – 68 с.

УДК 681.3.62

Ю.В. Саутин, Н.С. Николаев

Кафедра автоматизации и систем управления

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВХОДНОГО СИГНАЛА ПРИ СИНТЕЗЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Современные условия предъявляют повышенные требования к качеству и скорости управления в технических системах, чего можно добиться, заранее прогнозируя поведение системы. Задача

осложняется тем, что чаще нам неизвестны точные характеристики объекта управления, то есть невозможно создать точную математическую модель объекта. Другими словами, система управ-

ления работает в условиях неопределенности.

Учитывая, что реакция определяется входным воздействием, задача прогнозирования будущего состояния системы в большинстве случаев сводится к задаче прогнозирования входных воздействий. Традиционно эта задача решалась экстраполированием входного воздействия как математической функции. Методы экстраполирования изначально основаны на аппроксимации функции степенными многочленами и дают качественные результаты только при интерполировании, что ограничивает их применение. Стоит также отметить, что на текущий момент еще до конца не разработан математический аппарат более точной идентификации систем и прогнозирования их поведения. В основе всех алгоритмов, реализующих указанные методы, лежат работы Гаусса, Чебышева и др., дающие качественный результат только при краткосрочном прогнозировании.

Наиболее перспективным направлением решения задачи упреждающего управления является применение теории фракталов, находящей свою реализацию в нейронных сетях [1].

Каждая система управления характеризуется наличием уникального, присущего только ей фрактала [2]. Он определяет множество траекторий, по которым может двигаться система, т.е. изменять свои состояния в пространстве и времени. Для систем управления технологическими процессами во многих случаях необходимо отыскать фрактал изменения входного сигнала. Для этого используются методы предсказания возможных изменений входного воздействия.

В моделях экстраполяции в качестве математической модели объекта можно брать полином любого вида и любого порядка, в частности, полином Колмогорова-Габора [2]. Для любого из них требуется определить значения коэффициентов регрессии. Многие из них будут в равной степени отвечать первичным данным, т.е. для каждого объекта, который рассматривается как «черный ящик», можно составить не одну-единственную, а бесконечное множество моделей, которые имеют одинаковое или почти одинаковое внешнее поведение.

Обозначим через переменную величину $x(t)$ вход некоторого объекта, выходную величину – через $y(t)$. Тогда общим выражением, связываю-

щим вход и выход, является ряд Вольтерра:

$$y(t) = a_0 + \int a_1(\tau)x(t-\tau)d\tau + \\ + \iint a_2(\tau_1\tau_2)x(t-\tau_1)x(t-\tau_2)d\tau_1d\tau_2 + \\ + \iiint \dots d\tau_3d\tau_4d\tau_5 + \dots,$$

где a_0 – константа, $a_1(\tau)$ – импульсная функция линейной части, $a_2(\tau_1\tau_2)$ – импульсная функция нелинейной части. Для линейных систем члены с двойным и тройным интегралом равны нулю. Остаются только первые два члена – постоянная составляющая и интеграл свертки. При переходе к дискретному отсчету значений ряд Вольтерра превращается в так называемый обобщенный степенной полином, который в задачах предсказания значений функций называют оператором, или полиномом Колмогорова-Габора:

$$y[k] = a_0 + \sum_{i=1}^r a_i x_i + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r a_{ij} x_i x_j + \\ + \dots + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r \dots \sum_{p=1}^r a_{ij\dots p} x_i x_j \dots x_p,$$

где $y[k]$ – значение выхода в момент времени k при учете p предыдущих значений ($x_1, x_2, \dots, x_p$).

Для прогнозирования следующего значения случайной функции $f = \varphi_m$ по одному предшествующему значению $f = \varphi_{m-1}$ применяют простейший полином:

$$\varphi_m = a_0 + a_1 \varphi_{m-1} + a_2 \varphi_{m-1}^2 + a_3 \varphi_{m-1}^3 + \dots$$

Если учитывают два предшествующих значения φ_{m-1} и φ_{m-2} , полином для $f = \varphi_m$ имеет вид:

$$\varphi_m = a_0 + a_1 \varphi_{m-1} + a_2 \varphi_{m-2} + \\ + a_3 \varphi_{m-1}^2 + a_4 \varphi_{m-2}^2 + a_5 \varphi_{m-1} \varphi_{m-2}.$$

В общем случае идентификация с помощью полинома Колмогорова-Габора предусматривает два главных этапа:

– определение коэффициентов полинома с помощью решения системы линейных уравнений (прямой метод) или подбор весов полиномиальной сети по методу обратного распространения;

– реализация предсказывающих фильтров.

К сожалению, системы линейных алгебраических уравнений во многих случаях образуют несовместную систему, решение которой традиционными математическими методами невозможно. Метод решения таких систем в нейросетевом логическом базисе с его возможностью регуляризации решения является, по-видимому, единственно возможным, преимуществом которого является инвариантность к степени обусловленности матрицы системы уравнений, а также возможность без принципиальных осложнений решать совместные и несовместные системы уравнений большой размерности.

Приведем пример применения прямого метода вычисления коэффициентов путем решения системы линейных уравнений с помощью нейросетей. Для этого требуется восемь значений функции (предыстория) для формирования системы уравнений 6-го порядка (рис. 1).

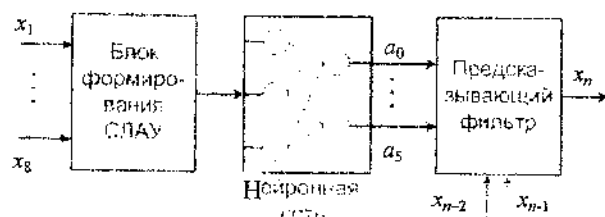


Рис. 1. Общая схема реализации предсказывающего фильтра Колмогорова-Габора

Возьмем для решения задачи предсказания значений функции путем решения прогнозного уравнения, коэффициенты которого определяются, в свою очередь, путем решения системы ли-

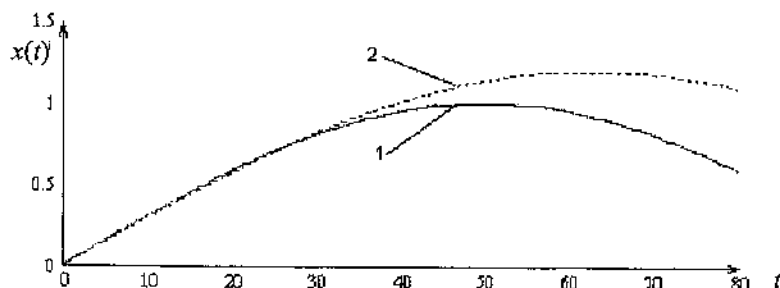


Рис. 2. Результаты прогнозирования с использованием полинома Колмогорова-Габора: 1 – реальные значения; 2 – прогнозные значения

нейных уравнений, следующую функцию, представленную таблично:

x	1	2	3	4	5	6	7	8
y	0,0314	0,0628	0,0941	0,1253	0,1564	0,1874	0,2181	0,2487

Нормальные уравнения Гаусса для множества представленных пар $\{x, y\}$ имеют вид $Ax = B$, где значения элементов матрицы A и векторы правых частей b приведены ниже (первый этап реализации фильтра).

$$A = \begin{pmatrix} 1,0000 & 0,0314 & 0,0628 & 0,0010 & 0,0039 & 0,0020 \\ 1,0000 & 0,0628 & 0,0941 & 0,0039 & 0,0089 & 0,0059 \\ 1,0000 & 0,0941 & 0,1253 & 0,0089 & 0,0157 & 0,0118 \\ 1,0000 & 0,1253 & 0,1564 & 0,0157 & 0,0245 & 0,0196 \\ 1,0000 & 0,1564 & 0,1874 & 0,0245 & 0,0351 & 0,0293 \\ 1,0000 & 0,1874 & 0,2181 & 0,0351 & 0,0476 & 0,0409 \end{pmatrix},$$

$$b = \begin{pmatrix} 0,0941 \\ 0,1253 \\ 0,1564 \\ 0,1874 \\ 0,2181 \\ 0,2487 \end{pmatrix}$$

Подставив значения этих коэффициентов в главное прогнозное уравнение и имея значения x_{m-1}, x_{m-2} , получаем значения x_m (второй этап реализации фильтра). Отметим, что определитель матрицы равен 10^{-34} . Далее на рисунке приведены результаты прогнозирования на основании полинома Колмогорова-Габора. Нетрудно заметить, что ошибка прогноза для первых 40 отсчетов составляет менее 5 % (рис. 2).

Из рис. 2 следует, что при использовании полинома Колмогорова-Габора с возрастанием времени ошибка увеличивается. Поэтому для увеличения точности прогнозирования необходимо применять другие методы.

Одним из наиболее точных является метод погружения. Суть метода состоит в аппроксимации функции многих переменных по заданному набору примеров с помощью процедуры погружения

ряда в многомерное пространство, т.е. определить функцию $\Psi: R^m \rightarrow R^n$, которая в общем случае может быть любой (дифференциальной, нелинейной и др.). Реализация алгоритма в нейросетях

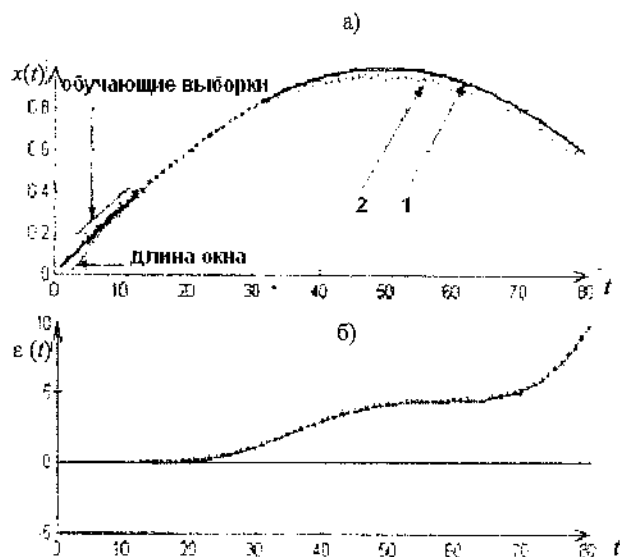


Рис. 3. Результаты прогнозирования методом нагружения

выглядит следующим образом. Сначала необходимо аппроксимировать функцию, подав на вход сети так называемое окно погружения. Затем происходит обучение сети на ряде обучающих выборок. Проведенные исследования [3] показали, что прогнозирование по такому алгоритму существенно повышает точность предсказания. Результаты прогнозирования представлены на рис. 3. На рис. 3, б $\varepsilon(t)$ означает ошибку предсказания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Лиес Б. Методы и алгоритмы идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе. — М.: Горячая линия-Телеком, 2003. — 205 с.
2. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Пер. с англ. Т.Э. Кренкеля и А.Л. Соловейчика. — М.: Постмаркет, 2000.
3. Николаев Н.С., Шабалов В.А. Особенности характеристик сигнала отклонения полосы // Материалы Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов. — Вологда: ВоГТУ, 2003. — С. 84-85.

УДК 004.384(075.8)

В. Н. Мочалин, С.А. Пойгина, А.Л. Смылова
Кафедра автоматизации и систем управления

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОНТРОЛЬНО-ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ КУРСОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В настоящее время в учебных заведениях высшей школы не всегда имеется возможность приобрести дорогостоящие лабораторные стенды и готовые макеты для проведения лабораторных и практических занятий по специальным дисциплинам. Поэтому в образовательном процессе необходимо использование современных методик для обучения студентов технических специальностей.

При подготовке специалистов разного профиля важной задачей является использование в процессе обучения гибких автоматизированных практикумов, включающих исполнение и контроль, как при проведении научного эксперимента, так и лабораторных и практических работ, выполняемых студентами вузов. Современные теоретические

принципы построения таких практикумов базируются на основе цифровой системы получения, передачи, обработки и хранения информации.

Современные специалисты по автоматизации должны обладать навыками синтеза и анализа систем управления.

Проектирование системы автоматического управления состоит из нескольких этапов. Первый заключается в разработке функциональной схемы, выборе элементов и задании связей между ними. Затем устанавливают законы регулирования и определяют параметры регуляторов. На заключительном этапе проводится анализ статических и динамических характеристик системы. Все эти этапы последовательно рассматриваются в курсах

«Средства получения технологической информации», «Средства локального и централизованного контроля, регулирования и управления», «Проектирование систем автоматизации», «САПР в автоматике», «Моделирование систем управления» и других.

Тематики лекций логически связаны друг с другом. Поэтому на кафедре были созданы «сквозные» лабораторные работы, начинающиеся на третьем курсе и заканчивающиеся на пятом. Например, начиная с изучения принципа действия и устройства технических средств автоматизации в курсах «Средства получения технологической информации» и «Средства локального и централизованного контроля, регулирования и управления», студенты последовательно доходят до синтеза системы управления в курсе «Проектирование систем автоматизации». Далее студенты готовят комплект проектной документации в курсе «САПР в автоматике». Структура разработанной системы автоматизации является основой для анализа и прогнозирования поведения системы при различных режимах ее работы в курсе «Моделирование систем управления».

Курсы «Средства получения технологической информации» и «Средства локального и централизованного контроля, регулирования и управления» предполагают ознакомление студентов с широким спектром технических средств автоматизации, таких как первичные измерительные преобразователи (датчики), показывающие и регистрирующие приборы, исполнительные механизмы, регулирующие органы, микропроцессорные контроллеры и др.

Недостаток исчерпывающей информации по данным дисциплинам в технической литературе вызвал необходимость создания в рамках кафедры силами преподавателей и студентов систематизированных каталогов современных технических средств автоматизации [2]. Их использование позволяет эффективно проводить курсовое и дипломное проектирование. Знания, полученные в вышеуказанных дисциплинах, и современные методики обучения находят применение в курсе «Проектирование систем автоматизации».

Также на кафедре созданы библиотеки чертежей различных металлургических агрегатов и технологических процессов и типовых функциональ-

ных схем автоматизации в рамках курса «САПР в автоматике», которые находят широкое применение при курсовом и дипломном проектировании.

С целью повышения эффективности преподавания и восприятия учебного материала, достижения наглядности и визуализации результатов лабораторных работ по дисциплине «Моделирование систем управления» была создана компьютерная программа «QMOD.EXE» [1], которая использует положительные стороны как аналогового, так и цифрового моделирования. Подобно тому, как в аналоговой вычислительной машине (АВМ) имеется набор операционных усилителей с различными решающими цепями, в программе есть комплект подпрограмм, моделирующих основные типы элементов САУ. Работая в диалоговом режиме, студент дает описание системы, указывая тип каждого звена, связи с другими звеньями. В принципе это похоже на процесс сборки модели на панели АВМ. Исходным материалом является структурная схема исследуемой системы с конкретными числовыми значениями параметров всех элементов. Структура произвольна по числу звеньев и связям между ними.

Использование программы позволяет автоматизировать один из трудоемких этапов курсового и дипломного проектирования. Точность расчетов и достоверность результатов существенно выше, чем при других способах анализа. Для работы с программами необходимо иметь лишь минимальный опыт работы с компьютером.

Для контроля и оценки знаний студентов по специальным дисциплинам созданы тестовые программы. Оценка знаний носит объективный характер. Прием зачетов и экзаменов проводится с использованием компьютеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управляющие вычислительные комплексы: Учеб. пособие / Под ред. Н.Л. Прохорова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 352 с.
2. Мочалин В.Н., Кочнев Н.В. Моделирование и исследование систем автоматического управления с использованием ПЭВМ. Учеб. пособие. – Череповец: ЧГИИ, 1995. – 50 с.

**КОМБИНИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОРОГОВОГО И КОНТУРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ИХ АНАЛИЗА**

При производстве и использовании сыпучих материалов, таких как удобрения, шлак, щебень, кокс, агломерат и т.д., возникает необходимость контролировать их химический, весовой, качественный состав и ещё целый ряд параметров. Кроме того, часто требуется контролировать или хотя бы определять гранулометрический состав материала. Размер частиц определяет важные характеристики материала и влияет на его применение в той или иной области хозяйства. На практике применяется ряд методов для определения и контроля гранулометрического состава сыпучих материалов: физическое разделение фракций, лабораторный анализ, визуальное наблюдение.

Все более широкое применение на многих предприятиях в настоящее время получают оптические методы, позволяющие обнаруживать нарушения технологического процесса и корректировать его ход. Оптико-электронный метод с применением ЭВМ для обработки изображений представляется наиболее перспективным и для анализа гранулометрического состава сыпучих материалов.

Для точного и своевременного анализа гранулометрического состава сыпучих материалов с использованием оптико-электронного метода требуется надежное алгоритмическое обеспечение оптико-электронной системы. На подготовительном этапе происходит выделение на изображении составляющих его объектов (рис. 1).



Рис. 1. Исходное изображение

Для определения порога и получения бинарного изображения можно использовать алгоритм Отсу, который основан на вычислении математического ожидания и моментов нулевого и первого порядков для всего множества точек:

$$\omega(k) = \sum_{i=1}^k p_i; \quad \mu(k) = \sum_{i=1}^k i p_i; \quad \mu_T = \sum_{i=1}^L i p_i.$$

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} -$$

порог будет оптимальным, если данное выражение минимально.

Некоторые изменения алгоритма упростили вычисления, практически не ухудшив выходное изображение. Результатом порогового разделения является бинарное изображение (рис. 2).

Применение порогового разделения не дает окончательного результата из-за воздействия шумов, случайных помех и большого количества мелких включений на поверхности гранул. Поэтому в дальнейшем используется очистка изображения с использованием фильтров. Применение медианного фильтра значительно улучшает изображение и делает возможным работу более сложных алгоритмов обработки, к тому же его применение требует небольших вычислительных затрат. По-

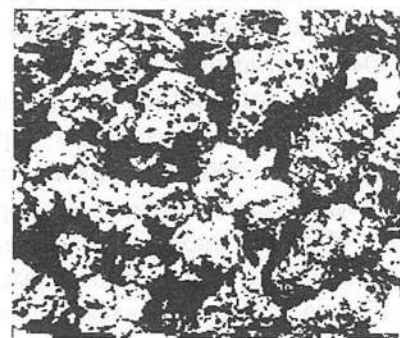


Рис. 2. Пороговое разделение

сле этого изображение становится пригодным для обработки методами выделения контуров (рис. 3).

Методы выделения контуров представляют собой довольно большую группу и не ограничиваются каким-либо одним подходом (например, только дифференцированные). Наиболее известным методом выделения границ по праву считается так называемый оператор Собела. Данный метод основан на дифференциальном подходе и использовании градиента, но для гранул неправильных форм его использование не привело к успеху.

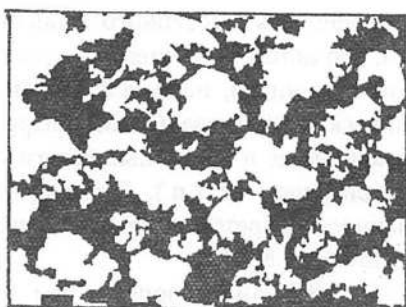


Рис. 3. Фильтрация

Оказалось, что в данном случае лучший результат дают методы скелетизации и методы математической морфологии. Скелетизация осуществляется уменьшением толщины линии до одного пиксела. Это удаление на каждой итерации граничных пикселей, не нарушающее общую конфигурацию и связность. Последнее свойство очень важно, так

как границы для определения площади должны (с некоторой погрешностью) совпадать с реальными границами объектов. Применение методов математической морфологии улучшило результат (рис. 4). На изображении теперь отчетливо видны границы объектов и лишь немногие границы имеют незначительные разрывы.

Далее по завершении подготовительного этапа производится параметрический анализ изображения для определения характеристик сыпучего материала.

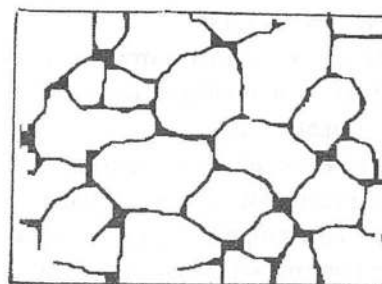


Рис. 4. Контурное разделение

Очевидно, методы, дающие неплохой результат в одном случае, могут оказаться совершенно непригодными в иной ситуации. Модификации предложенного алгоритма обработки изображений сыпучих материалов могут оказаться более эффективными для обработки других изображений.

УДК: 347.77.012

С.И. Теплитская

Кафедра машин и агрегатов металлургических заводов

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАТЕНТНОГО ЗАКОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ СЛУЖЕБНЫХ ИЗОБРЕТЕНИЙ В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ (на примере Череповецкого государственного университета)

Изобретение – это творческое достижение, охрану которого обеспечивает государство (ст. 44 Конституции РФ). Этот вид промышленной собственности защищается патентом, в котором излагается суть изобретения, а также удостоверяются авторство, приоритет и исключительное право на его использование. Правоотношения, возникающие в связи с созданием, защитой и использовани-

ем изобретений, регулируются Патентным законом Российской Федерации (далее Законом) от 23 сентября 1992 г. с изменениями и дополнениями, внесенными Федеральным Законом от 7 февраля 2003 г., введенным в действие с 11.03. 2003 г.

Под термином «служебное изобретательство» понимаются правоотношения, возникающие в связи с созданием, охраной и использованием слу-

жебных изобретений. Какие же права имеет автор на свой творческий продукт, созданный в вузе, т.е. на служебное изобретение?

Автором изобретения согласно п. 1 статьи 7 Закона является физическое лицо, творческим трудом которого оно создано [1].

Череповецкий государственный университет (далее ЧГУ) каждый год оформляет заявки на изобретения:

- в нескольких из них ЧГУ является заявителем, т.е. юридическим лицом, участвующим в подаче заявок на изобретение;
- часть заявок подаются авторами университета через другие юридические организации, например, ОАО «Северсталь»;
- и лишь в меньшей части заявок ЧГУ является патентообладателем, т.е. владельцем исключительных прав на изобретение (п. 1 статья 8 Закона), которое собственно и является служебным изобретением.

В настоящее время в ЧГУ действует Положение «О системе защиты интеллектуальной собственности Череповецкого государственного университета», которое регламентирует изобретательскую деятельность в ЧГУ. Согласно этому Положению с учетом п. 2 статьи 8 Закона изобретение, созданное работником в связи с выполнением своих трудовых обязанностей или полученным от работодателя конкретным заданием, является служебным изобретением и право на получение патента на указанное изобретение принадлежит работодателю [2].

Первое условие «выполнение трудовых обязанностей» подразумевает, что в обязанности работника университета входит работа, обусловленная трудовым договором, а также служебные обязанности работника могут быть установлены должностной инструкцией.

Второе условие, относящееся к конкретному заданию, выполняется в том случае, когда работнику выдается задание на выполнение отдельной работы, например по плану НИР (ОКР).

При выполнении одного из этих условий права на изобретения переходят работодателю или ЧГУ.

В этих случаях работник университета обязан информировать своего руководителя. Затем информация о созданном изобретении поступает в отдел научной информации и защиты интеллектуальной собственности (далее ОНИиЗИС).

ОНИиЗИС обеспечивает подачу заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности (далее Патентное ведомство), и далее все юридически значимые действия относительно патентуемого изобретения допускаются только по согласованию отдела.

Патент на свое имя может получить работник (автор изобретения), если руководитель в течение четырех месяцев с даты уведомления его автором о создании изобретения не подаст заявку на него в Патентное ведомство п.2 статьи 8 Закона [1].

Особенность служебного изобретения состоит в том, что автор затрачивает не только свой творческий потенциал, но и использует материально-технические средства (ЭВМ, энергозатраты, информационные и патентные услуги, канцелярские принадлежности и т.п.). Это определяет то, что созданное изобретение должно принадлежать работодателю, т.е. ЧГУ.

Статья 8 Закона говорит о том, что служебное изобретение принадлежит работодателю, если противное не предусмотрено в договоре [1]. В трудовом договоре с работником ЧГУ отсутствует графа, предусматривающая взаимоотношения ЧГУ (работодателя) и работника (автора), создавшего служебное изобретение. Это ведет к тому, что при возникновении любой конфликтной ситуации при создании и неправомерном использовании служебного изобретения университет не сможет законодательно отстоять права на свою интеллектуальную собственность, в частности на изобретение.

Преподаватели и сотрудники ЧГУ, работающие на кафедрах с патентоспособной тематикой, в своей повседневной деятельности связаны с созданием служебного изобретения, но они не всегда знают, как правильно им распорядиться. Незнание законодательства наносит материальный ущерб не только создателям изобретений, но и университету.

Дискуссионным остается вопрос о порядке выплаты и размерах авторского вознаграждения при создании и получении охранного документа на изобретение.

Предусмотрены следующие выплаты авторского вознаграждения при получении патента на изобретение в соответствии с пунктами 1,3 и 5 статьи 32 Закона СССР («Об изобретениях в СССР», 1991 г.), действующего по настоящее время на основании Постановления № 3191 от 23.09.92 г.

«О введении в действие патентного Закона РФ» Верховного Совета РФ:

1. Автору изобретения, патент на которое выдан предприятию, патентообладателем в месячный срок с даты получения им патента выплачивается поощрительное вознаграждение, которое не учитывается при последующих выплатах. Размер поощрительного вознаграждения за изобретение (независимо от количества соавторов) должен иметь не менее среднего месячного заработка работников данного предприятия.

2. Вознаграждение за использование изобретения в течение срока действия патента выплачивается автору на основе договора работодателем, получившим патент, в размере 15 процентов прибыли (соответствующей части дохода), ежегодно получаемой патентообладателем от его использования, а также не менее 20 процентов выручки от продажи лицензии без ограничения максимально-го размера вознаграждения.

В настоящее время в ЧГУ отсутствует выплата авторских вознаграждений за служебные изобретения и авторы стремятся отдавать свои права на изобретения сторонним организациям, где воз-

можны перечисленные выплаты и где их труд оценят по заслугам.

В условиях рыночной экономики, когда патент на изобретение является товаром, материальный стимул имеет большое значение. Необходимо бережно относиться к изобретательству в нашем университете и, ежегодно анализируя изобретательскую деятельность, стремиться поощрять активных изобретателей. Учитывая возможность создания сотрудниками университета различных видов интеллектуальной собственности, конкретно – служебных изобретений, хорошо бы внести поправку в трудовой договор с работником ЧГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Патентный Закон Российской Федерации – 1992. – 23 сентября. – С. 11-12.
2. Положение о системе защиты интеллектуальной собственности Череповецкого государственного университета – 1997. – 28 апреля. – С.6.

УДК: 681

С.Н. Потапов, Н.В. Ручкин

Кафедра информатики, кафедра программного обеспечения ЭВМ

ОБ УТОЧНЕНИИ ПОНЯТИЙ, СВЯЗАННЫХ С КОМПЬЮТЕРНЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

Исторически случилось так, что первые работы по компьютерному моделированию были связаны с физикой, где с помощью моделирования решался целый ряд задач гидравлики, фильтрации, теплопереноса и теплообмена, механики твердого тела и т.д. Моделирование в основном представляло собой решение сложных нелинейных задач математической физики с помощью итерационных схем (за исключением разве тех задач, где использовался метод Монте-Карло). Успехи математического моделирования в физике способствовали распространению его на задачи химии, электроэнергетики, биологии и некоторых других дисциплин, причем схемы моделирования не слишком отличались друг от друга. Сложность решаемых с помощью моделирования задач всегда ограничи-

валась лишь мощностью имеющихся ЭВМ.

Надо заметить, что подобный вид моделирования весьма широко распространен и в настоящее время. Более того, за время развития методов моделирования на ЭВМ при решении задач фундаментальных и смежных предметных областей накоплены целые библиотеки подпрограмм и функций, облегчающих применение и расширяющих возможности моделирования. И все же в настоящее время понятие «компьютерное моделирование» обычно связывают не с фундаментальными дисциплинами, а в первую очередь с системным анализом — направлением кибернетики, впервые заявившим о себе в начале 50-х годов при исследовании сложных систем в биологии, макроэкономике, при создании автоматизированных эконо-

номико-организационных систем управления.

Системный анализ стремительно сформировался сначала в весьма модное направление науки об управлении сложными системами, а затем по мере развития — в методологию, а точнее, в нечто безбрежное, таинственное, доступное только самым могучим умам. Они с гордостью называли себя системными аналитиками и, как и положено после канонизации, возвышались над тысячами инженеров и программистов, работая в таинственных Институтах Системного Анализа Сложных, Очень Сложных и Совсем Сложных Систем, публикуя работы с названиями типа «Теория декомпозиции сингулярных, квазилинейных, иерархических макросистем рефлексивного типа». Однако по истечении некоторого времени обнаружилась странная особенность подобных работ: они существовали сами по себе, а многочисленные практические работы по системному анализу и управлению реальными объектами выполнялись сами по себе, без какой-либо связи с этими теоретическими изысканиями. Более того, обнаружилась странная особенность системного анализа: в чистом виде весь предмет может быть сведен к нескольким, интуитивно довольно прозрачным «принципам системного анализа», выглядящим как библейские заповеди, — принцип иерархичности, принцип единства целей, принцип эмерджентности и др.

Общая теория систем, концепция которой впервые была сформулирована в 50-е годы Л. Берталанфи и которая, казалось бы, должна составлять теоретический фундамент системного анализа, сегодня так же далека от завершения, как и в 60-е годы, если не считать некоторых результатов, имеющих исключительно абстрактный, математический характер. Основные же методы и процедуры, используемые обычно при системном анализе, заимствованы из других дисциплин. Заимствованы и другие методы, которые обычно связывают с системным анализом, — теория игр, теория принятия решений, математическое программирование, теория динамических систем и др. Более того, при тщательном рассмотрении истории возникновения и перспектив развития системного анализа нельзя обнаружить даже тенденций зарождения в его недрах единого подхода к анализу сложных систем. Не говоря уже об оформлении его в строгую и за-

конченную теорию, напоминающую по стройности хотя бы теорию систем массового обслуживания.

В чем же тут дело? Как было впервые замечено профессором Б. Г. Юдиным и впоследствии уточнено академиком Н. Н. Моисеевым, крупнейшим советским специалистом в области системного анализа, центральной процедурой в системном анализе является построение обобщенной модели, отображающей все факторы и взаимосвязи реальной ситуации, которые могут проявиться в процессе решения. Иными словами, построение математических моделей является основой всего системного анализа, центральным этапом исследования или проектирования любой системы.

Конечно же, по сравнению с гордым и звучным термином «системный анализ», «моделирование» звучит куда более скромно, тем более что каждому понятно — любое моделирование сопряжено с приземленными вещами: сбором, сортировкой и обработкой данных. К тому же эти экспериментальные данные и факты подчас обладают целым рядом неприятных особенностей: то их слишком много (и не ясно, как их учесть или сократить), то их слишком мало (и не ясно, где взять недостающее). Наконец, факты/данные просто противоречат друг другу или того хуже — данным вашего коллеги или оппонента. А если добавить сюда проблемы воспроизводимости, проблемы пропущенных данных, проблемы размерностей, трудности с организацией поиска, накопления и систематизации, то станет очевидным: в таких условиях не до высоких сияющих вершин системного анализа и общих теорий сложных систем. И тем не менее именно моделирование является сутью системного анализа.

Моделирование представляет собой один из основных методов познания, является формой отражения действительности и заключается в выяснении или воспроизведении тех или иных свойств реальных объектов, предметов и явлений с помощью других объектов, процессов, явлений либо с помощью абстрактного описания в виде изображения, плана, карты, совокупности уравнений, алгоритмов и программ.

Возможности моделирования, то есть перенос

результатов, полученных в ходе исследования модели, на оригинал, основаны на том, что модель в определенном смысле отображает (воспроизводит, моделирует, описывает, имитирует) некоторые интересующие исследователя черты объекта. Моделирование как форма отражения действительности широко распространено, и достаточно полная классификация возможных видов моделирования крайне затруднительна, хотя бы в силу многозначности понятия «модель», широко используемого не только в науке и технике, но и в искусстве, и в повседневной жизни. Тем не менее применительно к естественным и техническим наукам принято различать следующие виды моделирования:

- *концептуальное моделирование*, при котором совокупность уже известных фактов или представлений относительно исследуемого объекта или системы истолковывается с помощью некоторых специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков;

- *физическое (натурное) моделирование*, при котором модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы единой или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются некоторые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений;

- *структурно-функциональное моделирование*, при котором моделями являются схемы (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы, рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования;

- *математическое (логико-математическое) моделирование*, при котором моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики;

- *имитационное (компьютерное) моделирование*, при котором логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализованный в виде программного комплекса для компьютера.

Разумеется, перечисленные выше виды моделирования не являются взаимоисключающими и могут применяться при исследовании сложных

объектов либо одновременно, либо в некоторой комбинации. Кроме того, в некотором смысле концептуальное и, скажем, структурно-функциональное моделирование неразличимы между собой, так как блок-схемы, конечно же, являются специальными знаками с установленными операциями над ними.

Традиционно под моделированием на ЭВМ понималось лишь имитационное моделирование. Можно, однако, увидеть, что и при других видах моделирования компьютер может быть весьма полезен. Например, при математическом моделировании выполнение одного из основных этапов — построение математических моделей по экспериментальным данным — в настоящее время просто немыслимо без компьютера. В последние годы благодаря развитию графического интерфейса и графических пакетов широкое развитие получило компьютерное структурно-функциональное моделирование. Положено начало привлечения компьютера даже к концептуальному моделированию, где он используется, например, при построении систем искусственного интеллекта.

Таким образом, мы видим, что понятие «компьютерное моделирование» значительно шире традиционного понятия «моделирование на ЭВМ» и нуждается в уточнении, учитывающем сегодняшние реалии.

Начнем с термина «компьютерная модель». В настоящее время под компьютерной моделью чаще всего понимают:

- условный образ объекта или некоторой системы объектов (или процессов), описанный с помощью взаимосвязанных компьютерных таблиц, блок-схем, диаграмм, графиков, рисунков, анимационных фрагментов, гипертекста и т.д. и отображающий структуру элементов объекта и взаимосвязи между ними. Компьютерные модели такого вида будем называть структурно-функциональными;

- программу или программный комплекс, позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта, системы объектов при условии воздействия на объект различных, как правило случайных, факторов. Такие модели будем называть имитационными.

Компьютерное моделирование — метод решения задачи анализа или синтеза сложной системы на основе использования ее компьютерной модели. Суть компьютерного моделирования заключается в получении количественных и качественных результатов по имеющейся модели. Качественные выводы, получаемые по результатам анализа, позволяют обнаружить неизвестные ранее свойства сложной системы: ее структуру, динамику развития, устойчивость, целостность и др. Количественные выводы в основном носят характер прогноза некоторых будущих или объяснения прошлых значений переменных, характеризующих систему.

Предметом компьютерного моделирования могут быть: экономическая деятельность фирмы или банка, промышленное предприятие, информационно-вычислительная сеть, технологический процесс, любой реальный объект или процесс, например процесс инфляции, и вообще — любая сложная система. Цели компьютерного моделирования могут быть различными, однако наиболее часто моделирование является, как уже отмечалось ранее, центральной процедурой системного анализа, причем под системным анализом понимаем совокупность методологических средств, используемых для подготовки и принятия решений экономического, организационного, социального или технического характера.

Компьютерная модель сложной системы должна, по возможности, отображать все основные факторы и взаимосвязи, характеризующие реальные ситуации, критерии и ограничения. Модель должна быть достаточно универсальной, чтобы

описывать близкие по назначению объекты, и в то же время достаточно простой, чтобы позволить выполнить необходимые исследования с разумными затратами.

Все это говорит о том, что моделирование систем, рассматриваемое в целом, представляет собой скорее искусство, чем сформировавшуюся науку с самостоятельным набором средств отображения явлений и процессов реального мира. Поэтому исключительно сложными являются попытки классификации задач компьютерного моделирования или создания достаточно универсальных инструментальных средств компьютерного моделирования произвольных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. — М., 1961.
2. Юдин Б. Г. Системный анализ. — М.: БСЭ, 1976.
3. Бирюков Б. В., Гастеев Ю. А., Геллер Е. С. Моделирование. — М.: БСЭ, 1974.
4. Гэйн К., Сарсон Т. Структурный системный анализ: средства и методы: В 2 ч. / Пер. с англ; Под ред. А. В. Козлинского. — М.: Эйтекс, 1993.
5. Дэвид А. Марка, Клемент Мак-Гоуэн. Методология структурного анализа и проектирования. — М., 1993.
6. Методология динамического моделирования IDEF0/CPN/WFA: Учебный курс по методологиям IDEF. — М.: МетаТехнология, 1995.

УДК 681.327

О.Е. Воробьев

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВЕБ-УЗЛА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ

В настоящее время наличие Веб-узла становится весьма важным для современной фирмы. В случае ведения бизнеса через Интернет одним из приоритетных направлений работы

информационной службы становится анализ работы Веб-узла и поддержание его работоспособности и функциональности на должном уровне.

Для организации работы Веб-сайта существует

большой выбор программ, большинство из которых обладают базовыми функциями мониторинга и анализа работы. В данной статье в качестве примера программного обеспечения будет рассмотрен Web-сервер Microsoft Internet Information Server, работающий под управлением операционной системы Microsoft Windows 2000, так как он является широко распространенным. Полученные для данного конкретного случая результаты могут быть адаптированы к другим Веб-серверам.

Наиболее распространенные Веб-серверы создают файлы, содержащие системную информацию об их функционировании (в дальнейшем – лог-файлы). Данная информация служит основой для определения функциональности работы Веб-узла. Она может быть использована непосредственно либо соответствующим образом обработана.

На основе лог-файлов могут быть определены несколько групп показателей, характеризующих работу Веб-сервера:

- информация о работе всего сервера в целом (график количества пользователей в различные моменты времени и дни недели);
- информация о запрашиваемых Веб-страницах (частота обращения к странице в зависимости от времени);
- информация о поведении пользователей Веб-сервера (граф посещения пользователем определенных Веб-страниц, вероятностные характеристики).

Существующие на настоящий момент средства анализа лог-файлов Веб-сервера представляют первые две группы показателей в полном объеме и обеспечивают подсчет только наиболее базовых показателей поведения пользователя, хотя именно они являются одними из самых информативных и актуальных.

Наиболее распространенные анализаторы лог-файлов представляют следующие показатели поведения пользователей Веб-сервера:

- страницы, с которых начинается просмотр сайта (частота выбора);
- страницы, с которых завершается просмотр сайта (частота выбора);
- частота просмотра страниц;
- время просмотра страниц сайта (минимальное, максимальное, среднее);
- порядок просмотра страниц на сайте;
- глубина просмотра сайта (количество просмотренных страниц);
- время нахождения пользователей на сайте.

Данные показатели позволяют получить некоторую информацию о поведении пользователей

Веб-сайта, но обладают следующими недостатками:

- в последнее время все больше сайтов содержит интерактивные многооконные страницы, созданные на основе технологий ASP, JSP, CGI и т.д. Данные страницы обрабатываются анализаторами как одна страница (например, main.asp), тогда как в рамках ее пользователь может осуществлять навигацию по всему сайту, выполнять несколько различных действий;

- отчет о порядке просмотра страниц на сайте неинформативен – он содержит 1-2 наиболее часто используемых пути просмотра страниц и большое количество редко используемых путей просмотра страниц. Редко используемые пути просмотра страниц никак не сгруппированы между собой, что затрудняет их анализ. Необходим более удобный и информативный механизм описания поведения пользователей Веб-узла.

Для устранения описанных выше недостатков предлагается рассматривать навигацию пользователей внутри интерактивных страниц, пользуясь дополнительной информацией, полученной из лог-файлов, а также рассматривать просмотр страниц пользователем Веб-узла как марковский процесс и описывать его цепью Маркова.

Работа пользователя с Веб-узлом представляет собой просмотр последовательности Веб-страниц. При открытии страницы пользователь изучает ее содержимое и принимает решение о переходе на следующую страницу или о работе с текущей страницей. Таким образом, описание поведения пользователя должно содержать информацию о вероятности выбора им той или иной страницы и времени нахождения на ней. Такую возможность предоставляет аппарат Марковских цепей.

Содержимое Веб-сервера можно описать в виде графа, в котором каждая вершина будет символизировать конкретную Веб-страницу, а ребро – возможный переход между страницами. Просмотр пользователем Веб-страниц, таким образом, будет описываться путем в данном графе. Для каждого нового пользователя Веб-сервера путь в данном графе будет являться некоторым случайным процессом перехода от одной страницы к другой. Данный процесс будет являться марковским случайным процессом, т.к. согласно [1] «случайный процесс, протекающий в системе S с дискретными состояниями $s_1, s_2, \dots, s_i$ называется марковским, если для любого времени t_0 вероятность каждого из состояний системы в будущем ... зависит только от ее состояния в настоящем и не зависит от того, когда и как она пришла в это состояние».

Данное определение подходит к поведению пользователя Веб-узла, т.к. навигация по сайту и просмотр страниц определяются содержимым текущей страницы и имеющимися на ней ссылками.

Основной задачей исследования марковской цепи является нахождение безусловных вероятностей нахождения системы S на любом $(k-m)$ шаге в состоянии s_i . В приложении к Веб-узлу это означает вычисление вероятностей нахождения пользователя на i -й странице на любом $(k-m)$ шаге.

Данные вероятности можно вычислить по следующей формуле:

$$p_j(k) = \sum_{i=1}^n p_i(k-1) p_{i,j} \quad (k=1, 2, \dots; j=1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

где n – число возможных состояний системы, $p_j(k)$ – вероятность нахождения в j -м состоянии на k -м шаге, $p_{i,j}$ – вероятность перехода из i -го в j -е состояние, $p_i(k-1)$ – вероятность нахождения в i -м состоянии, вычисленная для предыдущего шага.

Для описания поведения пользователей Веб-узла, с точки зрения теории марковских цепей, необходимо предварительное вычисление ряда матриц, содержащих необходимую информацию.

Во-первых, это матрица переходов пользователей от страницы к странице (табл. 1), содержащая количество переходов пользователя с исходной страницы на следующую. Ее создание возможно на основе обработки лог-файлов Веб-сервера, т.к. они содержат информацию о запрашиваемых страницах. Для обеспечения корректности восстановления информации о переходах пользователей необходимо также создание фиктивных страниц «Вход на сайт» и «Выход с сайта».

Таблица 1

Количество переходов с исходной страницы на следующую

Исходная страница	Страницы			Выход с сайта	Итого (сумма)
	1	2	3		
1	1	2	3	3	9
2	6	6	4	5	21
3	4	8	3	4	19

Во-вторых, это матрица частоты переходов от страницы к странице (табл. 2), которую можно вычислить по следующей формуле:

$$P_{i,j}^*(A) = \frac{M_{i,j}}{n_j}, \quad (2)$$

где n_j – общее количество переходов пользователя от страницы j , $M_{i,j}$ – количество переходов пользователя от страницы j к странице i .

При достаточно большом количестве наблюдений (популярные сайты имеют до нескольких тысяч посещений в месяц) частоты перехода от страницы к странице будут приближаться к условным вероятностям переходов [2].

Таблица 2

Условные вероятности переходов со страницы на страницу

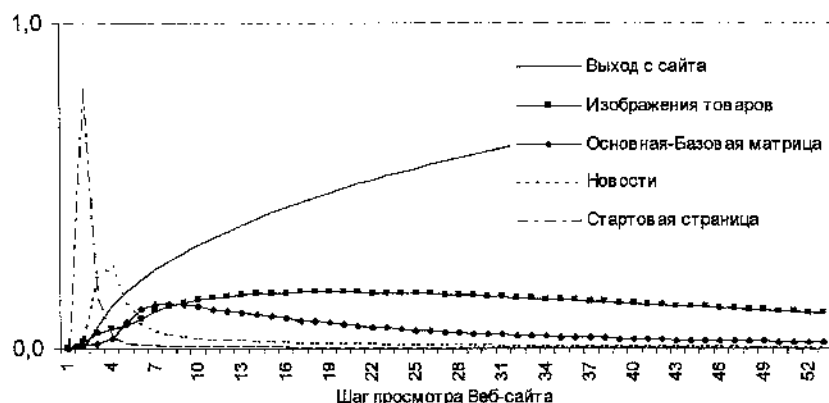
Исходная страница	Страницы			Выход с сайта	Итого (сумма)
	1	2	3		
1	0,11	0,22	0,33	0,33	1
2	0,29	0,29	0,19	0,24	1
3	0,21	0,42	0,16	0,21	1

Кроме того, на основании матрицы условных вероятностей перехода со страницы на страницу по формуле (1) можно вычислить вероятность нахождения пользователя Веб-узла на той или иной странице на каждом шаге просмотра (табл. 3). При этом принимается, что на 1-м шаге распределение вероятностей известно, т.к. пользователь находится на стартовой странице.

Таблица 3

Вероятность нахождения пользователя на странице (по шагам)

Страница	Шаги				
	1	2	3	4	5
Вход на сервер	1	0	0	0	0
Страница 1	0	0,7	0,3	0,2	0,1
Страница 2	0	0,2	0,3	0,3	0,2
Страница 3	0	0	0,2	0,2	0,3
Выход с сервера	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Суммарная вероятность	1	1	1	1	1



Вероятность нахождения пользователей на сайте

Пример графического изображения вероятностей нахождения пользователей на страницах Веб-узла приведено на рисунке. На основании его можно судить о популярности тех или иных страниц, времени нахождения пользователей на странице и динамике пользователей.

Таким образом, предлагаемое программное обеспечение для проведения анализа лог-файлов Веб-сервера Microsoft Internet Information Server предполагает реализацию следующей последовательности действий:

- проведение анализа лог-файлов сервера, запись в базу данных информации о последовательности открытия Веб-страниц пользователями;

- расчет матрицы условных вероятностей переходов пользователей;

- расчет матрицы вероятностей нахождения пользователей на страницах сайта;

- графическое изображение вероятности нахождения пользователей на сайте.

Данный подход к исследованию поведения пользователей Веб-узла и разработанное программное обеспечение могут быть востребованы предприятиями, имеющими активно используемый Веб-узел (в особенности – Интернет-магазин). Дальнейшим направлением исследований в рамках данной предметной области является более глубокое изучение поведения пользователей в интересах обоснования рекомендаций по усовершенствованию анализируемого Веб-узла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ревюз Д. Цепи Маркова / Пер. с англ. В.К. Малиновского. – М.: РФФИ, 1997. – 432 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.

УДК 681.39.06

А. Н. Зуев, М. В. Мохов

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ БИТЕМПОРАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ

При создании временной базы данных (БД) особый интерес представляют два основных временных аспекта. Во-первых, это операционное время, которое определяет, когда запись в БД, представляющая собой некоторый факт, занесена и обработана временной СУБД. Пользователь не может самостоятельно изменять операционное время. Вторым аспектом является время актуальности записи, которое устанавливает, когда эта запись актуальна в моделируемой предметной области. Время актуальности устанавливается пользователем или заполняется значениями по умолчанию.

СУБД, построенная с использованием обоих типов времени, называется *битемпоральной* [1].

В табл. 1 представлено битемпоральное отношение *СТУДЕНТЫ*. Оно описывает принадлежность студента той или иной группе. Гранулярность времени в этом отношении – 1 день. Временная информация записывается с помощью полуоткрытого временного интервала, где *ТВ* – начало операционного интервала, *ТЕ* – конец операционного интервала, а *VB* и *VE* – соответственно начало и конец интервала актуальности.

NOW – специальный маркер, обозначающий неограниченность интервала сверху.

В приведенном в табл. 1 примере в отношении

шлось и узнать, как выглядела предметная область, например, 20 августа. Для этого необходимо выполнить запрос, представленный на рис. 1. Резуль-

Таблица 1

Имя	Группа	TB	TE	VB	VE
Иванов	АТ-11	10.07.2002	30.08.2002	01.09.2002	NOW
Петров	ПФ-11	10.07.2002	NOW	01.09.2002	NOW
Иванов	ПФ-12	30.08.2002	NOW	01.09.2002	04.09.2002
Иванов	ПФ-11	02.09.2002	NOW	04.09.2002	NOW

татом этого запроса будет отношение, представленное в табл. 2. Как видим, такой подход позволяет сохранить информацию в БД о состоянии предметной области на любой промежуток времени. Однако разработчику придется учитывать временные аспекты при

Таблица 2

Имя	Группа	TB	TE	VB	VE
Иванов	АТ-11	10.07.2002	30.08.2002	01.09.2002	NOW
Петров	ПФ-11	10.07.2002	NOW	01.09.2002	NOW

СТУДЕНТЫ 10 июля 2002 г. был занесен кортеж (Иванов, АТ-11, 10.07.2002, NOW, 01.09.2002, NOW). Подразумевалось, что студент Иванов зачислен на первый курс в группу АТ-11 с 01.09.2002 г. по настоящее время. Одновременно с ним также был зачислен студент Петров в группу ПФ-11. Однако 30 августа студент Иванов написал заявление с просьбой перевести его в группу ПФ, чтобы он мог учиться вместе со своим другом Петровым. Оператор системы вносит изменения, которые автоматически изменяют первую запись. Это необходимо, чтобы указать, что информация в первом кортеже устарела и не является актуальной (такая операция, по сути дела, является логическим удалением информации из временной БД). В рамках этой же операции заносится третий кортеж (Иванов, ПФ-12, 30.08.2002, NOW, 01.09.2002, NOW). Позднее оказывается, что Петров зачислен в группу ПФ-11, поэтому Иванов с 4 сентября переводится из группы ПФ-12. Время актуальности третьего кортежа модифицируется, и заносится четвертый кортеж (Иванов, ПФ-11, 02.09.2002, NOW, 04.09.2002, NOW). Таким образом, в БД хранится исчерпывающая информация о том, что происходило в модели предметной области.

Теперь следует рассмотреть то, каким образом временные маркеры позволяют вернуться в про-

ектировании, разработке системы и построении запросов. Более того, ни одна современная коммерческая СУБД в достаточной мере не поддерживает временную семантику TSQL [2].

Для решения этой проблемы мы предлагаем использовать обычную реляционную СУБД, обращения к которой проходят через специальный модуль – так называемый промежуточный слой, проецирующий временную модель на реляционную. Функциональная схема такого модуля представлена на рис. 2. Реализация его может представлять собой или особый драйвер для универсальных средств доступа к БД (ADO, BDE), или пакет процедур на сервере БД, через которые вызывается любое обращение к временной БД.

Такой подход обладает рядом достоинств:

- 1) не требуется модификация РСУБД;
- 2) максимальное использование уже существующих технологий;
- 3) возможность реализации временной БД практически на любой СУБД.

К недостаткам же можно отнести значительное увеличение размеров и сложности схемы БД, а также уменьшение производительности системы в целом.

Select * from СТУДЕНТЫ where
TB<='20.08.2002' and TE>='20.08.2002'

Рис. 1. Запрос о состоянии БД на 20 августа 2002 года

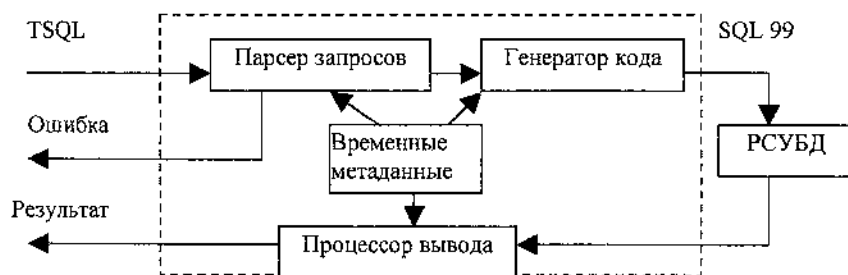


Рис. 2. Модуль адаптации TSQL применительно к реляционной СУБД

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tansel, A. U. Et al (ed.) Temporal Databases: Theory, Design, and Implementation. – Bridge Parkway: Benjamin/Cummings, 1993.
2. Snodgrass R.T. (ed.). The TSQL2 Temporal Query Language. – Kluwer Academic Publishers, 1995.

УДК 681.327

А.Н. Зувев, С.А. Гришкин

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Бурный рост информационных источников, новые технологии поиска и отображения данных в сети Internet, а также коммерциализация этой сети делают ее все более и более привлекательной для различных групп пользователей, включая крупные корпорации и физические лица. Все большее число компаний принимают решения о включении своей локальной сети в Internet.

Однако наряду с широким спектром возможностей, предоставляемых сетью Internet, появляются и новые проблемные вопросы: как защитить локальную сеть от несанкционированного доступа, как скрыть информацию о структуре своей сети и ее компонентов от внешних пользователей, как защитить своих пользователей, запрашивающих сервисы Сети. Для решения этих, а также множества других вопросов все чаще используют firewall (брандмауэр, экран или межсетевой фильтр).

Брандмауэр - это система (или комбинация систем), позволяющая разделить сеть на две (или более) части и реализовать набор правил, определяющих условия прохождения пакетов из одной части в другую. Как правило, эта граница проводится между локальной сетью предприятия, хотя

ее можно провести и внутри. В результате брандмауэр пропускает через себя весь трафик и для каждого проходящего пакета принимает решение пропускать его или отбросить.

Существующие брандмауэры сильно отличаются друг от друга как по уровню защиты, так и по используемым в них способам защиты. Однако большинство брандмауэров, поставляемых как коммерческие продукты, можно отнести к одной из четырех категорий:

- брандмауэры с фильтрацией пакетов;
- шлюзы сеансового уровня;
- шлюзы прикладного уровня;
- брандмауэры экспертного уровня.

Лишь немногие брандмауэры относятся только к одной из перечисленных категорий, еще меньше - в точности соответствуют тем определениям, которые будут даны ниже для каждой из категорий. Тем не менее эти определения отражают ключевые возможности, отличающие один вид брандмауэров от другого.

Брандмауэр с фильтрацией пакетов представляет собой маршрутизатор или работающую на сервере программу, сконфигурированные таким

образом, чтобы фильтровать входящие и исходящие пакеты. Брандмауэр пропускает или отбраковывает пакеты в соответствии с информацией, содержащейся в IP-заголовках пакетов. Например, большинство брандмауэров с фильтрацией пакетов может пропускать или отбраковывать пакеты на основе информации, позволяющей ассоциировать данный пакет с конкретными отправителем и получателем, которая может состоять из следующих элементов:

- адреса отправителя;
- адреса получателя;
- информация о приложении или протоколе;
- номера порта источника;
- номера порта получателя.

Все маршрутизаторы выполняют фильтрацию пакетов, чтобы определить, куда его нужно направить. Брандмауэр с фильтрацией пакетов, кроме того, перед отправкой пакета получателю сравнивает эту информацию с таблицей правил, в соответствии с которыми он должен пропустить или отбраковать данный пакет.

Брандмауэр продолжает проверку до тех пор, пока не найдет правила, с которым согласуется информация из заголовка пакета. Если брандмауэр получил пакет, не соответствующий ни одному из табличных правил, он применяет правило, заданное по умолчанию, которое также должно быть четко определено в таблице брандмауэра. Из соображений безопасности это правило обычно указывает на необходимость отбраковки всех пакетов, не удовлетворяющих ни одно из правил.

Шлюз сеансового уровня следит за подтверждением связи между авторизованным клиентом и внешним хостом, определяя, является ли запрашиваемый сеанс связи допустимым. При фильтрации пакетов шлюз сеансового уровня основывается на информации, содержащейся в заголовках пакетов сеансового уровня протокола TCP, т.е. функционирует на два уровня выше, чем брандмауэр с фильтрацией пакетов. Чтобы определить, является ли запрос на сеанс связи допустимым, шлюз сеансового уровня выполняет примерно следующую процедуру. Когда авторизованный клиент запрашивает некоторую услугу, шлюз принимает этот запрос, проверяя, удовлетворяет ли клиент базовым критериям фильтрации. Затем, действуя от имени клиента, шлюз устанавливает соединение с

внешним хостом и следит за выполнением процедуры квитирования связи по протоколу TCP. Эта процедура состоит из обмена TCP-пакетами, которые помечаются флагами SYN и ACK. Шлюз сеансового уровня "считает" запрошенный сеанс допустимым только в том случае, если при выполнении процедуры квитирования связи флаги SYN и ACK, а также числа, содержащиеся в TCP-пакетах, оказываются логически связанными между собой. После того как шлюз "определил", что доверенный клиент и внешний шлюз являются авторизованными участниками сеанса TCP, и проверил допустимость данного сеанса, он устанавливает соединение. Начиная с этого момента шлюз просто копирует и перенаправляет пакеты туда и обратно, не проводя никакой фильтрации. Он поддерживает таблицу установленных соединений, пропуская данные, относящиеся к одному из сеансов связи, которые зафиксированы в этой таблице. Когда сеанс завершается, шлюз удаляет соответствующий элемент из таблицы и разрывает цепь, использовавшуюся в данном сеансе. Для копирования и перенаправления пакетов в шлюзах сеансового уровня используются специальные приложения, которые иногда называют канальными посредниками, поскольку они устанавливают между двумя сетями виртуальную цепь, или канал, а затем разрешают пакетам проходить по этому каналу.

Шлюз прикладного уровня перехватывает входящие и исходящие пакеты, использует программы-посредники, которые копируют и перенаправляют информацию через шлюз, а также функционирует в качестве сервера-посредника, исключая прямые соединения между доверенным сервером или клиентом и внешним хостом. Однако посредники, используемые шлюзом прикладного уровня, имеют важные отличия от канальных посредников шлюзов сеансового уровня: во-первых, они связаны с приложениями, а во-вторых, могут фильтровать пакеты на прикладном уровне модели OSI. В отличие от канальных посредников, посредники прикладного уровня пропускают только пакеты, сгенерированные теми приложениями, которые им поручено обслуживать. Например, программа-посредник службы Telnet может копировать, перенаправлять и фильтровать лишь трафик, генерируемый этой службой. Если в сети ра-

ботает только шлюз прикладного уровня, то входящие и исходящие пакеты могут передаваться лишь для тех служб, для которых имеются соответствующие посредники. Так, если шлюз прикладного уровня использует только программы-посредники FTP и HTTP, то он будет пропускать пакеты этих служб, блокируя при этом пакеты всех остальных служб. В отличие от шлюзов сеансового уровня, которые копируют и "слепо" перенаправляют все поступающие пакеты, посредники прикладного уровня проверяют содержимое каждого проходящего через шлюз пакета. Эти посредники могут фильтровать отдельные виды команд или информации в протоколах прикладного уровня, которые им поручено обслуживать.

Брандмауэры экспертного уровня сочетают в себе элементы всех трех описанных выше категорий. Как и брандмауэры с фильтрацией пакетов, они работают на сетевом уровне модели OSI, фильтруя входящие и исходящие пакеты на основе проверки IP-адресов и номеров портов. Брандмауэры экспертного уровня также выполняют функции шлюза сеансового уровня, определяя, относятся ли пакеты к соответствующему сеансу. И наконец, брандмауэры экспертного уровня берут на себя функции шлюза прикладного уровня, оценивая содержимое каждого пакета в соответствии с политикой безопасности, выработанной в конкретной организации. Как и шлюз прикладного

уровня, брандмауэр экспертного уровня может быть сконфигурирован для отбраковки пакетов, содержащих определенные команды какой-либо службы. Однако, в отличие от шлюзов прикладного уровня, при анализе данных прикладного уровня такой брандмауэр не нарушает клиент-серверной модели взаимодействия в сети. Шлюз прикладного уровня устанавливает два соединения: одно - между авторизованным клиентом и шлюзом, второе - между шлюзом и внешним хостом. После этого он просто пересылает информацию между этими двумя соединениями. Несмотря на высокий уровень защиты, обеспечиваемый подобными шлюзами, такая схема может сказаться на производительности работы. В противоположность этому брандмауэры экспертного уровня допускают прямые соединения между клиентами и внешними хостами. Для обеспечения защиты такие брандмауэры перехватывают и анализируют каждый пакет на прикладном уровне модели OSI. Вместо применения связанных с приложениями программ-посредников брандмауэры экспертного уровня используют специальные алгоритмы распознавания и обработки данных на уровне приложений. С помощью этих алгоритмов пакеты сравниваются с известными шаблонами данных, что теоретически должно обеспечить более эффективную фильтрацию пакетов.

УДК 621.865.8(03)

А.В. Полянский
Кафедра автоматизации и систем управления

СИНТЕЗ ГЛАДКО-НЕЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ СЛУЧАЙНОГО АРГУМЕНТА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЯХ

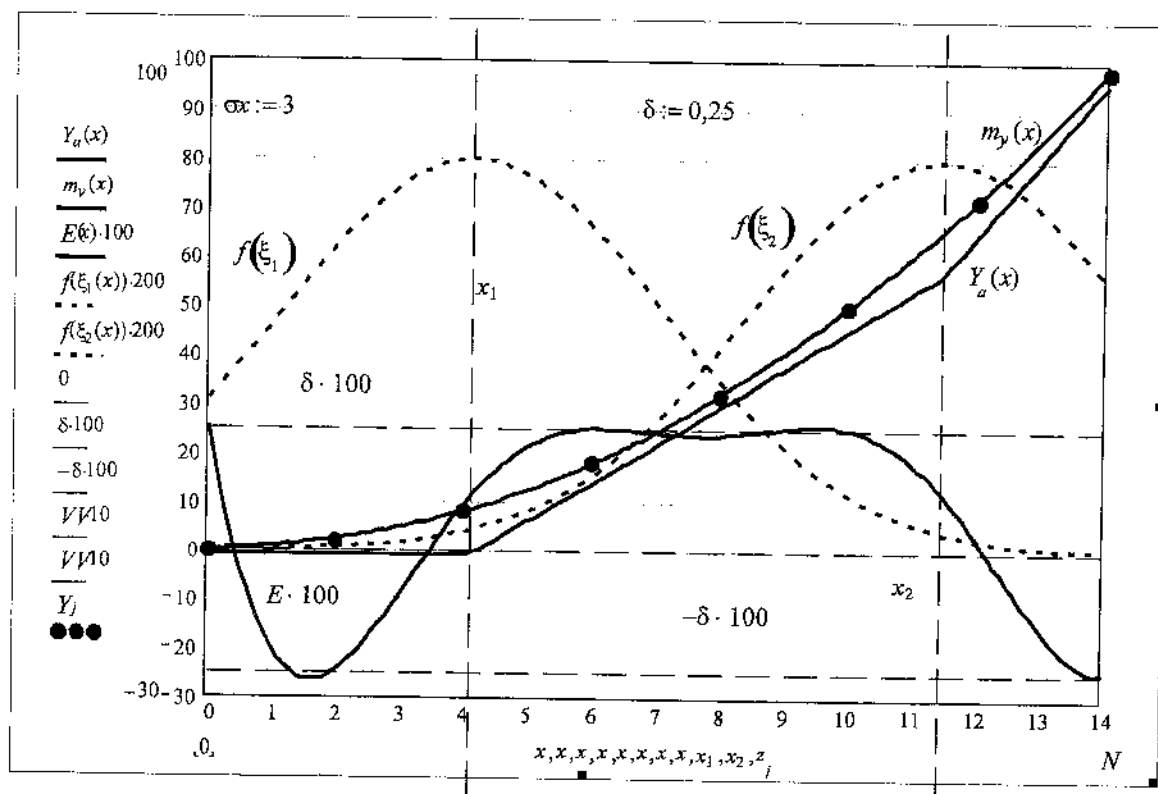
Анализ прохождения случайного сигнала x через статические нелинейности вида $Y(x)$ широко рассмотрен в классической литературе [1] с определением на выходе их математического ожидания m_y при заданных функциях плотности распределения $f(x)$ входного сигнала, как

$$m_y = \int_{-\infty}^{\infty} Y(x) \cdot f(x) dx.$$

Во всех случаях наблюдается эффект статистического сглаживания исходной нелинейности $Y(x)$ до $m_y(x)$. В практических задачах функционального преобразования случайных входных сигналов в качестве нелинейности могут использоваться специализированные вычислительные устройства, воспроизводящие функции $Y_a(x)$ на принципах кусочно-линейной аппроксимации (КЛА) [2], как аппаратно, так и программно

чены в масштабе 100. Процесс перекрытия участков сглаживания очевиден при построении функций распределений случайного процесса $f(\xi_1)$ и $f(\xi_2)$ в узлах КЛА, где относительные переменные

ми, что упрощает схемную реализацию специализированного вычислителя, повышает надежность его работы либо сокращает программную часть, повышая быстродействие и функциональную надежность.



Синтез КЛА функции настройки вычислительной характеристики

$$\xi_1 = \frac{x_1 - x}{\sigma x} \quad \text{и} \quad \xi_2 = \frac{x_2 - x}{\sigma x}$$

удобны для построения закона распределения со смещенным параметром [1].

Таким образом, КЛА функции вычислителя, существенно выходящая за допусковый коридор, трансформируется в гладко-нелинейную аппроксимирующую функцию с заданными допущения-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лившиц Н.А., Пугачев В.Н. Вероятностный анализ систем автоматического управления. – М.: Советское радио, 1963.
2. Смолов В.Б. Диодные функциональные преобразователи. – Л.: Энергия, 1976.
3. Дьяконов В. Mathcad 2001: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.

Раздел 5

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА

УДК 658.7 (075.8)

В.В. Плашенков, Д.А. Волотин

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСАХ НА ОСНОВЕ ПРЯМОЙ ВЕРИФИКАЦИИ

Анализ состояния производственных запасов¹ на базах и складах ООО «ССМ-Тяжмаш» по части номенклатуры запасных частей (ЗЧ), малоценных и быстро изнашиваемых предметов (МБП) и др. показал, что потребность, рассчитанная по существующим нормам расхода на ремонт и техническое обслуживание производственных линий, су-

щественно отличается от фактического расхода в ту или другую сторону. Это приводит либо к образованию сверхнормативных запасов, либо к возникновению дополнительной потребности. Так, за первый год существования центральных складов коммерческой дирекции ООО «ССМ-Тяжмаш» там скопилось сверхнормативных запасов на сумму 30–40 млн. рублей и потребовалось проведение работ по снижению запасов. В качестве временного решения данной проблемы пришлось уменьшить горизонты планирования с года до нескольких месяцев. Поскольку не всегда имеется возможность удовлетворить внеплановый спрос у потребителя, возникает дефицит ЗЧ, МБП и др., что влечёт за собой снижение производственных показателей предприятия.

В этой связи возникает потребность в изыска-

¹ Здесь и далее под *производственными запасами* понимается сырьё, материалы, комплектующие изделия, покупные полуфабрикаты, моторное топливо, запасные части, МБП, включая режущий и измерительный инструмент, инвентарь, спецодежда и т.п., которые формулируются у предприятий-потребителей за счёт поступающих к ним товарно-материальных ценностей по транзиту и складской форме снабжения (с баз снабжения). Они предназначены для обеспечения бесперебойного производства в перерывах между поставками.

нии и разработке новых подходов, позволяющих более полно учитывать факторы, влияющие на величину отклонения расчетной потребности и, соответственно, более точно осуществлять её прогнозирование. С этой целью на этапе планирования снабжения предприятия материально-техническими средствами предлагается наряду с существующим нормативным методом расчёта потребности использовать метод экспоненциального сглаживания, который позволяет прогнозировать будущую потребность с учётом фактического расхода производственных запасов в предшествующем одном или нескольких плановых периодах. Такой подход называется *прямой верификацией*. В дальнейшем строится синтезированная оценка прогноза, которая является линейной комбинацией частных прогнозов.

Существующий нормативный метод расчёта потребности в материально-технических средствах на планируемый период основан на обработке информации, поступающей из цехов (подразделений) предприятия о потребности в ремонтах, плане ремонта на планируемый период и составе парка производственного и технологического оборудования. Потребности в материально-технических средствах на виды ремонта и технического обслуживания определяются по следующим формулам [1], [3], [4]:

$$P_{K_i} = 0,01 \sum_{j=1}^n (K_{K_j} \times N_{K_j});$$

$$P_{C_i} = 0,01 \sum_{j=1}^n (K_{C_j} \times N_{C_j});$$

$$P_{A_i} = 0,01 \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^l (K_{A_{jt}} \times N_{A_{jt}});$$

$$P_{T_i} = 0,01 \sum_{j=1}^n (K_{T_j} \times N_{T_j});$$

$$P_{S_i} = 0,01 \sum_{j=1}^n (M_{S_j} \times N_{S_j}),$$

где $P_{K_i}, P_{C_i}, P_{A_i}, P_{T_i}, P_{S_i}$ – потребность в производственном запасе на обеспечение капитальных и средних ремонтов агрегатов, текущих ремонтов и обслуживания производственного оборудования, замены элементной базы по старению; $K_{K_j}, K_{C_j}, K_{T_j}$ – количество планируемых к выпол-

нению капитальных, средних и текущих ремонтов производственного оборудования и циклов обслуживания j -го типа техники; $K_{A_{jt}}$ – количество планируемых к выполнению капитальных ремонтов агрегатов и узлов j -го типа t -го наименования; M_{S_j} – количество производственного оборудования со сроком работы более 5 лет; $N_{K_j}, N_{C_j}, N_{T_j}$ – нормы расхода производственного запаса i -й номенклатуры на 100 капитальных, средних и текущих ремонтов и циклов обслуживания техники j -го типа; $N_{A_{jt}}$ – нормы расхода производственного запаса i -й номенклатуры на 100 ремонтов агрегатов и узлов j -го типа t -го наименования; N_{S_j} – нормы расхода производственного запаса i -й номенклатуры на замену деталей по старению на 100 образцов техники j -го типа со сроком службы более 5 лет; n – количество типажа техники, на которой заменяется деталь i -го наименования; m – количество агрегатов j -го типа, на которых заменяется i -я деталь.

Тогда если потребности по нормам расхода

$$P_{N_i} = P_{K_i} + P_{C_i} + P_{T_i} + P_{S_i},$$

то с учётом потребности в директивных запасах P_d для создания комплектов P_{m_i} и расчётного остатка O_i на начало планируемого периода рассчитывается общая потребность потребителя в материальных средствах по формуле

$$P_{O_i} = P_{N_i} + P_{P_i} + P_{d_i} + P_{m_i} - O_i.$$

Поскольку планирование потребности ведётся задолго до начала планового периода, а также в связи с наличием субъективных и объективных факторов, влияющих на состояние и развитие системы снабжения предприятия, между планируемым и фактическим наличием производственных запасов на начало года, а также планируемой нормативной и фактической потребностью в запасных частях возникают расхождения, носящие вероятностный характер. К таким факторам относятся:

- изменение потребности в ремонте техники и возможностей ремонтных органов к началу планового периода;

- несовершенство механизма слежения за соот-

ветствием действующих норм расхода реальным расходам материально-технических средств на ремонт по видам техники и по регионам расположения предприятий;

– стремление «скрыть» излишки дефицитных номенклатур материально-технических средств потребителями в счёт плана реализации закладки в директивные запасы;

– перераспределение марочного состава ремонтного фонда, ведущее к увеличению расхода одних номенклатур производственного запаса и уменьшению расхода других;

– влияние на расход материально-технических средств уровня технологии и организации производства на предприятиях.

Комплексное влияние данных факторов на ежегодное формирование фактической потребности образует случайный временной процесс, который приводит к неравномерному расходу производственного запаса на ремонт и обслуживание техники подразделений предприятия. В связи с этим возникает *частная научная задача*, заключающаяся в выявлении тенденции изменения объёмов фактической потребности во времени с целью её использования в виде дополнительного фактора, способного сглаживать влияние указанных выше факторов и тем самым уточнять результат прогноза. Для решения данной задачи предлагается прогнозировать потребность, используя при этом результаты как нормативного метода, так и метода экспоненциального сглаживания, позволяющего обработать данные временного ряда. В последнем случае прогноз потребности может осуществляться рекуррентно по зависимости [2]:

$$P_{N(t)}^{(k)} = P_{N(t-1)}^{(k)} + \alpha (R_{j(t-1)}^{(k-1)} - P_{N(t-1)}^{(k)}),$$

где $P_{N(t)}^{(k)}$, $P_{N(t-1)}^{(k)}$ – прогноз потребностей по нормам на t -й и $(t-1)$ -й периоды; $R_{j(t-1)}^{(k-1)}$ – фактический расход материально-технических средств в t -м периоде; k – порядок полинома, в который разлагается функция потребности.

В соответствии с этой формулой прогноз потребности в материально-технических средствах на очередной плановый период равен прогнозу, сделанному в предыдущем периоде с увеличением или уменьшением на соответствующую долю α ,

разницу между предыдущим прогнозом потребности и фактическим расходом ресурсов. Для реализации данного метода необходимо:

– определить значение коэффициента обратной связи;

– определить количество точек предыстории m , которые будут участвовать в вычислении прогноза.

Порядок полинома k выбирается в зависимости от вида динамического ряда фактических расходов $\{R_{j,t}\}$ по годам. С этой целью определяется выборочный коэффициент корреляции $r_{R,t}$, характеризующий наличие и степень прямоугольной тенденции в динамическом ряду. Для номенклатур, у которых $|r_{R,t}| > 0,7$, применяется метод экстраполяции тенденций, для остальных – метод экспоненциального сглаживания с учетом среднего уровня динамического ряда (тренда) при $0,3 \leq r_{R,t} < 0,7$ ($k = 2,3$) и без его учета при $|r_{R,t}| < 0,3$ ($k = 1$).

Результаты проведенных расчетов позволили определить оптимальные значения параметров α и m для данных видов распределения вероятности возникновения того или иного фактического расхода материально-технических средств и выбранного порядка полинома (линейного, квадратного и т.п.). В качестве критерия оптимальности использовался минимум среднеквадратической ошибки (СКО) прогноза нормативной потребности от фактической. На рис. 1, а и б приведены графики, отражающие изменение СКО прогноза потребности в материально-технических средствах на ремонт производственного оборудования от количества точек m , участвующих в прогнозе, соответственно для нормального и равномерного законов распределения фактической потребности.

Из графиков видно, что наиболее достоверный прогноз имеет место в том случае, если длина предыстории составляет 3 года.

Для исследуемого процесса существуют определенные значения коэффициентов обратной связи $\alpha = \alpha_{opt}$, при которых ошибка прогноза минимальна (см. рис. 2, а и б). В каждом конкретном случае величина α_{opt} характеризуется статистикой процесса.

Из приведенных данных графика видно, что для нормального распределения величина $\alpha_{opt} = 0,35$, а для равномерного – 0,23.

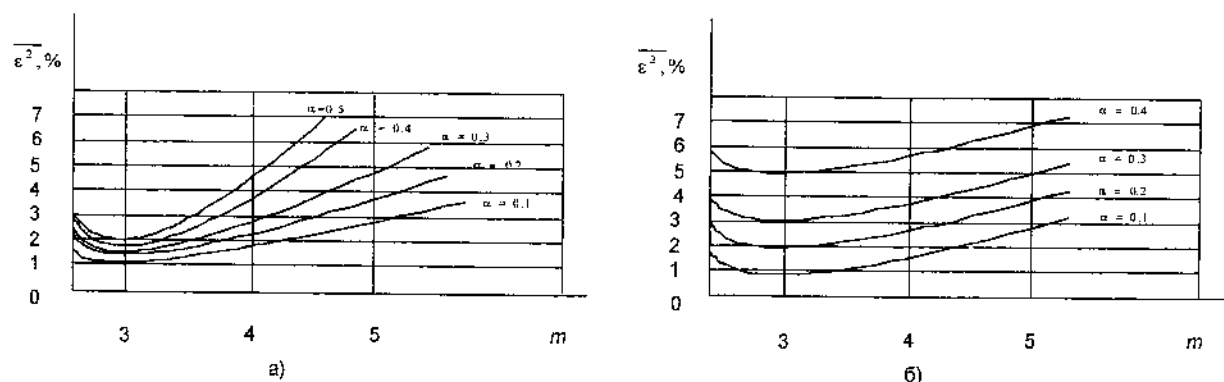


Рис. 1. График зависимости $\overline{\varepsilon^2} = f(m)_\alpha$ при нормальном (а) и равномерном (б) распределении вероятностей динамического ряда фактических расходов $\{R_f\}$

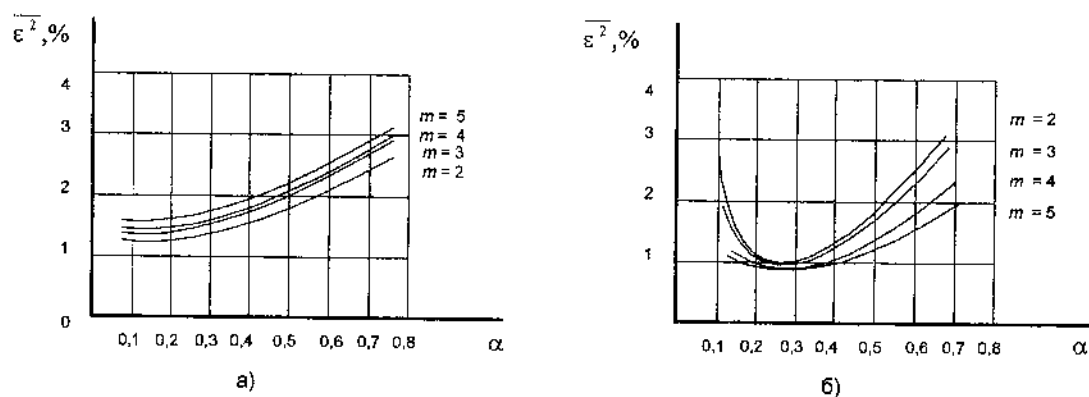


Рис. 2. График зависимости $\overline{\varepsilon^2} = f(\alpha)_m$ при нормальном (а) и равномерном (б) распределении вероятностей динамического ряда фактических расходов $\{R_f\}$

После того, как с использованием приведенных методик получены оба прогнозных значения, оценивается степень совпадения (непротиворечивость) результатов. С этой целью принимается следующее **критериальное правило**: результаты прогнозов являются согласованными (не противоречат друг другу), если их значения принадлежат общей области пересечения доверительных областей частных прогнозов, т.е. общая область не является пустым множеством. Тогда строится синтезированная оценка прогноза P_N , являющаяся линейной комбинацией частных прогнозов, т.е.

$$P_N = \varphi_1 \times P_{N1} + \varphi_2 \times P_{N2},$$

где φ_1, φ_2 — веса прогнозов, полученные соответственно нормативным методом и методом экспо-

ненциального сглаживания; P_{N1}, P_{N2} — частные прогнозы, полученные соответственно нормативным методом и методом экспоненциального сглаживания.

Опуская процедуру нахождения минимума ошибок, на основе решения задачи Лагранжа для случая двух прогнозных результатов можно записать:

— коэффициенты величины оценки синтеза прогнозных результатов

$$\varphi_1 = \frac{\sigma_{P_{N1}}^2}{\sigma_{P_{N1}}^2 + \sigma_{P_{N2}}^2}; \quad \varphi_2 = \frac{\sigma_{P_{N2}}^2}{\sigma_{P_{N1}}^2 + \sigma_{P_{N2}}^2};$$

— среднюю величину синтеза прогнозных результатов

$$P_N = \frac{1}{\sigma_{P_{N_1}}^2 + \sigma_{P_{N_2}}^2} (\sigma_{P_{N_2}}^2 P_{N_1} + \sigma_{P_{N_1}}^2 P_{N_2});$$

— дисперсию величины синтеза прогнозных результатов

$$\sigma_{P_N}^2 = \frac{\sigma_{P_{N_1}}^2 \cdot \sigma_{P_{N_2}}^2}{\sigma_{P_{N_1}}^2 + \sigma_{P_{N_2}}^2};$$

где $\sigma_{P_{N_1}}^2, \sigma_{P_{N_2}}^2$ — дисперсии, характеризующие ошибки соответствующих прогнозов.

Очевидно, что рассчитываемый затем доверительный интервал этого комбинированного прогноза будет характеризовать большую достоверность полученных результатов, чем результаты его составляющих в отдельности. Полученные результаты являются методической основой для прогнозирования потребности предприятий (орга-

низаций) в материально-технических средствах с использованием прямой верификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобровников Г.Н., Клебанов А.Н. Прогнозирование в управлении техническим уровнем и качеством продукции // Сборник НТИ. — М., 1984. — С. 25.
2. Родионов Р.А. и др. Пути совершенствования нормирования запасов и расхода материальных ресурсов на ремонтные нужды: Сб. науч. тр. — М., 1982. — С. 94.
3. Типовая методика нормирования производственных запасов моторных топлив. — М.: НИИПиН, 1978.
4. Типовая методика нормирования производственных запасов сырья и материалов. — М.: НИИПиН, 1979.

Раздел 6

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 338.22

Н.Н. Иванова
Кафедра экономики

ПРОБЛЕМЫ СТАНОВЛЕНИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА В РОССИИ

На основе изучения опыта зарубежных стран возникает вопрос о том, какие же условия необходимы для развития малого предпринимательства в нашей стране?

Конечно же, наивно предполагать, что для страны таких масштабов малый бизнес может стать основой экономики: в наших условиях он может стать лишь связующим звеном, которое обеспечило бы бесперебойную работу крупных промышленных предприятий. Поэтому для начала следует определить те отрасли и сферы экономики, в которых предприятия малого бизнеса играют решающую роль. Во-первых, это вся сфера услуг, в том числе технические услуги, включая ремонт и техническое обслуживание машин и оборудования; консультационные услуги; бытовое обслуживание населения. Во-вторых - торгово-закупочные операции, а также посредническая деятельность.

Поэтому одним из решающих условий углуб-

ления проводимых в России экономических реформ, способных вывести страну из кризиса, обеспечить ослабление монополизма, добиться эффективного функционирования производства и сферы услуг, является развитие малого предпринимательства. Этот сектор экономики создает необходимую атмосферу конкуренции, дополнительные рабочие места, способен быстро реагировать на любые изменения рыночной конъюнктуры, заполнять образующиеся ниши в потребительской сфере, является основным источником формирования среднего класса, то есть расширяет социальную базу проводимых реформ.

Следует заметить, что наблюдавшийся до 1992 года бурный рост малых предприятий замедлился.

В условиях инфляции, налоговой нестабильности, отсутствия рынка сырья и материалов начинающие предприниматели, почувствовав вкус "легких" денег, быстро переключались в сферу

улично-палаточной торговли, спекуляции, ушли в другие коммерческие структуры. Источниками товаров для торговли стали импортные закупки, челночные рейсы в развивающиеся страны, а также товары из государственной торговли, включая продукты питания. Уходя от налогообложения, не вкладывая каких-либо средств в помещения, оборудование, культуру торговли, многие бизнесмены получили благоприятные возможности для обогащения.

Поэтому и не изживается в массовом сознании представление о предпринимательстве как о чем-то плохом, неприязненном, а о предпринимателе - как о спекулянте.

Потеря административного управления, экономический хаос и законодательная неразбериха привели к тому, что законопослушные предприниматели, организующие бизнес в производственной сфере, оказались в чрезвычайно трудном положении, неся большие затраты, выплачивая высокие налоги и подвергаясь государственному и негосударственному рэкету. Отсутствие четкого механизма реализации государственных мер по поддержке малого бизнеса, затруднения в получении кредитов, производственных помещений и материальных ресурсов поставили малые предприятия в неравное положение с крупными. Это привело к сокращению их роста и к ориентации преимущественно на торгово-закупочную и посредническую деятельность.

Анализ развития предпринимательства показывает, что доля предприятий, работающих в сфере торговли и посреднических услуг, занимает доминирующее положение. Кроме того, существует большое количество предприятий, зарегистрированных как производственные или многоцелевые (выпуск товаров народного потребления, оказания различных услуг), но тем не менее занимающихся торгово-посреднической деятельностью как основной. В Москве, например, где раньше преобладали научно-технические кооперативы, теперь, по официальным данным, один такой кооператив приходится на несколько десятков торгово-закупочных.

Высокие налоги, всевозрастающая арендная плата за помещение и оборудование, отсутствие фондового рискованного капитала - все это затрудняет продолжение эффективной деятельности и вынуждает направлять основные усилия не на расширение производства, а на борьбу за выживание.

Но главная причина сокращения числа малых предприятий - низкий уровень финансовой обеспеченности большинства малых предприятий вследствие трудностей с первоначальным накоплением капитала, невозможность получения кредитов на приемлемых условиях, неэффективность налоговой системы. Негативное воздействие на развитие малого бизнеса в сфере материального производства оказывают неразвитость производственной инфраструктуры, нехватка специализированного оборудования, слабость информационной базы.

Все это приводит к тому, что только часть зарегистрированных предприятий малого бизнеса оказывается в состоянии приступить к реальному производству продукции.

Как показывает изучение зарубежного опыта, не переменным условием успеха в развитии малого бизнеса является положение о том, что малые предприятия и малое предпринимательство нуждаются во всесторонней и стабильной государственной поддержке. Она осуществляется в различных формах, в первую очередь, путем стимулирования производства наиболее приоритетных видов продукции, предоставления налоговых льгот, дотаций льготного банковского кредитования, создания информационно-консультативных и научно-технических центров, развития системы страхования, организации материально-технического снабжения. Важную роль играют принятие и исполнение законодательства, разработка и реализация конкретных комплексных программ.

Неоправданно высокое налогообложение "убивает" в России малое предпринимательство (многочисленные налоги и сборы нередко оставляют предприятию лишь 5-10 % полученной прибыли). Общее направление совершенствования налоговой системы - усиление стимулирующей роли налогов в развитии производства. Надо освободить малые предприятия от налогов на инвестиции, ввозимые технологии. И, конечно, нужны налоговые льготы на период становления малого предприятия. Совершенно очевидна необходимость дифференцированного налогового подхода к предприятиям разного профиля деятельности. Более низкие ставки налогов должны применяться для наиболее важных, приоритетных отраслей.

К настоящему времени сделаны только самые первые шаги в правовом и организационном обеспечении формирования малого предприниматель-

ства в качестве особого сектора экономики России. Действенной системы стимулирования образования малых предприятий не существует, как нет и хозяйственного механизма их поддержки. Не разработана государственная программа развития малых предприятий.

Поэтому комплекс первоочередных мер по развитию малого предпринимательства в РФ целесообразно осуществлять по следующим направлениям:

- нормативно-правовое;
- финансово-кредитное;
- информационно-техническое;
- организационное;
- кадровое и консультационное обеспечение;
- внешнеэкономическая деятельность.

Также в государственной программе должны быть отражены механизмы денежно-кредитной, налоговой, бюджетной и ценовой политики, материально-технического снабжения, системы официальных гарантий, которые обеспечивали бы создание равных стартовых условий в развитии предпринимательской деятельности.

В программе необходимо предусмотреть формирование эффективных институтов рыночной инфраструктуры, товарного рынка и рынка ценных бумаг, инвестиционного и венчурного предпринимательства, информационной, консультационной и аудиторской деятельности, а также создание комплексной государственно-общественной системы поддержки малого предпринимательства, включая подготовку и переподготовку предпринимательских кадров, привлечение к этой сфере социально активных слоев населения. Следует также определить меры, обеспечивающие поддержку внешнеэкономической деятельности и

привлечение иностранных инвестиций к развитию предпринимательства.

Для реализации данных программ должны быть привлечены не столько средства государственного бюджета, сколько возможности частного - отечественного, а при необходимости и иностранного капитала. Основным же направлением использования государственных ресурсов должно стать не выделение прямых инвестиций, а страхование и предоставление гарантий под кредит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шулятьева Н.А. Малый бизнес в условиях рынка // Деньги и кредит. – 1992. - № 1.
2. Афанасьев В. Малый бизнес: проблемы становления // Российский экономический журнал. – 1993. - № 1.
3. Мягков П., Фесенко Е. Малое предпринимательство: государственная поддержка обязательна // Российский экономический журнал. – 1993. - № 3.
4. Шахмалов Ф. Малое предпринимательство в системе рыночных реформ: проблемы роста или выживания // Вопросы экономики. – 1993. - № 4.
5. Разумнова И. Мелкие предприятия в промышленности США // Проблемы теории и практики управления. – 1990. - № 5.
6. Оноприенко В.И. Малые предприятия: Опыт, проблемы. - М.: Профиздат, 1991.
7. Певзнер А.Г. Новое о малых предприятиях. - М.: АО "Факт", 1990. – Вып. 2.
8. Серегин А.С. Эффективность малого бизнеса. - М.: Экономика, 1990.
9. Болацкий Е., Потапова А. Малый и крупный бизнес: тенденции становления и специфика функционирования // Экономист. – 2001. - № 4. – С. 45-54.

УДК 658:338.2

З.М. Магруппова, Я.А. Пестовская
Кафедра экономики

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АГЛОМЕРАТА НА ПРИМЕРЕ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

Одной из центральных проблем агломерации рудных материалов во все времена была разработка технологии получения прочного агломерата. Проблема прочности имеет не только технологи-

ческий аспект – получение малоразрушающегося агломерата, но и экономический. Сокращение до минимально возможного количества возврата позволяет достичь высокой производительности по

годному агломерату и пониженного удельного расхода твердого топлива на процесс, что в конечном счете приводит к снижению себестоимости агломерата. Требования к качеству агломерата на ОАО "Северсталь" указаны в документе "Стандарт предприятия" и приведены в табл. 1.

где P_i - значение i -го показателя качества оцениваемой продукции, $P_{i \text{ баз}}$ - значение i -го показателя качества базового образца, n - количество принятых для оценки ТУ показателей качества. Формулу (1) используют тогда, когда увеличению абсолютного значения показателя качества

соответствует улучшение качества изделий. Так, например, относительные показатели содержания железа, прочности рассчитываются по формуле (1). В иных случаях, когда увеличение абсолютного значения показателя характеризует ухудшение качества продукции, для расчета относительного значения показателя используют формулу (2).

Таблица 1

Наименование показателей	Содержание и допустимые отклонения от базового значения, %						
	Fe	CaO/SiO ₂	FeO	Фр 0 – 5 мм	MgO	Мех. прочн.	Истираемость
АГЦ-2	±0,5	±0,1	±1,5	Не > 8	Не > 2,8	Не < 81,5	Не > 1,7
АГЦ-3	±0,5	±0,1	±1,5	Не > 12	Не > 2,8	Не < 73	Не > 4,7

Нередко качество технической продукции оценивают по одному, но главному показателю, характеризующему ее полезность. Однако один, даже определяющий, показатель дает одностороннюю ограниченную характеристику продукции. Поэтому практически для любой продукции, особенно для сложной и многофункциональной, необходимо производить оценку качества по нескольким ее полезным свойствам. Для этого есть несколько методов оценки качества любой продукции, в том числе и металлургической. Различают методы оценки технического уровня (ТУ) однородных и разнородных изделий. Агломерат является однородной продукцией металлургического предприятия, поэтому при оценке существующего качества следует использовать дифференциальный, комплексный, или смешанный, а также интегральный методы.

Дифференциальный метод оценки ТУ изделий заключается в сопоставлении единичных показателей качества оцениваемых изделий с соответствующими показателями базового образца (табл. 2). При дифференциальном методе оценки ТУ промышленной продукции рассчитывают отдельные относительные показатели уровня качества оцениваемой продукции Y_{ki} по формулам вида:

$$Y_{ki} = P_i / P_{i \text{ баз}}, \quad (1)$$

или

$$Y_{ki} = P_{i \text{ баз}} / P_i, \quad \text{при } i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

Таблица 2
Дифференциальные показатели качества агломерата ОАО "Северсталь"

Показатель	ОАО "Северсталь", 2002-03 гг.	Мировой уровень, требования доменного производства	Дифференциальный показатель качества
1. СКО по железу	0,36-0,32	0,25	0,735
СКО по основности	0,059-0,042	0,025	0,495
СКО по FeO	0,86-1,17	0,5	0,493
2. Выход годного, %	80,1-71,7	>80	0,9488
3. Содержание мелочи (0-5 мм) в скиповом агломерате, %	10,4-15,1	5	0,392
4. Расход кокса на 1 т агломерата, кг/т	55,5	50-60	0,99
5. Металлургические свойства	Не определяются		

В результате расчетов, произведенных по формулам (1) и (2), одни относительные показатели оказались лучше, а другие хуже, поэтому, чтобы

дать единую оценку, применяют следующий расчет: $Y_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot m_i$, где m_i – коэффициент весомости показателя, определяемый экспертным методом.

$$Y_{\text{общ}} = 0,6 \cdot \frac{0,735 + 0,495 + 0,493}{3} + \\ + 0,15 \cdot 0,488 + 0,1 \cdot 0,392 + 0,15 \cdot 0,99 = \\ = 0,345 + 0,0732 + 0,0392 + 0,1485 = 0,6059.$$

Следовательно, агломерат ОАО "Северсталь" по качественным характеристикам уступает мировому уровню качества агломерата на $1 - 0,6059 = 0,3941$ (39,41 %).

Комплексный метод применяют в тех случаях, когда наиболее целесообразно оцени-

вать ТУ сложных изделий только одним числом. Необходимость объединения совокупности единичных показателей с целью получения одного комплексного определяется чисто практическими задачами. Обобщенный показатель представляет собой функцию, зависящую от единичных показателей, которые характеризуют однородную группу свойств. Наиболее распространенным видом комплексной оценки качества является интегральный показатель. Для построения интегральных показателей качества используют метод корреляционной зависимости, который включает в себя два этапа: обнаружение зависимости и установление формы взаимосвязи в виде математической формулы, изменение тесноты взаимосвязи, то есть степень приближения к связи функциональной. В качестве частных показателей качества агломерата выбраны: массовая доля железа, % (X_1); доля FeO, % (X_2); доля SiO₂, % (X_3); основность, % (X_4); горячая прочность на удар, % (F_1); прочность на истирание, % (F_2); восстановимость, % (F_3). Показатели X – это показатели химического состава агломерата. Массовая доля железа характеризует богатство железорудного сырья, массовая доля кремния – тип пустой породы, а основность – сте-

пень окисления. Показатели F характеризуют металлургические свойства. Поэтому целесообразно использовать два вида интегральных показателей: химических и металлургических свойств. Расчет показателя химических свойств агломерата осуществлен на основе матрицы, в которой строки расположены сверху вниз в порядке улучшения химического состава в динамике за год. Методом множественной регрессии и решения системы из 11 линейных уравнений определены значения весовых коэффициентов a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 и получено следующее уравнение интегрального показателя: $I_{\text{х.а}} = 1,99827 \cdot X_1^{0,93536} \cdot X_2^{-0,07} \cdot X_3^{0,065} \cdot X_4^{0,0021}$. Рассчитанные на основе уравнения, значения $I_{\text{х.а}}$ представлены ниже.

Из таблицы видно, что интегральный показатель химического состава агломерата монотонно возрастает, то есть удовлетворяет всем требовани-

Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$I_{\text{х.а}}, \%$	92,79	92,84	92,85	92,87	92,96	92,97	92,99	93,01	93,04	93,07	93,16	93,24

ям, предъявляемым к интегральным показателям. Аналогично рассчитывается интегральный показатель качества металлургических свойств агломерата: $I_{\text{м.а}} = a_0 \cdot f_1 \cdot a_1 \cdot f_2^{a_2} \cdot f_3^{a_3}$. Однако сделать соответствующий расчет невозможно в связи с тем, что эти свойства не определяются на ОАО "Северсталь". Внедрение метода расчета обоих показателей позволит быстро и полно определить качество выпущенного агломерата. Особое значение это имеет при лабораторных исследовательских спеканиях. Таким образом, на качество агломерата по химическим свойствам положительно влияет содержание железа в агломерате и отрицательно – содержание кремния. Отрицательно сказывается отсутствие возможности оценки металлургических свойств в АГП ОАО "Северсталь", так как горячая прочность на удар, на истирание и восстановимость являются важнейшими ценностями агломерата.

Помимо химических свойств на качество агломерата влияют минералогический состав сырья: железорудного, флюсов, кокса, а также качество работы. Основным видом сырья является железорудный концентрат – 73 % себестоимости. При производстве агломерата в 2003 году использовались следующие основные виды железорудных

концентратов: Оленегорские, Михайловские, Стойленские (концентраты КМА) (табл. 3).

К Ковдорскому концентрату традиционно предъявляют более жесткие и разнообразные требования, чем к другим концентратам, так как он

ответствует установленным требованиям, поэтому необходимо оценить используемое сырье различного происхождения с помощью структурных относительных величин и соотношения "цена-качество" (табл. 4).

Таблица 3

Основные требования к железорудным концентратам

Концентрат	Fe	MgO	TiO ₂	P	Влага в зимний период	Влага в летний период
Оленегорский	66 ± 0,2 %				1,5 %	8 %
Ковдорский	64 ± 0,2 %	не > 5,5 %	не > 1,1 %	не > 0,12 %		
Стойленский	67 ± 0,2 %					

имеет другой, отличный от других состав (прежде всего по содержанию MgO). Анализ качества поставляемых в 2003 году концентратов произведен методом контрольных карт, использующим среднеквадратические отклонения (СКО) по основным параметрам в динамике. Пример контрольной карты для Ковдорского концентрата представлен на графике (рис.).

Контрольные карты качества по другим видам сырья рассчитываются аналогично. Анализ показал, что далеко не все железорудное сырье соот-

Согласно проведенным исследованиям наиболее соответствует заданным требованиям Ковдорский концентрат, у которого выполняются требования по содержанию Fe, TiO₂, P и влаге; однако наблюдаются частые отклонения показателя от требуемого уровня по такому важному компоненту, как MgO. По остальным концентратам (Стойленскому и Оленегорскому) процентный состав по содержанию железа и влаги не соответствует требуемому количеству. Все это может отрицательно сказываться на качестве агломерата. В структуре железорудного сырья наиболее качест-

Таблица 4

Структура железорудного сырья в АГП ОАО "Северсталь"

Год	Вид сырья	Количество, т	Удельный вес, %	Цена, руб.
2001	Оленегорский концентрат	3 938 882	61,166	601,89
	Ковдорский концентрат	2 460 344	38,206	519,21
	Стойленский концентрат	40 436	0,6279	516,28
Итого		6 439 662	100	
2002	Оленегорский концентрат	3 866 430	54,546	651,14
	Ковдорский концентрат	2 587 044	36,497	601,21
	Стойленский концентрат	634 975	8,958	580,14
Итого		7 088 449	100	
2003	Оленегорский концентрат	3 512 123,27	50,316	792,53
	Ковдорский концентрат	2 583 735,08	37,016	668,76
	Стойленский концентрат	884 155,4	12,667	758,73
	Михайловский концентрат	70	0,001	423,37
Итого		6 980 083,75	100	

венный вид концентрата (Ковдорский) в 2003 году составлял 37 %, тогда как большую часть занимает Оленегорский. Кроме того, в соотношении "цена – качество" Оленегорская руда проигрывает остальным видам, так как является самой дорогой. Выбор такой стратегии закупок связан с политической холдинга "Северсталь-Групп", так как Олене-

лургии. В настоящее время в России экспертами констатируется особая напряженность на рынке железорудного сырья. Относительная стабильность в поставках железорудного сырья на ОАО "Северсталь" сейчас не гарантирует эффективности работы предприятия в будущем, тем более в соответствии с низким качеством этого сырья.

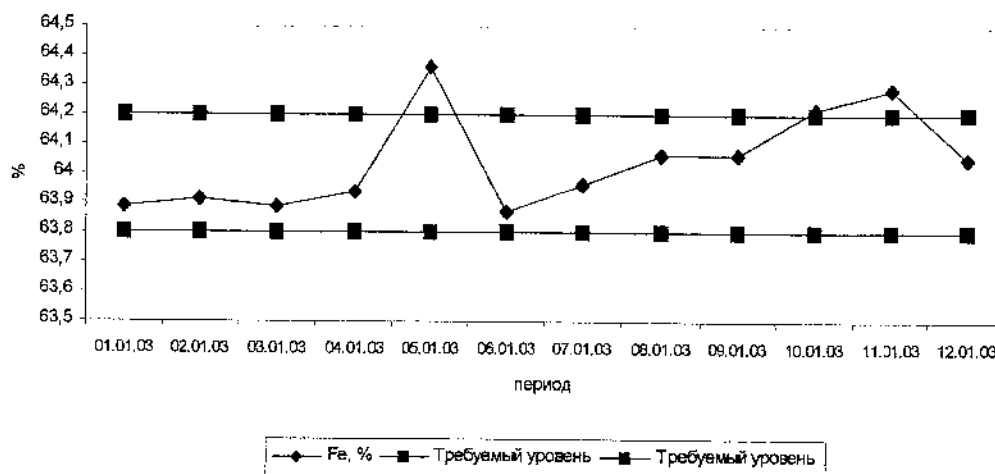


Рис. Содержание железа в Ковдорском концентрате в 2003 году

горский ГОК является частью группы "Северсталь-Ресурс" и положение дел на предприятии требует поддержки со стороны головной компании. Тем не менее необходимо проводить постоянный анализ рынка сырья, отслеживать изменения цен и качества, работать с поставщиками таким образом, чтобы это соответствовало понятиям экономической эффективности и целесообразности. Железорудная сырьевая база – основа функционирования предприятий черной метал-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Викулов Г.С. Производство агломерата заданного химического состава // *Металлург.* – 2002. – №6. – С. 47.
2. Гельманова З.С., Магруппова З.М. Производственный менеджмент: Учеб. пособие. – Темиртау, 2002. – 128 с.
3. Коротич В. И. Агломерация рудных материалов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ", 2003. – 400 с.

УДК 347.77. 003.12

З.М. Магруппова
Кафедра экономики

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

К настоящему времени в теории и практике стоимостной оценки объектов промышленной собственности (ОПС) сложилось несколько различных подходов. Один из них основан на перемножении ряда коэффициентов, связанных с различными фак-

торами, влияющими на технико-экономическую значимость изобретения. Количественные значения этих коэффициентов могут варьировать в широких пределах в зависимости от оценки степени их влияния. Этот подход берёт своё начало из раннее

действовавшей инструкции по определению вознаграждения за изобретения, не создающие экономического эффекта (1992 г.). В соответствии с этим документом действительная ценность изобретения определялась по формуле

$$ДЦ = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где k_1 – коэффициент положительного эффекта, который определяется в зависимости от влияния изобретения на технико-экономические показатели продукции, в котором оно используется; k_2 – коэффициент объема использования, величина которого устанавливается в зависимости от масштаба использования изобретения (единичные образцы продукции, опытная партия, серийное производство и т.п.); k_3 – коэффициент сложности решаемой задачи, величина которого определяется сложностью объекта изобретения; k_4 – коэффициент существенности отличий, величина которого устанавливается пропорциональной количеству отличительных признаков в формуле изобретения.

Такая оценка не совсем объективна, так как ошибка в оценке хотя бы одного коэффициента приводит к многократному её возрастанию за счёт умножений на ряд других коэффициентов.

Большое число методик базируется на расчете цены лицензии. И почти все они в качестве одного из расчётных показателей используют коэффициент роялти.

Количественное значение этого коэффициента выбирается в зависимости от того, к какой отрасли промышленности относится оцениваемое изобретение. Для любого изобретения, относящегося к одной отрасли промышленности, значение коэффициента роялти одинаково. Известно, что все изобретения, даже относящиеся к одной отрасли, различны по их эффективности, по их влиянию на прибыль от реализации продукции. Стоимость ОПС по данной методике определяется по формуле

$$Ц_{опс} = V_i \cdot T_i \cdot Ц_{пр} \cdot R_i,$$

где V_i – объём выпуска продукции в i -м году (шт., кг, м³ и т.д.), по лицензии; T_i – срок действия лицензионного договора (годы); $Ц_{пр}$ – продажная цена продукции, по лицензии в i -м году; R_i – размер роялти в i -м году.

В отечественной практике из-за отсутствия достоверных среднестатистических данных чаще всего размер роялти выбирают, ориентируясь на зарубежные данные без какого-либо расчётного обоснова-

ния. Это приводит к субъективному, недостаточно обоснованному выбору. Еще более неопределённая ситуация возникает, когда в литературе не содержится данных по конкретной отрасли промышленности, в данном случае, по металлургии.

Поэтому на практике возникает проблема обоснования ставок роялти для расчёта цены лицензии применительно к реальным рыночным отношениям.

Еще один подход в стоимостной оценке ОПС, широко используемый в практике, базируется на расчёте суммарных затрат, связанных с созданием, охраной и применением ОПС (так называемый затратный метод).

В этом случае стоимостную оценку ОПС предлагается определять по формуле

$$Ц_{опс} = \left(\sum_{t=t_n}^{t_k} Z_t \cdot a_t \cdot k_\alpha + \Pi_\pi + \Pi_y \right) \cdot k_\epsilon,$$

где Z_t – суммарные затраты на объект интеллектуальной собственности в t -м году расчётного периода; t_n – начальный год расчётного периода; t_k – конечный год расчётного периода; Π_π – суммарный объём поступлений по лицензионным договорам; Π_y – поступления в виде компенсаций убытков (ущерба) при нарушении исключительных прав на объект интеллектуальной собственности; a_t – коэффициент приведения разновременных стоимостных оценок в течение расчётного периода; k_α – коэффициент индексации разновременных стоимостных оценок с приведением к каждому году (t_k) расчётного периода; k_ϵ – коэффициент морального старения (амортизации) объекта интеллектуальной собственности.

Для расчёта рыночной цены ОПС, например, для целей продажи лицензии или внесения долевого пая в уставной капитал предприятия, оценка рыночной стоимости может производиться по формуле

$$Ц_{опс} = [(C_n + C_b + C_m) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 + P \cdot A_r \cdot T] \cdot k_5 \cdot k_6,$$

где C_n – приведённые затраты на обеспечение правовой охраны объекта; C_b – приведённые затраты на производство единицы базовой продукции; C_m – приведённые затраты на маркетинговые исследования; P – среднестатистическая ставка роялти; A_r – база для расчёта роялти (годовой объём использования, экономическая выгода от использования

оцениваемого объекта); T - срок полезного использования объекта промышленной собственности; k_5 - коэффициент амортизации стоимости оцениваемого объекта на момент расчёта; k_6 - коэффициент правовой значимости оцениваемого объекта промышленной собственности.

Стоимостная оценка ОПС по данной методике включает объём поступлений по лицензионным договорам (Π_n), т.е. ту величину, которая и будет определена в процессе переговоров о заключении лицензионного договора или переуступке прав на ОПС.

А. Калинин и др. предлагают величину цены ОПС, как отражающую все проведённые при создании и оформлении прав на ОПС затраты, принять за минимальную оценку стоимости ОПС, при условии, что $\Pi_n = 0$.

$$W_{\min} = k_c \sum_{t=t_n}^{t_k} W_t \cdot a_t \cdot k_{ut},$$

где W_t - суммарные затраты обладателя исключительных прав на ОПС в t -м году расчётного периода; t_n - начальный год расчётного периода; t_k - конечный год расчётного периода; a_t - коэффициент приведения разновременных стоимостных оценок в течение расчётного периода; k_{ut} - коэффициент индексации разновременных стоимостных оценок с приведением к конечному году расчётного периода.

Предложенная методика определения максимальной стоимости ОПС, носящая отраслевой характер (космическая техника), может быть модифицирована и для других отраслей техники. При этом используется следующее обобщённое выражение:

$$W_{\max.o} = W(R - P) k_c T_n,$$

где W - годовые затраты на решение системой (комплексом, устройством) целевой задачи; R - вероятность успешного решения системой целевой задачи при использовании ОПС; P - вероятность успешного решения системой целевой задачи при отсутствии ОПС.

В общем случае предварительная стоимость ОПС определяется по общепринятой формуле:

$$W_{\text{пр}} = 0,2 (2 W_{\max} + 3 W_{\min}) k_3,$$

где k_3 - коэффициент технико-экономической значимости ОПС, назначаемый экспертной комиссией в пределах $(1,0 \div 1,3)$.

Вышеперечисленные методики расчёта стоимости ОПС относятся к затратному методу. Такой подход приводит к парадоксальной картине: стоимость изобретения по мере его «старения» возрастает, так как растут затраты, связанные с его правовой охраной и использованием (годовые пошлины, выплата авторского вознаграждения и т.д.). Одной из особенностей ОПС является то, что они подвержены довольно быстрому моральному старению и с течением времени их стоимость снижается, а не возрастает.

Ряд методик основаны на оценке прибыли от реализации продукции с использованием ОПС. Так, В. Мухопад для расчёта стоимости ОПС предлагает использовать следующую расчётную формулу:

$$\Pi_{\text{опс}} = D \cdot T \cdot \Pi,$$

где Π - годовая прибыль, руб.; D - доля прибыли, приходящаяся на ОПС; T - время, за которое рассчитывается прибыль.

В этом уравнении из трёх составляющих две представляют неизвестные величины (Π и D), особенно когда расчёт производится на наиболее ранних стадиях жизненного цикла продукции с использованием оцениваемого ОПС. При этом количественное значение доли прибыли может меняться в широких пределах в зависимости от ряда факторов, что создаёт предпосылки для произвола оценщика.

На наш взгляд, все описанные в литературе методы оценки стоимости ОПС страдают тем существенным недостатком, что все они базируются на попытке абсолютной оценки ОПС без использования базы сравнения. В этом случае невозможно установить связь оцениваемого ОПС с соответствующим приращением прибыли и может оказаться, что рассчитанное приращение прибыли обусловлено совсем не оцениваемым ОПС. При таком подходе неизбежно применение некоторых усреднённых коэффициентов (коэффициент роялти, нормы прибыли, доля прибыли и т.п.), значения которых применяются одинаковыми для различных по своей природе и экономической эффективности изобретений.

Э. Скорняковым предлагается оценивать стоимость ОПС по приращению прибыли от реализации продукции с использованием ОПС по отношению к прибыли от реализации продукции, не использующей оцениваемого ОПС, так называемой базовой продукции. В качестве таковой может использоваться собственная продукция, которая заменяется продукцией с использованием ОПС, и любая другая, аналогичная по назначению и области применения. В этом случае стоимость ОПС можно определить по следующей расчетной формуле:

$$C_{\text{опс}} = O \cdot T [C_6 (K_{\text{ты}} - 1) - C_6 (Z_0 - 1)],$$

где $Z_0 = C_{\text{опс}} / C_6$ – относительные затраты на производство единицы продукции с использованием оцениваемого ОПС в сравнении с затратами на производство единицы базовой продукции.

Эта методика, по нашему мнению, является наиболее применяемой при оценке стоимости ОПС. Методика, предлагаемая Э. Скорняковым, позволяет:

- установить связь изобретения с приращением прибыли от реализации продукции с использованием изобретения в сравнении с прибылью, получаемой от реализации базовой продукции, и практически полностью исключает произвол в оценке;
- объяснить, почему стоимость оцениваемого ОПС имеет тенденцию к уменьшению во времени по мере его «старения».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скорняков Э.П. Методические рекомендации по проведению патентных исследований. - М.: ВНИИПИ, 1997. - 71 с.
2. Мухомад В.И. Международная торговля лицензиями. - М.: ВНИИПИ, 1994. - 103 с.

УДК 681.324

П.А. Беляева

Кафедра математических методов и информационных технологий в экономике

АНАЛИЗ ТРЕНД-СЕЗОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВРЕМЕННОГО РЯДА В МОДЕЛИ ОТТОКА НАЛИЧНОСТИ ИЗ БАНКОМАТА

На сегодняшний день банкомат является одним из наиболее эффективных и экономичных устройств для предоставления розничных банковских услуг. В частности, одной из наиболее востребованных услуг у держателей карточных счетов до сих пор остается снятие наличных в сети банкоматов (устройств автоматической выдачи наличных – УАВН). При этом для удовлетворения в полной мере запросов клиентов банк должен обеспечить работоспособность УАВН, т.е. поместить в него достаточное количество наличных денежных средств. В связи с этим возникает проблема оптимизации (по издержкам и привлечению средств) пополнения банкоматов денежными средствами (cash-management). Одним из направ-

лений решения данной проблемной ситуации является решение задачи прогнозирования оттока наличности из УАВН.

Объектом исследования является система пластиковых карт одного из банков Северо-Западного экономического региона. Предмет исследования – отток денежных средств с карточных счетов клиентов посредством УАВН. Цель исследования – повысить точность предсказания спроса наличных денежных средств в УАВН на краткосрочный период.

Пусть $x^m(t_1), x^m(t_2), \dots, x^m(t_N)$ – ряд наблюдений спроса наличности в банкомате с номером m , произведенных в последовательные моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_N$. Анализ графиков временных рядов для

банкоматов одного населенного пункта привел к гипотезе, что имеющиеся данные представляют сезонные колебания (термин «сезонность» понимается в широком значении и включает недельные и месячные периоды), наплаивающиеся на тренд. Кроме того, проведенный предварительный анализ показал, что существует зависимость между снятиями наличности в момент времени t и зачислениями на карточные счета заработной платы в предшествующие моменты времени.

Для проверки факта наличия неслучайной составляющей воспользуемся критерием «восходящих» и «нисходящих» серий. Проверяемой гипотезой в данном критерии является

$$E x^m(t) = \text{const},$$

где $E x^m(t)$ – математическое ожидание случайной величины $x^m(t)$.

В таблице 1 представлены наблюдаемые значения статистик $\nu(N)$ и $\tau(N)$ и границы критических областей для них.

Таблица 1 показывает, что при уровне значимости $0,050 < \alpha < 0,0975$ наблюдения для банкоматов 1, 2, 6, 7 содержат зависящую от времени неслучайную составляющую.

Для выявления характера периодичности в анализируемом временном ряду проведем дополнительное исследование данных средствами спектрального анализа. Для каждого УАВН рассчитаем спектр амплитуд временного ряда снятий наличности с помощью дискретного преобразования Фурье над выборкой из 128 последовательных значений ряда [1]. В качестве показателя наличия гармонических составляющих, соответствующих $k \approx 4,2$ (1 месяц – зачисления заработной платы на карточные счета), 8,4 (1/2 месяца – авансовые платежи), 18,3 (1 неделя) будем анализировать интенсивность спектра. В табл. 2 сведены факты обнаружения пиков спектра в точках, соответ-

ствующих данным периодам, а также доля интенсивности, приходящаяся на область высоких частот (случайная составляющая временного ряда).

Таблица 1

Данные по проверке гипотезы наличия неслучайной составляющей

№ УАВН	N	$\nu(N)$	$\nu_0(N)$	$\tau(N)$	$\tau_0(N)$	Гипотеза
1	214	125	130,29	4	7	Отвергнута
2	147	86	87,70	5	6	Отвергнута
3	135	86	80,13	6	6	Принята
4	131	77	77,61	4	6	Принята
5	195	123	118,18	4	7	Принята
6	188	112	113,72	8	7	Отвергнута
7	176	94	106,09	6	7	Отвергнута
8	206	142	125,19	4	7	Принята
9	200	129	121,37	4	7	Принята

Интенсивность, составляющая менее 5 % от общей, принимается незначимой.

Таблица 2

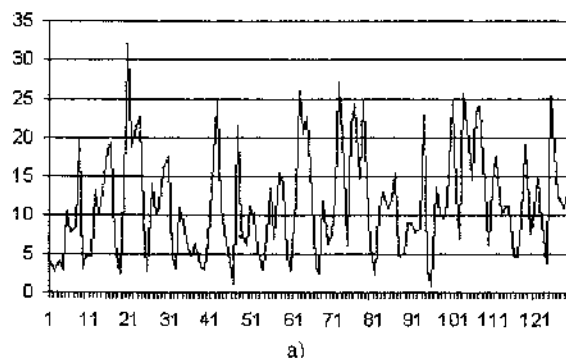
Доля интенсивности спектральных составляющих

№ УАВН	$k = 4$	$k = 9$	$k = 18$	$k > 22$
1	–	–	16,9 %	46,0 %
2	15,3 %	7,7 %	–	33,9 %
3	10,8 %	10,6 %	–	45,9 %
4	–	–	5,6 %	53,5 %
5	11,2 %	7,1 %	5,8 %	41,5 %
6	15,2 %	9,4 %	8,9 %	50,1 %
7	5,5 %	5,6 %	–	60,5 %
8	7,0 %	9,5 %	9,4 %	32,7 %
9	5,1 %	–	6,5 %	67,9 %

Как видно из табл. 2, исследуемые банкоматы можно разбить на две группы. К первой отнесем УАВН с выраженной месячной сезонной зависимостью. Это устройства № 2, 3, 5, 6 с интенсивностью спектра на частоте $k = 4$ не менее 14 %. Снятия наличности в УАВН второй группы показывают недельную сезонную зависимость. К этой группе отнесем устройства № 1, 4, 8, 9. На рис. 1, 2 приведены данные о снятиях наличности из УАВН соответственно 1-й и 2-й групп во времен-

ной и спектральной форме. Для банкомата № 7 проведенное исследование спектральной плотности ряда данных не показывает выраженных пиков интенсивности на рассматриваемых частотах.

Как видно из рис. 1, б, интенсивность спектра



приятий, т.е. доступ к ним в выходные дни ограничен. Для таких УАВН выходным дням будут соответствовать спады значений ряда до нуля, а началу рабочей недели – пики (УАВН № 5, 6, 8, 9).

Месячные сезонные колебания вызваны тем,

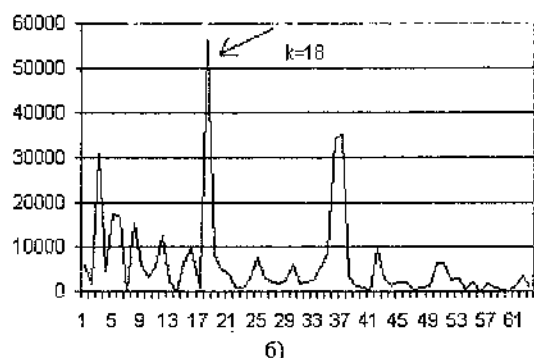


Рис. 1. Данные о снятия наличности в УАВН № 1: а – временная и б – спектральная формы

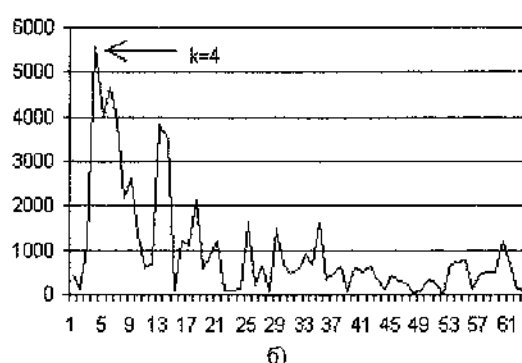
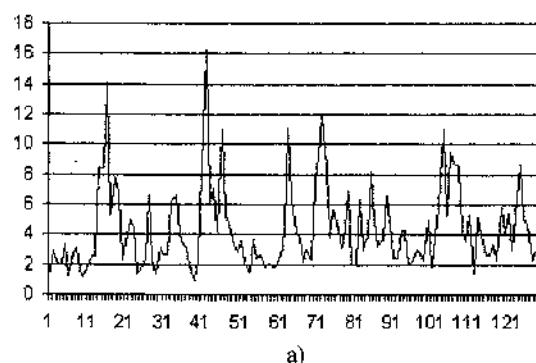


Рис. 2. Данные о снятия наличности в УАВН № 2: а – временная и б – спектральная формы

исследуемого временного ряда для банкомата № 1 обнаруживает пик в точке, соответствующей периоду в одну неделю, что на графике 1, а отражено периодичностью появления пиков с периодом 7 ± 1 (в точках 8, 16, 23, 30 и т. д.). Для УАВН №2 пик интенсивности спектра соответствует периоду в один месяц (рис. 2, б). Месячная зависимость отражена на графике 2, а пиками с периодом 30 ± 2 (в точках 16, 42, 72, 104).

Недельные сезонные колебания исследуемого ряда обусловлены недельным календарным ритмом. Как правило, объем денежных средств, снимаемых в будние дни, в два-три раза превосходит показатели выходных дней, при этом в воскресенье суммы снятия стабильно ниже среднестатистических сумм снятия в субботу. Кроме того, часть банкоматов находится на территории пред-

приятий, т.е. доступ к ним в выходные дни ограничен. Для таких УАВН выходным дням будут соответствовать спады значений ряда до нуля, а началу рабочей недели – пики (УАВН № 5, 6, 8, 9). Месячные сезонные колебания вызваны тем, что большинство карточных счетов открывается с целью выплат заработной платы организациями. По некоторым оценкам, до 90 % денежных средств, проходящих через карточные счета в РФ, составляет заработная плата [2]. В связи с этим перечисление заработной платы (с периодом в один месяц), авансов (с периодом в один месяц) и премиальных выплат крупными (а тем более – градообразующими) предприятиями города вызывает резкий рост объемов изымаемой из УАВН наличности в течение нескольких дней. Моментам выдачи заработной платы соответствует возрастание интенсивности спектра на частоте $k = 4$. Возрастание интенсивности спектра для некоторых банкоматов (№ 2, 3, 5, 6, 7, 8) также наблюдается на частоте $k = 9$, это вызвано тем, что у ряда предприятий доля авансовых выплат составляет

значительную часть от всей заработной платы. В связи с этим наблюдается появление периода, равного 1/2 месяца.

Дальнейшие исследования показали, что характер сезонных колебаний связан с расположением банкомата относительно:

- самого предприятия, производящего выплаты;
- районов города с высокой долей среди жителей работников предприятия;
- мест частого появления жителей города (торговых и развлекательных центров).

Так, например, УАВН №1 с выраженными недельными колебаниями расположено в центре города в месте общего доступа. УАВН №2, 5, 6 – на проходных предприятий, производящих выплаты заработной платы посредством пластиковых карточек.

Таким образом, проведенное исследование показало, что на формирование значений временного ряда $x^m(t)$ оказывают влияние следующие факторы:

- долговременные (тренд);
- сезонные;
- случайные.

Характер влияния сезонного фактора обусловлен расположением УАВН, моментами выплат заработной платы, долей авансовых выплат в зарплатном проекте предприятия.

В исследованной выборке следует отметить банкоматы, характеризующиеся высокой интенсивностью спектра в области высоких частот (УАВН № 4, 7, 9). Для этих УАВН при моделировании значений $x^m(t)$ большее внимание следует уделить рассмотрению случайной составляющей. В то же время для УАВН № 1, 2, 3, 6, 8 тренд-сезонная зависимость играет значительную роль в формировании ряда $x^m(t)$ и построение ее адекватной модели позволит значительно улучшить качество прогноза.

Дальнейшими направлениями исследований является построение модели каждой составляющей, определение вида их взаимосвязи и расчет количественных характеристик моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. – М.: Наука, 1989.
2. Авербух О. Качество работы банкоматной сети: как и чем его измерить? // Мир карточек. – 2004. – № 1.

УДК 378

Г.М. Тюлю
Кафедра менеджмента

КАЧЕСТВО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ МЕНЕДЖЕРОВ

Качество образования становится на современном этапе важнейшим ресурсом для развития общества. Современный подход к стратегии развития образовательных систем заключается в понимании того, что качество образования является самым эффективным средством удовлетворения образовательных потребностей общества, государства, человека. Что такое «качество» в общем виде? Менеджмент дает различные формулировки. Качество – это соответствие определенной цели. Качество – это совокупность характеристик

продукта или услуги. Качество – это удовлетворение требований потребителя. Качество – это соответствие предмета как результата и процесса труда некоторым заданным стандартам.

Когда говорят о качестве образования, обычно имеют в виду ответы на следующие вопросы:

- зачем (для кого)?
- что конкретно измеряется?
- как измеряется качество?
- кем измеряется?

Попытаемся дать ответ, для кого необходимо

определять качество образования, в данном случае менеджеров как специалистов.

Во-первых, качество образования специалистов, выходящих из стен вуза, волнует государство и общество. Измерять качество образования важно и для обеспечения удовлетворенности личности своей профессиональной подготовкой. Более того, качество образования позволяет констатировать, насколько обеспечиваются права человека на получение образования, соответствующего мировым стандартам. Знание качества подготовки специалистов важно для потребителя данного вида ресурсов. Потребитель в лице разного рода организаций предъявляет свои требования к качеству образования будущих своих работников, непосредственно осмысливает и фиксирует качество подготовки по разным специальностям и вузам. Качество образования и его оценка необходимы преподавателю, кафедре, институту и университету для того, чтобы управлять этим процессом и поддерживать его устойчивость.

Далее следует рассмотреть вопрос о понятии качества образования менеджеров.

Следует сразу отметить, что качество образования – это не только результат, но и условия, и процесс.

Рассмотрим конечные результаты образовательного процесса, в котором и проходит профессиональная подготовка менеджеров.

Долгое время под качеством образования понимали определенный уровень знаний и умений, соответствующий учебным программам. Если рассмотреть современные государственные стандарты в области конкретных специальностей, то можно увидеть, что в пояснительной записке прописано, что необходимо знать и уметь, да и в итоговых отчетных документах преобладает «валовый» подход, указывающий, сколько студентов сдали сессию на «4» и «5» и т.д. Это формальный показатель, не позволяющий серьезно анализировать качество образовательного процесса и управлять им. Как показывает практика приема на работу выпускников, наличие количества «4» и «5» в дипломе – это важный показатель, но не единственный. С таким подходом нельзя согласиться, так как в этом случае, во-первых, категория «качество» искусственно заменяется категорией «количество», во-вторых, в ситуации распространенного

субъективизма при выставлении отметок преподавателями трудно судить о действительном качестве образовательной подготовки в области овладения знаниями.

В практике образования широко распространена однокритериальная оценка достижений – оценка полноты усвоенных знаний.

Существует другой, правда, также достаточно традиционный, критерий конечного результата качества образовательного процесса. Данный критерий относится к владению студентом логикой научного знания.

В рамках этого критерия речь идет о качестве предметных знаний студентов. Под качеством знаний в данном случае понимается целостная совокупность относительно устойчивых свойств знаний, характеризующих результат учебной деятельности студентов.

Опираясь на имеющуюся в этой области литературу (Л.Я. Зорина, Т.М. Давыденко, И.Я. Лернер, Т.И. Шамова и др.), можно выделить три основных качества (свойства) знаний: системность, действенность, прочность.

Системность выступает интегративным качеством знаний (есть результат взаимодействия таких свойств, как осознанность, полнота, систематичность, глубина, конкретность и обобщенность), показывает связи в усвоении научной теории: факты – понятия – законы – теория – следствия и приложения.

Действенность знаний проявляется в умении применять знания в практических ситуациях, при решении учебных задач. Действенность, как и системность, выступает интегративным качеством, включающим осознанность, полноту, мобильность.

Прочность знаний представляет собой целостную совокупность таких качеств, как осознанность, развернутость и свернутость знаний.

Ориентация на формирование системных, действенных и прочных знаний предполагает наличие способов диагностики выделенных показателей у каждого преподавателя и использование их в процессе совместной деятельности со студентами.

С целью выявления уровня сформированности системы качеств знаний в практике кафедры менеджмента используются разноуровневые контрольные работы и тестовые задания. Для этого

предварительно на уровне разработки технологической карты для каждой темы (исходя из анализа ведущих понятий темы и межпредметных связей) для студентов четко конкретизируется конечный результат в виде действий: что должен осмыслить, что должен знать и что должен уметь. Далее в соответствии с целью определяются содержание, методы и формы организации образовательного процесса, вид контроля.

При таком подходе в основу оценки качества работы студентов положен учет усвоения логического блока (темы) в виде «знает (умеет) на воспроизводящем уровне», «знает (умеет) на конструктивном уровне» и «знает (умеет) на продуктивном (усложненном) уровне».

Охарактеризованная техника результативна в следующих аспектах. Во-первых, она обеспечивает осмысление ведущих понятий, закономерностей (главного) в учетном предмете и тем самым способствует формированию системности знаний. Во-вторых, позволяет оценить каждому студенту степень своего продвижения или «приращения развития». В-третьих, содействует формированию целостного образа каждой темы как для преподавателя, так и для студента. В-четвертых, позволяет управлять преподавателю и студенту учебной деятельностью, корректировать образовательный процесс и осуществлять дифференциацию. В-пятых, учитывая, что воспроизводящий и конструктивный уровень обеспечивает лишь обязательный нормативный уровень (стандарт), можно совместно со студентами оценивать степень достижения этого уровня. Это дает возможность для повышения объективности отметки. Первый уровень оценивается «удовлетворительно», «хорошо» ставится за выполненное задание повышенной трудности, «отлично» выставляется за нестандартные задания. Наличие третьего творческого уровня позволяет говорить об индивидуальной траектории развития студента. Третий уровень может «наращиваться» по степени сложности и креативности и выходит за пределы образовательного стандарта.

На сегодняшний день просматривается попытка выйти за рамки «зуновского» образовательного пространства, потому что реально существуют два образования. Одно, представленное в программах, подлежит обязательному усвоению и оценке, дру-

гое – «скрытое образование (В.И. Слабодчиков) – является своего рода побочным продуктом образовательного процесса. К нему относят все результаты, способствующие формированию компетентного и образовательного специалиста: культура, личностный опыт, качества и др.». И как это часто бывает в процессе социальных модернизаций, то, что раньше было побочным, теперь становится приоритетным (В.А. Болотов, В.В. Сериков).

Каким образом выстроить содержание профессионального образования менеджера в вузе?

Анализ работ в области методологии образования (Б.С. Гершунский, В.В. Краевский, А.В. Хуторской, Е.В. Бондаревский и др.) позволяет выделить следующие этапы проектирования.

1. Обоснование высших ценностей современного и будущего образования. Иерархически высшие ценности и цели образования должны восходить к высшим человеческим стремлениям и смыслам. Такой целью может стать – жизненная самореализация (Б.С. Гершунский). Смысл жизни человека состоит в том, что принести максимально возможную пользу самому себе, своим близким, обществу, в котором он живет, человеческой цивилизации...

2. Выделение в содержании образования надпредметных, образовательных областей, компетенций, идеология которых строится от потребителя формирования. Так, нашей кафедрой начата разработка такого подхода, первоначально данная работа связывалась с проблемой оценки качества подготовки менеджеров. Нами выделены следующие области ключевых компетенций: образовательная, личностно-индивидуальная, специальная, социально-лидерская.

Каждая из областей включает в себя набор компетенций. Компетенция рассматривается нами как система базовых характеристик, определяющих профессиональный успех и которые могут быть описаны в терминах поведения, т.е. компетенция технологична и диагностируема.

Компетенция в переводе с латинского *competentia* означает круг вопросов, в которых человек хорошо осведомлен, обладает познаниями и опытом. Компетенции включают в себя знания, способности деятельности, способности, ценности, мотивы.

Каждая компетенция реализуется на индивидуально-личностном, личностно-смысловом, опера-

ционном, информационном уровнях, что дает основания для управляемого и самоуправяемого развития компетенций.

3. Ключевые компетенции конкретизируются на уровне образовательных областей, т.е. на уровне образовательного стандарта. В связи с этим необходима работа по согласованию вкладов различных образовательных областей в общий набор ключевых компетенций. Несомненно, реальной организационной формой реализации модели компетенции должен стать блок специализации.

4. Конкретизация происходит и на уровне студента, что находит выражение в вариативности и возможности индивидуализации образовательного

процесса. Студент на протяжении всех лет обучения должен быть включен не только в процесс оценки, но и в проектирование содержания собственного образования, в процесс его организации и контроля.

Таким образом, оценка качества образования менеджеров требует проектирования целей и содержания образования на всех образовательных уровнях.

УДК 651

В.А. Нерובה
Кафедра менеджмента

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА

Международная практика бухгалтерского учета относит выделение управленческого учета из общей системы к 40-м – 50-м годам XX века. Прежде всего это было связано с проблемой повышения эффективности предпринимательской деятельности. Изначально управленческий учет нацелен на контроль со стороны собственника за использованием имеющихся ресурсов предприятия. Здесь важно знать соотношение результатов и затрат.

В настоящее время управленческий учет выступает как особая область экономических знаний.

Сегодня не существует однозначного определения понятия «управленческий учет», но практически никто не отрицает, что это новая концепция управления, порожденная практикой современного менеджмента.

Многочисленные определения в основном отражают функции управленческого учета в процессе управления организацией, варьируя терминологией, количеством перечислений действий учета, отличий от финансового, расстановкой акцентов.

А. Чмель в «Англо-русском словаре бухгалтерских терминов» [10] дает такое определение: «Управленческий учет – деятельность, связанная с подготовкой информации для руководства пред-

приятия; существенную часть управленческого учета составляют учет и анализ затрат (себестоимости)».

А. Апчерч [1] рассматривает управленческий учет как информационную систему, имеющую своей целью «предоставление полезной информации для оказания помощи руководству в планировании, контроле и принятии решений» через управление финансами фирмы. При этом автор подчеркивает, что управленческий учет должен отражать факты того, как планирование, контроль и принятие решений выполняются на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях и как, по существу, они касаются будущего.

Ч.Т. Хорнген и Дж. Фостер [9] определяют управленческий учет как идентификацию, измерение, сбор, систематизацию, анализ, разложение, интерпретацию и передачу информации, необходимой для управления какими-либо объектами.

Аналогичное мнение у российских авторов, в частности у А.Д. Шеремета: «Управленческий учет – подсистема бухгалтерского учета, которая в рамках одной организации обеспечивает ее управленческий аппарат информацией, используемой для планирования, собственно управления и кон-

троля за деятельностью организации. Этот процесс включает выявление, измерение, сбор, анализ, подготовку, интерпретацию, передачу и прием информации, необходимой управленческому аппарату для выполнения его функций» [8].

Акцентируют внимание на интеграции элементов учета, планирования, анализа и С.А. Николаева [5], Т.П. Карпова [3].

В.Э. Керимов [4] определяет управленческий учет как «интегрированную систему внутрихозяйственного учета, предоставляющую информацию о затратах и результатах деятельности как всей организации, так и ее отдельных структурных подразделений, предназначенную для принятия тактических (оперативных) и стратегических (прогнозных) управленческих решений».

О.Д. Каверина [2] делает акцент на двух важных моментах, которые не всегда прослеживаются в определениях: управленческий учет, во-первых, позволяет обосновать текущие и перспективные управленческие решения, а во-вторых, представляет собой совокупность систематического и проблемного учета. По мнению данного автора, «управленческий учет – информационная система, обеспечивающая сбор, измерение, систематизацию, анализ и передачу данных, необходимых для управления подразделениями предприятия, и систематических или проблемных, оперативных, тактических и стратегических управленческих решений».

С.А. Стуков [7] считает, что «по большому счету весь бухгалтерский учет, представляя собой важнейшую функцию управления, является управленческим. Однако в англоязычной литературе управленческим стали называть ту часть бухгалтерского учета, которая связана с отражением и контролем издержек». Далее автор отмечает, что специалистам, изучающим проблемы бухгалтерского учета в США, хорошо известна американская терминологическая небрежность, проявляющаяся в неточном обозначении сути определяемого явления или в огромном разном наборе терминов, определяющих одно и то же явление. Это объясняется сугубо американским прагматизмом, недооценкой теории учета по сравнению с его практикой, неразработанностью теоретических вопросов по сравнению с достижениями учетной теории в Европе.

В настоящее время нет четких определений предмета управленческого учета. Авторы пока ограничиваются изложением понимания сущности бухгалтерского учета вообще и управленческого в частности. Между тем, изменяются система и методы управления деятельностью предприятия, соответственно меняются процедуры и содержание управленческого учета. Особенно это касается моделирования учета затрат и доходов на предприятиях с разной организационной структурой, влиянием изменяющихся внешних факторов (инфляции, структурной перестройки промышленности и т.п.). Отсюда изменяется перечень объектов и субъектов управления.

По мнению К.П. Янковского [11], предметом управленческого учета является производственная деятельность предприятия в целом и его структурных подразделений. В.Э. Керимов относит к предмету управленческого учета не только производственную деятельность, но и коммерческую. При этом автор добавляет, что хозяйственные операции, носящие исключительно финансовый характер, выходят за рамки предмета управленческого учета.

На наш взгляд, предметом управленческого учета в общем виде выступает совокупность объектов в процессе всего цикла управления производством. Содержание предмета раскрывают его многочисленные объекты, которые можно объединить в две группы:

- производственные ресурсы, обеспечивающие целесообразный труд людей в процессе хозяйственной деятельности предприятия;

- хозяйственные процессы и их результаты, составляющие в совокупности производственную деятельность предприятия.

Концепцию управленческого учета формируют его принципы, функции, цели и задачи. Постановка управленческого учета должна осуществляться в соответствии с принципами ответственности, управляемости, достоверности, взаимозависимости, релевантности [2].

Т.П. Карпова и В.Э. Керимов выделяют следующие принципы управленческого учета: непрерывность деятельности предприятия; использование единых для планирования и учета единиц измерения; оценивание результатов деятельности подразделений предприятия; преемственность и

многократное использование первичной и промежуточной информации в целях управления; формирование показателей внутренней отчетности как основы коммуникационных связей между уровнями подразделения; применение бюджетного метода управления затратами, финансами, коммерческой деятельностью; полнота и аналитичность, обеспечивающие исчерпывающую информацию об объектах учета; периодичность, отражающая производственный и коммерческий циклы предприятия, установленные учетной политикой.

Целями и задачами управленческого учета определяются его функции.

Большинство российских авторов сходятся во мнении о функциях управленческого учета. В частности, Т.П. Карпова выделяет следующие функции: обеспечение информацией различных уровней управления, оперативный контроль, перспективное планирование. О.Д. Каверина считает, что функции управленческого учета можно сгруппировать по двум основным направлениям:

1) обеспечение всех уровней управления релевантной информацией для систематического и проблемного управления бизнесом;

2) формирование информации, необходимой для управления подразделениями предприятия.

Управленческий учет имеет присущие ему отличительные методы, приемы и способы ведения. Существуют учетные технологии, целесообразность применения которых в России дискутируется:

- калькулирование по стадиям жизненного цикла;
- радикальное калькулирование в производственных системах «точно в срок»;
- метод «АВ-костинг»;
- стратегические аспекты управленческого учета.

Концептуальные проблемы управленческого учета влияют на темпы внедрения данной системы на российских предприятиях. Проблема организации управленческого учета заключается в том, что многие руководители недостаточно четко понимают разницу между бухгалтерским финансовым и управленческим учетом и у них отсутствует осознание необходимости построения системы управленческого учета. Так, в 2002 году были ис-

следованы 53 предприятия Вологодской области на предмет организации управленческого учета. Лишь на одном предприятии была выявлена действующая система управленческого учета [6].

Предприятия практически не привлекают специалистов в области управленческого учета, а отсутствие специалистов-аналитиков ведет к нерациональному хозяйствованию, порой и к банкротству.

Функционирование системы управленческого учета, знание международного учета всегда обеспечивает эффективный контакт с руководителями и собственниками, как с российскими, так и иностранными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анчерч А. Управленческий учет: принципы и практика / Пер с англ.; Под ред. Я.В. Соколова, И.А. Смирновой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 952 с.
2. Каверина О.Д. Управленческий учет: системы, методы, процедуры. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 352 с.
3. Карпова Т.П. Управленческий учет. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 350 с.
4. Керимов В.Э. Управленческий учет. – М.: ИТК «Дашков и К^о», 2003. – 416 с.
5. Николаева С.А. Принципы формирования и калькулирования себестоимости. – М.: Аналитика-Пресс, 1997. – 144 с.
6. Рогова И.Г. Проблемы организации управленческого учета // Вузовская наука – региону: Материалы I общероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – С. 434-435.
7. Стуков С.А. И все-таки производственный, а не управленческий учет // Бухгалтерский учет. – 1997. – № 2. – С. 64-66.
8. Управленческий учет / Под ред. А.Д. Шеремета. – М.: ФБК-Пресс, 2000. – 512 с.
9. Хорнген Ч.Т., Фостер Дж. Бухгалтерский учет: управленческий аспект / Пер с англ.; Под ред. Я.В. Соколова. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 416 с.
10. Чмель А. Англо-русский словарь бухгалтерских терминов / Под ред. Я.В. Соколова. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 175 с.
11. Янковский К.П., Мухарь И.Ф. Управленческий учет. – СПб.: Питер, 2001. – 128 с.

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

Затраты в жизненном цикле комплекса программ определяются не только этапом разработки, но и этапами эксплуатации и сопровождения. Затраты на этих этапах могут значительно превышать затраты при разработке и характеризуются своими особыми закономерностями. Однако эффективность процесса разработки программного средства невозможно определить без учета эффективности последующей эксплуатации, а для долго живущих программ – без оценки эффективности их сопровождения. Ряд факторов влияет на затраты при разработке сложных комплексов программ не только непосредственно, но и через возможное изменение затрат в дальнейшем при эксплуатации или при сопровождении.

Каждый из этапов – разработка, сопровождение и эксплуатация – может быть достаточно длительным. Разновременность затрат трудно учитывать в общем виде, и при существующих методиках имеется некоторая условность при оценке влияния различия времени на эквивалентные затраты. Поэтому в данном разделе неодновременность групп затрат не учитывается и предполагается, что абсолютная величина и влияние затрат со временем не изменяются.

Необходимость учета в процессе разработки комплекса программ затрат на всем жизненном цикле можно наглядно показать на следующих примерах. Так, при решении комбинаторных задач (например, математического программирования) очень быстрый рост затрат машинного времени на решение задач в зависимости от их размерности привел к невозможности точного их решения при большом числе переменных путем прямого перебора вариантов.

Системы управления объектами или технологическими процессами развиваются путем последовательного расширения и обновления технических средств, являющихся источниками информации и объектами управления. Соответственно мо-

дернизируются программы управления и обработки информации. Подобные модернизации программ являются основой их сопровождения в жизненном цикле. Эффективность и минимизация затрат на сопровождение зависят от структуры и методов разработки данного комплекса программ.

Учет затрат только процесса разработки программами обычно способствует некоторому их снижению. Однако за это, как правило, приходится расплачиваться увеличением затрат на последующих этапах. Некоторые факторы в ряде случаев влияют на несколько составляющих затрат на этапах жизненного цикла комплексных программ, изменяя их в различных направлениях. Кроме того, разработку, эксплуатацию и сопровождение одного и того же комплекса программ осуществляют разные коллективы, имеющие различные, иногда противоречивые интересы. Это значительно затрудняет оптимизацию совокупных затрат на всем жизненном цикле комплекса программ. При разработке конкретных комплексов программ не всегда полностью учитывается возможность снизить затраты при последующем сопровождении и эксплуатации.

Обычно критерии качества изделий используются в совокупности, с разных сторон отражающей основные характеристики функционирования объекта. Тем не менее во многих случаях доминирует экономический эффект, который наиболее просто и обобщенно принято описывать суммарным доходом Ξ от использования изделия (в данном случае комплекса программ) в течение его жизненного цикла продолжительностью t_k . Этот доход в первом приближении можно представить как разность между полной идеальной эффективностью программ Ξ_0 и суммарными затратами C_Σ , снижающими предельный доход за весь жизненный цикл

$$\Xi = \Xi_0 - C_\Sigma.$$

В качестве идеальной эффективности $\mathcal{E}_0$ ниже рассматривается совокупный доход (эффект) от использования программ за весь жизненный цикл, который можно получить, если бы они не требовали затрат на создание, производство и эксплуатацию, а также функционировали на реализующей ЭВМ без каких-либо потерь и искажений. В этом показателе сосредотачиваются основные функциональные критерии качества, отражающие назначение, область применения и качественные характеристики выполняемых функций комплексом программ. Необходимой идеальной эффективностью можно добиться выбором методов управления и обработки информации, обеспечивающих экстремальные значения функции критериев качества. Функции комплекса программ реализуются в соответствии с заданными требованиями, полнота и качество их выполнения всегда в некоторой степени зависят от затрат, которые выделяются на разработку комплекса программ.

Абсолютное значение идеальной эффективности не полностью отражает экономический эффект, так как не учитывает затраты, при которых достигается заданная эффективность. Процесс создания и использования программ более полно характеризует величина экономической эффективности с учетом совокупных затрат, при которых она достигнута. Этот показатель позволяет анализировать прирост эффективности на единицу затрат и ограничивать качество программ при недопустимо больших затратах на их улучшение. Для этого эффективность их использования и затраты необходимо определить в одинаковых или сопоставимых единицах измерения.

В результате совокупную реальную эффективность функционирования комплекса программ за весь жизненный цикл длительностью $t_{\text{ж}}$ можно представить в виде:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 - C_p - C_z - C_e.$$

Для совместного анализа составляющих, определяющих эффективность, необходимо унифицировать методы временного анализа и единицы измерения составляющих затрат. При последующем изложении затраты рассматриваются на длительности цикла жизни или на соответствующих интервалах времени: разработки t_p , эксплуатации t_a и сопровождения t_c .

Как уже отмечалось, разработка сложного комплекса программ требует во много раз больших затрат, чем производство каждого экземпляра при массовом тиражировании. Поэтому далее производство опытного образца программ не выделяется в самостоятельный этап, а рассматривается совместно с процессом разработки комплекса программ. Производство серийных образцов комплекса программ включается в этап эксплуатации.

При выделении групп и составляющих затрат целесообразно учитывать их вес в суммарных затратах и возможность локализации групп специалистов, определяющих величину этих затрат. Разработка программ является областью с малой материало- и энергоемкостью, и основные затраты связаны с непосредственным или овеществленным трудом специалистов различных категорий. Поэтому для измерения затрат наиболее универсальной единицей стала трудоемкость в человеко-годах. При этом учитываются все категории специалистов, участвующих непосредственно или косвенно в создании данного комплекса программ.

Особенностью программ как продукции производственно-технического назначения являются относительно низкие затраты при их серийном производстве. Поэтому при очень большом тираже доля затрат на разработку в каждом экземпляре серийного комплекса программ может составлять малую величину. Перспективы широкого тиражирования и производства комплекса программ могут увеличивать затраты при разработке опытного образца по сравнению с затратами на уникальный комплекс программ. Однако это влияние относительно невелико.

Наибольшее значение в составе C_p при разработке сложных комплексов программ имеют следующие составляющие затрат:

- на непосредственное проектирование, программирование, отладку и испытания программ в соответствии с требованиями пользователя или заказчика – C_{1p} ;
- на изготовление опытного образца комплекса программ как продукции производственно-технического назначения – C_{2p} ;
- на разработку, подготовку и применение технологии и программных средств автоматизации разработки программ – C_{3p} ;

- на технологические и реализующие ЭВМ, используемые для автоматизации разработки данного комплекса программ – C_{4p} ;
- на подготовку и повышение квалификации специалистов-разработчиков – C_{5p} .

УДК 316.334.3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Липаев В.В., Потапов А.И.* Оценка затрат на разработку программного средства. – М.: Финансы и статистика, 1988.

Г.Н. Леонова

Кафедра мировой экономики и экономической теории

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ

Вопросы социальной политики, особенности ее реализации в России находятся в центре внимания экономистов [4], [5], [7], [8].

Жизненно важно для современной России создание цивилизованных механизмов распределения доходов, формирования экономической системы самозащиты и выравнивания стартовых возможностей для этого. Распределение национального дохода – центральный вопрос при формировании модели социальной политики любой страны. Это связано с тем, что распределительные механизмы определяют уровень и качество жизни населения, наполняют реальным содержанием социальные взаимоотношения в обществе, придают конкретный смысл понятию «социальная справедливость».

В соответствии с Конвенцией МОТ № 117 «Об основных целях и нормах социальной политики» государство обязано принимать все меры для обеспечения и поддержки достойного уровня жизни граждан. Государство играет главную роль в распределении доходов в обществе.

В большинстве стран развитой рыночной экономики существует тенденция к уменьшению неравенства в индивидуальных доходах. Определяющим фактором индивидуального распределения дохода в России является неравенство доходов, рост их дифференциации. По оценкам экономистов, соотношение заработной платы крайних децильных доходных групп населения в 1999 г. составляло 1:26, в 2002 г. – 1:40 [7]. Еще древнегреческий философ Платон (427-347 гг. до н.э.)

указывал, что государство должно следить за соблюдением имущественного неравенства граждан и не допускать, чтобы один гражданин был богаче другого в 4 раза. Страны Западной Европы мудрее нас: там соотношение заработной платы колеблется в диапазоне от 1:4,4 (в Австрии) до 1:10,4 (в Великобритании) [7]. Это свидетельствует об успехах в их борьбе с имущественным неравенством.

Усиление поляризации населения в переходный период в России по доходам связано с рядом факторов. Отрицательное влияние оказал переход бесплатных ранее услуг в здравоохранении, образовании, приобретении жилья в платные услуги и их отрыв от связи с реальными доходами населения. Не последнюю роль в снижении уровня жизни в ходе реформ сыграло и сближение уровней внутренних и мировых цен. Особенностью рыночных реформ стало неоправданное занижение цены рабочей силы главного фактора развития экономики любой страны и любой системы. Во всех сферах производства, где заработная плата необоснованно низкая, экономия расходов на заработную плату превращается в доход.

За годы реформ государство оптимально не использовало правовые и экономические механизмы регулирования. Вместо разумной налоговой и распределительной политики доли национального дохода и части сверхдоходов, получаемых богатыми слоями, государство бросило экономически уязвимую часть населения на произвол судьбы, на самовывживание. Неконструктивность деятельно-

сти правительства в прошедшие годы проявилась и в том, что государство осуществляло политику покровительства по отношению к олигархам.

Недостаточно эффективной представляется и налоговая политика правительства. Применение прогрессивной шкалы налогов считается необходимым условием функционирования национальных систем распределения доходов. В России с 1 января 2001 г. отказались от такого подхода и ввели единую (плоскую) ставку налога – 13 %. Это объяснялось необходимостью «вывести из тени» нерегистрируемые доходы. Отрицательные последствия такой меры прогнозировали многие специалисты. Ожидаемых результатов в борьбе с теневой экономикой плоская ставка налогообложения не дала, а темпы роста дифференциации населения по доходам возросли.

Рост дифференциации доходов неизбежен в условиях рыночных реформ, об этом свидетельствует мировой опыт. Вместе с тем одна из задач рыночной реформы – установление более жесткой взаимозависимости между результатами труда и доходами, формирование экономической системы самозащиты и выравнивания стартовых возможностей для этого. Только в этом случае на рынке труда происходят перемены: работники переходят на более эффективные рабочие места, овладевают новыми, перспективными профессиями, возникают необходимые стимулы, восстанавливается мотивация к труду. Уровень оплаты труда должен напрямую зависеть от квалификации и профессиональных навыков работников.

Государству необходимо оптимизировать соотношение текущей и законодательно резервируемой заработной платы наемных работников. Социальная политика развитых стран показывает несколько вариантов решения этого вопроса. В Германии, Франции, Италии, Швеции 60-70 % ВВП идет на текущую заработную плату, а 20-30 % резервируется на различные виды социального страхования. В таких странах, как США и Великобритания данное соотношение другое: 70-80 % ВВП идет на текущую заработную плату, а 20-25 % резервируется на социальное страхование. При этом в первой группе стран объем чистой (без налогов) заработной платы, выплачиваемой работникам, составляет 22-30 %, а в США и Великобритании – 40-45 %, здесь сами работники долж-

ны оплачивать значительную часть социальных расходов (хотя в Великобритании существует бесплатное государственное медицинское обслуживание).

В России совокупная доля чистой и законодательно резервируемой заработной платы в ВВП вдвое ниже и составляет 32-35 %, удельные вес чистой заработной платы, по оценкам экспертов, составляет около 20-30 %. На все виды социального страхования приходится 7,5 %. Нужно при этом иметь в виду, что сам размер ВВП России в расчете на одного работника составляет только 20 % этого показателя для развитых стран [7]. Правительство должно ориентироваться на один из вариантов, имеющихся в мировом опыте, или создать комбинированный вариант соотношения долей в ВВП текущих и социально резервируемых доходов наемных работников.

Исторический опыт России свидетельствует, что на протяжении веков при разработке и осуществлении экономической и социальной политики государство всегда учитывало региональную специфику развития. Это естественно в условиях многообразия климатических поясов и экономических зон. В настоящее время уровни доходов значительно различаются по регионам. Региональные различия в уровне жизни во многом связаны с отраслевой спецификой, с территориальным расположением, природными особенностями, природными, сырьевыми, трудовыми ресурсами, с адаптацией к условиям рынка. Дифференциация наблюдается по отраслям экономики, по профессиональным и квалификационным группам работников. Один из инструментов выравнивания доходов населения – обеспечение минимального уровня заработной платы, основанного на прожиточном минимуме. По данным МОТ, минимальная заработная плата в большинстве стран мира составляет 40-60 % средней заработной платы, в несколько раз превышает физиологический уровень прожиточного минимума.

Так, в Германии, Бельгии, Нидерландах минимальная заработная плата составляет 50 % среднего уровня заработной платы, во Франции достигает 60 %. Доля среднего класса в европейских странах примерно равняется 60 %, а доля населения с низкими доходами – 13-25 %. У нас картина совершенно иная: 35 % населения России состав-

ляют люди с низкими доходами, у 30 % населения доходы незначительно превышает прожиточный минимум, доля среднего класса, столь весомого в советский период, составляет 20 %. На долю 20 % наиболее обеспеченных граждан приходится более 50 % денежных доходов, а на долю 20 % наименее обеспеченных – 6 % [7]. Минимальный уровень заработной платы в России в несколько раз меньше средней заработной платы в стране и прожиточного уровня, которые различаются в разных регионах страны. Вместе с тем минимальная заработная плата устанавливается у нас в едином размере по всей стране. По мнению экономистов, государству следовало бы на федеральном уровне устанавливать минимальный размер оплаты труда в долях или процентах к среднему по стране прожиточному уровню, а не в фиксированной сумме, как это делается сейчас.

Борьба с бедностью и неравенством в доходах должна стать одной из основных задач государства в России на современном этапе. Тенденция усиления поляризации населения по доходам в стране приобрела сегодня устойчивый характер. Складывается полярная модель расслоения российского общества. Образуются два уровня жизни, различие между которыми достигает 100 раз. В своем докладе «Концепция преобразования социальной сферы» доктор экономических наук, директор Института социально-политических проблем народонаселения РАН Н.М. Римащевский

отмечал как наиболее значимый результат реформ – «социальный разлом общества, который фактически привел к возникновению не новой России, а «двух России», противостоящих и все более расходящихся по своему поведению, предпочтениям, ориентациям [6].

Формирование социального государства – объективная необходимость для России, важнейшее условие дальнейших преобразований в стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумова Н.Н., Подавалова Р.Я. Политика доходов и заработной платы. – М., 1999.
2. Алымов А.Н. и др. Социальная инфраструктура: вопросы теории и практики. – М., 1982.
3. Павлов В.С. Социальное страхование и социальное обеспечение в России. – М., 1994.
4. Попова М.Б. Социальная дифференциация и бедность населения. – Петрозаводск, 1998.
5. Социальная политика и социальная работа в изменяющейся России / Под ред. Е. Ярославской-Смирновой, П. Романова. – М., 2002.
6. Стратегия экономического развития. Доклады на расширенных заседаниях комитета Гос. Думы по экономической политике и предпринимательству // Российский экономический журнал. – 2000. – № 7.
7. Роик В.Д. Социальная политика как модель распределения доходов нужна России // Российский экономический журнал. – 2002. – №8 (38-44).
8. Ржаницына Л. Социальная тактика на современном этапе // Экономист. – 2003. – № 8.

УДК 330.101.3

В.М. Васильцова
Кафедра мировой и экономической теории

ГЕНДЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В последние десятилетия в мировой экономической науке становится все более очевидным, что гендерная составляющая экономики, существовавшая и осознаваемая ранее в виде второстепенного параметра традиционного подхода к социально-экономическому разделению труда, ныне претендует на статус первостепенно важного и фундаментального. В связи с этим перед современными учеными стоит сложнейшая задача форму-

лировки на основе множества если не традиций, то способов и моделей теоретизирования, адекватной современности экономической концепции гендерной экономики. Следует определить, на каких количественных и качественных методах будут основаны новые знания, с учетом того, что они исходят из методологического плюрализма. Таким образом, под влиянием постэмпиризма, особенно в социально-экономических нау-

ках, возникают новые подходы, в которых доминирующая роль в определении норм научного исследования и приписывается моделям теоретического объяснения современного гендерного подхода к изучению экономической динамики [1], [2], [3].

Гендер в переводе с английского «gender» - род, опыт рода, происхождение, что в русской смысловой транскрипции соответствует понятию «пол». Нынешний уровень развития гендерных исследований в мировой практике позволяет говорить о гендерном подходе как об особом теоретическом и практическом направлении, которое ориентирует на формирование и утверждение равных, не зависящих от пола возможностей самореализации человека в различных областях экономической практики. Гендерный подход дает реальный шанс оценить последствия функционирования и развития патриархальной экономической культуры, изменить существующую систему социальной дифференциации и неравенства по признаку пола.

С этой целью в структуре и содержании научного знания должны отражаться актуальные проблемы и тенденции современной общественной и научной жизни, а гендерный аспект экономической жизни общества в большой степени аккумулирует вышеуказанные проблемы. Гендерные знания должны стать необходимостью в учебном и научном процессе изучения экономики. Это особо важно, потому что смысл понятия «гендер» заключается, прежде всего, в идее социально-экономического моделирования или конструирования современного человека (в отличие от сексуального пола, который задается генетически). Социальный пол конструируется социальной практикой, так как в обществе возникает система норм, предписывающая выполнение определенных ролей в зависимости от сексуального пола индивида и, соответственно, возникает жесткий ряд представлений о том, что есть «мужское» и что есть «женское» в данном обществе. Таким образом, пол - в том смысле, как мы его воспринимаем в гендерной экономике и что ожидаем от человека, классифицируя его по полу, является социально-экономической конструкцией.

Доказательством того, что гендер - это социально-экономическая конструкция, а не природная данность, служат результаты научных исследова-

ний антропологов, которые в разных культурах у разных народов нашли большие различия в «сценариях» женских и мужских экономических ролей. Таким образом, предлагается последовательно исходить из того, что гендер - это совокупность социально-экономических репрезентаций, а не природой закрепленная данность. Гендер - это социально-экономическая и культурная маска пола, это то, что принято думать «о женском» и «о мужском» в данном обществе в границах его социально-экономических представлений. Родившись, индивид того или иного сексуального пола попадает в довольно жесткие рамки культурных и социально-экономических предписаний, в которые его втискивает общество посредством гендерных технологий, осуществляемых институтами общественного мнения, семейного и публичного воспитания, морали, экономической практики и образования, массовой культуры, запретов, поощрений и др.

В этом контексте экономический порядок будущего должен быть основан на принципах гендерного равенства полов, а переход к нему возможен при условии гендерного изменения в общественном сознании через экономическое образование и воспитание. Стратегической целью данного изменения является изменение экономической культуры взаимодействия полов. Это означает привнесение в идеологию общества и государства таких ценностей, как миролюбие и толерантность, основанных на принятии инакомыслия, доверительности и развитии принципов солидарности. Тактическая задача решения этих проблем состоит в продвижении знаний о гендере и гендерных технологиях в содержание учебного и научного процесса, начиная с периодов дошкольного возраста и по всем ступеням получения экономического образования.

Концептуальной базой программ исследования и преподавания гендерной проблематики является актуализация двух основных методологических подходов гендерной экономической теории и практики: первый заключается в конкретизации различия между теориями гендера и теориями сексуального подхода; второй - в определении различий между гендерными и феминистскими исследованиями [4], [5].

Активизация первого подхода относится к 80-м годам XX века и предполагает различие между

англо-американскими теоретиками гендера и европейскими теоретиками сексуального различия.

Второй – это нынешний этап, предполагает, что методология гендерных исследований, которая исходит из принципа симметрического конституирования женского и мужского в экономической теории и практике, требует симметрии и для социально-экономических наук, а феминистские исследования настаивают на гендерной асимметрии и маскулинной доминации. Принципами феминистской методологии в социально-экономических науках является:

- критика маскулинной доминации;
- развитие женской идентичности и субъективности в ее отличии от мужской;
- трансформация знания в целом с точки зрения феминистской перспективы.

По мнению многих исследователей, феминистская методология акцентирует гендерное неравенство и доминацию, которая особенно эффективна для постсоветских социальных наук при анализе новых форм политического, социального и экономического неравенства, которое не может быть объяснено в терминах гендерной симметрии.

Научная и политическая литература аргументирует, что феминистская теория остается фрагментарной, несовершенной и незавершенной и что она была создана и расширена через столкновение с целым рядом различных концепций, отвергает те или иные теории и нуждается в том, чтобы понять силу всех теорий, что является вызовом для новых поколений женщин и мужчин. Исследователям необходимо хорошо знать новую технологию пола, которая характеризуется в целом как прогрессивная концепция, обоснованно критикует позицию биодетерминизма в усвоении половой роли и объяснении социальных различий между женщинами и мужчинами. Эта теория справедливо заостряет проблему социального неравенства полов, но нельзя переоценивать роль социальных ожиданий в процессе усвоения половой роли, хотя они играют важнейшую роль в процессе половой социализации. Большое значение имеет и сама активность индивида, его личные мотивы, цели, наклонности. Социально-экономические ценности, принятые индивидом, – это процесс активный, когда индивид может варьировать свои стандартные

экономические роли, что существенно отражается на пологолеповом поведении человека.

Индивид получает конструкцию «*homo economicus*», однако этот экономический человек не бесполовый. С гендерной точки зрения, социальная половая конструкция дополняется конкретными гендерными функциями хозяйствующего субъекта.

Наиболее проблематичным видится подход, предполагающий необходимость утверждения гендерного равноправия. В широком смысле это равенство прав и социально-экономических возможностей мужчин и женщин в обществе, однако природой изначально заложена гендерная асимметрия в экономике, выражающаяся в первоначальном разделении труда между мужчинами и женщинами – «когда Адам пахал, а Ева пряла». Гендерная асимметрия в экономике, по аналогии с социологическими исследованиями, имеет качественную характеристику. Она влечет за собой конкретные экономические последствия, отражающиеся в тенденциях и темпах экономического роста.

Известно, что гендерная асимметрия «в пользу мужчин» преобладает преимущественно в производственно-ориентированных системах. Там преимущественно мужской является экономическая функция управления. Такие экономические системы более консервативны, менее восприимчивы к достижениям научно-технического прогресса и тяготеют преимущественно к сырьевой ориентации.

Чем равносильнее гендерная экономическая система, тем более интенсивными становятся факторы, определяющие экономический рост национального хозяйства.

Анализируя экономическое поведение в условиях рынка труда с гендерной точки зрения, следует учитывать многообразие ролевых статусов личности: вкладчик, клиент, банкир, страховщик, налогоплательщик, покупатель. Соответственно, конкретными формами экономического поведения личности могут считаться сберегательное, инвестиционное, страховое, монетарное, потребительское и т.д.

В таблице представлены данные социологического опроса студентов-вечерников о сфере пре-

имущественной трудовой занятости в зависимости от пола [6].

Таблица

**Рейтинг сферы трудовой занятости
в зависимости от пола**

Ранг в шкале преимущественной занятости	Сфера занятости	Всего	Пол	
			жен.	муж.
I позиция	Банковская	21,5	20,2	25,7
II позиция	Торговая	10,8	10,1	12,9
III позиция	Сфера услуг	9,7	11,0	5,7
IV позиция	Финансовая	6,2	4,6	11,6
V позиция	Образовательная	5,9	7,3	1,4
VI позиция	Промышленная	4,9	5,0	4,3
VII позиция	Аудиторская	4,9	3,7	8,6
VIII позиция	Налоговая	4,0	11,0	2,9
IX позиция	Страховая	3,5	4,1	1,4
X позиция	Внешнеэкономическая	2,8	3,7	2,0
XI позиция	Аграрная	1,0	0,9	1,4
XII позиция	Культурная	0,7	-	1,4
XIII позиция	Транспорт, связь	1,0	1,4	0,6

Анализируя гендерную асимметрию, существующую в современной системе российского высшего экономического образования (как обучающихся, так и обучающихся), в пользу женщин, следует отметить, что в ряде специальностей про-

исходит процесс дефеминизации (падение существенного количественного перевеса женщин). Например, рынок профессий «бухгалтер» и «аудитор» все больше наполняется специалистами-мужчинами.

Реально следует учитывать, что запросы рынка труда противоречат нынешней гендерной структуре образования. Потому приведение гендерной симметрии в соответствие с требованиями рынка профессий является актуальной задачей. Для этого следует усилить внимание к разработке теории и практики гендерной экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Силласте Г.И.* Гендерные проблемы в этнографии. - М., 1998.
2. *Силласте Г.Г.* Стереотипы и динамика мышления. - Минск, 1993.
3. *Силласте Г.Г.* Этнические стереотипы мужского и женского поведения. - Санкт-Петербург, 1991.
4. *Силласте Г.Г.* Гендерные исследования: феминистская методология в социальных науках (Материалы 2-й Международной летней школы по гендерным исследованиям). - Форос, 1999.
5. *Силласте Г.Г.* Гендерная и феминистская методология в постсоветских социальных науках: перспективы развития: Сб. науч. тр. МГУ. - М., 2001.
6. *Силласте Г.Г.* Гендерная асимметрия в российской системе высшего образования и ее возможные социальные последствия в условиях перехода к рыночной экономике. Ч. 1. - М., 2002.

УДК 330.101.52

В.С. Васильцов, А.А. Орголайнен
Кафедра мировой экономики и экономической теории

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Ситуация, сложившаяся в российской экономике, предоставляет новые возможности для реализации решений, связанных с инновационной активностью. Под влиянием возрастающей внутренней и внешней конкуренции инновации становятся важнейшим элементом менеджмента на предприятии. Новые идеи и продукты, прогрессивные технологии и организационные решения

все в большей степени определяют успех предпринимательской деятельности, обеспечивают выживание и финансовую стабилизацию предприятий.

Однако далеко не весь объем результатов научных исследований и разработок (НИОКР) может быть коммерциализован. Практика показывает, что реально этот удельный объем составляет 3-

7 %, т.е. среди всех результатов НИОКР, полученных в отечественной макроэкономической системе, совсем немного инновационных идей сформулировано так, что они могут стать объектом внимания инвесторов. Это объясняется рядом причин. Прежде всего, сложно определить вероятность коммерческой реализуемости и возможность распространения инновационного научно-технического продукта (НТП), для чего недостаточно разработана методическая база экономического параметрирования.

Коммерциализация новшества характеризуется большой степенью неопределенности по причине особого характера финансирования товар-новинки из-за наличия риска временного разрыва между затратами и результатами от внедрения и неопределенности спроса. В связи с этим возникает необходимость экономической оценки инновационного потенциала научно-технической продукции. Такая оценка позволяет инвестору решить вопрос о целесообразности вложения инвестиций в НТП. Разработанная оригинальная модель экономической оценки инновационного потенциала НТП позволяет находить решение следующих задач [1]:

- 1) определение улучшающего инновации вектора критериев, отражающих характеристики инновационного потенциала НТП;
- 2) разработка модели потенциальной емкости рынка;
- 3) разработка модели управляемого спроса на инновационную продукцию;
- 4) осуществление экономической оценки инновационного потенциала НТП.

Вектор характеристик инновационного потенциала научно-технического продукта должен обладать следующими свойствами:

- 1) ясность (понятная формулировка, однозначный смысл);
- 2) полнота (включение компонента не улучшает описательную характеристику НТП, а исключение приводит к тому, что товар-новинка будет рассмотрен не со всех сторон);
- 3) измеримость (возможность количественной или качественной оценки компонента вектора характеризующих свойств);
- 4) размерность (человеческий мозг имеет ограничения по числу одновременно обрабатываемых

признаков, желательно не более девяти).

Для определения вектора может быть использована методика проведения экспертизы, в основу которой легли два метода [2], [3]: метод дерева целей и метод коллективной генерации идей. Обработанные данные в виде развернутой оценки компонентов вектора характеристик могут быть представлены в табличной форме.

Под потенциальной емкостью рынка (ПЕР) можно понимать максимально возможный объем реализуемого на нем товара в течение какого-то времени, определяемого числом потенциальных потребителей, способных внедрить НТП в свое производство. Для определения ПЕР необходимо [4]: определить, какой рынок будет браться в рассмотрение; оценить границы данного рынка; осуществить сегментацию выбранного рынка по критерию - возможность применения инновационного НТП.

Определение ПЕР осуществляется методом анкетирования. Каждому потребителю предоставляется информация о появлении на рынке новой продукции, после чего производится выявление предпочтений потребителей. Методика анкетирования носит комплексный характер, содержит 9 анкет, включая изучение рекламы. В процедуре определения ПЕР используются анкеты под номерами 1, 3, 4. В первую очередь обрабатываются данные анкеты № 4, содержащей информацию о факторах, оказывающих наибольшее влияние на принятие решения о приобретении товара в конкретной фирме. Далее сравниваются полученные результаты с ответами анкеты № 3, в которой содержится информация о том, как, чем руководствуется потребитель, решая, в какой фирме приобрести товар. Если в анкетах № 3 и № 4 оценки в соответствующих позициях не совпадают, то корректировка не осуществляется в связи с недобросовестным заполнением анкеты, так как анкеты № 3 и № 4 позволяют выявить недостоверную информацию. В противном случае каждому из факторов присваивается весовой коэффициент. Далее обрабатываются данные, находящиеся в анкете № 1, в которой представлены оценки потенциальных потребителей качества и цены. После сбора информации производится расчет показателя, величина которого будет определять, является ли рассматриваемый сегмент рынка потенциальным потребителем предлагаемой НТП.

Для определения потенциальной емкости рынка возможно применять следующие подходы (табл.).

Далее, прежде чем предложить конкретную математическую модель, позволяющую прогнозировать величину управляемого спроса на инновационную продукцию, попытаемся понять особенности данного спроса и проблемы, возникающие при осуществлении прогноза. Появление инновационного НТП на рынке обычно сопровождается неопределенностью реакции со стороны потребителей. Новая продукция не имеет ретроспективной информации, поэтому применение стандартных методов прогнозирования спроса будет затруднено.

Таблица

Исходные данные для расчета потенциальной емкости рынка

Экономический смысл показателя	Способ определения
Количество возможных предприятий-потребителей данной продукции	Сегментирование рынка по критерию «возможность применения инновационного НТП»
Средний размер располагаемых средств одного предприятия-потребителя	Диалог с потребителем
Доля располагаемых средств, в среднем расходуемая предприятием на техническое перевооружение и реконструкцию своего производства	Диалог с потребителем
Удельный вес затрат на оборудование (в состав которого входит товар-новинка, способный удовлетворить потребные нужды) в доле располагаемых средств, определяемой коэффициентом	Диалог с потребителем
Удельный вес расходов на конкретный тип оборудования (в состав которого входит товар-новинка, способный удовлетворить потребные нужды) в сумме затрат, определяемой коэффициентом	Диалог с потребителем

Отправной точкой изучения «природы» прогнозирования управляемого спроса на инновационную

продукцию, т.е. объема продукции, потребной рынку, в зависимости от прилагаемых маркетинговых усилий, будет служить модель Риденура, предполагающая экспоненциальный закон роста как общий закон технико-экономического развития. Этот закон предполагает, что степень признания нового продукта обществом пропорциональна числу потенциальных потребителей, ознакомившихся с ним [5], [6]:

Социально-экономическое развитие общества во многом зависит от того, какие инновационные проекты будут инвестированы и внедрены в реальную экономику. Поэтому при экономической оценке инновационного потенциала НТП необходим комплексный подход, который должен учитывать коммерческую, бюджетную и социально-экономическую эффективность инновационных проектов [9], [10].

Показатели коммерческой эффективности должны учитывать финансовые последствия реализации проекта для его непосредственных участников.

За основу модели, позволяющей дать оценку коммерческой эффективности инновационного проекта, взят метод дисконтирования, т.е. соизмерения разновременных затрат и доходов. Оценка осуществляется на основе расчета трех основных показателей: интегральный эффект, индекс рентабельности, норма рентабельности.

Интегральный эффект определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу:

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \sum_{t=0}^{T_p} (P_t - 3_t) a_t,$$

где T_p - горизонт расчета; P_t - результаты (доходы), достигаемые на t -м шаге расчета; 3_t - затраты (инвестиции), осуществляемые на t -м шаге расчета; a_t - коэффициент дисконтирования (дисконтный множитель).

Для расчета дисконтного множителя используется норма дисконта δ , равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Определение коэффициента дисконтирования при постоянной норме дисконта осуществляется по следующей формуле:

$$a_t = \frac{1}{(1 + \delta')^t}.$$

Если $\mathcal{E}_{\text{инт}} > 0$, рентабельность инвестиций превышает минимальный уровень, и проект является эффек-

тивным; если $\Delta_{\text{инт}} < 0$, рентабельность проекта ниже минимальной нормы, и от проекта следует отказаться.

В качестве показателя рентабельности используется индекс рентабельности, который также сравнивает две части потока платежей: доходную и инвестиционную.

Если индекс рентабельности больше единицы, то это говорит о коммерческой эффективности рассматриваемого проекта, и наоборот. Нормой рентабельности E_p называют норму дисконта, при которой текущая величина чистого дохода равна нулю.

Таким образом, норма рентабельности E_p (внутренняя норма доходности, норма возврата инвестиций) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина дисконтированных доходов за определенное число лет становится равной инновационным вложениям.

Получаемую расчетную величину нормы рентабельности сравнивают с соответствующей нормой, требуемой инвестором. Вопрос о принятии инновационного проекта может рассматриваться, если расчетное значение не меньше требуемой инвестором величины. Если инновационный проект полностью финансируется за счет ссуды банка, то решение об инвестировании принимается, когда норма рентабельности больше банковской процентной ставки, в противном случае проект считается коммерчески неэффективным.

Модель оценки бюджетной эффективности отражает финансовые последствия осуществления инновационного проекта на доходы и расходы соответствующего (федерального, регионального или местного) бюджета. Основным показателем бюджетной эффективности, используемым для обоснования предусмотренных в инновационном проекте мер федеральной, региональной и местной финансовой поддержки, является бюджетный эффект. Бюджетный эффект B для i -го шага осуществления инновационного проекта определяется как превышение доходов соответствующего бюджета D над расходами P , связанными с осуществлением данного инновационного проекта.

Интегральный бюджетный эффект инновационного проекта определяется как сумма дисконтированных годовых бюджетных эффектов.

Модель социально-экономической эффективности отражает эффективность проекта с точки

зрения интересов народного хозяйства в целом, а также для участвующих в осуществлении проекта регионов (субъектов федерации), отраслей, организаций и предприятий.

Оценить социально-экономическую эффективность в стоимостных единицах достаточно сложно, а иногда невозможно, поэтому необходимо применять методику, использующую информационные оценки, базирующиеся на оценке степени влияния реализации каждого рассматриваемого инвестиционного проекта на достижение народнохозяйственных целей.

Для того чтобы получить завершённый вариант комплексной оценки инновационного потенциала НТП, необходимо ввести коэффициенты значимости коммерческой, бюджетной и социально-экономической эффективности и модель многокритериальной оценки, что позволяет лицам, принимающим решения, корректировать направление выбора в зависимости от позиции оценки инвестиционного проекта.

На практике можно выделить два варианта определения коэффициентов значимости критериев:

- все «бразды правления», связанные с реализацией инновационного проекта, находятся в руках одного лица, принимающего решение, преследующее определённые цели. Тогда при определении коэффициентов значимости критериев будут учитываться лишь приоритеты данного лица, принимающего решение.

- имеется группа заинтересованных сторон, отвечающая за реализацию инновационного проекта и оценивающая проект с различных позиций. В данной ситуации для корректной оценки коэффициентов значимости каждого из критериев предполагается воспользоваться экспертными оценками, которые должны учитывать интересы всех сторон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Валдайцев С. В.* Оценка бизнеса и инновации. – М.: ТАИС, 1997.
2. *Волкова В. Н., Денисов А. А.* Основы теории систем и системного анализа – СПб., 2001.
3. *Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. – М., 1974.
4. *Голубков Е. П.* Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. – М., 2000.
5. *Кучин Б. Л., Якушева Е. В.* Управление развитием экономических систем. Технический прогресс, устойчивость. – М., 1990.

6. Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки. – М., 1985.

7. Гончаров Н.П., Перерва П.Г. и др. Маркетинг инновационного процесса: Учеб. пособие. – Киев, 1998.

8. Инновационный менеджмент / Под ред. П.Н. Завалина, А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели; ЦИСН Миннауки РФ и РАН. – М., 1998.

9. Гамидов Г.С., Колосов В.Г., Османов И.О. Основы инноватики и инновационной деятельности. – СПб., 2000.

УДК 330.14.(21)

В.М. Васильцова, И.В. Бородина

Кафедра мировой экономики и экономической теории

ДИНАМИКА ОСНОВНОГО КАПИТАЛА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

Мировая практика показывает, что стабилизация экономического роста не может быть осуществлена без смены поколений техники. В нашей стране в настоящее время меняется структура отношений собственности, перестраивается весь механизм экономического оборота. Однако рыночные отношения не могут развиваться без конкурентной среды, поскольку конкуренция является основным фактором, определяющим эффективность хозяйственной деятельности. Низкая конкурентоспособность отечественных товаров объясняется наряду с внешними причинами прежде всего ортодоксальным оборудованием, хотя известно, что экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, – какими средствами труда.

Сложившиеся отраслевые, технологические и воспроизводственные пропорции основного капитала страны не отвечают новым условиям экономического развития. Данные о том, что активная часть основного капитала в народном хозяйстве со сроком эксплуатации до 5 лет составляет 2 %, 6-10 лет – 7 %, 11-20 лет – 28 %, 21-40 лет – 34 %, свыше 40 лет прослужило более 29 % оборудования, свидетельствуют о глубочайшем структурном кризисе средств труда, ставшем частью общего кризиса российской экономики.

Переход к рынку нельзя провозгласить – он должен быть подготовлен как практическими действиями по оздоровлению экономики, так и научным обоснованием. В частности, необходимо пе-

ремещение процессов накопления с общественно-го уровня на уровень хозяйствующих субъектов, прежде всего в частный сектор как наиболее перспективный в плане оптимизации конкурентных отношений, при одновременном определении роли государственного регулирования процессов развития конкурентного рынка.

Демонтаж неэффективных форм хозяйствования и формирование рыночной инфраструктуры, адекватной происходящим изменениям, выступает условием успеха нынешних преобразований. Поэтому нужно исследовать практику инновационной и инвестиционной деятельности различных хозяйствующих звеньев – от малых предприятий до государства, – что позволяет выявить конкретные пути обновления производства в рыночной экономике, сформулировать условия оптимизации процессов повышения конкурентоспособности при инновационном типе воспроизводства, определить социально-экономический механизм смены поколений техники.

Рассматривая теорию экономической динамики основного капитала следует обратить внимание прежде всего на то, что важный этап в формировании инновационного подхода к проблемам обновления средств труда связан с именем Й. Шумпетера, выпустившего в 1911 г. работу “Теории экономического развития” [1], где при исследовании проблем нововведений автор в значительной степени опирался на концепции нововведений В. Зомбарта [2] и В. Мичерлиха [3]. В российской

исследовательской сфере особое место принадлежит теории Н.Д. Кондратьева [4], который выдвинул гипотезу о существовании полувековых циклов экономической динамики. В свою очередь, Й. Шумпетер связал их с инновациями.

Для конкретного нововведения зарождение, скачкообразный рост и постепенное достижение полной экономической зрелости хорошо иллюстрируется S-образной кривой, если на оси ординат показаны затраты на внедрение и эксплуатацию данной новации, а на оси абсцисс - отдача от нее (рис. 1).

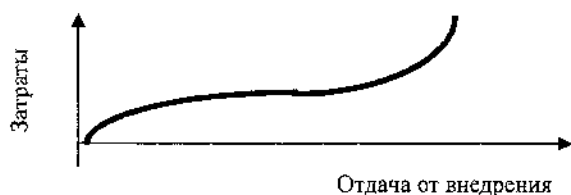


Рис. 1. Экономический цикл инновации по Й. Шумпетеру

В зависимости от стратегии и тактики предприятия, а также экономического состояния макроэкономической системы конкурентоспособность хозяйствующих субъектов, в соответствии с графиком, росла вместе с ростом отдачи от внедрения. Значительное внимание уделялось проблемам технического прогресса и его влияния на динамику основного капитала в советской экономической теории и практике. Но тогда ученые, в силу ряда причин, вынуждены были ограничиться рассмотрением только одной, плановой модели управления и организации воспроизводственных процессов на новом этапе научно-технического прогресса.

К этому времени можно отнести начало работы в исследуемом направлении В. Громеки, С. Меньшикова, А. Полетаева, И. Савельевой, Ю. Осипова, Б. Расина, В. Рязанова и других ученых. Наиболее глубокое осмысление инновационных проблем, которые актуальны и на сегодняшний день, встречается в трудах Ю. Яковца. Для иллюстрации смены фаз инновационного цикла на

примере средств труда можно воспользоваться схемой, предложенной Ю. Яковцом (рис. 2) [5, с. 127].

Особенность цикличного развития средств труда состоит в том, что новое поколение машин начинает осваиваться, в то время как предыдущее находится еще в третьей фазе. В противном случае не может быть обеспечена непрерывность технического прогресса, нечем будет заменить устаревшую технику. Обычно четвертая фаза предыдущего цикла примерно совпадает во времени со второй фазой следующего.

Для хозяйствующих субъектов отечественной экономической системы достижение непрерывности обновления основного капитала - одна из гарантий стабильной конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Техника нового поколения, становясь массовой, начинает определять возросший технический уровень и новую стоимость продукции, которая повышает конкурентоспособность товаров, производимых на новой технике, и усиливает конкурентный потенциал всех хозяйствующих субъектов на микро- и макроэкономическом уровнях. Лишь при этом условии выпускавшиеся прежде орудия труда становятся технически и морально устаревшими и подлежат возможно более быстрой замене. Инноватика все более становится атрибутом конкурентоспособности.

Среди последних исследований в области инноватики следует отметить работы С.Ю. Глазьева [6]. Акцентируя внимание на инновационной направленности научно-технического прогресса, автор отмечает, что в данном направлении "необходимо выбрать основной элемент экономической



Рис. 2. Фазы экономического цикла по Ю.В. Яковцу

структуры, который не только сохранял бы целостность в процессе технологических сдвигов, но и был бы носителем технологических изменений” [6, с. 51]. В качестве такого элемента предлагается рассматривать устойчивую совокупность технологически сопряженных производств - “технологический уклад” [6, с. 51].

Инновационный тип воспроизводства основного капитала предполагает целенаправленное действие, которое вносит в экономическую среду новые, относительно стабильные, воспроизводимые элементы, позволяющие хозяйствующему субъекту решать внутренние и внешние проблемы повышения конкурентоспособности наиболее рациональным способом. Эти элементы и являются нововведениями. Если радикальным нововведениям присущ конструктивно-деструктивный характер, выражающийся в принципиальной новизне лежащих в их основе научно-технических принципов, отрицающий применяемые базисные технологии и соответствующие им средства труда, то улучшающие нововведения связаны с диффузией, усовершенствованием используемого основного капитала, они не отрицают его, а обеспечивают более полное раскрытие потенциальных возможностей.

В теоретических работах отечественных авторов конкурентоспособность рассматривается в двух плоскостях: либо как свойство товаров [7], либо это конкурентоспособность производителей с точки зрения экономических параметров, напрямую связанных с технико-технологическими характеристиками [8].

Конкурентоспособность хозяйствующего субъекта определяется выбором конкурентной стратегии, обеспечивающей рост или сохранение объема продаж на зафиксированном сегменте рынка. Однако инновационная составляющая выбранной стратегии должна включать решения о постоянном обновлении товарного ассортимента. Произвести принципиально новую товарную группу невозможно без внедрения, а то и разработки техники и технологии нового поколения.

Сказанное наглядно подтверждается ситуацией в промышленности Вологодской области. Если в конце 1990-х годов в области количественно преобладали предприятия тяжелых отраслей хозяйст-

воания, то к началу нового века ряд машиностроительных предприятий были закрыты или перепрофилированы по причине низкой конкурентоспособности товаров, объясняемой прежде всего устаревшим основным капиталом. Например, Кадниковский тракторно-моторный завод был переоборудован в цех по производству сухих завтраков. Производственные помещения некоторых предприятий отданы торговым структурам. Из-за отсутствия достаточного объема инвестиций в последние годы строительство новых промышленных предприятий в области не велось.

Примером ужесточения требований к конкурентоспособности хозяйствующих субъектов служит и повышение уровня экологических параметров. Единственный крупный инновационно-инвестиционный проект, освоенный в Вологодской области в 2001 году, – введение нового производства на Сокольском ЦБК, позволяющего увеличить доход предприятия в 1,8 раза, – был заблокирован комитетом по экологии ввиду того, что внедряемая техника не была экологичной, а пропускная способность очистных сооружений не была расширена должным образом.

Разработка концепции модернизации основного капитала, обеспечивающего повышение конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, подчинение технической политики повышению уровня жизни нации становятся научной предпосылкой решения стратегической задачи оздоровления российской экономики. Развитие рынка требует особого внимания к проблемам отдельных элементов экономической системы. По мере децентрализации инвестиционного процесса исследование проблем обновления средств труда на индивидуальном уровне становится вместе с тем обоснованием путей повышения конкурентоспособности национальной экономики в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумпетер Й. Теория экономического развития. - М.: Прогресс, 1982. - 455 с.
2. Sombart W. Der kapitalistische Unternehmer//Archiv fur Sozialwissenschaft und Sozialpolitik. Bd. XXIX. - 1909. - S. 689-758.
3. Mitscherlich W. Der wirtschaftliche Fortschritt. - Leipzig, 1910. - 327 s.
4. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической ди-

намики. – М.: Экономика, 1994. – Вып. 1. – 760 с.

5. Яковец Ю.В. Ускорение научно-технического прогресса: теория и экономический механизм. – М.: Экономика, 1988. – 335 с.

6. Глазьев С.Ю., Каримов И.А. Научно-технический фактор экономической динамики // Известия АН СССР. Сер. экономика. – 1988. – № 2. – С. 47-57.

7. Магомедов Ш.Ш. Рынок, качество, конкурентоспособность. – Ставрополь: ИКЭН, 1999. – 217 с.

8. Азоев Г.Л. Конкуренция: анализ, стратегия, практика. – М.: ЦЭиМ, 2001. – 119 с.

Раздел 7

БИОЛОГИЯ

УДК 582.4

А.В. Румянцева
Кафедра биологии и общей экологии

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ХВОИ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ЧЕРЕПОВЦА

В 2000 году кафедрой биологии и общей экологии ЧГУ при участии сотрудников кафедры ботаники и дендрологии СПбГЛТА и лаборатории экологии растительных сообществ БИН РАН (г. Санкт-Петербург) была начата работа по изучению состояния сосновых древостоев в окрестностях Череповецкого промышленного узла. В Вологодской области до сих пор отсутствуют данные о влиянии промышленных выбросов на состояние лесов (Государственный доклад ..., 2003), поэтому выяснение вопроса о состоянии лесных массивов в районе промышленного центра является актуальным. В качестве объекта исследований выбрана *Pinus sylvestris*, которая обладает наибольшей чувствительностью к атмосферным загрязнителям по сравнению с другими видами древесных растений (Ярмишко, 1997).

В данной статье представлены некоторые материалы, полученные при исследовании хвои сосны обыкновенной.

Хвоя отбиралась с трех модельных деревьев из

средней части кроны, с южной стороны, и отдельно по годам (не менее 50 хвоинок) фиксировалась в спирте. Обработано 25 проб, отобранных в июле 2002 и 2003 годов с 9 участков в сосняках зеленомошной группы. Пробные площади расположены на различном удалении от промзоны г. Череповца. 8 проб были собраны в фоновых районах, удаленных более 60 км от города, – Устюженском районе и Дарвинском заповеднике. Определялись длина, ширина, толщина хвои, количество смоляных каналов и особенности их расположения (погруженные, непогруженные) в соответствии с рекомендациями Л.Ф. Правдина (1964). Для статистической обработки данных использовалась программа Statistica 6.0.

Результаты измерений представлены в таблице. Различные показатели хвои не постоянны по годам, что обуславливается разными погодными условиями (Тараканов, 1931; Правдин, 1964; Орлов, 1980 и др.). Длина хвои средняя (от 45 до 60 мм) или длинная (60 мм и более).

Таблица

Данные измерений показателей¹ хвои *Pinus sylvestris*

Показатель, год	Номер пробной площади (ПП), расстояние и направление от промзоны								
	45, 3 км Ю	37, 4 км З	34, 10 км З	11, 11 км ЮЗ	24, 26,5 км В	16, 27 км ЮЗ	51, 61,5 км З	54, 63 км З	63, 70 км ЮЮЗ
Длина, 1999	66,5 ±0,8	—	69,8 ±1,2	52,6 ±1,1	61,4 ±0,9	52,6 ±0,8	54,0 ±0,9	48,9 ±1,0	53,7 ±0,8
Длина, 2000	57,8 ±1,1	62,1 ±1,1	58,4 ±1,2	49,9 ±0,7	61,8 ±1,4	50,4 ±0,6	55,5 ±1,0	46,7 ±0,5	52,0 ±0,7
Длина, 2001	60,3 ±0,9	66,1 ±1,2	63,0 ±1,2	51,9 ±0,9	47,5 ±0,5	51,5 ±0,6	50,7 ±1,0	50,4 ±1,2	—
Ширина, 1999	1,426 ±0,021	—	1,289 ±0,011	1,369 ±0,016	1,446 ±0,012	1,359 ±0,012	1,254 ±0,013	1,256 ±0,015	1,293 ±0,016
Ширина, 2000	1,321 ±0,013	1,400 ±0,020	1,244 ±0,013	1,322 ±0,014	1,359 ±0,013	1,373 ±0,015	1,264 ±0,010	1,214 ±0,009	1,316 ±0,020
Ширина, 2001	1,265 ±0,011	1,428 ±0,016	1,249 ±0,011	1,352 ±0,015	1,383 ±0,012	1,338 ±0,013	1,245 ±0,014	1,317 ±0,018	—
Толщина, 1999	0,698 ±0,008	—	0,677 ±0,005	0,691 ±0,009	0,711 ±0,006	0,632 ±0,007	0,644 ±0,005	0,661 ±0,007	0,674 ±0,008
Толщина, 2000	0,641 ±0,005	0,698 ±0,008	0,653 ±0,005	0,669 ±0,007	0,684 ±0,006	0,660 ±0,007	0,636 ±0,004	0,640 ±0,004	0,655 ±0,007
Толщина, 2001	0,646 ±0,005	0,718 ±0,008	0,655 ±0,005	0,687 ±0,006	0,697 ±0,006	0,623 ±0,006	0,620 ±0,007	0,666 ±0,007	—
Кол-во смоляных ходов, 1999	13,8 ±0,3 (3,0)	—	12,3 ±0,4 (0,7)	11,8 ±0,7 (1,5)	12,4 ±0,3 (1,1)	11,5 ±0,4 (0,3)	12,8 ±0,4 (1,5)	12,9 ±0,4 (1,4)	10,3 ±0,3 (0,5)
Кол-во смоляных ходов, 2000	11,3 ±0,3 (1,1)	15,1 ±0,3 (0,3)	9,4 ±0,3 (0,1)	12,7 ±0,4 (1,2)	10,8 ±0,2 (0,4)	11,1 ±0,2 (0,2)	12,1 ±0,4 (1,0)	11,0 ±0,3 (0,8)	9,4 ±0,3 (0,3)
Кол-во смоляных ходов, 2001	10,2 ±0,2 (0,9)	14,6 ±0,3 (0,2)	12,1 ±0,4 (0,9)	13,4 ±0,4 (1,6)	12,7 ±0,3 (0,8)	11,5 ±0,4 (0,3)	10,5 ±0,3 (1,6)	13,4 ±0,4 (1,3)	—
Продолжительность жизни хвои (лет) максимальная	4	3	3	4	4	5	4	5	5
Продолжительность жизни хвои (лет) средняя	3,5	2,5	3	3,1	3,1	3,9	3,4	3,8	4,9

¹ Длина, толщина, ширина указаны в мм; в графе «Количество смоляных ходов» в скобках указано количество погруженных смоляных каналов.

Максимальные размеры отмечаются на участках, расположенных ближе к городу. Обнаружена достоверная отрицательная связь между увеличением размеров хвои и удаленностью

размеров хвои и удаленностью участков (коэффициент корреляции $r = -0,41 - 0,58$). Высокая положительная связь, не зависящая от расположения

объектов и погодных условий, отмечается между шириной и толщиной хвои (в среднем $r = 0,69$). Несколько меньше эта связь между длиной и шириной, между длиной и толщиной, причем в отдельные годы отмечается нарушение корреляции длина/ширина на участках вблизи промзоны (ПП 34, ПП 45).

Число смоляных ходов характеризуется средней (8 – 12) и высокой (12 – 16 и более) величинами. Их количество часто связано с шириной хвоинки (в среднем $r = 0,57$). Количество погруженных каналов, как правило, выше там, где больше общее число смоляных ходов. Некоторые исследователи (Онучин, Козлова, 1993) отмечают увеличение числа смоляных каналов под воздействием техногенных эмиссий, но это не характерно для окрестностей Череповца.

Не наблюдается и уменьшения размеров хвои, как, например, отмечается в зоне воздействия предприятий цветной металлургии (Ярмишко, 1997) и химической промышленности (Приступа, Мазепа, 1987). Это можно объяснить более благоприятным для роста хвои температурным режимом рядом с промзоной, а также низким геохимическим фоном металлов в районе Череповца (Экогеохимия ..., 1995), в условиях которого поллютанты не оказывают значительного повреждения растений, т.к. не накапливаются в токсических концентрациях. Увеличение размеров хвои может расцениваться и как адаптивная реакция в ответ на снижение массы ассимиляционного аппарата деревьев в условиях загрязнения атмосферы (Кулагин, Сметанина, 2001).

Чувствительным показателем считается продолжительность жизни хвои, которая сокращается при воздействии поллютантов (Алексеев, 1982; Давыдова, 1982; Ярмишко, 1997 и др.). Окрестности Череповца характеризуются более низким показателем средней продолжительности жизни хвои, чем фоновые участки. Максимальный показатель характерен для территории Дарвинского заповедника, где отсутствуют рекреационная и хозяйственная нагрузка на лесные массивы.

Таким образом, в окрестностях Череповца под воздействием промышленного загрязнения сокращается продолжительность жизни ассимиляционного аппарата, а функционирующая хвоя развивает более крупные размеры, что можно считать адаптивной реакцией растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. А. Особенности описания древостоев в условиях атмосферного загрязнения // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. – Таллин: АН ЭССР, 1982. – С. 97–115.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Вологодской области в 2002 г.». – Вологда: Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России (ГУПР по Вол.обл.) по Вологодской области, 2003.
3. Давыдова М. В. Воздействие заводских дымов на травяные сосняки Южного Урала // Биологические науки. – 1982. – № 11. – С. 71–74.
4. Кулагин А. Ю., Сметанина Е. Э. Эколого-физиологическая характеристика местных и интродуцированных видов *Pinus* и *Picea* в условиях нефтехимического загрязнения // Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке: Тезисы докладов Международной конференции (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 1–6 октября 2001 г.). – Сыктывкар: Коми научный центр, 2001. – С. 260–261.
5. Онучин А. А., Козлова Л. Н. Структурно-функциональные изменения хвои сосны под влиянием поллютантов в лесостепной зоне Средней Сибири // Лесоведение. – 1993. – № 2. – С. 39–45.
6. Орлов А. Я. Динамика массы хвои в сосновых культурах // Лесоведение. – 1980. – № 1. – С. 34–41.
7. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. – М.: Наука, 1964.
8. Приступа Г. К., Мазепа В. Г. Анатомо-морфологические изменения хвои сосны в техногенных условиях // Лесоведение. – 1987. – № 1. – С. 58–60.
9. Тараканов М. А. Влияние экспозиции на рост хвои сосны // Известия бот. сада. – 1931. – С. 573–588.
10. Экогеохимия городских ландшафтов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1995.
11. Ярмишко В. Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. – СПб.: НИИ-Химии СПбГУ, 1997.

Раздел 8

МАТЕМАТИКА

УДК 517.596

Е.В. Голицына
Кафедра математики

О СИНГУЛЯРНОЙ ЗАДАЧЕ НАГРЕВА ПОЛОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЦИЛИНДРА

Рассматривается квазилинейная задача нагрева вращающегося полого цилиндра в неподвижной системе координат:

$$\frac{\partial e(\theta)}{\partial \varphi} = \frac{\varepsilon^2}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \theta}{\partial \varphi^2} \right],$$

$$r_1 < r < r_2, \quad 0 \leq \varphi < 2\pi, \quad (1)$$

$$(-1)^{i+1} \frac{\partial \theta}{\partial r} = f_i(\theta, \varphi), \quad r = r_i,$$

$$0 \leq \varphi < 2\pi, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

где 3×3 , $e(\theta) = \int_0^{X^{-1}(\theta)} c(\tau) d\tau$, $\int_0^T \lambda(\tau) d\tau = X(T)$, $\lambda(T)$, $c(T)$ - приведенные безразмерные коэффициенты теплопроводности и массовой теплоемкости, $0 < r_1 < 1$, $r_2 = 1$, $\varepsilon^2 = (Pd)^{-1}$ - малый параметр, Pd - критерий Предводителя, $f_i(\theta, \varphi) = \alpha_i \{X^{-1}(\theta) - \theta'_c\} + \sigma_i \{ \beta(X^{-1}(\theta)) - \beta(\theta'_r) \}$,

$\alpha_i = \alpha_i(X^{-1}(\theta), \varphi)$, $\sigma_i = \sigma_i(X^{-1}(\theta), \varphi)$ - приведенные безразмерные коэффициенты конвективного и лучистого теплообмена соответственно, $\theta'_c = \theta'_c(X^{-1}(\theta), \varphi)$, $\theta'_r = \theta'_r(X^{-1}(\theta), \varphi)$, $\beta(T) = |T|^3 T$.

Решение задачи (1), (2) ищется в виде суммы

$$\theta_\varepsilon(r, \varphi) = U + V + W, \quad (3)$$

где $U = \sum_0^\infty \varepsilon^n u_n(r, \varphi)$ - регулярная, $V =$

$= \sum_0^\infty \varepsilon^n v_n(t, \varphi)$, $W = \sum_0^\infty \varepsilon^n w_n(\eta, \varphi)$ - погранслои-ные части разложения, $t = (r - r_1)/\varepsilon$, $\eta = (1 - r)/\varepsilon$.

Подставляя (3) в (1), (2), получаем задачи для u_n , v_n и w_n .

Задача для нахождения u_n имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial \varphi} [e'(u_0(r, \varphi)) u_n(r, \varphi)] = \tilde{\Phi}_n,$$

$$r_1 < r < r_2, \quad 0 \leq \varphi < 2\pi, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{где } \tilde{\Phi}_n &= - \sum_{k=2}^n \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[e^{(k)}(u_0) \Pi_n^k(u) \right] + \\ &+ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \frac{\partial u_{n-2}(r, \varphi)}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u_{n-2}(r, \varphi)}{\partial \varphi^2}, \quad \Pi_n^k(u) = \\ &= \Pi_n^k(u_1, \dots, u_n) - \text{многочлен степени } k, \text{ не содержащий свободных членов. Например, } \Pi_n^1 = u_n, \\ \Pi_n^n &= \frac{1}{n!} u_1^n \quad (n=1, 2, \dots), \Pi_3^2 = u_1 u_2, \quad \Pi_4^2 = \frac{1}{2} u_2^2 + u_1 u_3. \end{aligned}$$

Причем от функции u_n зависит лишь Π_n^1 .

Из (4) находим: $u_n = a_n \ln r + b_n$, $n=0, 1, \dots$

Задача для v_n имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_n}{\partial \varphi} - a^2 \frac{\partial^2 v_n}{\partial t^2} = X_n(t, \varphi), & t > 0, \\ & 0 \leq \varphi < 2\pi, \\ \frac{\partial v_n(0, \varphi)}{\partial t} = Y_n(\varphi), & 0 \leq \varphi < 2\pi, \\ |v_n(t, \varphi)| \leq C_1 \exp(-C_2 t), & t \geq 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $a^2 = [e'(u_0(r_1))]^{-1}$,

$$\begin{aligned} X_n(t, \varphi) &= a^2 \left\{ - \sum_{k=2}^n e^{(k)}[u_0(r_1)] \frac{\partial}{\partial \varphi} \Pi_n^k(\beta + v) + \right. \\ &+ \sum_{m=1}^{n-2} \frac{(-t)^{n-m-2} (n-m-1)}{r_1^{n-m}} \frac{\partial^2 v_m}{\partial \varphi^2} + \\ &\left. + \sum_{m=1}^{n-1} \frac{(-t)^{n-m-1}}{r_1^{n-m}} \frac{\partial v_m}{\partial t} \right\}, \end{aligned}$$

$$Y_n(\varphi) = f_{n-1}^{(1)}(r_1, \varphi) + \Pi_{n-1} f_1(0, \varphi) - u'_{n-1}(r_1),$$

$$f_0^{(1)}(r, \varphi) = f_1[u_0, \varphi];$$

$$f_n^{(1)}(r, \varphi) = \frac{\partial f_1[u_0, \varphi]}{\partial \theta} u_n + \sum_{k=2}^n \frac{\partial^k f_1[u_0, \varphi]}{\partial \theta^k} \Pi_n^k(u) \quad (n \geq 1),$$

$$\Pi_n f_1(t, \varphi) = \frac{\partial f_1[u_0(r_1, \varphi), \varphi]}{\partial \theta} v_n +$$

$$+ \sum_{k=2}^n \frac{\partial^k f_1[u_0(r_1, \varphi) + v_0(t, \varphi), \varphi]}{\partial \theta^k} \Pi_n^k(\beta + v) -$$

$$- \sum_{k=2}^n \frac{\partial^k f_1[u_0(r_1, \varphi), \varphi]}{\partial \theta^k} \Pi_n^k(\beta) \quad (n \geq 1),$$

$$\beta_n(t, \varphi) = u_n(r_1) + \sum_{k=1}^n \frac{t^k}{k!} u_{n-k}^{(k)}(r_1).$$

Решая задачу (5), получаем:

$$v_0 \equiv 0,$$

$$\begin{aligned} v_n(t, \varphi) &= \sum_{\substack{k=-\infty \\ k \neq 0}}^{+\infty} \frac{Y_k^{(n)}}{\lambda_k} e^{\lambda_k t + i k \varphi} + \sum_{\substack{k=-\infty \\ k \neq 0}}^{+\infty} \frac{e^{i k \varphi}}{2 a^2 \lambda_k} \times \\ &\times \left\{ -e^{\lambda_k t} \left[\int_0^t X_k^{(n)} e^{-\lambda_k \tau} d\tau + \int_0^{+\infty} X_k^{(n)} e^{\lambda_k \tau} d\tau \right] + \right. \\ &\left. + e^{-\lambda_k t} \int_t^{+\infty} X_k^{(n)} e^{\lambda_k \tau} d\tau \right\}, \end{aligned}$$

где $X_k^{(n)}(t) = \langle X_n(t, \varphi) e^{-i k \varphi} \rangle$, $Y_k^{(n)} = \langle Y_n(\varphi) e^{-i k \varphi} \rangle$,

$$\langle y(\varphi) \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} y(\varphi) d\varphi, \quad \lambda_k = \frac{\sqrt{|k|}}{a} \exp\left(\frac{3\pi}{4} i\right),$$

если $k < 0$ и $\lambda_k = \frac{\sqrt{k}}{a} \exp\left(\frac{5\pi}{4} i\right)$, если $k > 0$.

Во всех формулах сумма считается равной нулю, если нижний индекс больше верхнего. Функции $w_n(\eta, \varphi)$ находятся по аналогичным формулам.

Константы a_n и b_n ($n \geq 1$) находятся из системы

$$\begin{cases} u_n(r_1) \left\langle \frac{\partial f_1[u_0(r_1), \varphi]}{\partial \theta} \right\rangle + \left\langle \frac{\partial f_1[u_0(r_1), \varphi]}{\partial \theta} v_n(0, \varphi) \right\rangle + \\ + \sum_{k=2}^n \left\langle \frac{\partial^k f_1[u_0(r_1), \varphi]}{\partial \theta^k} \Pi_n^k[u(r_1) + v(0, \varphi)] \right\rangle - u'_n(r_1) = 0, \\ u_n(1) \left\langle \frac{\partial f_2[u_0(1), \varphi]}{\partial \theta} \right\rangle + \left\langle \frac{\partial f_2[u_0(1), \varphi]}{\partial \theta} w_n(0, \varphi) \right\rangle + \\ + \sum_{k=2}^n \left\langle \frac{\partial^k f_2[u_0(1), \varphi]}{\partial \theta^k} \Pi_n^k[u(1) + w(0, \varphi)] \right\rangle + u'_n(1) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Порядок нахождения регулярных и пограничных членов разложения следующий. Сначала находится функция $u_0(r)$. Затем определяются

функции $v_1(t, \varphi)$ и $w_1(\eta, \varphi)$. Затем находится $u_1(r)$ и $v_2(t, \varphi)$, $w_2(\eta, \varphi)$ и т.д.

Пусть $\psi_i(r) \in C^\infty([0, 1])$: $0 \leq \psi_i(r) \leq 1$,
 $\psi_1(r) = 1$, $\psi_2(r) = 0 \quad \forall r \in \left[r_1, \frac{1+2r_1}{3}\right]$, $\psi_1(r) = 0$,
 $\psi_2(r) = 1 \quad \forall r \in \left[\frac{2+r_1}{3}, 1\right]$.

Обозначим:

$$U_N(r) = \sum_{k=0}^N \varepsilon^k u_k, \quad V_N(t, \varphi) = \sum_{k=0}^N \varepsilon^k v_k,$$

$$W_N(\eta, \varphi) = \sum_{k=0}^N \varepsilon^k w_k.$$

Приближенное асимптотическое решение задачи (1), (2) имеет вид:

$$\theta_N = U_N + \psi_1(r) V_N + \psi_2(r) W_N.$$

УДК 512.831

Верны оценки

$$\|\theta_n\|_{W_2^1(\Omega)} \leq C(N), \quad n = 0, \dots, N.$$

$$\|\theta_{n+1} - \theta_n\|_{W_2^1(\Omega)} \leq C(N) \varepsilon^{n+1/2}, \quad n = 0, \dots, N.$$

Для доказательства сходимости асимптотического разложения применяется обычная схема для нелинейных задач [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутузов В.Ф., Уразгильдина Т.А. Об одной сингулярно возмущенной системе уравнений эллиптического типа в критическом случае // Дифференциальные уравнения. – 1986. – Т. 22. – № 9. – С. 1565-1576.

В.П. Егоров
 Кафедра математики

КАНОНИЧЕСКАЯ ФОРМА НЕОТРИЦАТЕЛЬНЫХ МАТРИЦ

§ 1. Введение

Пусть $M_n = M_n(\mathbb{R})$ множество вещественных $n \times n$ матриц. В § 2 данной работы изучаются верхние блочно-треугольные неотрицательные матрицы $A \in M_n$ с блоками $A_i \in M_{n_i}$ ($n_i = 1, 2, 3$; $i = 1, \dots, l$) на главной диагонали. Неотрицательные матрицы $A_i \in M_2$ не могут иметь комплексно – сопряженных собственных значений. Неотрицательные матрицы $A_i \in M_3$ имеют один вещественный и два комплексно-сопряженных собственных значения.

В теореме 1 доказывается существование неотрицательных правых собственных векторов верхней треугольной неотрицательной матрицы $A \in M_n$, если ее собственные значения удовлетворяют условиям $\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_{n-1} \leq \lambda_n$.

В теореме 3 сформулированы требования, при

которых верхняя блочно-треугольная неотрицательная матрица $A \in M_n$, определенная выше, имеет неотрицательный правый собственный вектор, отвечающий $\rho(A)$, и перронов вектор, где $\rho(A)$ – спектральный радиус матрицы A .

Теорема 2 – частный случай теоремы 3, когда A верхняя треугольная неотрицательная матрица из M_n .

Рассмотрим условия, при которых имеет место теорема 3. Пусть A_i – i -й блок на главной диагонали матрицы $A \in M_n$, $A_i \in M_{n_i}$ ($n_i = 1, 2, 3$; $i = 1, \dots, l$), $A_i = \rho(A)$. Существенную роль играют матрицы $\lambda_n I - A_i$ ($i = 1, \dots, l-1$; $\lambda_n = \rho(A)$, I – единичная матрица порядка n_i) и их главные миноры всех порядков. Заметим, что матрицы $\lambda_n I - A_i$ являются M – матрицами (см., например, [4], [5]). Для существования неотрицательного правого собственного вектора матрицы A , отве-

чающего $\rho(A)$, достаточно предположить, что $\det(\lambda_n I - A_i) \neq 0$ и все главные миноры порядка ниже n_i матриц $\lambda_n I - A_i$ ($i = 1, \dots, l-1$) положительны. Для существования перрона вектора матрицы A достаточно предположить, что главные миноры всех порядков матриц $\lambda_n I - A_i$ ($i = 1, \dots, l-1$) положительны и в каждой строке матрицы A справа от блоков A_i ($i = 1, \dots, l-1$) существует по крайней мере один положительный элемент.

При доказательстве теорем 2 и 3 применяется метод продолжения по параметру, состоящий в том, что вводится семейство матриц $A(t) = (1-t)A_0 + tA_1$, где $A_0 = A$, $A_1 = \text{diag}(1, 2, \dots, n)$, $t \in [0, 1]$, для которых строится правый собственный вектор $x^{(n)}(t)$, отвечающий собственному значению $\lambda_n(t) = (1-t)\lambda_n + tn$, и затем при $t \rightarrow 0$ получается $x^{(n)}(0)$ — правый собственный вектор матрицы $A_0 = A$, отвечающий ее собственному значению $\lambda_n = \rho(A)$.

В теореме 1 применяется аналогичный метод и используется тот факт, что собственные значения $\lambda_k(t)$ ($k = 1, \dots, n$) верхней треугольной матрицы $A(t)$ различны при $t \in (0, 1]$.

Теорема 4 утверждает, что любой неотрицательной матрице $A \in M_n$ с заданным спектром $\sigma(A)$ отвечает верхняя блочно-треугольная неотрицательная матрица $\tilde{A} \in M_n$, такая, что $\sigma(\tilde{A}) = \sigma(A)$. Доказательство теоремы 4 основано на введении отношения порядка на множестве неотрицательных матриц в M_n и применении основной леммы Бурбаки [2].

§ 2. Результаты

Пусть $M_n = M_n(\mathbb{R})$ множество вещественных $n \times n$ матриц. Рассмотрим верхнюю блочно-треугольную неотрицательную матрицу $A \in M_n$ [1]

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & & & * \\ & A_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & A_l \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $A_i \in M_{n_i}$ ($i = 1, \dots, l$; $n_i = 1, 2, 3$), $\sum_{i=1}^l n_i = n$

и $*$ обозначает произвольные элементы. Определитель верхней блочно-треугольной матрицы равен произведению определителей диагональных блоков. Предположим, что представление (1) является неразложимой нормальной формой матрицы A [1], так как в случае разложимости блока A_i размера 3×3 он представляется в одном из трех видов

$$\begin{pmatrix} * & * & * \\ 0 & * & * \\ 0 & * & * \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ 0 & 0 & * \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} * & * & * \\ 0 & * & * \\ 0 & 0 & * \end{pmatrix},$$

а это говорит о том, что он превращается в два блока размера 2×2 и 1×1 или в три блока размера 1×1 . В случае же разложимости блока A_i размера 2×2 он превращается в два блока размера 1×1 .

Неотрицательная матрица является вещественной матрицей, а вещественная матрица имеет или вещественные собственные значения, или невещественные пары комплексно-сопряженных собственных значений.

Рассмотрим блок A_i размера 2×2 на главной диагонали неотрицательной матрицы A

$$A_i = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix},$$

тогда $p_{A_i}(t) = t^2 - (a+d)t + ad - bc$ и

$$\sigma(A_i) = \left\{ \frac{1}{2} \left(a+d \pm \sqrt{(a-d)^2 + 4bc} \right) \right\},$$

где $\sigma(A_i)$ — спектр блока A_i . Если $bc \geq 0$, то собственные значения блока $A_i \in M_2$ вещественны. В нашем случае $A_i \geq 0$, поэтому $bc \geq 0$. Следовательно, любой неотрицательный блок A_i размера 2×2 в представлении (1) не может иметь комплексно-сопряженных собственных значений, а имеет только вещественные собственные значения.

Рассмотрим блок A_i размера 3×3 на главной диагонали неотрицательной матрицы A в представлении (1)

$$A_i = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & r \end{pmatrix},$$

тогда

$$p_{A_i}(t) = t^3 - E_1(A_i) t^2 + E_2(A_i) t - E_3(A_i),$$

где

$$E_1(A_i) = a + e + r, \quad E_3(A_i) = \det A_i,$$

$$E_2(A_i) = \det \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix} + \det \begin{pmatrix} a & c \\ g & r \end{pmatrix} + \det \begin{pmatrix} e & f \\ h & r \end{pmatrix}.$$

Условие существования одного вещественного и двух комплексно-сопряженных корней уравнения $p_{A_i}(t) = 0$ записывается в виде [2]

$$D = -4p^3 - 27q^2 < 0,$$

где

$$p = -\frac{1}{3} E_1^2(A_i) + E_2(A_i),$$

$$q = -\frac{2}{27} E_1^3(A_i) + \frac{1}{3} E_1(A_i) E_2(A_i) - E_3(A_i).$$

Пример. Рассмотрим неотрицательную матрицу A_i размера 3×3

$$A_i = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

у которой $E_1(A_i) = 3$, $E_2(A_i) = 0$, $E_3(A_i) = 1$, $p = -3$, $q = -3$,

$$-D = 4(-3)^3 + 27(-3)^2 = 27(9 - 4) > 0,$$

$$p_{A_i}(t) = t^3 - 3t^2 - 1 = (t - 3,104)(t^2 + 0,104t + 0,323)$$

откуда следует, что уравнение $p_{A_i}(t) = 0$ имеет один вещественный корень $\lambda_1 = 3,104$ и два комплексно-сопряженных корня $\lambda_{2,3} = -0,52 \pm 0,23i$.

Теорема 1. Пусть A — верхняя треугольная матрица, $A \in M_n$, $A \geq 0$. Если собственные значения матрицы A удовлетворяют условиям

$$\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_{n-1} \leq \lambda_n, \quad (2)$$

то существуют l неотрицательных правых собственных векторов матрицы A , где l — число ее различных собственных значений.

Следствие 1. Пусть A — верхняя треугольная матрица, $A \in M_n$, $A \geq 0$. Если собственные значения матрицы A удовлетворяют условиям (2) и A недефектна, то существует невырожденная матрица $S \geq 0$, $S \in M_n$, такая, что $S^{-1}AS = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$.

Теорема 2. Пусть A — верхняя треугольная матрица, $A \in M_n$, $A \geq 0$. Если собственные значения матрицы A удовлетворяют условиям

$$\lambda_i \leq \lambda_n \quad (i = 1, \dots, n-1), \quad (3)$$

то существует неотрицательный правый собственный вектор матрицы A , отвечающий ее собственному значению λ_n . Если собственные значения матрицы удовлетворяют условиям

$$\lambda_i < \lambda_n \quad (i = 1, \dots, n-1), \quad (4)$$

то существует положительный правый собственный вектор матрицы A , отвечающий ее собственному значению λ_n , при дополнительных предположениях

$$r'_i(A) = \sum_{j>i} a_{ij} > 0 \quad (i = 1, \dots, n-1). \quad (5)$$

Теорема 3. Пусть A — верхняя блочно-треугольная неотрицательная матрица из M_n с блоками $A_i \in M_{n_i}$ ($i = 1, \dots, l$; $n_i = 1, 2, 3$),

$\sum_{i=1}^l n_i = n$ и пусть $A_i = \lambda_n I = \rho(A)$. Если главный минор порядка n_i матрицы $\lambda_n I - A_i$ ($i = 1, \dots, l-1$; I — единичная матрица порядка n_i) неотрицателен, а главные миноры порядков $n_i - 1$, $n_i - 2$ (если они существуют) положительны, то существует неотрицательный правый собственный вектор матрицы A , отвечающий ее собственному значению λ_n . Если главные миноры всех порядков матрицы $\lambda_n I - A_i$ ($i = 1, \dots, l-1$) положительны и в каждой строке матрицы A справа от блока A_i ($i = 1, \dots, l-1$) есть по крайней мере один положительный элемент, то существует положительный правый собственный вектор матрицы A ,

отвечающий ее собственному значению λ_n .

Теорема 4. Любой неотрицательной матрице $A \in M_n$ с заданным спектром $\sigma(A)$ отвечает матрица $\tilde{A} \in M_n$

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} A_1 & & & * \\ & \ddots & & \\ & & A_{l-1} & \\ 0 & & & p(A) \end{pmatrix} \quad (6)$$

с таким же спектром, где $p(A)$ – спектральный радиус матрицы A и $\tilde{A}$, $A_i \in M_{n_i}$ ($i = 1, \dots, l-1$;

$n_i = 1, 2, 3$), $\sum_{i=1}^{l-1} n_i = n-1$. Матрица $\tilde{A}$ называется канонической формой матрицы A .

Доказательство. Пусть $\mathcal{A} = \{A : A \in M_n, A \geq 0\}$ – множество всех неотрицательных матриц из M_n , каждая из которых имеет хотя бы один ненулевой элемент. Пусть $\tilde{\mathcal{A}} = \{\tilde{A} : \tilde{A} \in M_n, \tilde{A} \geq 0, \tilde{A} \text{ – матрица вида (6)}\}$ – множество неотрицательных матриц из M_n , представимых в виде (6). Очевидно, что $\tilde{\mathcal{A}} \subset \mathcal{A}$.

Введем на элементах множества $\mathcal{A}$ отношение $A < B$, если число нулевых элементов матрицы A меньше числа нулевых элементов матрицы B . Тогда множество $\mathcal{A}$ является упорядоченным [2]. Любое подмножество множества $\mathcal{A}$ имеет верхнюю границу – некоторую матрицу с одним ненулевым элементом. Множество $\mathcal{A}$ является вполне упорядоченным, так как каждое непустое его подмножество имеет первый элемент. Очевидно, что $\mathcal{A}$ содержит вместе с каждым своим вполне упорядоченным подмножеством $\mathcal{K}$ какую-либо его верхнюю границу. При этом предположении (как показал Кнезер) имеет место основная лемма Бурбаки [2].

Введем отображение множества $\mathcal{A}$ в себя $A \rightarrow fA$: матрице $A \in \mathcal{A}$ с некоторым числом нулевых элементов и спектром $\sigma(A)$ ставится в соответствие матрица fA с большим числом нулевых элементов и тем же спектром, что у матрицы A . Очевидно, что введенное таким образом отображение обладает следующим свойством

$$A \leq fA \text{ для всех } A \in \mathcal{A}.$$

Тогда по основной лемме Бурбаки [2] существует матрица $\tilde{A}$ со свойством $\tilde{A} = f\tilde{A}$.

Очевидно, что $\tilde{A} \in \tilde{\mathcal{A}}$. В самом деле, множество $\tilde{\mathcal{A}}$ – это множество верхних границ вполне упорядоченного множества $\mathcal{A}$, так как матрицы с одним ненулевым элементом принадлежат множеству $\tilde{\mathcal{A}}$ и матрица A с некоторым числом нулевых элементов и спектром $\sigma(A)$ вместе с отображением f задает цепь $\mathcal{K}$ в $\mathcal{A}$, в которой A является первым элементом, а $\tilde{A} = f(\tilde{A})$ является последним элементом в указанной цепи. Матрица $\tilde{A}$ является канонической формой матрицы A . ■

Следствие 2. Пусть A – неотрицательная идемпотентная матрица из M_n , число нулевых собственных значений которой равно k ($0 \leq k \leq n$), и $\tilde{A}$ – каноническая форма матрицы A (см. (6)). Если $\tilde{A}^2 = \tilde{A}$, то

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & \tilde{a}_{1n} \\ & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & \tilde{a}_{2n} \\ & & \ddots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & & & 0 & 0 & \dots & 0 & \tilde{a}_{kn} \\ & & & & 1 & \dots & 0 & 0 \\ & & & & & \ddots & \dots & \dots \\ & & & & & & 1 & 0 \\ 0 & & & & & & & 1 \end{pmatrix}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорн Р., Джонсон Ч. Матричный анализ. – М.: Мир, 1989.
2. Варден Б. Л. Алгебра. – М.: Наука, 1976.
3. Егоров В. П. Исследование ненормальных матриц методом продолжения по параметру // Вестник ЧГУ, 2003. – № 2. – С. 28–31.
4. Berman A., Plemmons R.J. Nonnegative matrices in the mathematical sciences. – New York, Acad. Press, 1979.
5. Johnson C. R. Inverse M – matrices. – Linear Algebra Appl. – 1982. – 47. – P. 195–216.

О НЕКОТОРЫХ ОЦЕНКАХ Г-ФУНКЦИИ ЭЙЛЕРА

Пусть далее $s = \sigma + i\tau$ – комплексная переменная, $\sigma = \operatorname{Re} s$, $\tau = \operatorname{Im} s$.

Гамма-функция $\Gamma(s)$ впервые была определена русским академиком Эйлером (1729) при помощи бесконечного произведения:

$$\Gamma(s) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n! n^s}{s(s+1)\dots(s+n)} =$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^s}{s(1+s)\left(1+\frac{s}{2}\right)\dots\left(1+\frac{s}{n}\right)},$$

из которого Эйлер получил интегральное представление (эйлеров интеграл второго рода) этой функции, верное для $\operatorname{Re} s > 0$. Обозначение $\Gamma(s)$ и название «гамма-функция» предложены А.М. Лежандром (1814) [4].

Вейерштрасс (1856) определил гамма-функцию с помощью равенства

$$\frac{1}{\Gamma(s)} = s e^{Cs} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{s}{n}\right) e^{-\frac{s}{n}} \quad (1)$$

(C – постоянная Эйлера), из которого следует, что функция $\Gamma(s)$ является аналитической всюду, за исключением точек $s = -n$, в которых она имеет простые полюсы с вычетами $(-1)^n/n!$ ($n = 0, 1, 2, \dots$). Бесконечное произведение (1) абсолютно и равномерно сходится на любом компактном множестве комплексной плоскости ([6, с. 14-15]; [4]; [3, с. 548]).

Функция $1/\Gamma(s)$ – целая функция 1-го порядка максимального типа; следовательно, гамма-функция не обращается в нуль ([4]; [3, с. 548]).

Функция $\Gamma(s)$ удовлетворяет функциональному уравнению Эйлера

$$\Gamma(s+1) = s \Gamma(s) \quad (2)$$

(для всех $s \neq -n$; $n = 1, 2, 3, \dots$) ([4]; [6, с. 16-17]).

Поэтому из равенства (1) после деления его на s и применения равенства (2) следует равенство

$$\frac{1}{\Gamma(1+s)} = e^{Cs} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{s}{n}\right) e^{-\frac{s}{n}} \quad (3)$$

([3, с. 548]; [8, с. 154]).

Заменим в равенстве (3) s на $\bar{s}$, где $\bar{s}$ – число, комплексно сопряженное с s . Получим равенство

$$\frac{1}{\Gamma(1+\bar{s})} = e^{C\bar{s}} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{\bar{s}}{n}\right) e^{-\frac{\bar{s}}{n}}. \quad (4)$$

Так как

$$\Gamma(1+\bar{s}) = \overline{\Gamma(1+s)}, \quad s\bar{s} = |s|^2 = \sigma^2 + \tau^2,$$

$$s + \bar{s} = 2\operatorname{Re} s = 2\sigma,$$

то, перемножая равенства (3) и (4), приходим к равенству

$$\left| \frac{1}{\Gamma(1+s)} \right|^2 = e^{2C\sigma} \prod_{n=1}^{\infty} \left(\left(1 + \frac{\sigma}{n}\right)^2 + \frac{\tau^2}{n^2} \right) e^{-\frac{2\sigma}{n}}, \quad (5)$$

из которого при $\tau = 0$ (тогда $s = \sigma$) следует равенство

$$\left(\frac{1}{\Gamma(1+\sigma)} \right)^2 = e^{2C\sigma} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{\sigma}{n}\right)^2 e^{-\frac{2\sigma}{n}} \quad (6)$$

([8, с. 154]).

Наконец, деля равенство (5) на равенство (6), имеем равенство

$$\left| \frac{\Gamma(1+\sigma)}{\Gamma(1+s)} \right|^2 = \prod_{n=1}^{\infty} \frac{(n+\sigma)^2 + \tau^2}{(n+\sigma)^2} = \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{\tau^2}{(n+\sigma)^2} \right), \quad (7)$$

которое верно для всех $s = \sigma + i\tau \neq -n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) ([8, с. 154]).

Гамма-функция $\Gamma(s)$ удовлетворяет еще одному функциональному уравнению, которое назы-

вается формулой дополнения Эйлера: для всякого комплексного s

$$\Gamma(s)\Gamma(1-s) = \frac{\pi}{\sin \pi s} \quad (8)$$

(при $s=n$, $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ обе части равенства обращаются в бесконечность) ([4]; [3, с. 550]; [5, с. 203]).

В действительной области $\Gamma(\sigma) > 0$ для $\sigma > 0$ и принимает знак $(-1)^{k+1}$ на участках $-k-1 < \sigma < -k$ ($k=0, 1, 2, \dots$). Для всех действительных σ справедливо неравенство

$$\Gamma\Gamma'' > \Gamma'^2 \geq 0,$$

т.е. все ветви как $|\Gamma(\sigma)|$, так и $\ln|\Gamma(\sigma)|$ есть выпуклые функции [4].

Для положительных σ гамма-функция имеет единственный минимум при $\sigma=1,4616321\dots$, равный $c_0=0,885603\dots$ ([4]; [7, с. 755]).

В этой статье даны доказательства некоторых оценок Γ -функции Эйлера.

Теорема. В любой полосе $m \leq \sigma \leq m+1$ ($m=0, 1, 2, \dots$)

$$|\Gamma(1+s)|^{-1} \leq \frac{(m+1)^{\sigma-m} m!}{|1+m+i\tau|^{\sigma-m} \Gamma(1+\sigma) |\Gamma(1+m+i\tau)|} \quad (9)$$

Далее, при $|\tau| \geq 1$

$$|\Gamma(s)| < \frac{2\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} [\sigma_1]! e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma-\frac{1}{2}} \quad (0 \leq \sigma \leq \sigma_1), \quad (10)$$

$$|\Gamma(s)| < \frac{\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma-\frac{1}{2}} \quad (\sigma \leq 0); \quad (11)$$

$$|\Gamma(1+s)|^{-1} < \frac{2}{c_0 \sqrt{\pi}} c(\sigma_1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma-\frac{1}{2}} \quad (-\sigma_1 \leq \sigma \leq 0, \sigma_1 > 0), \quad (12)$$

$$|\Gamma(1+s)|^{-1} < \frac{1}{c_0 \sqrt{\pi}} ([\sigma_1] + 1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma-\frac{1}{2}}$$

$$(0 \leq \sigma \leq \sigma_1). \quad (13)$$

Здесь c_0 – минимальное значение $\Gamma(s)$ для положительных значений аргумента,

$c'_0 = (1 - e^{-2\pi})/2$; $[x]$ – целая часть числа x ; $c(\sigma_1) = [\sigma_1]$, если σ_1 – целое число, и $c(\sigma_1) = [\sigma_1] + 1$ – в противном случае.

Доказательство. 1. Рассмотрим функцию

$$f(\sigma) = \ln \left(1 + \frac{\tau^2}{(n+\sigma)^2} \right)$$

(τ – постоянная), которая имеет производные (по σ)

$$f'(\sigma) = \frac{-2\tau^2}{(n+\sigma)((n+\sigma)^2 + \tau^2)},$$

$$f''(\sigma) = \frac{2\tau^2(3(n+\sigma)^2 + \tau^2)}{(n+\sigma)^2((n+\sigma)^2 + \tau^2)^2}.$$

Так как $n \geq 1$, то при $\sigma \geq 0$ функция $f(\sigma)$ и ее производная определены и непрерывны, а вторая производная $f''(\sigma)$ конечна и $f''(\sigma) \geq 0$. Следовательно, функция $f(\sigma)$ выпукла на промежутке $[0, +\infty)$ и, значит, на каждом из промежутков $[m, m+1]$; $m=0, 1, 2, \dots$ Поэтому дуга кривой $\tau = f(\sigma)$, соединяющая точки $(m, f(m))$ и $(m+1, f(m+1))$, находится под стягивающей ее хордой

$$\tau = (m+1-\sigma)f(m) + (\sigma-m)f(m+1).$$

Таким образом, на каждом промежутке $[m, m+1]$

$$f(\sigma) \leq (m+1-\sigma)f(m) + (\sigma-m)f(m+1),$$

$$\ln \left(1 + \frac{\tau^2}{(n+\sigma)^2} \right) \leq (m+1-\sigma) \ln \left(1 + \frac{\tau^2}{(n+m)^2} \right) +$$

$$\begin{aligned}
 & +(\sigma-m) \ln \left(1+\frac{\tau^2}{(n+m+1)^2}\right), \\
 & \left(1+\frac{\tau^2}{(n+\sigma)^2}\right) \leq \\
 & \leq \left(1+\frac{\tau^2}{(n+m)^2}\right)^{m+1-\sigma} \left(1+\frac{\tau^2}{(n+m+1)^2}\right)^{\sigma-m} \quad (14)
 \end{aligned}$$

($n=1, 2, 3, \dots$).

Перемножим все неравенства (14), применим равенство (7) и извлечем квадратный корень из обеих частей полученного неравенства. Тогда будем иметь неравенство

$$\begin{aligned}
 & \left|\frac{\Gamma(1+\sigma)}{\Gamma(1+s)}\right| \leq \left|\frac{\Gamma(1+m)}{\Gamma(1+m+i\tau)}\right|^{m+1-\sigma} \times \\
 & \times \left|\frac{\Gamma(1+(m+1))}{\Gamma(1+(m+1)+i\tau)}\right|^{\sigma-m}, \quad (15)
 \end{aligned}$$

в котором, в силу функционального уравнения (2),

$$\Gamma(1+(m+1)) = (m+1)\Gamma(1+m),$$

$$\Gamma(1+(m+1)+i\tau) = (1+m+i\tau)\Gamma(1+m+i\tau),$$

а также $\Gamma(1+m) = m!$ и $\Gamma(1+\sigma) > 0$ (для $\sigma \geq -1$).

Подставив эти значения в неравенство (15) и разделив его на $\Gamma(1+\sigma)$, получим неравенство (9).

2. Из неравенства (9) при $m=0$ ($0 \leq \sigma \leq 1$) следует неравенство

$$\left|\frac{1}{\Gamma(1+\sigma+i\tau)}\right| \leq \frac{1}{|1+i\tau|^\sigma \Gamma(1+\sigma) |\Gamma(1+i\tau)|} \quad (16)$$

[8, с. 155]. Рассмотрим область $-1 \leq \sigma \leq 0$, $|\tau| \geq 1$.

Применяя формулу дополнения Эйлера (8) и неравенство (16), имеем

$$\left|\Gamma(s) \frac{\sin \pi s}{\pi}\right| = \frac{1}{|\Gamma(1-s)|} =$$

$$= \frac{1}{|\Gamma(1-\sigma-i\tau)|} = \frac{1}{|\Gamma(1-\sigma+i\tau)|} \leq$$

$$\leq \frac{1}{|1+i\tau|^{-\sigma} \Gamma(1-\sigma) |\Gamma(1+i\tau)|} \leq \frac{|\tau|^\sigma}{c_0 |\Gamma(1+i\tau)|} \quad (17)$$

в полосе $-1 \leq \sigma \leq 0$, так как $0 \leq -\sigma \leq 1$, $|1+i\tau| > |\tau|$, $|1+i\tau|^{-\sigma} \geq |\tau|^{-\sigma}$. Неравенство (17) дает неравенство

$$|\Gamma(s)| \leq \frac{\pi |\tau|^\sigma}{c_0 |\Gamma(1+i\tau)| |\sin \pi s|} \quad (18)$$

($-1 \leq \sigma \leq 0$).

Известно, что

$$\sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}, \quad (19)$$

откуда

$$|\sin \pi s| \leq \frac{|e^{i\pi s}| + |e^{-i\pi s}|}{2}. \quad (20)$$

Если $s = \sigma + i\tau$, то

$$i\pi s = i\pi\sigma - \pi\tau, \quad -i\pi s = -i\pi\sigma + \pi\tau,$$

$$|e^{i\pi s}| = e^{-\pi\tau}, \quad |e^{-i\pi s}| = e^{\pi\tau} \quad (21)$$

и поэтому, в силу (20),

$$|\sin \pi s| \leq \frac{e^{-\pi\tau} + e^{\pi\tau}}{2} < e^{\pi|\tau|} \quad (22)$$

при $|\tau| \geq 1$. Снова применяя формулу (19) и равенства (21), находим что при $\tau \geq 1$

$$|\sin \pi s| \geq \frac{e^{\pi\tau} - e^{-\pi\tau}}{2} = e^{\pi\tau} \frac{1 - e^{-2\pi\tau}}{2} \geq$$

$$\geq e^{\pi\tau} \frac{1 - e^{-2\pi}}{2} = c'_0 e^{\pi\tau}.$$

Аналогично, при $\tau \leq -1$, $-\tau \geq 1$

$$|\sin \pi s| \geq \frac{e^{-\pi\tau} - e^{\pi\tau}}{2} = e^{-\pi\tau} \frac{1 - e^{2\pi\tau}}{2} \geq$$

$$\geq e^{-\pi\tau} \frac{1 - e^{-2\pi}}{2} = c'_0 e^{\pi|\tau|}.$$

Таким образом, если $|\tau| \geq 1$, то

$$|\sin \pi s| \geq c'_0 e^{\pi|\tau|}. \quad (23)$$

Применяя функциональное уравнение (2), формулу дополнения (8) и неравенство (22), получаем оценку

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+i\tau)|^2 &= |\Gamma(1+i\tau)\Gamma(1-i\tau)| = \\ &= |i\tau\Gamma(i\tau)\Gamma(1-i\tau)| = \left| i\tau \frac{\pi}{\sin \pi i\tau} \right| = \\ &= \frac{\pi|\tau|}{|\sin \pi i\tau|} > \frac{\pi|\tau|}{e^{\pi|\tau|}}, \end{aligned}$$

откуда

$$|\Gamma(1+i\tau)| > \sqrt{\pi} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

при $|\tau| \geq 1$.

Из неравенств (18), (23) и (24) вытекает следующая оценка гамма-функции в области $-1 \leq \sigma \leq 0$, $|\tau| \geq 1$:

$$\begin{aligned} |\Gamma(s)| &< \frac{\pi|\tau|^\sigma}{c_0 \sqrt{\pi} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\frac{1}{2}} c'_0 e^{\pi|\tau|}} = \\ &= \frac{\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma-\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (25)$$

В равенстве (2) заменим последовательно s на $s-1, s-2, \dots, s-k$, где k – натуральное число ≥ 1 . Тогда получим равенства

$$\begin{aligned} \Gamma(s) &= (s-1)\Gamma(s-1), \quad \Gamma(s-1) = (s-2)\Gamma(s-2), \\ &\dots, \quad \Gamma(s-k+1) = (s-k)\Gamma(s-k). \end{aligned}$$

После их перемножения и сокращения будем иметь равенство

$$\Gamma(s) = (s-1)(s-2)\dots(s-k)\Gamma(s-k), \quad (26)$$

в котором k – натуральное число ≥ 1 и которое верно по крайней мере для всех нецелых значений переменной s .

Пусть теперь $0 \leq \sigma \leq \sigma_1$, $|\tau| \geq 1$. Равенство

(26) при $k = [\sigma] + 1$ дает равенство

$$\Gamma(s) = (s-1)(s-2)\dots(s-[\sigma]-1)\Gamma(s-[\sigma]-1), \quad (27)$$

в котором $\sigma = \operatorname{Re} s$ и $[\sigma] + 1 \geq 1$. Оценим модуль произведения первых $[\sigma] + 1$ сомножителей в (27) справа, предполагая сначала, что $\sigma \geq 1$ (и $|\tau| \geq 1$). Так как

$$|z| = |x + iy| = \sqrt{x^2 + y^2} \leq |x| + |y|,$$

то

$$\begin{aligned} |(s-1)(s-2)\dots(s-[\sigma]-1)| &\leq \\ &\leq (\sigma-1+|\tau|)(\sigma-2+|\tau|)\dots(\sigma-[\sigma]+|\tau|) \times \\ &\quad \times (|\sigma-[\sigma]-1|+|\tau|) \leq \\ &\leq ((\sigma-1)|\tau|+|\tau|)((\sigma-2)|\tau|+|\tau|) \times \\ &\quad \times \dots ((\sigma-[\sigma])|\tau|+|\tau|)(1 \cdot |\tau|+|\tau|) < \\ &< \sigma(\sigma-1)\dots 2 \cdot 2 |\tau|^{[\sigma]+1} \leq 2 \cdot 1 \cdot 2 \dots [\sigma_1] |\tau|^{[\sigma]+1} = \\ &= 2[\sigma_1]! |\tau|^{[\sigma]+1} \end{aligned} \quad (28)$$

(выше мы использовали неравенство $|\sigma-[\sigma]-1| \leq 1$). Аналогично можно проверить, что неравенство (28) (возможно, нестрогое) верно и тогда, когда $0 \leq \sigma < 1$ (и $|\tau| \geq 1$). В этом случае оцениваемое произведение состоит из одного сомножителя $s-1$, $[\sigma] = 0$, $[\sigma]! = 1$, $[\sigma] + 1 = 1$.

Так как $-1 \leq \sigma - [\sigma] - 1 < 0$, то для оценки последнего сомножителя в (27) можно использовать неравенство (25). Применяя (27), (28) и (25), получаем следующую оценку гамма-функции в области $0 \leq \sigma \leq \sigma_1$, $|\tau| \geq 1$:

$$\begin{aligned} |\Gamma(s)| &< 2[\sigma_1]! |\tau|^{[\sigma]+1} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma-[\sigma]-1-\frac{1}{2}} = \\ &= \frac{2\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} [\sigma_1]! e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma-\frac{1}{2}}. \end{aligned}$$

Этим неравенство (10) доказано.

3. Докажем неравенство (11). Для области $-1 \leq \sigma \leq 0$, $|\tau| \geq 1$ мы уже имеем оценку (25), совпадающую (11). Поэтому далее можно считать, что $\sigma < 1$. Из равенства (26) после замены s на $s+k$ (k – натуральное число ≥ 1) следует равенство

$$\Gamma(s) = \frac{\Gamma(s+k)}{s(s+1)\dots(s+k-1)}, \quad (29)$$

которое верно по крайней мере для всех нецелых s . Так как $|z| = |x+iy| \geq |y|$, то

$$|s(s+1)\dots(s+k-1)| \geq |\tau|^k$$

и поэтому, в силу (29), для $\tau \neq 0$ выполняется неравенство

$$\begin{aligned} |\Gamma(s)| &= \frac{|\Gamma(s+k)|}{|s(s+1)\dots(s+k-1)|} \leq \\ &\leq \frac{|\Gamma(s+k)|}{|\tau|^k} = |\tau|^{-k} |\Gamma(s+k)|. \end{aligned} \quad (30)$$

Если $\sigma < -1$, то $[\sigma] \leq -2$, $-\lceil\sigma\rceil - 1 \geq 1$. Кроме того, $-1 \leq \sigma - \lceil\sigma\rceil - 1 < 0$. При $k = -\lceil\sigma\rceil - 1$ из неравенства (30) получается неравенство

$$|\Gamma(s)| \leq |\tau|^{\lceil\sigma\rceil+1} |\Gamma(s - \lceil\sigma\rceil - 1)|,$$

которое вместе с (25) дает оценку (11):

$$\begin{aligned} |\Gamma(s)| &< |\tau|^{\lceil\sigma\rceil+1} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma - \lceil\sigma\rceil - 1 - \frac{1}{2}} = \\ &= \frac{\sqrt{\pi}}{c_0 c'_0} e^{-\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{\sigma - \frac{1}{2}}. \end{aligned}$$

4. Получим оценку (12), предполагая сначала, что $\sigma < 0$. Тогда $[\sigma] \leq -1$, $-\lceil\sigma\rceil \geq 1$. При $k = -\lceil\sigma\rceil$ и замене s на $1+s$ равенство (29) дает равенство

$$\frac{1}{|\Gamma(1+s)|} = \frac{|(s+1)(s+2)\dots(s-\lceil\sigma\rceil)|}{|\Gamma(1+s-\lceil\sigma\rceil)|}. \quad (31)$$

Оценку числителя в (31) можно получить аналогично тому, как была получена оценка (28), используя при этом неравенства:

$$\begin{aligned} |\sigma - \lceil\sigma\rceil| &< 1, \quad |\sigma - \lceil\sigma\rceil - 1| \leq 1, \\ |\sigma - \lceil\sigma\rceil - 2| &\leq 2, \dots, |\sigma + 1| \leq -\lceil\sigma\rceil - 1. \end{aligned}$$

Имеем (для $\sigma < 0$ и $|\tau| \geq 1$):

$$|(s+1)(s+2)\dots(s-\lceil\sigma\rceil)| \leq$$

$$\begin{aligned} &\leq (\lceil\sigma+1\rceil + |\tau|)(\lceil\sigma+2\rceil + |\tau|)\dots(\lceil\sigma - \lceil\sigma\rceil\rceil + |\tau|) < \\ &< (1+|\tau|)(1+|\tau|)(2+|\tau|)\dots((-\lceil\sigma\rceil-1)+|\tau|) \leq \\ &\leq 2 \cdot 2 \cdot 3 \dots (-\lceil\sigma\rceil) |\tau|^{-\lceil\sigma\rceil} = \\ &= 2(-\lceil\sigma\rceil)! |\tau|^{-\lceil\sigma\rceil}. \end{aligned} \quad (32)$$

Используем следующие свойства функции $[x]$: если $x_1 \leq x_2$, то $[x_1] \leq [x_2]$; $[-x]$ равна $-[x]$, если x — целое число, и равна $-[x] - 1$, если x — нецелое число. Тогда, так как $-\sigma_1 \leq \sigma$, из неравенства (32) получим неравенство

$$|(s+1)(s+2)\dots(s-\lceil\sigma\rceil)| < 2c(\sigma_1)! |\tau|^{-\lceil\sigma\rceil}, \quad (33)$$

выведенное в предположении, что $\sigma < 0$, $|\tau| \geq 1$.

По определению целой части $0 \leq \sigma - \lceil\sigma\rceil < 1$. Поэтому, применяя неравенство (9) при $m = 0$, имеем неравенство

$$\frac{1}{|\Gamma(1+s-\lceil\sigma\rceil)|} \leq \frac{1}{|1+i\tau|^{\sigma-\lceil\sigma\rceil} |\Gamma(1+\sigma-\lceil\sigma\rceil)| |\Gamma(1+i\tau)|}$$

в котором $|1+i\tau| > |\tau|$, $\Gamma(1+\sigma-\lceil\sigma\rceil) \geq c_0$, а для $|\Gamma(1+i\tau)|$ выполняется оценка (24). Следовательно, но,

$$\begin{aligned} \frac{1}{|\Gamma(1+s-\lceil\sigma\rceil)|} &< |\tau|^{-\sigma+\lceil\sigma\rceil} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\frac{1}{2}} = \\ &= \frac{1}{c_0 \sqrt{\pi}} e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma+\lceil\sigma\rceil-\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (34)$$

Сопоставляя соотношения (31), (33) и (34), получаем оценку (12):

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+s)|^{-1} &< 2c(\sigma_1)! |\tau|^{-\lceil\sigma\rceil} \times \\ &\times \frac{1}{c_0 \sqrt{\pi}} e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma+\lceil\sigma\rceil-\frac{1}{2}} = \frac{2}{c_0 \sqrt{\pi}} c(\sigma_1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma-\frac{1}{2}}. \end{aligned}$$

Эта оценка получена пока только для $-\sigma_1 \leq \sigma < 0$, $\sigma_1 > 0$, $|\tau| \geq 1$. Но она верна также и для $\sigma = 0$. Действительно, в силу неравенства (24)

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+s)|^{-1} &= \frac{1}{|\Gamma(1+i\tau)|} < \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\frac{1}{2}} < \\ &< \frac{2}{c_0 \sqrt{\pi}} c(\sigma_1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\frac{1}{2}}, \end{aligned}$$

так как $\frac{2}{c_0} > 1$, $c(\sigma_1)! \geq 0! = 1$.

5. Докажем, наконец, неравенство (13). Для этого преобразуем неравенство (9). Если $m \leq \sigma \leq m+1$ ($m=0, 1, 2, \dots$), то

$$\begin{aligned} (m+1)^{\sigma-m} &\leq m+1, (m+1)^{\sigma-m} m! \leq \\ &\leq (m+1)!, \Gamma(1+\sigma) \geq c_0, \end{aligned}$$

$$|1+m+i\tau| > |\tau|, |1+m+i\tau|^{\sigma-m} \geq |\tau|^{\sigma-m}. \quad (35)$$

Далее, в силу равенства (2),

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+m+i\tau)| &= \\ &= |m+i\tau| |m-1+i\tau| \dots |1+i\tau| |\Gamma(1+i\tau)| \geq \\ &\geq |\tau|^m |\Gamma(1+i\tau)|. \end{aligned} \quad (36)$$

Теперь из (9), (35) и (36) следует, что в любой полосе $m \leq \sigma \leq m+1$ ($m=0, 1, 2, \dots$) выполняется неравенство

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+s)|^{-1} &\leq \frac{(m+1)!}{c_0 |\tau|^{\sigma-m} |\tau|^m |\Gamma(1+i\tau)|} = \\ &= \frac{(m+1)!}{c_0 |\tau|^\sigma |\Gamma(1+i\tau)|}, \end{aligned} \quad (37)$$

если только $\tau \neq 0$.

Из неравенства (37) с помощью неравенства (24) получается оценка

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+s)|^{-1} &< \frac{1}{c_0} (m+1)! |\tau|^{-\sigma} \times \\ &\times \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{c_0 \sqrt{\pi}} (m+1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma-\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

в любой области $m \leq \sigma \leq m+1$ ($m=0, 1, 2, \dots$); $|\tau| \geq 1$. Положим в этом неравенстве $m = [\sigma]$. То-

гда, так как $\sigma \leq \sigma_1$, $[\sigma] \leq [\sigma_1]$, получим неравенство

$$\begin{aligned} |\Gamma(1+s)|^{-1} &< \frac{1}{c_0 \sqrt{\pi}} ([\sigma]+1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma-\frac{1}{2}} \leq \\ &\leq \frac{1}{c_0 \sqrt{\pi}} ([\sigma_1]+1)! e^{\frac{\pi}{2}|\tau|} |\tau|^{-\sigma-\frac{1}{2}}, \end{aligned}$$

которое и есть неравенство (13).

Теорема доказана.

Она дополняет лемму III, 6 [8, с. 154], в которой получена оценка (10) для области $-1 \leq \sigma \leq \sigma_1$, $\sigma_1 \geq 1$, $|\tau| \geq 1$ с другой (чем здесь) постоянной, зависящей от σ_1 . Неравенства (9) – (13) ранее были приведены в работах [1], [2], где в неравенстве (10) указана худшая по сравнению с настоящей работой постоянная, зависящая от σ_1 . Там же постоянная $[\sigma_1]!$ в неравенстве (12), по всей вероятности, указана не совсем верно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов А.Н. Асимптотические оценки сумм из проблемы делителей для алгебраических целых чисел // Уч. зап. ЛГПИ им. А.И. Герцена. – Л., 1967. – Т. 302. – С. 3-8.
2. Данилов А.Н. Оценка интеграла, содержащего Г-множитель из функционального уравнения Z-функции Гекке / Череповец. гос. пед. ин-т. – Череповец, 1993. – 36 с. – Деп. в ВИНТИ 29.07.93, № 2149-В93.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Физматгиз, 1958. – 680 с.
4. Математическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1977. – Т. 1. – 1152 стб.
5. Стошлов С. Теория функций комплексного переменного. Т. 1. – М.: ИЛ, 1962. – 364 с.
6. Уиттекер Э.Т., Ватсон Дж. Н. Курс современного анализа. Ч. 2. – М.: Физматгиз, 1963. – 516 с.
7. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 2. – М.: Наука, 1970. – 800 с.
8. Чудаков Н.Г. Введение в теорию L-функций Дирихле. – М.; Л.: ОГИЗ – Гостехиздат, 1947. – 204 с.

О ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЙ $(x, y) \mapsto (x, xy)$ и $(x, y) \mapsto (xy, y)$ В ПОЛУГРУППАХ С ТОПОЛОГИЕЙ

1. Пусть X — полугруппа и τ — топология на X . Если полугрупповая операция $(x, y) \mapsto xy$ является непрерывным отображением из $X \times X$ в X , то (X, τ) называется топологической полугруппой. Если X — группа и отображения $(x, y) \mapsto xy$ из $X \times X$ в X и $x \mapsto x^{-1}$ из X в X являются непрерывными отображениями, то (X, τ) называется топологической группой. (Здесь и ниже в декартовом произведении топологических пространств рассматривается топология произведения).

Рассмотрим отображения η и β из $X \times X$ в $X \times X$ определяемые формулами: $\eta(x, y) = (x, xy)$ и $\beta(x, y) = (xy, y)$. Достаточно легко устанавливается справедливость следующей теоремы.

Теорема 1. Пусть X — полугруппа и τ — топология на X . Тогда следующие условия равносильны:

1. Полугрупповая операция на X непрерывна по совокупности аргументов;
2. Отображение η непрерывно;
3. Отображение β непрерывно.

Пусть X — полугруппа и $a \in X$. Отображения $\lambda_a(x) = ax$ и $\rho_a(x) = xa$ из X в X называют соответственно правым и левым внутренним сдвигом полугруппы X на элемент a .

Теорема 2. Пусть X — полугруппа и τ — топология на X . Если множество $\eta(X \times U)$ (соотв. $\beta(U \times X)$) открыто в $X \times X$ для любого $U \in \tau$, то каждый внутренний левый (соотв. правый) сдвиг является открытым отображением.

Доказательство. Пусть множество $\eta(X \times U)$ открыто в $X \times X$ для любого $U \in \tau$. Тогда для любого $a \in X$ его сечение $(\eta(X \times U))_a =$

$\{y \in X \mid (a, y) \in \eta(X \times U)\} = \{y \in X \mid \exists x \in U \ y = ax\} = aU$ открыто в (X, τ) . Следовательно, левый сдвиг λ_a является открытым отображением из X в X .

Если множество $\beta(U \times X)$ открыто в $X \times X$, то его сечение $(\beta(U \times X))^a = \{x \in X \mid (x, a) \in \beta(U \times X)\} = \{x \in X \mid \exists y \in U \ x = ya\} = Ua$ открыто в X . Отсюда следует справедливость теоремы для правых сдвигов. Теорема доказана.

Отображения η и β использовались в [1] при построении вейлевской топологии на измеримых группах. Отображение β применялось в [2] для решения задачи топологического вложения топологической полугруппы Оре в топологическую группу. В работе [3] они использовались в задаче описания вложения топологических полугрупп в локально компактные группы в качестве подполугрупп, имеющих непустую внутренность. Топологические свойства отображений η и β «шире», чем аналогичные свойства полугрупповой операции. Это, в частности, иллюстрирует следующий пример.

Пример. За базу топологии τ на множестве действительных чисел $\mathbf{R}$ примем всевозможные промежутки вида $[a, b)$, где $-\infty < a < b < +\infty$. Топологическое пространство $(\mathbf{R}, \tau)$ носит название прямой Зоргенфрея. На множестве $\mathbf{R}$ рассмотрим операцию обычного сложения действительных чисел. Тогда $(\mathbf{R}, +, \tau)$ становится алгебраической группой и топологической полугруппой, но не топологической группой, так как операция взятия противоположного элемента $x \mapsto -x$ не является непрерывной. Для этой полугруппы отображение

$\eta(x, y) = (x, x + y)$ является непрерывным по совокупности аргументов, однако образ $\eta(\mathbf{R} \times [0, 1])$ открытого множества $\mathbf{R} \times [0, 1]$ не является открытым подмножеством $\mathbf{R} \times \mathbf{R}$.

Действительно,

$$\eta(\mathbf{R} \times [0, 1]) = \{(x, y) : x \leq y < x + 1\}.$$

Так как $(0, 0) \in \eta(\mathbf{R} \times [0, 1])$, а $[0, x) \times [0, y) \not\subset \eta(\mathbf{R} \times [0, 1])$ для любых положительных чисел x и y , то $\eta(\mathbf{R} \times [0, 1]) \not\subset \tau \times \tau$.

Заметим, что внутренние сдвиги в этой полугруппе являются открытыми отображениями, поэтому полугрупповая операция является не только непрерывным, но и открытым отображением из $\mathbf{R} \times \mathbf{R}$ в $\mathbf{R}$.

Отображение η будет непрерывным, биективным, но не гомеоморфизмом. Заметим также, что η будет изоморфизмом алгебраической группы $\mathbf{R} \times \mathbf{R}$ на себя, но не будет топологическим изоморфизмом.

Данная статья посвящена изучению роли отображений η и β в некоторых задачах топологического вложения топологических полугрупп в топологические группы.

2. Теорема 3. Пусть G — группа, τ — топология на G . Тогда (G, τ) будет топологической группой в том и только в том случае, если η — непрерывное отображение и множество $\eta(G \times U)$ открыто в $G \times G$ для любого $U \in \tau$.

Доказательство. Необходимость. Пусть (G, τ) — топологическая группа. Тогда отображение η является гомеоморфизмом $G \times G$ на $G \times G$, поэтому η непрерывно и $\eta(G \times U) \in \tau \times \tau$ для любого $U \in \tau$.

Достаточность. Пусть η — непрерывное отображение из $G \times G$ в $G \times G$ и $\eta(G \times U) \in \tau \times \tau$ для любого $U \in \tau$. Тогда по теореме 1 групповая операция в G будет непрерывной по совокупности аргументов. Для доказательства теоремы достаточно показать, что операция $x \mapsto x^{-1}$ непрерывна в (G, τ) .

Пусть V — открытое подмножество (G, τ) , e — нейтральный элемент группы G . Множество $\eta(G \times V)$ открыто в $G \times G$. Следовательно, его сечение

$$W = (\eta(G \times V))^e = \{x \in G : (x, e) \in \eta(G \times V)\} = V^{-1}$$

открыто в (G, τ) . Отсюда следует, что операция взятия обратного элемента в (G, τ) является открытым отображением. Так как эта операция инволютивна, то она будет и непрерывным отображением. Теорема доказана.

Следствие. Если в условиях теоремы отображение η непрерывно и $\eta(G \times V)$ открыто в $G \times G$ для любого $U \in \tau$, то η является гомеоморфизмом $G \times G$ в $G \times G$.

Пусть (X, τ) — полугруппа с топологией, (G, τ_G) — топологическая группа. Взаимно непрерывный полугрупповой мономорфизм из X в G называют топологическим вложением полугруппы (X, τ) в группу (G, τ_G) . В этом случае говорят, что (X, τ) топологически вкладывается в (G, τ_G) . Если топологическое вложение X в G является открытым отображением из X в G , то говорят, что X топологически вкладывается в G качестве открытой подполугруппы. Вопросы топологического вложения топологических полугрупп в качестве открытых подполугрупп рассматривались в работах [2]–[4].

Теорема 4. Пусть X — полугруппа, алгебраически вложимая в группу, и τ — отделимая топология на X . Для того чтобы (X, τ) топологически вкладывалась в отделимую топологическую группу в качестве открытой подполугруппы, необходимо и достаточно, чтобы отображение η было непрерывным отображением из $X \times X$ в $X \times X$, а множества $\eta(X \times U)$ и $\beta(X \times U)$ были открытыми подмножествами $X \times X$ для любого $U \in \tau$.

Доказательство. Необходимость. Пусть (X, τ) топологически вкладывается в отделимую топологическую группу G в качестве открытой подполугруппы. Тогда X можно алгебраически и топологически отождествить с открытой подполу-

группой группы G . Отображение $\eta_1(x, y) = (x, xy)$ из $G \times G$ в $G \times G$ является гомеоморфизмом и продолжением отображения η . Следовательно, отображение η является непрерывным отображением из $X \times X$ в $X \times X$. Далее, если $U \in \tau$, то $X \times U$ является открытым подмножеством $G \times G$. Отсюда следует, что множество $\eta(X \times U) = \eta_1(X \times U)$ открыто в $G \times G$, и, значит, оно открыто в $X \times X$, так как $X \times X$ открыто в $G \times G$. Аналогично доказывается, что множество $\beta(X \times U)$ открыто в $X \times X$ для любого $U \in \tau$.

Достаточность. Пусть G — группа, для которой X является системой образующих. Пусть $\sigma = \{sU : U \in \tau, s \in G\}$. Обозначим через τ_G семейство всевозможных объединений множеств из σ .

Из теоремы 1 следует, что (X, τ) является топологической полугруппой, а из теоремы 2 следует, что каждый внутренний левый и правый сдвиг в (X, τ) является открытым отображением. При этих предположениях в [4] установлено, что τ_G является топологией на G , $\tau \subset \tau_G$, сужение топологии τ_G на X совпадает с τ и групповая операция в G непрерывна по совокупности аргументов. Так как топология τ на X отделимая, то топология τ_G тоже отделима.

Покажем, что операция $x \mapsto x^{-1}$ непрерывна в (G, τ_G) .

Пусть $x_0 \in G$, V — открытая окрестность точки x_0^{-1} . Для каждого $z \in X$ множество $X \cap zx_0V$ является открытой окрестностью точки z в (X, τ) . Тогда по предположению теоремы множество $\eta(X \times (X \cap zx_0V))$ открыто в $X \times X$. Следовательно, для любого $y \in X$ его сечение $W = (\eta(X \times (X \cap zx_0V)))^y = \{x \in X : (x, y) \in \eta(X \times (X \cap zx_0V))\} = X \cap y(X \cap zx_0V)^{-1}$ открыто в (X, τ) , а значит, открыто и в (G, τ_G) .

Пусть $y = z^{-2}$, тогда $z \in W$ и поэтому W — открытая окрестность точки z . Множество $z^{-2}Wzx_0$ является открытой окрестностью точки x_0 , так как внутренние сдвиги в (G, τ_G) открыты. Так как $(z^{-2}Wzx_0)^{-1} = x_0^{-1}z^{-1}W^{-1}z^2 \subset x_0^{-1}z^{-1}zx_0Vz^{-2}z^2 = V$, то операция $x \mapsto x^{-1}$ непрерывна в точке x_0 в топологическом пространстве (G, τ_G) . Теорема доказана.

Следствие. Пусть X — коммутативная полугруппа с сокращениями и τ — отделимая топология на X . Для того чтобы (X, τ) топологически вкладывалась в отделимую топологическую группу в качестве открытой подполугруппы, необходимо и достаточно, чтобы отображение η было непрерывным отображением из $X \times X$ в $X \times X$, а множество $\eta(X \times U)$ было открытым подмножеством $X \times X$ для любого $U \in \tau$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Халмош П. Теория меры. — М.: Иностранная литература, 1953. — 291 с.
2. Мухин В.В. Вложение топологических полугрупп в локально компактные группы и инвариантные меры на полугруппах // Арифметическое и подгрупповое строение конечных групп: Труды Гомельского семинара. — Минск: Наука и техника, 1986. — С. 86-92.
3. Mukhin V.V. Embedding semitopological semigroups into semitopological groups and invariant measures on topological semigroups // Тезисы докладов II Междунар. конф. «Полугруппы: теория и приложения» в честь профессора Е. С. Ляпина: Сб. — СПб., 1999. — С. 33-34.
4. Мухин В.В. О вложении полутопологических полугрупп в полутопологические группы в качестве открытой подполугруппы // Вопросы алгебры: Сб. — Гомель: Изд-во ГГУ. — 1999. — Вып. 14. — С. 122-126.

ОДНОРОДНЫЕ ЦЕПИ МАРКОВА С ДВУМЯ СОСТОЯНИЯМИ И СУММЫ НЕЗАВИСИМЫХ СЛУЧАЙНЫХ ИНДИКАТОРОВ

1. Случайным индикатором называется случайная величина I , принимающая только два значения -0 и 1 . Введём обозначение: $\bar{I} = 1 - I$.

Целью настоящей статьи является доказательство следующего результата.

Теорема 1. Пусть $\{I_n\}_{n=0}^\infty$ есть последовательность случайных индикаторов, являющаяся цепью Маркова с начальным распределением (q, p) и матрицей переходных вероятностей $\Pi = \begin{pmatrix} q_1 & p_1 \\ q_2 & p_2 \end{pmatrix}$. Тогда при всех $n = 0, 1, \dots$ и $k = 0, 1, \dots, n$

$$P\{I_0 + \dots + I_n \leq k\} =$$

$$= P\{Z + X_1 + \dots + X_{n-k} + \bar{Y}_1 + \dots + \bar{Y}_k \leq k\},$$

где $Z, X_1, X_2, \dots, Y_1, Y_2, \dots$ есть независимые в совокупности случайные индикаторы, причём $X_1, X_2, \dots$, так же, как и $Y_1, Y_2, \dots$, одинаково распределены и

$$P\{Z = 1\} = p, \quad P\{Z = 0\} = q,$$

$$P\{X_1 = 1\} = p_1, \quad P\{X_1 = 0\} = q_1,$$

$$P\{Y_1 = 1\} = p_2, \quad P\{Y_1 = 0\} = q_2.$$

Следствие. При выполнении условий теоремы имеет место равенство

$$P\{I_0 + \dots + I_n \leq k\} = q \sum_{i+j \leq k} C_{n-k}^i C_k^j p_1^i q_1^{n-k-i} p_2^j q_2^{k-j} +$$

$$+ p \sum_{i+j \leq k-1} C_{n-k}^i C_k^j p_1^i q_1^{n-k-i} p_2^j q_2^{k-j}.$$

2. Определение 1. Пусть даны случайная величина Z и две последовательности неотрицательных случайных величин $\{X_n\}_{n=1}^\infty, \{Y_n\}_{n=1}^\infty$,

определённые на одном вероятностном пространстве. Последовательность случайных величин $\{Z_n\}_{n=0}^\infty$ такая, что

$$Z_0 = Z, \quad Z_n = \begin{cases} Z_{n-1} + X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}}, & \text{при } Z_{n-1} \leq 0; \\ Z_{n-1} - Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}}, & \text{при } Z_{n-1} > 0; \end{cases}$$

$$n > 0, \quad (1)$$

где $I_n = I\{Z_n > 0\}$, $\bar{I}_n = 1 - I_n = I\{Z_n \leq 0\}$, называется осциллирующим случайным блужданием, построенным по тройке $(Z, \{X_n\}_{n=1}^\infty, \{Y_n\}_{n=1}^\infty)$. Последовательность случайных индикаторов $\{I_n\}_{n=0}^\infty$ при этом называется последовательностью, порождённой случайным блужданием $\{Z_n\}_{n=0}^\infty$.

Формулы (1) из определения 1 эквивалентны любому из двух следующих соотношений:

$$Z_0 = Z; \quad Z_n = Z_{n-1} + \bar{I}_{n-1} X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} - I_{n-1} Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}},$$

$$n = 1, 2, \dots; \quad (2)$$

$$Z_n = Z + X_1 + \dots + X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} - Y_1 - \dots - Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}},$$

$$n = 0, 1, \dots \quad (3)$$

То, что (2) эквивалентно (1), очевидно. Эквивалентность (3) и (1) легко получается индукцией по n с использованием (2). Проведём это доказательство. При $n = 0$ (1) и (3) дают одно и то же, так как сумму, у которой верхний предел суммирования меньше нижнего, мы считаем равной нулю. Пусть эквивалентность (1) и (3) для $n - 1$ установлена. Тогда равенство

$$Z_n = Z_{n-1} + \bar{I}_{n-1} X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} - I_{n-1} Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}}$$

равносильно равенству

$$Z_n = Z + X_1 + \dots + X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-2}} - Y_1 - \dots - Y_{I_0 + \dots + I_{n-2}} + \\ + \bar{I}_{n-1} X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} - I_{n-1} Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}}. \quad (4)$$

Если $I_{n-1} = 0$, то $\bar{I}_{n-1} X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} = X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}}$, $I_{n-1} Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}} = 0$, $I_0 + \dots + I_{n-2} = I_0 + \dots + I_{n-1}$ и, следовательно, равенство (4) равносильно равенству

$$Z_n = Z + X_1 + \dots + X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} - Y_1 - \dots - Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}}. \quad (5)$$

Аналогично и в случае $I_{n-1} = 1$ получаем, что равенство (4) равносильно равенству (5). Итак, эквивалентность (2) и (3) для n установлена. Так как (3) эквивалентно (2), то (3) также эквивалентно (1).

Лемма 1. Пусть $\{Z_n\}_{n=0}^\infty$ есть осциллирующее случайное блуждание, построенное по тройке $(Z, \{X_n\}_{n=1}^\infty, \{Y_n\}_{n=1}^\infty)$, и $\{I_n\}_{n=0}^\infty$ есть порождённая им последовательность случайных индикаторов. Тогда при всех $n = 0, 1, \dots$ и $k = 0, 1, \dots, n$ имеет место равенство событий

$$\{I_0 + \dots + I_n \leq k\} = \\ = \{Z + X_1 + \dots + X_{n-k} - Y_1 - \dots - Y_k \leq 0\}.$$

Доказательство. Пусть $I_0 + \dots + I_n \leq k$. Тогда $\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_n \geq n - k + 1$. Пусть s есть наименьший индекс такой, что $\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_s = n - k + 1$. Тогда $\bar{I}_s = 1$, $Z_s \leq 0$ и в силу (3)

$$Z + X_1 + \dots + X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{s-1}} - Y_1 - \dots - Y_{I_0 + \dots + I_{s-1}} \leq 0, \\ Z + X_1 + \dots + X_{n-k} - Y_1 - \dots - Y_{s-n+k} \leq 0.$$

Так как $s \leq n$ и все случайные величины последовательности $\{Y_n\}_{n=1}^\infty$ неотрицательны, то

$$Z + X_1 + \dots + X_{n-k} - Y_1 - \dots - Y_k \leq 0.$$

Пусть $I_0 + \dots + I_n > k$. Пусть t есть наименьший индекс такой, что $I_0 + \dots + I_t = k + 1$.

Тогда $I_t = 1$, $Z_t > 0$ и в силу (3)

$$Z + X_1 + \dots + X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{t-1}} - Y_1 - \dots - Y_{I_0 + \dots + I_{t-1}} > 0, \\ Z + X_1 + \dots + X_{t-k} - Y_1 - \dots - Y_k > 0.$$

Так как $t \leq n$ и все случайные величины последовательности $\{X_n\}_{n=1}^\infty$ неотрицательны, то

$$Z + X_1 + \dots + X_{n-k} - Y_1 - \dots - Y_k > 0.$$

Лемма доказана.

3. Пусть все случайные величины $Z, X_1, X_2, \dots, Y_1, Y_2, \dots$ являются случайными индикаторами и независимы в совокупности. Пусть, кроме того, случайные величины каждой из последовательностей $\{X_n\}_{n=1}^\infty, \{Y_n\}_{n=1}^\infty$ одинаково распределены. Введём обозначения

$$P\{Z = 1\} = p, P\{Z = 0\} = q, P\{X_1 = 1\} = p_1, \\ P\{X_1 = 0\} = q_1, P\{Y_1 = 1\} = p_2, P\{Y_1 = 0\} = q_2.$$

Докажем, что тогда последовательность случайных индикаторов $\{I_n\}_{n=0}^\infty$, порождённая случайным блужданием $\{Z_n\}_{n=1}^\infty$, построенным по тройке $(Z, \{X_n\}_{n=1}^\infty, \{Y_n\}_{n=1}^\infty)$, есть однородная цепь Маркова с двумя состояниями 0 и 1, начальным распределением (q, p) и матрицей переходных вероятностей $\Pi = \begin{pmatrix} q_1 & p_1 \\ q_2 & p_2 \end{pmatrix}$.

Имеем:

$$P\{I_n = 0 | I_{n-1} = 0, I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0\} = \\ = P\{Z_n = 0 | I_{n-1} = 0, I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0\} = \\ = P\{Z_{n-1} + \bar{I}_{n-1} X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-1}} - I_{n-1} Y_{I_0 + \dots + I_{n-1}} = \\ = 0 | I_{n-1} = 0, I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0\} = \\ = P\{X_{\bar{I}_0 + \dots + \bar{I}_{n-2} + 1} = 0 | I_{n-1} = 0, I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0\} = \\ = P\{X_{\bar{a}_0 + \dots + \bar{a}_{n-2} + 1} = 0\} = P\{X_1 = 0\} = q_1$$

для любых $a_0, \dots, a_{n-2} \in \{0, 1\}$. (Мы воспользовались вначале тем, что $\{I_n = 0\} = \{Z_n \leq 0\} = \{Z_n = 0\}$, а затем независимостью случайной величины $X_{\bar{a}_0 + \dots + \bar{a}_{n-2} + 1}$ от события $\{I_{n-1} = 0, I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0\}$, принадлежащего σ -алгебре, порождённой случайными величинами $X_1, \dots, X_{\bar{a}_0 + \dots + \bar{a}_{n-2}}, Y_1, Y_2, \dots, Z$, от которой $X_{\bar{a}_0 + \dots + \bar{a}_{n-2} + 1}$ по предположению не зависит.) С другой стороны, из формулы полной вероятности следует, что

$$\begin{aligned} P\{I_n = 0 \mid I_{n-1} = 0\} &= \\ &= \sum_{a_0, \dots, a_{n-2}=0}^1 P\{I_n = 0 \mid I_{n-1} = 0, I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0\} \times \\ &\quad \times P\{I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0 \mid I_{n-1} = 0\} = \\ &= \sum_{a_0, \dots, a_{n-2}=0}^1 q_1 P\{I_{n-2} = a_{n-2}, \dots, I_0 = a_0 \mid I_{n-1} = 0\} = q_1 \end{aligned}$$

Три других случая рассматриваются аналогично. Таким образом, марковское свойство выполнено, и матрица переходных вероятностей совпадает с $\Pi = \begin{pmatrix} q_1 & p_1 \\ q_2 & p_2 \end{pmatrix}$. Начальное распределение

рассмотренной цепи есть распределение случайной величины Z и, следовательно, совпадает с (q, p) .

4. Доказательство теоремы 1. Возьмём случайные величины $Z, X_1, X_2, \dots, Y_1, Y_2, \dots$, удовлетворяющие условиям теоремы. Построим по ним осциллирующее случайное блуждание и по этому блужданию – порождённую им последовательность индикаторов $\{I_n\}_{n=0}^\infty$. Тогда, как показано в пункте 3, последовательность $\{I_n\}_{n=0}^\infty$ распределена так же, как аналогичным образом обозначенная последовательность из условия теоремы. Из леммы 1 вытекает равенство

$$\begin{aligned} P\{I_0 + \dots + I_n \leq k\} &= \\ &= P\{Z + X_1 + \dots + X_{n-k} - Y_1 - \dots - Y_k \leq 0\}. \end{aligned}$$

Прибавляя к обеим частям неравенства под вторым знаком вероятности k и учитывая, что $1 - Y_i = \bar{Y}_i$, получаем утверждение теоремы.

УДК 515.1

Н.С. Григорьев, Н.В. Дорофеев, Л.Г. Петухова, Ю.О. Костина
Кафедра инженерной и машинной графики

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОМОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОЗИЦИОННЫХ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Рассмотрим позиционную задачу на построение линии пересечения некоторой плоскости α с поверхностью конуса (рис. 1). Данная задача может решаться несколькими способами.

Наиболее распространенные:

– способ замены плоскостей, где секущая плоскость общего положения преобразуется в плоскость частного положения;

– способ введения вспомогательных секущих плоскостей.

Но не менее интересный и нечасто используемый способ решения задач в начертательной геометрии – это использование гомологии.

С точки зрения геометрии, если сказать коротко, то гомология – это взаимно-однозначное соответствие точек двух полей (плоскостей), где каждая пара точек расположена на прямой с общим

центром (вершиной).

Гомология будет задана, если известны ее центр, ось и пара гомологичных точек (лежащих на прямой, проходящей через центр гомологии, но не совпадающих с центром и не инцидентных оси).

Рассмотрим наш случай (рис. 1). Если через точки направляющей f и вершину T проводить различные образующие конуса, то, пересекаясь с плоскостью α , они будут определять точки искомой линии сечения f' .

Так как проецируя кривую f из центра T , мы получим соответствующую кривую f' , то это значит, что кривые f и f' связаны некоторой гомологией.

В самом деле любая пара соответствующих точек, например точки A и A' , лежит на прямой, проходящей через точку T , т. е. точка T — это центр гомологии, и из чертежа можно убедиться, что ось гомологии — это линия пересечения s плоскости основания конуса ϕ с плоскостью α .

Рассмотрим решение задачи на эпюре (рис. 2, 3).

1) Определим ось гомологии s , т.е. линию пересечения секущей плоскости α с основа-

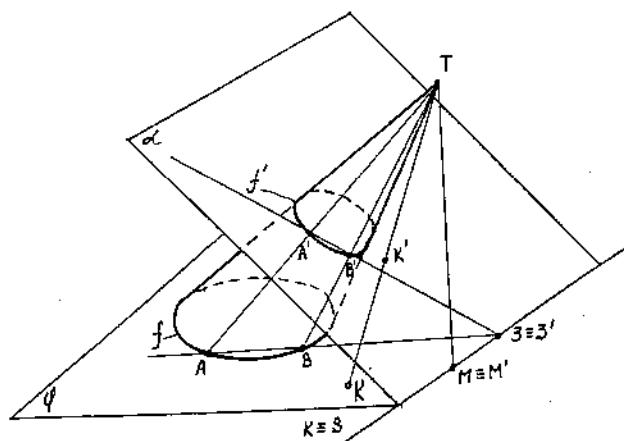


Рис. 1

нием конуса плоскостью ϕ (рис. 2)

$$\alpha = m \cap n, \quad \alpha \cap \phi = k = s.$$

2) Для окончательного определения искомой гомологии выбираем произвольную образующую, чтобы определить пару соответствующих гомологичных точек A и A' на проекциях A_2 и A_2' , A_1 и A_1' (рис. 3).

$$(TA) \cap \alpha = A'.$$

Точка A' определяется с помощью прямой (1 2), принадлежащей плоскости α сначала на горизонтальной проекции A_1' , затем на фронтальной A_2' .

Мы нашли пару соответствующих точек, чем окончательно определили искомую гомологию.

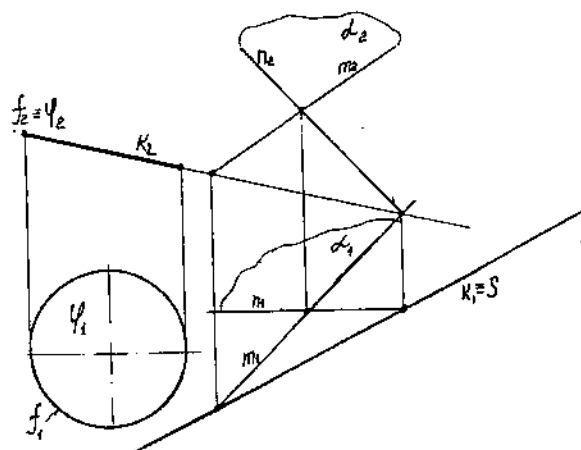


Рис. 2

3) Зная одну пару соответствующих гомологичных точек (точки A и A'), можно определить ряд других. Например, возьмем на основании конуса кривой f произвольную точку B , соединим ее с известной точкой A и определим на оси гомологии двойную точку прямой (AB) — точку $3 = 3'$. Построение выполняется на горизонтальной проекции

$$(A_1 B_1) \cap s \rightarrow 3_1 = 3'_1.$$

Гомологичная точка B' , принадлежащая искомой линии сечения f' и плоскости α определится на пересечении образующей (TB) и прямой линии $(3'A')$.

$$(T_1 B_1) \cap (3'_1 A'_1) \rightarrow B'_1.$$

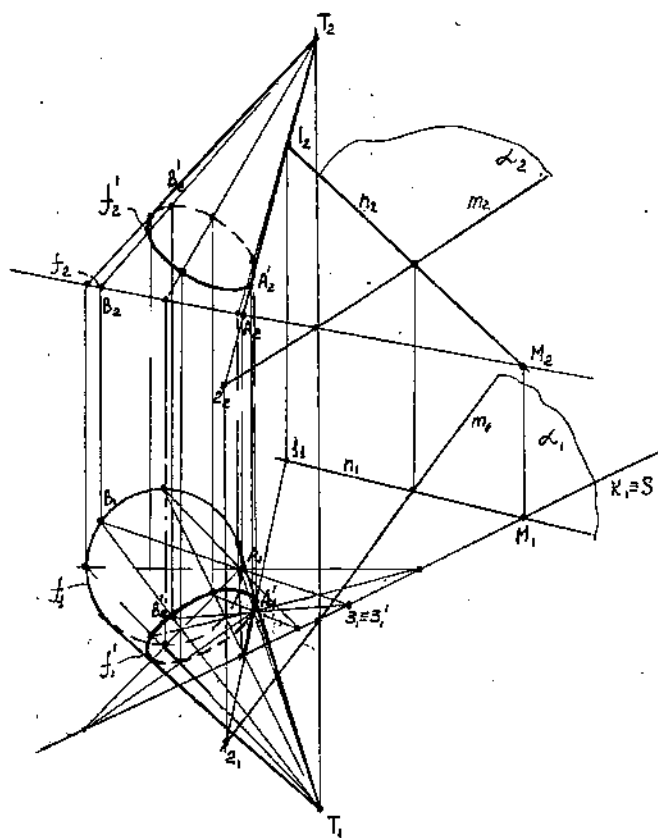


Рис. 3

Аналогично определяются другие точки сечения.

4) Далее с помощью образующих конуса определим фронтальную проекцию линии сечения f'_2 , а затем – видимость линии сечения на проекциях относительно образующих конуса.

Приведенный пример показывает, что для большинства позиционных задач начертательной геометрии возможно применение гомологии как одного из способов их решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Н.С. Начертательная геометрия. – М.: Высш. шк., 1981.
2. Крылов Н.Н. Начертательная геометрия. – М.: Высш. шк., 1990.

Раздел 9

ФИЗИКА

УДК 537.311.322

Е.Б. Осипов, И.В. Костин
Кафедра физикиВЛИЯНИЕ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ ЗОН ПОЛУПРОВОДНИКОВ
НА ФОРМИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ГЛУБОКИХ АКЦЕПТОРОВ И ИХ ПОВЕДЕНИЕ
В ПОЛЕ ВНЕШНЕЙ ДЕФОРМАЦИИ

Внешняя деформация приводит к расщеплению и смещению уровней энергии акцепторов. Для полупроводников кубической симметрии этот сдвиг и расщепление описываются тремя константами деформационного потенциала a_T , b_T , d_T . Как показывает опыт, значения a_T , b_T , d_T существенно отличаются от зонных a , b , d и имеют широкий спектр значений для разных центров [1], [2]. Расчет деформационных характеристик мелких акцепторов возможен в приближении эффективной массы [3]. Однако глубокие примесные центры кроме дальнегодействующего кулоновского потенциала (как у мелких акцепторов) имеют сильную короткодействующую часть потенциальной энергии [4], поэтому для них метод эффективной массы уже непригоден. Поскольку внешняя деформация затрагивает ту часть электронного облака, которая расположена вне короткодействующего потенциала центра, то для определения констант a_T , b_T , d_T найдем волновую функцию глубокого ак-

цептора, используя модель потенциала нулевого радиуса [5], [6]. Эту функцию можно представить в виде разложения по блоховским функциям идеального кристалла:

$$\Psi_E^m(\mathbf{r}) = \sum_{\mu, n, k} e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}} \frac{\Psi_{\mu nk}(\mathbf{r})}{E - E_{nk}} \int \Psi_{\mu nk}^*(\mathbf{r}') V(\mathbf{r}') \Psi_E^m(\mathbf{r}') d\mathbf{r}', \quad (1)$$

где E – энергия примесного центра, $V(\mathbf{r}')$ – его потенциал, $\Psi_{\mu nk}$ и E_{nk} – блоховские амплитуды и энергетический спектр в n -й зоне, k – волновой вектор, $\mathbf{r}$, $\mathbf{r}'$ – радиус-векторы, m и μ нумеруют вырожденные состояния на центре и в зоне. Рассмотрим двухзонное приближение Латтинджера, когда функция (1) строится из состояний валентной и спин-орбитально отщепленной зон. В этом случае энергия спин-орбитального расщепления Δ имеет конечное не равное нулю значение, а влияние зоны проводимости не учитывается.

Выберем базисные функции (2) вершин валентной орбитально отщепленной зон (пер-

$$\left(\Psi_{\frac{33}{22}}, \Psi_{\frac{31}{22}}, \Psi_{\frac{3-1}{2-2}}, \Psi_{\frac{3-3}{2-2}} \right)$$

и спин-

$$\left(\Psi_{\frac{11}{22}}, \Psi_{\frac{1-1}{2-2}} \right)$$

где δ_{ji} – символ Кронекера H_{ji} – матрица Латтинджера, которая имеет следующий вид (4):

В матрице (4) A, B – некоторые постоянные, $k_+ = k_x + ik_y$, $k_- = k_x - ik_y$ (k_x, k_y, k_z – компоненты волнового вектора $\mathbf{k}$), i – мнимая единица.

Из равенства нулю главного определителя сис-

	$\frac{33}{22}$	$\frac{31}{22}$	$\frac{3-1}{2-2}$	$\frac{3-3}{2-2}$	$\frac{11}{22}$	$\frac{1-1}{2-2}$
$\frac{33}{22}$	$-\frac{B}{2}(k^2 - 3k_z^2) - Ak^2$	$\sqrt{3}Bk_zk_-$	$\frac{\sqrt{3}}{2}Bk_-^2$	0	$-\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_zk_-$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_-^2$
$\frac{31}{22}$	$\sqrt{3}Bk_zk_+$	$\frac{B}{2}(k^2 - 3k_z^2) - Ak^2$	0	$\frac{\sqrt{3}}{2}Bk_-^2$	$-\frac{B}{\sqrt{2}}(k^2 - 3k_z^2)$	$\frac{3}{\sqrt{2}}Bk_zk_-$
$\frac{3-1}{2-2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}Bk_+^2$	0	$\frac{B}{2}(k^2 - 3k_z^2) - Ak^2$	$-\sqrt{3}Bk_zk_-$	$\frac{3}{\sqrt{2}}Bk_zk_+$	$\frac{B}{\sqrt{2}}(k^2 - 3k_z^2)$
$\frac{3-3}{2-2}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{2}Bk_+^2$	$-\sqrt{3}Bk_zk_+$	$-\frac{B}{2}(k^2 - 3k_z^2) - Ak^2$	$\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_+^2$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_zk_+$
$\frac{11}{22}$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_zk_+$	$-\frac{B}{\sqrt{2}}(k^2 - 3k_z^2)$	$\frac{3}{\sqrt{2}}Bk_zk_-$	$\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_-^2$	$\Delta - Ak^2$	0
$\frac{1-1}{2-2}$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_+^2$	$\frac{3}{\sqrt{2}}Bk_zk_+$	$\frac{B}{\sqrt{2}}(k^2 - 3k_z^2)$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}Bk_zk_-$	0	$\Delta - Ak^2$

вый индекс – значение полного момента, второй – значение его проекции) в виде

$$\Psi_{\frac{33}{22}} = -\frac{i}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} X + iY \\ 0 \end{pmatrix}; \quad \Psi_{\frac{31}{22}} = -\frac{i}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} -2Z \\ X + iY \end{pmatrix};$$

$$\Psi_{\frac{3-1}{2-2}} = \frac{i}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} X - iY \\ 2Z \end{pmatrix}; \quad \Psi_{\frac{3-3}{2-2}} = \frac{i}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ X - iY \end{pmatrix} \quad (2)$$

– неприводимое представление Γ_8 ,

$$\Psi_{\frac{11}{22}} = -\frac{i}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} Z \\ X + iY \end{pmatrix}; \quad \Psi_{\frac{1-1}{2-2}} = -\frac{i}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} X - iY \\ -Z \end{pmatrix}$$

– неприводимое представление Γ_7 .

Волновые функции $\Psi_{\mu nk}$ можно представить в виде разложения по базисным функциям (2). Коэффициенты разложения c_i определяются из системы уравнений Гейзенберга:

$$\sum_i c_i (H_{ji} - E_{nk} \delta_{ji}) = 0, \quad (3)$$

темы (3) получаются выражения для энергетического спектра E_{nk} :

$$E_h = (B - A)k^2, \quad (5)$$

– энергия тяжелых дырок валентной зоны,

$$E_l = -Ak^2 + \frac{\Delta - Bk^2}{2} - \sqrt{\left(\frac{\Delta + Bk^2}{2} \right)^2 + 2B^2k^4}, \quad (6)$$

– энергия легких дырок валентной зоны,

$$E_s = -Ak^2 + \frac{\Delta - Bk^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{\Delta + Bk^2}{2} \right)^2 + 2B^2k^4}, \quad (7)$$

– энергия дырок спин-орбитально отщепленной зоны.

Каждое из состояний, соответствующих значениям энергии (5) – (7), является двукратно вырожденным, т.е. каждому E_{nk} соответствуют две блоховские функции $\Psi_{\mu nk}$.

$$\Psi_{hl} = \frac{1}{N_h} \times$$

$$\times \left\{ (k^2 + 3k_z^2) \Psi_{\frac{33}{22}} + 2\sqrt{3}k_z k_+ \Psi_{\frac{31}{22}} + \sqrt{3}k_+^2 \Psi_{\frac{3-1}{2-2}} \right\}, \quad (8)$$

$$\Psi_{h2} = \frac{1}{N_h} \times \left\{ (k^2 + 3k_z^2) \Psi_{\frac{3-3}{2-2}} - 2\sqrt{3}k_z k_- \Psi_{\frac{3-1}{2-2}} + \sqrt{3}k_-^2 \Psi_{\frac{31}{22}} \right\}, \quad (9)$$

$$\Psi_{l1} = \frac{1}{N_l} \left\{ -\sqrt{3}k_- \Psi_{\frac{33}{22}} + 2k_z \Psi_{\frac{31}{22}} + k_+ \Psi_{\frac{3-1}{2-2}} - \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_-}{\Delta + Bk^2 + 2D} \Psi_{\frac{11}{22}} - \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_+}{\Delta + Bk^2 + 2D} \Psi_{\frac{1-1}{2-2}} \right\}, \quad (10)$$

$$\Psi_{l2} = \frac{1}{N_l} \left\{ -\sqrt{3}k_+ \Psi_{\frac{3-3}{2-2}} - 2k_z \Psi_{\frac{3-1}{2-2}} + k_- \Psi_{\frac{31}{22}} - \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_-}{\Delta + Bk^2 + 2D} \Psi_{\frac{1-1}{2-2}} + \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_+}{\Delta + Bk^2 + 2D} \Psi_{\frac{11}{22}} \right\}, \quad (11)$$

$$\Psi_{s1} = \frac{1}{N_s} \left\{ -\sqrt{3}k_- \Psi_{\frac{33}{22}} + 2k_z \Psi_{\frac{31}{22}} + k_+ \Psi_{\frac{3-1}{2-2}} - \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_-}{\Delta + Bk^2 - 2D} \Psi_{\frac{11}{22}} - \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_+}{\Delta + Bk^2 - 2D} \Psi_{\frac{1-1}{2-2}} \right\}, \quad (12)$$

$$\Psi_{s2} = \frac{1}{N_s} \left\{ -\sqrt{3}k_+ \Psi_{\frac{3-3}{2-2}} - 2k_z \Psi_{\frac{3-1}{2-2}} + k_- \Psi_{\frac{31}{22}} - \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_-}{\Delta + Bk^2 - 2D} \Psi_{\frac{1-1}{2-2}} + \frac{4\sqrt{2}Bk^2 k_+}{\Delta + Bk^2 - 2D} \Psi_{\frac{11}{22}} \right\}. \quad (13)$$

$$\text{Здесь } D = \sqrt{\left(\frac{\Delta + Bk^2}{2}\right)^2 + 2B^2 k^4}, \quad N_h, N_l, N_s -$$

нормировочные коэффициенты.

Будем считать потенциал примесного центра $V(\mathbf{r}')$ сферически симметричным. Тогда в выраже-

нии (1) для $\Psi_{\frac{33}{22}}(\mathbf{r})$ будут отличны от нуля лишь те интегралы, у которых базисные функции (2), входящие в состав $\Psi_{\mu k}^*(\mathbf{r}')$, принадлежат тому

же представлению, что и $\Psi_{\frac{33}{22}}(\mathbf{r}')$, и не ортогональны ей. Обозначив

$$C_{\frac{33}{22}}^{\frac{33}{22}} = \int \Psi_{\frac{33}{22}}^*(\mathbf{r}') V(\mathbf{r}') \Psi_{\frac{33}{22}}(\mathbf{r}') d\mathbf{r}',$$

получим:

$$\Psi_{\frac{33}{22}}(\mathbf{r}) = C_{\frac{33}{22}}^{\frac{33}{22}} \sum_{\mathbf{k}} e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}} \times \left\{ \frac{\Psi_{h1} c_{\frac{33}{22}}^{*h1}}{E - E_h} + \frac{\Psi_{l1} c_{\frac{33}{22}}^{*l1}}{E - E_l} + \frac{\Psi_{s1} c_{\frac{33}{22}}^{*s1}}{E - E_s} \right\}. \quad (14)$$

Здесь $c_{\frac{33}{22}}^{*n\mu}$ ($n = h, l, s$; $\mu = 1, 2$) — один из коэф-

фициентов разложения блоховских функций по базисным функциям (2), стоящий перед $\Psi_{\frac{33}{22}}$ в

формулах (8) — (13). В дальнейшем функцию

$\Psi_{\frac{33}{22}}(\mathbf{r})$ удобно расписать в явном виде, объединив слагаемые с одинаковыми базисными функциями (2).

Матрица взаимодействия кристалла с внешней деформацией, построенная на базисных функциях (2), имеет вид (15). В ней a, b, d — зонные константы деформационного потенциала, $\varepsilon_1 = \varepsilon_{xx} -$

$-\frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}}{2}$ — относительная деформация вдоль оси

z , $S p \varepsilon = \varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_{xx} - \varepsilon_{yy}$ ($\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{zz}$,

$\varepsilon_{xy}, \varepsilon_{xz}, \varepsilon_{yz}$ — компоненты тензора деформации). В

случае изотропной деформации, когда $\varepsilon_{xy} = \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{yz} = 0$, а $\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{zz} \neq 0$, отличными

от нуля будут лишь диагональные элементы (15), равные $a S p \varepsilon$.

Матричный элемент оператора изотропной деформации $\hat{H}(\varepsilon)$, построенный на примесной функции (14), имеет вид:

	$\frac{3}{2} \frac{3}{2}$	$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{3}{2} - \frac{1}{2}$	$\frac{3}{2} - \frac{3}{2}$	$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$
$\frac{3}{2} \frac{3}{2}$	$aSp\epsilon + b\epsilon_1$	$d(\epsilon_{xz} - i\epsilon_{yz})$	$\frac{\sqrt{3}}{2}b\epsilon_2 - id\epsilon_{xy}$	0	$-\frac{d}{\sqrt{2}}(\epsilon_{xz} - i\epsilon_{yz})$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}b\epsilon_2 + i\sqrt{2}d\epsilon_{xy}$
$\frac{3}{2} \frac{1}{2}$	$d(\epsilon_{xz} + i\epsilon_{yz})$	$aSp\epsilon - b\epsilon_1$	0	$\frac{\sqrt{3}}{2}b\epsilon_2 - id\epsilon_{xy}$	$\sqrt{2}b\epsilon_1$	$\sqrt{\frac{3}{2}}d(\epsilon_{xz} - i\epsilon_{yz})$
$\frac{3}{2} - \frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}b\epsilon_2 + id\epsilon_{xy}$	0	$aSp\epsilon - b\epsilon_1$	$-d(\epsilon_{xz} - i\epsilon_{yz})$	$\sqrt{\frac{3}{2}}d(\epsilon_{xz} + i\epsilon_{yz})$	$-\sqrt{2}b\epsilon_1$
$\frac{3}{2} - \frac{3}{2}$	0	$\frac{\sqrt{3}}{2}b\epsilon_2 + id\epsilon_{xy}$	$-d(\epsilon_{xz} + i\epsilon_{yz})$	$aSp\epsilon + b\epsilon_1$	$\sqrt{\frac{3}{2}}b\epsilon_2 + i\sqrt{2}d\epsilon_{xy}$	$-\frac{d}{\sqrt{2}}(\epsilon_{xz} + i\epsilon_{yz})$
$\frac{1}{2} \frac{1}{2}$	$-\frac{d}{\sqrt{2}}(\epsilon_{xz} + i\epsilon_{yz})$	$\sqrt{2}b\epsilon_1$	$\sqrt{\frac{3}{2}}d(\epsilon_{xz} - i\epsilon_{yz})$	$\sqrt{\frac{3}{2}}b\epsilon_2 - i\sqrt{2}d\epsilon_{xy}$	$aSp\epsilon$	0
$\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$	$-\sqrt{\frac{3}{2}}b\epsilon_2 - i\sqrt{2}d\epsilon_{xy}$	$\sqrt{\frac{3}{2}}d(\epsilon_{xz} + i\epsilon_{yz})$	$-\sqrt{2}b\epsilon_1$	$-\frac{d}{\sqrt{2}}(\epsilon_{xz} - i\epsilon_{yz})$	0	$aSp\epsilon$

(15)

$$\int \Psi_{\vec{E}\vec{k}}^{\frac{33}{22}}(\vec{r}) \hat{H}(\epsilon) \Psi_{\vec{E}\vec{k}'}^{\frac{33}{22}}(\vec{r}) d\vec{r} = a_T Sp\epsilon, \quad (16)$$

где a_T — константа изотропной деформации глубокого акцептора, а индексы $\vec{k}$ и $\vec{k}'$ указывают на независимость суммирования по волновым векторам для каждой из функций, стоящих в левой части последнего выражения. Множитель $e^{i(\vec{k}-\vec{k}')\vec{r}}$, появляющийся при этом в (16), будет давать отличные от нуля слагаемые лишь при $\vec{k} = \vec{k}'$. Поэтому вместо двух сумм по $\vec{k}$ и $\vec{k}'$ в формуле (16) останется лишь одна сумма по $\vec{k}$, а экспоненциальный множитель при этом исчезнет. Используя условие нормировки для определения коэффициента $C_{\vec{E}}^{\frac{33}{22}}$ в (14), получим, что $a_T = a$, т.е. примесная константа изотропной деформации равна зонной вне зависимости от положения акцепторного уровня E в запрещенной зоне. Это есть следствие того, что волновая функция примесного центра в наших расчетах формируется состояниями двух зон (валентной и спин-орбитально отщепленной), которые в поле изотропной деформации движутся одинаково (константа изотропной деформации a одинакова для обеих зон — см. матрицу (15)).

Для определения b_T рассмотрим случай одноосной деформации $P \parallel [001]$. Тогда $\epsilon_{xy} = \epsilon_{xz} = \epsilon_{yz} = 0$, $\epsilon_{xx} = \epsilon_{yy} \neq \epsilon_{zz}$, значит, $\epsilon_2 = 0$, $\epsilon_1 \neq 0$, $Sp\epsilon \neq 0$. Матричный элемент оператора внешней деформации $P \parallel [001]$, построенный на примесной функции (14), будет равен:

$$\int \Psi_{\vec{E}\vec{k}}^{\frac{33}{22}}(\vec{r}) \hat{H}(\epsilon) \Psi_{\vec{E}\vec{k}}^{\frac{33}{22}}(\vec{r}) d\vec{r} = b_T \epsilon_1 + a_T Sp\epsilon. \quad (17)$$

Расписывая (17) в явном виде и объединяя в правой части слагаемые, имеющие общим множителем $aSp\epsilon$, получим уже найденное нами ранее выражение для расчета константы a_T . Поэтому, отбрасывая в левой и правой частях (17) одинаковые слагаемые, получим выражение для b_T .

Так как E_h , E_b , E_s зависят лишь от модуля волнового вектора, то, переходя от суммирования по $\vec{k}$ к интегрированию по $\vec{k}$ в сферических координатах, мы легко можем проинтегрировать последнее выражение по углам θ и ϕ . Итоги расчета константы b_T показывают уменьшение ее значения по мере углубления акцепторного уровня E в запрещенную зону. При этом значения постоянных A и B , фигурирующих в формулах (5) — (7) для зонного спектра, мы определили в приближении эффек-

тивной массы, рассматривая случай малых k . Тогда можно считать, что $E_h = (B - A)k^2 = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_h}$. С

другой стороны, при малых k $E_l \approx -(A + B)k^2 = -\frac{\hbar^2 k^2}{2m_l}$. Эти формулы позволяют найти постоянные A и B по известным значениям эффективных масс тяжелых m_h и легких m_l дырок.

Для расчета константы d_T глубокого акцептора рассмотрим случай одноосной деформации $P \parallel [111]$. Тогда $\varepsilon_{xy} = \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{yz} = \varepsilon \neq 0$, $\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{zz}$, следовательно, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0$, $S_P \varepsilon \neq 0$. Матричный элемент оператора одноосной деформации $P \parallel [111]$ равен:

$$\int \Psi_{\frac{33}{22}}^*(\mathbf{r}) \hat{H}(\varepsilon) \Psi_{\frac{31}{22}}(\mathbf{r}) d\mathbf{r} = d_T \varepsilon (1 - i). \quad (18)$$

Проводя тождественные преобразования и переходя от суммирования по $\mathbf{k}$ к интегрированию по $\mathbf{k}$, получим, что $\frac{d_T}{d} = \frac{b_T}{b}$. Этот результат объясняется сферическим приближением, положенным в основу расчетов.

УДК 535.621.373.826:539

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкиев Н.С., Адамия З.А., Аладашвили Д.И., Аширов Т.К., Гуткин А.А., Осипов Е.Б., Седов В.Е. Константы деформационного потенциала и зарядовое состояние ян-теллеровского центра Cu_{Ga} в GaAs // Физика и техника полупроводников. – 1987. – Т. 21. – Вып. 3. – С. 421–426.
2. Pistol M.E., Nilsson S., Samuelson L. Effects of hydrostatic pressure and phosphorus alloying on Ag acceptor level in GaAs // Phys. Rev. B. – 1988. – V. 38. – № 12. – P. 8293–8295.
3. Бир Г.Л., Пикус Г.Е. Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. – М.: Наука, 1972. – 584 с.
4. Мастеров В.Ф. Глубокие центры в полупроводниках // Физика и техника полупроводников. – 1984. – Т. 18. – Вып. 1. – С. 3–23.
5. Lucovsky G. On the photoionization of deep impurity centers in semiconductors // Solid State Commun. – 1965. – V. 3. – № 9. – P. 299–302.
6. Перель В.И., Ясевич И.Н. Модель глубокого примесного центра в полупроводниках в двухзонном приближении // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1982. – Т. 82. – Вып. 1. – С. 237–245.

А.А. Зайцев, О.Е. Преснова, Ю.Д. Швецов
Кафедра физики, ОАО «Северсталь»

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ У10А ПОСЛЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Исследование проводили на образцах стали У10А (массовая доля, %: 0,95–1,04 С; 0,15–0,35 Si; 0,15–0,35 Mn; 0,10–0,40 Cr; 0,12–0,25 Ni; 0,20–0,25 Cu; остальное – Fe) в виде цилиндров $\varnothing 15 \times 15$ мм после стандартной термической обработки ($t_{\text{п}} = 600$ °С; $t = 760$ – 780 °С; закалка в воду; отпуск в воздухе 200–250 °С) HRC 58–59; среднее значение микротвердости $H_{\mu}^{100} = 6600$ МПа.

Лазерную обработку торцевой полированной

поверхности образца после ее травления в хлористом железе проводили импульсным лазерным излучением с энергией в импульсе 1,6 Дж, длительностью импульса 120 мкс и длиной волны 1,06 мкм на установке оригинальной конструкции (разработка ГНПП «Радиофизическая лаборатория», г. Череповец) [1]. Значения диаметра «пятна» воздействия находились в диапазоне 1,19–1,96 мм, а плотность мощности – в диапазоне $(4,4$ – $12,0) \cdot 10^9$ Вт/м². Величину плотности мощности лазерного излучения задавали дефокусировкой

лазерного луча. Облучение проводили однократно с минимальным перекрытием "пятна".

Состояние зоны лазерного воздействия, начиная с облученной поверхности, изучали послойно с интервалами 5-10 мкм. Измерение микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 100 Гс; среднее значение микротвердости каждого слоя определяли по 8-10 отпечаткам.

Фазовый состав стали в зоне лазерного воздействия изучали послойно (качественно и количественно) рентгенографическим методом на аппарате ДРОН-3 в $\text{CoK}\alpha$ -излучении.

Интегральную ширину дифракционной линии (211) определяли по всей экспериментальной линии на полувысоте ее интенсивности. Интегральную ширину разделенных линий (110) тетрагонального и кубического мартенсита измеряли по любой из них на полувысоте интенсивности любой из них, т.к. уширения данных линий равны [2].

Для определения количества углерода в тетрагональном мартенсита, количества тетрагонального и кубического мартенсита, количества остаточного аустенита использовали метод третьего момента [2].

По найденному центру тяжести дифракционной линии (211)

$$x_c = \frac{\sum x_i f(x_i)}{\sum f(x_i)}, \quad (1)$$

где x_i – абсцисса отрезка Δx разбиения интегральной линии отражения; $f(x_i)$ – соответствующая абсциссе x_i ордината, находили центральный третий момент (взятый из центра тяжести)

$$\mu_3 = \frac{\sum x_i^3 f(x_i)}{\sum f(x_i)}, \quad (2)$$

где x_i – координата отрезка Δx_i разбиения, откладываемая от нулевой точки x_c (центра тяжести), учитывая знаки (вправо "+", влево "-"); $f(x_i)$ – соответствующие ординаты.

По найденному третьему моменту определяли междублетное расстояние $\delta_{(211)}$

$$\delta_{(211)} = \sqrt[3]{\frac{|\mu_3|}{p_1 p_2 (p_1 - p_2)}}, \quad (3)$$

где μ_3 – третий момент; $p_1 = 2/3$, $p_2 = 1/3$.

Зная междублетное расстояние $\delta_{(211)}$, по графику зависимости междублетного расстояния дифракционной линии (211) от количества углерода [3] находили количество углерода в тетрагональном мартенсита.

По известному количеству углерода в тетрагональном мартенсита находили междублетное расстояние линии (110) по графику зависимости междублетного расстояния этой линии от содержания углерода [3].

Разделив линии (211) и (110) на составляющие, т.е. выделив малый и большой синглеты тетрагонального мартенсита, синглет кубического мартенсита и аустенита, определяли их процентное содержание по площадям под соответствующими линиями, полученными после разбиения.

Количество кубического мартенсита находили по линии (211) как разность площадей под суммарной линией и суммы площадей малого и большого синглетов

$$S_{\text{куб}} = \int f(x) dx - \int g(x) dx, \quad (4)$$

где $f(x)$ – функция, описывающая профиль суммарной линии; $g(x)$ – функция, описывающая профиль линии тетрагонального мартенсита.

Разделив (4) на $\int f(x) dx$, после преобразования получили

$$g(x) = (1 - c)f(x), \quad (5)$$

где c – доля кубического мартенсита.

Выражение (5) выполняется при условии, что профили компонент тетрагонального дублета и кубического мартенсита описывают одинаковыми функциями, например, в данной работе второй функцией Коши. С учетом этого условия и выражения (5) можно линию (110) разделить на составляющие.

Выделив профили кубического мартенсита и аустенита линии (110) и определив по ним их интегральные интенсивности, находили количество аустенита по формуле

$$V_\gamma = \frac{1}{0,68 \frac{I_\alpha}{I_\gamma} + 1}, \quad (6)$$

где V_γ – удельный объем γ -фазы; I_α и I_γ – инте-

гральные интенсивности дифракционных линий α - и γ -фаз соответственно, определяемые по площадям под соответствующими профилями.

Результаты проведенных исследований можно охарактеризовать следующим образом.

В слое лазерного воздействия по данным послойного измерения микротвердости можно выделить три основные зоны, плавно переходящие друг в друга: поверхностная зона упрочнения (~ 25 мкм), средняя зона отпуска (35-70 мкм) и переходная зона. В целом толщина слоя лазерного воздействия составляет от 70 мкм при плотности мощности лазерного излучения $4,4 \cdot 10^9$ Вт/м² до 200 мкм при плотности мощности $12,0 \cdot 10^9$ Вт/м² (рис. 1), но уже с малыми кратерами.

В исходном состоянии после стандартной термической обработки структура образцов стали У10А представляет собой отпущенный кубический мартенсит (83 %) и остаточный аустенит (17 %).

После лазерной обработки фазовый состав облученного слоя изменяется: возрастает количество остаточного аустенита, уменьшается количество кубического мартенсита, образуется тетрагональный мартенсит, отсутствующий в исходном состоянии.

Характерные изменения фазового состава и тонкой структуры (ширина дифракционных линий (211) и (110) α -Fe) по глубине облученного слоя стали У10А при облучении лазерным излучением с плотностью мощности $8,9 \cdot 10^9$ Вт/м², для примера, показаны на рис. 2 и 3. Структурно-фазовые изменения, происходящие в зоне лазерного воздействия при других плотностях мощ-

ности, качественно аналогичны, но с увеличением плотности мощности толщина характерных зон увеличивается (рис. 1) с некоторыми количественными различиями параметров тонкой структуры и образовавшихся в них фаз.

В средней части зоны лазерного упрочнения количество образовавшегося тетрагонального мартенсита при всех плотностях мощности составляет ~ 35 %, количество углерода в тетрагональном мартенсите 0,55 %. С увеличением плотности мощности от $4,4 \cdot 10^9$ Вт/м² до $12,0 \cdot 10^9$ Вт/м² количество остаточного аустенита увеличивается (35 % при $4,4 \cdot 10^9$ Вт/м²; 48 % при $12,0 \cdot 10^9$ Вт/м²), кубического мартенсита уменьшается от 30 до 20 %, интегральная ширина дифракционной линии (211) α -Fe увеличивается от 14,0 до 16,8 мрад (увеличиваются микронапряжения), ширина линии (110) α -Fe увеличивается от 6,8 до 8,2 мрад (увеличивается дисперсность областей когерентного рассеяния), микротвердость увеличивается.

Зона отпуска, по сравнению с зоной лазерного упрочнения, при всех плотностях мощности характеризуется меньшей дефектностью кристаллической решетки, большим содержанием кубиче-

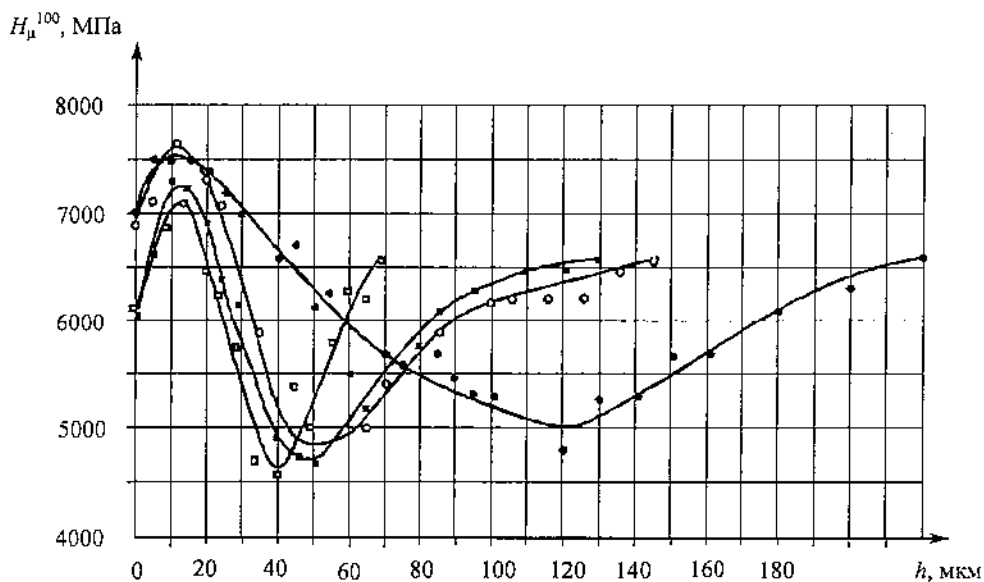


Рис. 1. Изменение микротвердости H_{μ}^{100} по глубине т/о образцов стали У10А в зависимости от плотности мощности лазерного излучения: $I_{p1} = 4,4 \cdot 10^9$ Вт/м², $I_{p2} = 7,2 \cdot 10^9$ Вт/м², $I_{p3} = 8,9 \cdot 10^9$ Вт/м², $I_{p4} = 12,0 \cdot 10^9$ Вт/м²

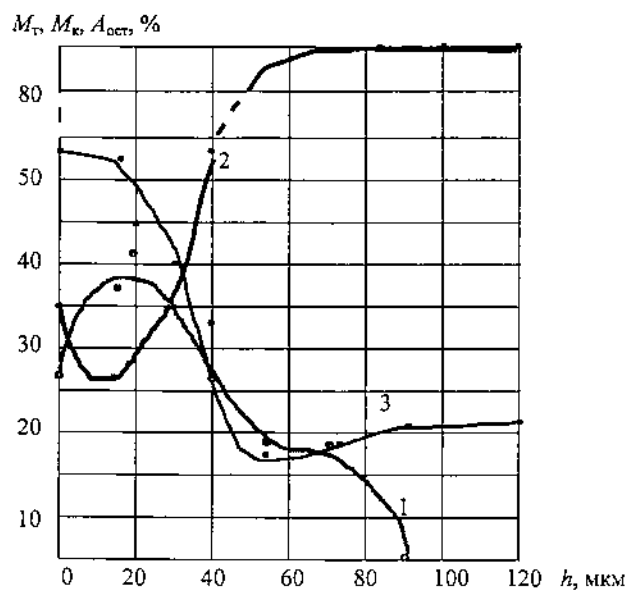


Рис. 2. Изменение количества тетрагонального мартенсита (1), кубического мартенсита (2) и аустенита (3) по глубине т/о образцов стали У10А, облученных лазерным излучением с плотностью мощности $8,9 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$

ского мартенсита (~70 %), меньшим содержанием тетрагонального мартенсита (~ 15 %, содержание углерода 0,50 %) и меньшим значением микротвердости (~5000 МПа).

В переходной зоне все структурные и прочностные характеристики стремятся к исходному состоянию (рис. 1-3).

Из полученных экспериментальных результатов следует:

1. При лазерном импульсном облучении стали У10А в упрочненной зоне образуется мартенситно-аустенитная структура с повышенной дисперсностью и плотностью дефектов кристаллического строения.

2. Увеличение микротвердости в зоне упрочнения после лазерного облучения связано с образованием тетрагонального мартенсита, с увеличением плотности дислокаций (увеличением дисперсности областей когерентного рассеяния), с увеличением микронапряжений.

3. Импульсным лазерным облучением с опти-

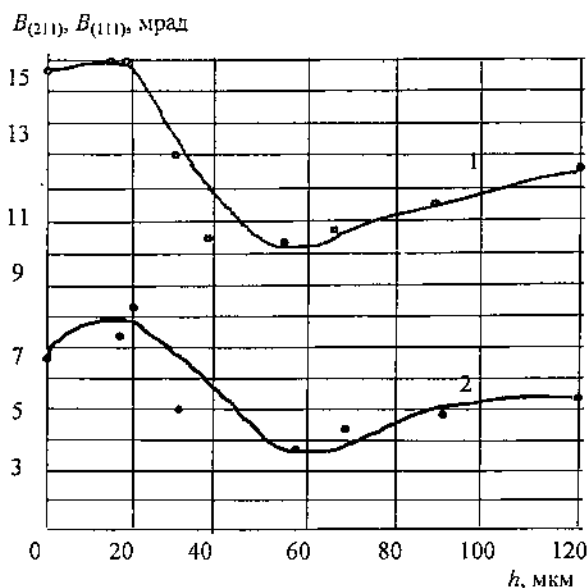


Рис. 3. Изменение интегральной ширины линии (211) α-Fe (1) и (110) α-Fe (2) по глубине т/о образцов из стали У10А, облученных лазерным излучением с плотностью мощности $8,9 \cdot 10^9 \text{ Вт/м}^2$

мальной интенсивностью термообработанной стали У10А в поверхностном слое можно получить структуру, обладающую высоким сопротивлением износу и микроразрушению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ёрохов Н.А., Зайцев А.А., Погодин С.Н., Солодянкин Ю.И. Взаимодействие лазерного излучения с ионосферной плазмой и металлами. — Череповец: Изд-во ЧГПИ, 2002. — С. 317–347.
2. Казан А.С., Уникель А.П. О рентгеновском анализе частично распавшегося мартенсита // Заводская лаборатория. — 1978. — №3. — С. 293-296.
3. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронографический анализ металлов. — М.: Металлургия, 1963. — С. 95-100.

Раздел 10

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 66.011

А.С. Андреев, В.А. Котенко, К.С. Кирилл, О.А. Сторожилов
Кафедра химических технологий и оборудования

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ГАЗОВЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РЕДЛИХ-КВОНГА

Термодинамический анализ химических процессов предполагает установление условий максимальной степени превращения целевого исходного компонента, X_p . Фактически задача сводится к поиску максимума функции:

$$X_p = f(T, P, C_{0i}),$$

где T , P и C_{0i} – технологические параметры: температура, давление процесса и начальные концентрации реагирующих веществ. Все эти параметры при моделировании можно варьировать.

Принципиально уравнение не изменится, если в него вместо температуры ввести константу химического равновесия K_f .

$$X_p = \psi(K_f, P, C_{0i}).$$

Целесообразность такой замены очевидна, так как при этом появляется возможность анализа моделирования равновесного состава с использованием несложного формализованного уравнения:

$$K_f = K_i \cdot K_p. \quad (1)$$

Модель константы химического равновесия идеальной системы K_p представляется известной моделью идеального газа [1]:

$$K_p = K_N \left(\frac{P}{N} \right)^{\left(\sum_{k=1}^l r_k - \sum_{i=1}^n m_i \right)},$$

где m_i и r_k – стехиометрические коэффициенты исходных и конечных веществ.

Параметр K_N характеризует равновесный состав системы, содержащей N молей реагирующих веществ. Этот параметр в неявном виде содержит равновесную степень превращения X_p . Показатель степени отражает изменение числа молей в реакции по стехиометрическому уравнению.

Для моделирования левой части уравнения целесообразно воспользоваться моделью Вант-Гоффа, устанавливающей взаимосвязь константы химического равновесия, температуры и изменения потенциала Гиббса ΔG_T в процессе:

$$\ln K_f = -\frac{\Delta G_T}{RT}.$$

Параметр K_i в уравнение (1) вводится для учета отклонения свойств изучаемой реальной газовой системы от идеальной. Параметр является сложной функцией от коэффициентов парциальной фугитивности реагирующих газов. При моделировании коэффициенты парциальной фугитивности заменяются коэффициентами фугитивности чистых веществ Φ_i . Тогда коэффициенты фугитивности реагирующих газов для них могут быть достаточно легко определены из известного уравнения состояния Редлих-Квонга:

$$P = \frac{R \cdot T}{V - \beta} - \frac{1}{\sqrt{T}} \left(\frac{\alpha}{V(V + \beta)} \right),$$

где P, T, V — параметры состояния, соответственно давление, температура, объем системы; R — газовая постоянная; α, β — экспериментальные константы.

Если известны критические параметры реагирующих газов, то, не проводя эксперимента, константы α, β для i -го газа можно выразить через его индивидуальные опытные критические свойства $T_{кр}, P_{кр}$:

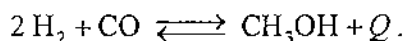
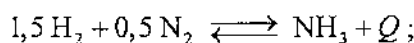
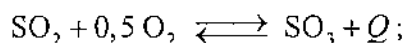
$$\alpha_i = 0,42748 \frac{R^2 \cdot T_{кри}^{2,5}}{P_{кри}},$$

$$\beta_i = 0,08664 \frac{R T_{кри}}{P_{кри}}.$$

Приводим итоговую формализованную модель термодинамического равновесия химически активной газовой системы, полученную с использованием уравнения состояния Редлих-Квонга:

$$\left. \begin{aligned} T_i &= \frac{T}{T_{кри}}; & P_i &= \frac{P}{P_{кри}}; \\ h_i &= \frac{0,8664 P_i}{Z_i T_i}; \\ Z_i &= \frac{1}{1 - h_i} - \frac{4,934}{T_i^{1,5}} \left(\frac{h_i}{1 + h_i} \right); \\ \ln \Phi_i &= Z_i - 1 - \ln(Z_i (1 - h_i)) - \\ &\quad - \frac{4,934}{T_i^{1,5}} \ln(1 + h_i); \\ K_i &= \frac{\prod_{k=1}^i \Phi_k^{n_k}}{\prod_{i=1}^n \Phi_i^{m_i}}; \\ \ln K_f &= -\frac{\Delta G_T}{RT}; \\ K_p &= K_N \left(\frac{P}{N} \right)^{\left(\sum_{k=1}^i n_k - \sum_{i=1}^n m_i \right)}; \\ K_f &= K_i K_p. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Разработанная модель (1) оформлена в виде моделирующей программы для ЭВМ. Проведена проверка модели на адекватность справочным данным для некоторых типовых газовых реакций, характерных для технологии неорганических веществ: окисления диоксида серы, синтеза аммиака и синтеза метанола, приведенных ниже:



С помощью модели (1) были рассчитаны равновесные степени превращения диоксида серы $X_{p\text{SO}_2}$ в интервале температур 400–600 °С и давлений 1–100 атм (для исходной газовой смеси, со-

державшей SO_2 и O_2 , соответственно 7,5 и 10,5 % об.). Результаты расчета представлены на рис. 1. Полученные значения $X_{\text{P}\text{SO}_2}$ были сравнены со справочными данными [2], представленными на рис. 2 (состав исходной газовой смеси – аналогичный). Результаты сравнения значений $X_{\text{P}\text{SO}_2}$, вычисленных по модели (I), со справочными значениями $X_{\text{P}\text{SO}_2}$ показали, что эти значения достаточно точно совпадают друг с другом (расхождение между ними составляет 0,002–2,36 %). Наиболее точное совпадение $X_{\text{P}\text{SO}_2}$ наблюдается в области давлений 25–100 атм и температур 400–500 °C. В этой области расхождение не превышает 0,02 %.

Для процесса синтеза метанола исследовалась исходная смесь, содержащая 33,3 % об. CO и 66,7 % об. H_2 . Исследования проводились для интервала тем-

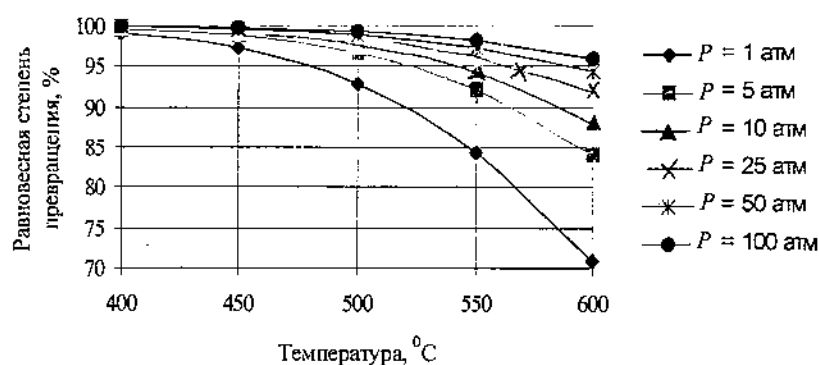


Рис. 1. Зависимость равновесной степени превращения SO_2 от давления (SO_2 - 7,5%, O_2 - 10,5 %), вычисленной по модели

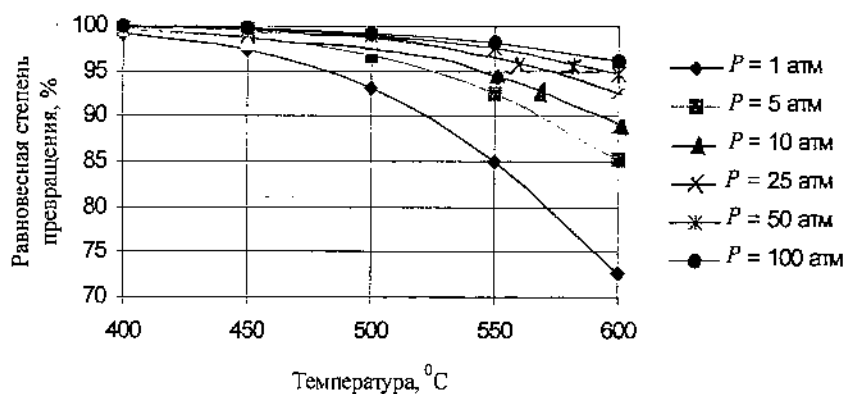


Рис. 2. Зависимость равновесной степени превращения SO_2 от давления (SO_2 - 7,5 %, O_2 - 10,5 %), по справочным данным

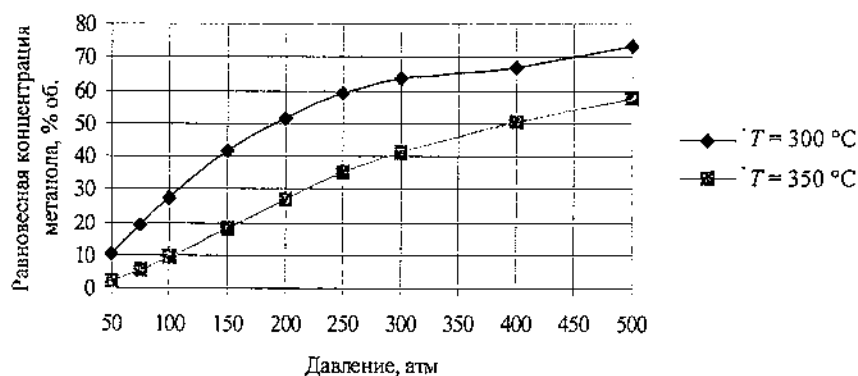


Рис. 3. Зависимость равновесной концентрации метанола от давления (CO - 33,3 %, H_2 - 66,7 %), вычисленной по модели

ператур 300 – 350 °C и давлений 50 – 500 атм (рис. 3, 4). В области более низких температур и давлений (50 – 200 атм) значения равновесной концентрации метанола $C_{\text{CH}_3\text{OH}}$, рассчитанные с помощью модели (I), удовлетворительно совпадают со

справочными значениями $C_{\text{CH}_3\text{OH}}$ [3] (погрешность не превышает 4,2 %). С повышением температуры и давления отклонение расчетных значений $C_{\text{CH}_3\text{OH}}$ от справочных величин возрастает.

Для процесса синтеза аммиака исследовалась исходная газовая смесь, содержащая 25 % об. N_2 и 75 % об. H_2 . Сравнивались равновесные концентрации аммиака C_{NH_3} , рассчитанные с помо-

щью (I), и справочные величины C_{NH_3} [3]. Сравнения проводились для температур от 200 до 700 °C и давлений от 10 до 600 атм (рис. 5, 6). Погрешность в исследованных диапазонах не пре-

вышает 5 %. Наиболее точное совпадение значений наблюдается при температурах до 200 – 300 °С и давлениях 300 – 600 атм. При понижении давления и росте температуры точность совпадения C_{NH_3} возрастает.

Разработанная модель химического равновесия газовых систем с использованием уравнения состояния Редлих-Квонга может быть рекомендована для термо-

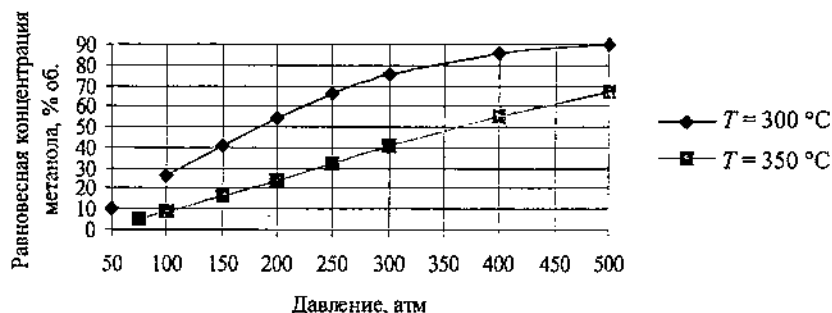


Рис. 4. Зависимость равновесной концентрации метанола от давления ($CO - 33,3\%$, $H_2 - 66,7\%$), по справочным данным

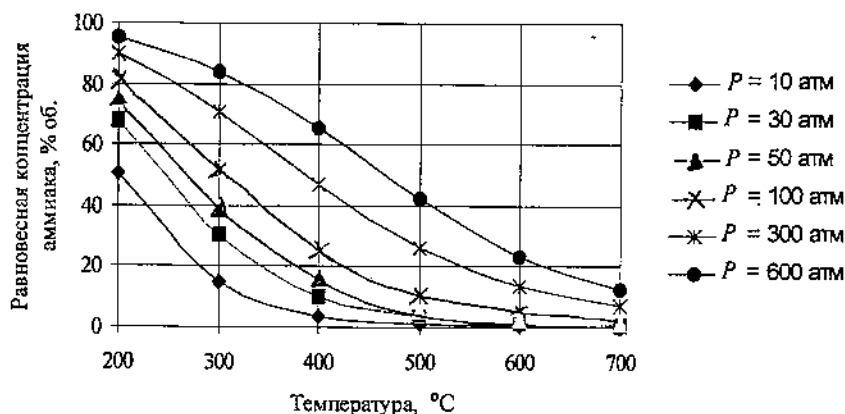


Рис. 5. Зависимость равновесной концентрации аммиака от температуры и давления ($H_2 - 75\%$, $N_2 - 25\%$), по справочным данным

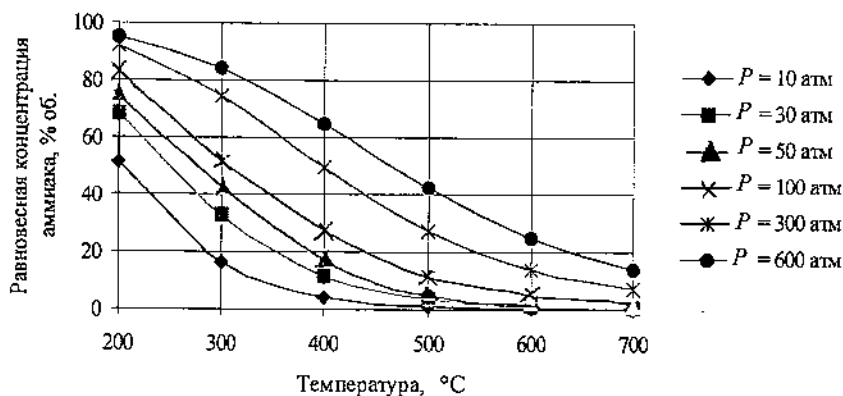


Рис. 6. Зависимость равновесной концентрации аммиака от температуры и давления ($H_2 - 75\%$, $N_2 - 25\%$), вычисленной по модели

динамического анализа химических реакций: окисления диоксида серы, синтеза метанола и синтеза аммиака.

Погрешность моделирования в исследованных диапазонах температур и давлений составляет: для реакции окисления диоксида серы – 2,4 %, для реакции синтеза метанола – 4,2 %, для реакции синтеза аммиака – 5 %. Таким образом, данная модель может быть рекомендована для расчета и анализа химического равновесия газовых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

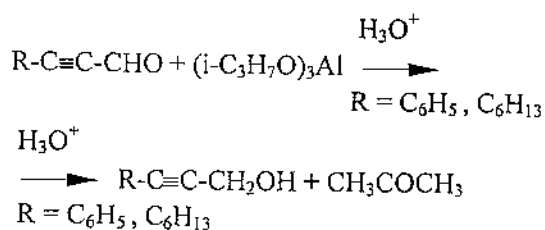
1. Широков Ю.Г. Теоретические основы технологии неорганических веществ. – Иваново, 2000.
2. Справочник сернокислотчика / Под ред. К.М. Малина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Химия, 1971. – 744 с.
3. Справочник азотчика. Т. I / Под ред. Е.Я. Мельникова. – М.: Химия, 1997. – 492 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ α -АЦЕТИЛЕНОВЫХ АЛЬДЕГИДОВ
ИЗОПРОПИЛАТОМ АЛЮМИНИЯ

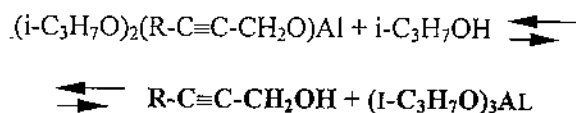
Алкил- и арилзамещенные первичные α -ацетиленовые спирты представляют интерес в качестве полупродуктов синтеза биологически активных кислот [1], половых феромонов [2], имитаторов запаха [3]. Основными способами их получения являются: 1) замещение ацетиленового водорода в пропаргиловом спирте, осуществляемое арилбромидом в присутствии $\text{PdCl}_2(\text{PPh}_3)_2$, CuI , $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ [4] или алкилированием ацетиленидов [3]; 2) этинирование формальдегида в простых эфирах [5]. Таким образом, одностадийное получение первичных α -ацетиленовых спиртов приводит к необходимости использования дорогостоящих и плохо регенерируемых комплексов палладия или применению пожароопасных металлоорганических агентов и растворителей.

Учитывая вышеизложенное, для получения первичных α -ацетиленовых спиртов нами использован принципиально новый подход: в качестве исходных взяты α -ацетиленовые альдегиды, многие из которых могут быть получены взаимодействием ацетиленов в присутствии галогенидов цинка с последующим гидролизом образующихся ацеталей [6].

Для предотвращения побочных процессов, связанных с наличием в альдегидах тройной связи, в качестве восстанавливающего агента нами был выбран изопропилат алюминия в изопропанол, являющийся менее дорогим и более селективным по сравнению с гидридами металлов. Последнее обстоятельство дало возможность осуществить серию превращений, позволившую разработать новый способ получения первичных α -ацетиленовых спиртов (выход 74-89 %):



При восстановлении ацетиленовых альдегидов было установлено, что изопропилат алюминия лучше использовать не менее чем в эквимольном количестве, так как при каталитических количествах целевой процесс идет гораздо медленнее и не всегда до конца. Последнее обстоятельство объясняется трудностью регенерации изопропилата алюминия вследствие более кислых свойств ацетиленовых спиртов по сравнению с изопропанолом:



Строение полученных соединений подтверждено сравнением с литературными данными [7]. В ИК-спектрах присутствуют полосы поглощения, характерные для групп $\text{-C}\equiv\text{C-}$ ($2220\text{-}2230\text{ см}^{-1}$) и -OH ($3350\text{-}3400\text{ см}^{-1}$). В случае 1-фенилпропин-1-ола-3 присутствует полоса поглощения 1600 см^{-1} , характерная для колебаний ароматического кольца. В ПМР-спектре 1-фенилпропин-1-ола-3 зафиксированы сигналы протонов бензольного кольца в области 6,95-7,20 м.д., протоны метиленовой группы дают уширенный синглет в области 4,10 м.д.

ИК-спектры записаны в тонком слое и таблетках КВг на спектрометре UR-20. Спектр ПМР получен на спектрометре BS-587A Tesla (80 МГц, C_6D_{12} , внутренний стандарт – ТМС).

1-Фенилпропин-1-ол-3. К 0,06 М изопропилата алюминия в 150 мл абсолютного изопропанола прикапывают раствор 3,6 мл (4,0 г; 0,03 М) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}\equiv\text{C-CHO}$ в 5 мл абсолютного изопропанола при перемешивании и кипячении с одновременной отгонкой образующегося ацетона. Реакционную смесь греют 1,5 часа, затем при 100 мм рт. ст. отгоняют изопропанол. Остаток обрабатывают 5 %-ной соляной кислотой, экстрагируют бензолом,

сушат сульфатом магния, отгоняют легкокипящие фракции. Остаток перегоняют в вакууме при температуре 95 °С и давлении 2 мм рт.ст., получая 3,6 г 1-фенилпропин-1-ола-3 (89 %-ный выход), n_D^{20} 1,5820 (лит. данные [7]: $T_{кип}$ 136-138 °С при давлении 16 мм рт.ст., n_D^{20} 1,5873). Аналогично с 74 %-ным выходом синтезируют 1-гексилпропин-1-ол-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белослудцев Ю.Ю., Демин П.М., Мякова Г.И., Заболотский Д.А., Евстигнеева Р.П. Синтез 5, 8, 11, 14, 17-эйкозапентаиновой кислоты // Биоорганическая химия. – 1988. – Т. 14. – № 1. – С. 100-102.
2. Fan-Lei K., Kou-Zhong Z., Gui-Ming C. Synthesis of monounsaturated alcohols, acetals and aldehydes // Chin. J. Org. Chem. – 1988. – V. 8. – No. 4. – P. 336-340.

3. Akio K., KiKue K., Minoru I., Hiroshi T. Syntheses and Sensory Characterization of 5, 8, 11-Tetradecatrien-2-one Isomers // J. Agric. Food Chem. – 1989. – V. 37. – P. 151-154.

4. Бумагин Н.А., Пономарев А.Б., Белецкая И.П. Новый метод синтеза арил-, гетерил-, винилацетиленов // Докл. АН СССР. – 1985. – Т. 283. – № 3. – С. 630-633.

5. Талалаева Т.В., Кочешков К.А. Методы элементо-органической химии (литий, натрий, калий, рубидий, цезий). Кн. 2. – М.: Наука, 1971. – С.1036-1043.

6. Кирчанов А.А., Занина А.С. Синтез ацетиленовых ацеталей // Изв. АН СССР. Сер. хим. – 1990. – № 5. – С. 1172-1173.

7. Щелкунов А.В., Иванова Н.Н. Физико-химические константы ацетиленовых соединений. – Алма-Ата: Наука, 1986. – С.105.

УДК 66.011

Е.В. Докунина, И.В. Блюм, Е.В. Сиденко

Кафедры химических технологий и оборудования, промышленной теплоэнергетики

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАВНОВЕСИЯ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Использование высокотемпературных катализаторов в сернокислотном производстве позволяет поднять температурный потенциал вторичного тепла окисления диоксида серы до уровня, допускающего эффективное преобразование этого тепла, и тем самым существенно повысить энергетическую автономность сернокислотных систем.

Литературные данные о состоянии химического равновесия реакции окисления диоксида серы при повышенных температурах недостаточны. Целью данной работы является анализ состояния равновесия реакции в диапазоне температур 600 – 800 °С и атмосферном давлении.

На основе математической модели равновесия газовых систем, с использованием уравнения состояния Редлих-Квонга, предложенной авторами [1], был проведен численный эксперимент с применением ЭВМ по расчету величины константы

равновесия в зависимости от температуры системы: $SO_2 + 0,5O_2 \leftrightarrow SO_3$. Погрешность моделирования, по данным авторов [1], составляет не более 2,4 %.

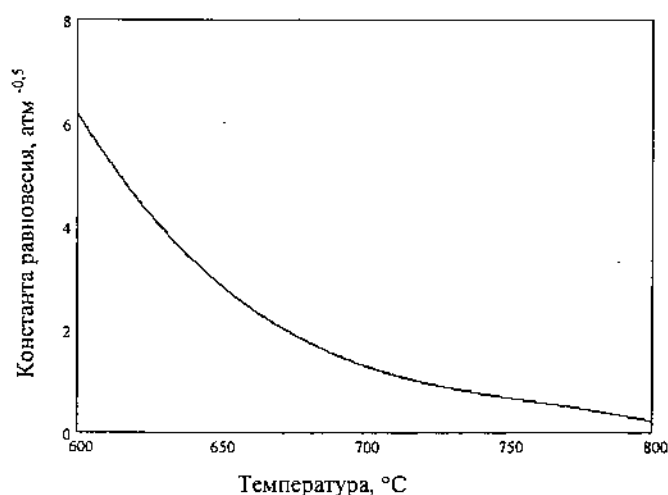
В результате реализации полиномиальной регрессии в диапазоне температур 600 – 800 °С в математическом редакторе Mathcad 2000 получена зависимость (1):

$$K_p = 463,36 - 1,81 \cdot t + 2,37 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot t^3, \quad (1)$$

где K_p - константа равновесия реакции окисления диоксида серы, t - температура, °С.

На рисунке приведена графическая интерпретация выражения (1).

Данная зависимость (1) может использоваться для ориентировочных расчетов состояния равновесия



Константа равновесия процесса окисления диоксида серы в диапазоне температур 600–800 °C

весия. Для получения более точных результатов необходима экспериментальная проверка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.С. и др. Моделирование и анализ химического равновесия газовых систем с использованием уравнения состояния Редлих-Квонга // Вестник ЧГУ. — Череповец: ЧГУ, 2004.
2. Справочник сернистой кислоты / Под ред. К.М. Малина. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Химия, 1971. — 744 с.
3. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. — 7-е изд. — Л.: Химия, 1974. — 200 с.

УДК 669.4

О.А. Калько, Ю.С. Кузнецова, Н.В. Кунина
Кафедра химии

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СУРЬМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СУЛЬФАТНО-ОКСИДНОЙ ФРАКЦИИ АККУМУЛЯТОРНОГО ЛОМА РАСТВОРОМ КАРБОНАТА КАЛИЯ

Проблема сбора и переработки лома свинцовых аккумуляторов в настоящее время имеет большое экономическое и экологическое значение. Мировое производство свинца превышает 6 млн. тонн в год, причем не менее 55 % от всего выплавляемого свинца приходится на вторичный свинец, получаемый при переработке отслуживших свой срок аккумуляторов [1]. По данным работы [2], 88 % произведенного в России свинца в 2000 г. получено из вторичных ресурсов.

Подробный анализ существующих технологических схем переработки аккумуляторного лома содержится в работах [3] – [4]. Технологические схемы переработки свинцовых аккумуляторов с предварительным разделением их на органическую, сульфатно-оксидную и металлическую фракции, по нашему мнению, более предпочтительны по своим технико-экономическим и экологическим показателям.

Одной из важнейших в экологическом плане операций при извлечении свинца из сульфатно-

оксидной фракции является стадия предварительного удаления серы гидрометаллургическим способом (стадия десульфатации), которая позволяет избежать выделения токсичных сернистых газов при дальнейшем восстановлении материала углеродистыми восстановителями. Физико-химические и технологические исследования процесса десульфатации подробно рассмотрены в работах [5] – [7]. Наиболее часто в качестве десульфатирующих реагентов используются растворы карбонатов или гидроксидов щелочных металлов или аммония, так как значения произведения растворимости гидроксида и карбоната свинца (II) значительно ниже произведения растворимости $PbSO_4$.

Одной из главных примесей в сульфатно-оксидной фракции лома свинцовых аккумуляторов является сурьма, которая вследствие коррозионно-электрохимических процессов, протекающих при эксплуатации батарей, попадает в активные массы из решеток, выполненных из свинцово-

сурьмянистого сплава [8]. Наличие сурьмы в сульфатно-оксидной пасте пластин является крайне нежелательным, так как существенно снижает электрические характеристики аккумулятора и его ресурс. Тем не менее активные массы пластин к концу срока службы батареи накапливают 0,5÷1,3 мас. % сурьмы. Для получения свинца, который будет использоваться при производстве активных паст новых аккумуляторов, содержание сурьмы в металле не должно превышать $1 \cdot 10^{-3}$ мас. %, поэтому важным является вопрос о поведении сурьмы на всех стадиях переработки аккумуляторного лома, в том числе и стадии десульфатации.

Результаты изучения поведения сурьмы при десульфатации активных масс растворами гидроксида и карбоната натрия опубликованы в работе [9]. Сведений о содержании сурьмы в продуктах стадии десульфатации с использованием раствора карбоната калия нами обнаружено не было. Однако авторами работы [10] отмечено, что карбонат калия производится в настоящее время в достаточных количествах, поскольку является одним из побочных продуктов при переработке нефелинового сырья (на Ачинском комбинате на 1 т Al_2O_3 производится 0,31 т K_2CO_3), и его использование в качестве десульфатирующего реагента может оказаться экономически более целесообразным, чем карбоната натрия. Кроме того, при взаимодействии K_2CO_3 с сульфатом свинца по реакции



образуется сульфат калия, который имеет больший спрос по сравнению с сульфатом натрия. Поэтому нами были предприняты исследования по изучению поведения сурьмы при десульфатации активных масс аккумуляторного лома раствором карбоната калия.

Исходным материалом служила активная масса с различных пластин автомобильных аккумуляторов, которая по результатам весового анализа содержала 45 мас. % PbSO_4 . Ситовый анализ показал, что средняя крупность материала составляет 0,17 мм, а максимальная – 0,40 мм. Содержание сурьмы, определенное экстракционно-фотоколориметрическим методом [11], составляло 1,17 мас. %.

Во всех опытах десульфатации подвергали 50 г активной массы при температуре 50 °С в течение

45 минут при непрерывном интенсивном перемешивании, так как согласно [10] в таких условиях конверсия PbSO_4 в PbCO_3 и $\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ практически полностью завершается (в среднем на 99,5 %). Соотношение т:ж варьировали в пределах от 1:4 до 1:5. Раствор готовили путем растворения определенной навески карбоната калия марки ч.д.а. в 200 или 250 г дистиллированной воды. Навеску K_2CO_3 рассчитывали по реакции (1) с 20-процентным избытком. По окончании опыта отфильтрованную массу промывали двукратным объемом дистиллированной воды (по сравнению с объемом первичного фильтрата) и высушивали в течение 2-3 часов при 120 °С. Первичный фильтрат и сухой остаток анализировали на содержание сурьмы экстракционно-фотоколориметрическим методом.

Результаты анализа показали, что во всех опытах сурьма частично переходит в раствор. Средняя концентрация сурьмы в фильтрате при соотношении т:ж = 1:4 составила 0,056 г/дм³, а при т:ж = 1:5 – 0,042 г/дм³. С учетом объема полученного фильтрата общее количество перешедшей в раствор сурьмы независимо от соотношения твердой и жидкой фаз в среднем было равно 10,5 мг, что соответствует 1,8 % от содержания сурьмы в навеске до десульфатации.

В сухом остатке количество сурьмы при соотношении т:ж = 1:4 по результатам анализа оказалось равным 1,05 мас. %, а при соотношении т:ж = 1:5 – 0,99 мас. %.

При десульфатации активной массы раствором карбоната натрия авторами работы [9] также отмечалось, что некоторое количество сурьмы переходило в раствор. При моделировании активных масс из чистых реактивов количество перешедшей в жидкую фазу сурьмы зависело от содержания в смеси PbSO_4 . Так, при десульфатации смесей, содержащих 25 мас. % сульфата свинца, в раствор переходило 1,5 % сурьмы, а при увеличении содержания PbSO_4 до 35 % содержание сурьмы в жидкой фазе достигало 6,0 %. При десульфатации реальных активных масс отработанных аккумуляторов количество перешедшей в раствор сурьмы составило 1,7 % от содержащейся в активной массе.

Таким образом, полученные нами результаты показали, что замена карбоната натрия на карбо-

нат калия не вносит существенных изменений в распределение сурьмы между полупродуктами стадии десульфатации. Следовательно, данные реагенты могут взаимно заменяться с целью снижения стоимости затрат при производстве свинца из аккумуляторного лома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морачевский А.Г. Переработка вторичного свинцового сырья. Современное состояние исследований и аннотированный указатель литературы за 1997–2001 гг. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 52 с.
2. Бессер А.Д. На пути к эффективной утилизации вторичного свинецсодержащего сырья // Вторичные ресурсы. – 2001. – № 5-6. – С. 53-55.
3. Морачевский А.Г. Новые направления в технологии переработки лома свинцовых аккумуляторов // Журнал прикладной химии. – 1997. – Т. 70. – № 1. – С. 3-15.
4. Степанов Б.Е., Аксельрод А.Р., Дитяловский Л.И. Опыт переработки аккумуляторного лома на заводах зарубежных фирм // Цветная металлургия. – 1998. – № 8-9. – С. 32-37.
5. Морачевский А.Г. Физико-химические и технологические исследования процесса десульфатации свинецсодержащих материалов // Журнал прикладной химии. – 1998. – Т. 71. – № 6. – С. 881-890.
6. Морачевский А.Г., Вайсгант З.И., Русин А.И., Хабачев М.Н. Десульфатация активных масс лома свинцовых аккумуляторов // Журнал прикладной химии. – 2001. – Т. 74. – № 7. – С. 1075-1077.
7. Морачевский А.Г., Вайсгант З.И., Бочагина Е.В., Хабачев М.Н. Утилизация серы – важнейший этап экологически безопасной технологии переработки лома свинцовых аккумуляторов // Цветные металлы. – 2002. – № 8. – С. 34-37.
8. Калько О.А. Роль сурьмы в коррозионных процессах свинцовых аккумуляторов и источники ее появления в активных массах // PER ASPERA...: Сб. тр. молодых ученых ЧГУ. – Череповец: ЧГУ, 2000. – С. 69-71.
9. Морачевский А.Г., Калько О.А., Вайсгант З.И. Поведение сурьмы при десульфатации активных масс лома свинцовых аккумуляторов // Журнал прикладной химии. – 1995. – Т. 68. – № 1. – С. 127-128.
10. Морачевский А.Г., Бочагина Е.В., Хабачев М.Н. Десульфатация активных масс лома свинцовых аккумуляторов с применением карбоната калия // Журнал прикладной химии. – 2003. – Т. 76. – № 10. – С. 1748-1751.
11. Калько О.А., Надежина Л.С. Выбор метода контроля содержания сурьмы в продуктах переработки вторичного свинцового сырья // Журнал прикладной химии. – 1994. – Т. 67. – № 7. – С. 1104-1106.

УДК 621.778.04

Л.Н. Дронова, В.Р. Аниелес, Н.Н. Беляева
Кафедры математики и промышленной теплоэнергетики

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА СМЕШЕНИЕ

Многие пользователи, искренне желая применить компьютерное моделирование в своей практической деятельности, сталкиваются с серьезными трудностями при освоении и использовании современных программных средств. Для работы с ними все еще требуются знания, не относящиеся непосредственно к моделированию, а проведение вычислительного эксперимента остается кропотливой и многотрудной работой. В то же время ти-

повых задач моделирования не так уж и много и для них можно создать удобный и понятный интерфейс.

Выделение типовых задач и создание для них удобного входного языка и инструментов анализа расширит круг пользователей и одновременно позволит сформулировать требования к структуре «универсального» пакета и функциональному назначению его блоков. Опыт многих областей пока-

зывает, что надо разрабатывать и использовать стандартизованные, совместимые модули и на их основе создавать уникальные продукты. Преимущество стандартизованных блоков и согласованных интерфейсов очевидно при переходе к «массовому» производству компьютерных моделей.

В рассматриваемой нами серии задач на смешение особо интересными и показательными являются задачи получения защитной азотоводородной атмосферы (ЗАВА) и смеси водных растворов карбамида и нитрата аммония с содержанием азота (растворы КАСС) [1].

В разработанном [1] процессе получения ЗАВА в качестве водородосодержащего сырья используется азотоводородная смесь (АВС). В разработанной математической модели этого процесса учитываются следующие зависимости между компонентами:

$$V_{N_2} + V_{H_2} + V_{H_2O} + V_{CH_4} + V_{Ar} = V_1;$$

$$V_1 + V_2 = V_3; \quad V_{N_2} = aV_1;$$

$$V_{H_2} = bV_1; \quad V_{H_2O} = cV_1; \quad V_{CH_4} = dV_1;$$

$$V_{Ar} = kV_1; \quad V_{H_2} = nV_3,$$

где V_1 (м³/ч) – объемный расход "увлажненной" АВС с производства аммиака, направленной на смешение; V_2 (м³/ч) – объемный расход высокочистого азота, направленного на смешение; V_3 (м³/ч) – объемный расход ЗАВА; $V_{N_2}, V_{H_2}, V_{H_2O}, V_{CH_4}, V_{Ar}$ (м³/ч) – объемные расходы азота, водорода, воды, метана и аргона в составе "увлажненной" азотоводородной смеси; a, b, c, d, k (об. долях) – концентрация этих компонентов в составе АВС; n (об. долях) – концентрация водорода в составе ЗАВА.

Считая известными постоянными величинами a, b, c, d, k, n и вводя переменные $x_1 = V_{N_2}, x_2 = V_{H_2} = nV_3, x_3 = V_{H_2O}, x_4 = V_{CH_4}, x_5 = V_{Ar}, x_6 = V_1; x_7 = V_2$, приходим к следующей системе уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = x_6 \\ x_6 + x_7 = V_3 \\ x_1 = ax_6 \\ x_2 = bx_6 = nV_3 \\ x_3 = cx_6 \\ x_4 = dx_6 \\ x_5 = kx_6 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} x_1 + x_3 + x_4 + x_5 - x_6 = -x_2 = -nV_3 \\ x_6 + x_7 = V_3 \\ x_1 - ax_6 = 0 \\ bx_6 = nV_3 \\ x_3 - cx_6 = 0 \\ x_4 - dx_6 = 0 \\ x_5 - kx_6 = 0 \end{cases}$$

Поскольку в исходной системе первое уравнение является линейной комбинацией уравнений с 3-го по 7-е, то оно может быть исключено из системы. Тогда система примет вид:

$$\begin{cases} x_6 + x_7 = V_3 \\ x_1 - ax_6 = 0 \\ bx_6 = nV_3 \\ x_3 - cx_6 = 0 \\ x_4 - dx_6 = 0 \\ x_5 - kx_6 = 0 \end{cases}$$

Вводя конкретные значения a, b, c, d, k (процентное содержание азота, водорода, воды, метана, аргона в составе АВС); n (процентное содержание водорода в составе ЗАВА); V_3 (объемный расход ЗАВА) и решив систему уравнений, получим значения переменных $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ (объемы расхода азота, водорода, воды, метана и аргона в составе "увлажненной" азотоводородной смеси, а также объем расхода "увлажненной" АВС и расход высокочистого азота, направляемого на смешение).

Математическая модель, описывающая получение карбамид-аммиачно-селитровых смесей

$x_i = \det A_i / \det A$, где $\det A$ – определитель квадратной матрицы $A = (a_{ik})$; $\det A_i$ получается из $\det A$ заменой i -го столбца столбцом свободных членов (b_i).

Но этот способ неудобен для вычислений, так как найти определитель матрицы не проще, чем непосредственно решить систему уравнений. Кроме того, в случае $\det A = 0$ метод Крамера также оказывается неприменим. В ЭВМ правило Крамера не применяется, так как оно требует большого числа действий. Например, для решения системы трех линейных уравнений с тремя неизвестными требуется вычислить 4 определителя 3-го порядка. Для вычисления определителя порядка n требуется $(n-1)n!$ умножений и $(n-1)$ сложений, т.е. $N = n! - 1$ операций. Таким образом, в случае $n = 3$ будет $N = (3 \cdot 3! - 1) = 68$, еще нужно выполнить 3 деления, итого 71 операцию.

Метод Гаусса основан на приведении матрицы системы к треугольному виду, т.е. все элементы ниже главной диагонали равны нулю. Для этого вычитаем из второго уравнения системы первое, умноженное на такое число, чтобы уничтожился коэффициент при x_1 . Затем таким же образом вычтем первое уравнение из 3-го, 4-го и т.д. Тогда исключаются все коэффициенты 1-го столбца матрицы A , лежащие ниже главной диагонали.

Затем при помощи 2-го уравнения исключим из 3-го, 4-го и т.д. уравнений коэффициенты 2-го столбца матрицы A . Последовательно продолжая этот процесс, исключим из матрицы A все коэффициенты, лежащие ниже главной диагонали. Заметим, что правые части b_i ($i = 1, 2, \dots, n$) также преобразуются в ходе этого процесса в числа $b_i^{(k)}$.

После описанных преобразований получим систему, расширенная матрица которой имеет вид:

$$\begin{pmatrix} a_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)} & \dots & a_{1n}^{(1)} & b_1^{(1)} \\ 0 & a_{22}^{(2)} & \dots & a_{2n}^{(2)} & b_2^{(2)} \\ 0 & 0 & \dots & a_{3n}^{(3)} & b_3^{(3)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & a_{nn}^{(n)} & b_n^{(n)} \end{pmatrix}.$$

В результате выполнения обратного хода найдем неизвестные x_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

Метод Гаусса целесообразно применять для решения систем с плотно заполненной матрицей. Если порядок системы n , то число арифметических операций, которые нужно выполнить при решении системы, равно $2/3 n^3$. В частности, для системы трех линейных уравнений с тремя неизвестными число арифметических операций $(2/3)3^3 = 18$ (для сравнения – в методе Крамера – 71 операция).

Таким образом, метод Гаусса является более универсальным и менее трудоемким, не требует отличия от нуля главного определителя системы и может быть рассмотрен в любых случаях, есть также машинный вариант [2].

В настоящее время предпочтение отдается матричной модели, т.е. модели, построенной в виде таблицы (матрицы). Такие модели отображают соотношения между затратами на производство и его результатами. Широкое распространение матричной модели связано с тем, что запись данных в табличной форме облегчает обработку на компьютерах и дает наглядное представление о результатах расчета.

Вероятно, руководствуясь подобными идеями, авторы [3] – наглядного практического руководства по использованию численных методов "руками Microsoft Excel" – взяли за основу именно метод обратной матрицы. А, как известно, обратная матрица существует только для матриц, определитель которых отличен от нуля: $\det A \neq 0$.

Более подробно с точными или прямыми методами, рассмотренными выше, можно познакомиться в [4].

Кроме точных методов решения систем линейных уравнений существуют и приближенные. Так, разработчиками системы "Mat Cad" применен метод итерации. Основываясь на данном методе, машина выдает первый получившийся результат. В случае, когда этот результат не единственный, пользователю было бы предпочтительнее получить все возможные.

Таким образом, многообразие методов решения систем уравнений позволяет выбирать наиболее удобный для того или иного случая. Как показано выше, при моделировании процессов производства КАСС и ЗАВА наиболее целесообразно

использовать матричный способ как наиболее простой, удачно реализованный программно [3], тем более, что в данной серии задач исключается возможность получения нулевого определителя системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аншелес В.Р., Дронова Л.Н., Юдин Р.А. О математической модели нового процесса производства защитной азотоводородной атмосферы для термометаллургических процессов // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства», посвященной 120-летию академика И.П. Бардина. – Череповец: ЧГУ, 2003.
2. Егоров В.П., Дьячкина И.П., Костина О.И., Егоров Н.В. Высшая математика: Метод. указания к лабораторному практикуму. Ч. 1. – Череповец: ЧГУ, 1996.
3. Игошин В.И., Болтухов С.П. Численные методы "руками Microsoft Excel." – Вологда: ВоПИ, 1998.
4. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. 1. – М.: Высш. шк., 1980.
5. Кокшарова М.Н. Высшая математика: Метод. указания к выполнению лабораторной работы «Решение систем линейных уравнений». – Вологда: ВоПИ, 1992.

Раздел 11

МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 669.184

С.Н. Сумин, К.В. Симонов, А.Е. Акулич
Кафедра металлургических технологий

ВНЕПЕЧНАЯ ДЕСУЛЬФУРАЦИЯ ЧУГУНА

Для выплавки стали с пониженным и низким содержанием серы возникает потребность во внепечной обработке чугуна [1] – [7].

В работе изучали возможность десульфурации чугуна содой, смесью извести и плакирового шпата, магнием, смесью извести и магния.

Опытные плавки проводили в открытой печи сопротивления Таммана в графитовом тигле. Контроль температуры осуществляли платино-платинородиевой термопарой.

Основные этапы технологии плавки.

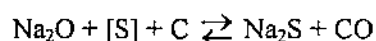
1. Плавление чугуна известного химического состава.
2. Обработка чугуна десульфуратором.
3. Отбор пробы и химический анализ чугуна.
4. Обработка результатов эксперимента.

Десульфурация чугуна содой

Расплав чугуна (4,3 % C; 0,14 % S) массой 14,04 г с температурой 1415 °С выдерживали в течение 10–15 мин. Соду в количестве 0,5; 1,5; 3,0;

5,0 % от массы чугуна с помощью алундовой трубки вводили в расплав. После обработки расплава отбирали пробы.

Теоретически возможное содержание серы в чугуне после десульфурации содой по реакции



определяли по формуле

$$[\text{S}]_{\text{расч}} = \frac{100}{a_{\text{C}} f_{[\text{S}]} K_p}, \% \text{ по массе}, \quad (1)$$

где a_{C} – активность углерода; $f_{[\text{S}]}$ – коэффициент активности серы в чугуне; K_p – константа равновесия реакции.

Коэффициент активности серы в чугуне рассчитывали по соотношению:

$\lg f_{\text{S}}^{\text{C}} = 0,11[\text{C}] + 0,006[\text{C}]^2$, где $[\text{C}]$ – содержание углерода в чугуне, % по массе.

Константу равновесия реакции десульфурации – по формуле:

$$\lg K_p = \lg \frac{a_{\text{Na}_2\text{S}}}{a_{\text{Na}_2\text{O}} \cdot a_{\text{C}} \cdot [\%S] \cdot f_{[\text{S}]}} = \frac{440}{T} + 5,74,$$

где T – температура чугуна, К.

Активность углерода, растворенного в чугуне, вычисляли через коэффициент активности γ_{C} и мольную долю x_{C} :

$$a_{\text{C}} = \gamma_{\text{C}} x_{\text{C}},$$

$$\gamma_{\text{C}} = \frac{1}{1 - 5x_{\text{C}}}.$$

Степень отклонения от равновесия оценивали путём сравнения расчетных и экспериментальных значений концентраций серы.

Коэффициент использования соды вычисляли с учётом расхода:

$$K_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{3,31 \cdot \Delta S}{m},$$

где ΔS – изменение концентрации серы в результате десульфурации, % масс; m – расход соды на данную навеску чугуна, г.

Эффективность процесса десульфурации оценивали степенью десульфурации η_{S} :

$$\eta_{\text{S}} = \frac{[S]_{\text{н}} - [S]_{\text{к}}}{[S]_{\text{н}}} \cdot 100 \%,$$

где $[S]_{\text{н}}$ и $[S]_{\text{к}}$ – начальное и конечное содержание серы в чугуне соответственно, %.

Результаты опытных плавов представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

Таблица 1

Результаты обработки чугуна содой

$S_{\text{н}}$, % по массе	$S_{\text{к}}$, % по массе	Расход соды, % от массы чугуна	K, %	$[S]_{\text{расч}}$, %	η_{S} , %
0,014	0,011	0,5	0,142	$2,12 \cdot 10^{-5}$	21,4
0,014	0,011	1,5	0,047		21,4
0,014	0,011	3,0	0,024		21,4
0,014	0,011	5,0	0,014		21,4

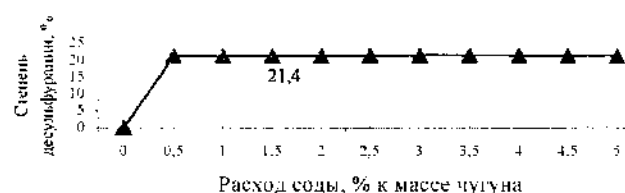


Рис. 1. Зависимость степени десульфурации чугуна от расхода соды

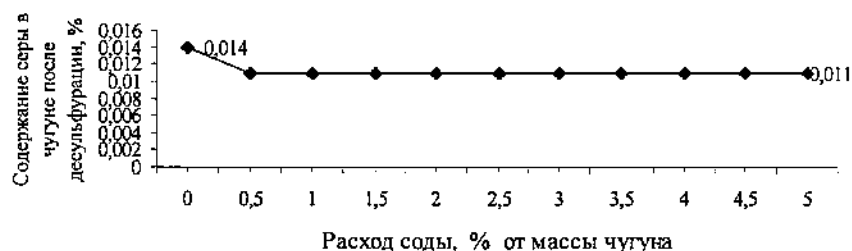


Рис. 2. Влияние расхода соды на конечное содержание серы в чугуне

Результаты опытных плавов (табл. 1, рис. 1, 2) показали, что степень десульфурации чугуна при расходе соды 0,5-5,0 % от массы чугуна составила 21,4 %, обеспечивая содержание серы 0,011 %.

Десульфурация чугуна смесью извести и плавикового шпата

Опытные плавки с этими реагентами проводили по аналогичной методике.

Константу равновесия реакции десульфурации: $\text{CaO} + [\text{S}] + \text{C}_{\text{гр}} = \text{CaS} + \text{CO}$, определяли по формуле

$$\lg K_p = \lg \frac{a_{\text{CaS}} P_{\text{CO}}}{a_{\text{CaO}} a_{\text{C}} [\%S] f_{[\text{S}]}} = -\frac{5540}{T} + 5,75.$$

Активность серы при температуре чугуна 1420 °С оценивали, как и при обработке чугуна содой.

Полученные данные сведены в табл. 2 и отражены на рис. 3, 4.

Результаты показали, что при использовании смеси извести и плавикового шпата степень десульфурации (в среднем 78 %) превышает этот показатель при применении соды.

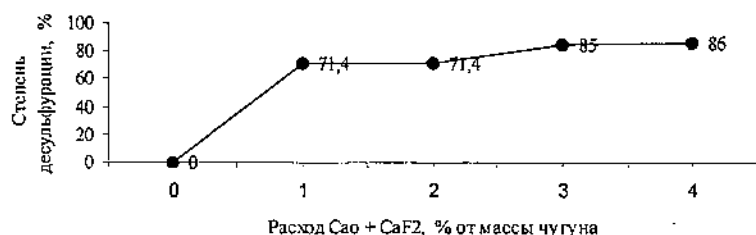


Рис. 3. Зависимость степени десульфурации чугуна от расхода смеси CaO + CaF₂

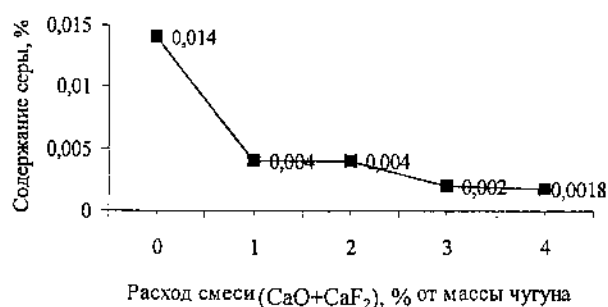
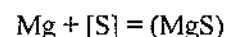


Рис. 4. Влияние расхода реагента на конечное содержание серы в чугуне

Десульфурация чугуна магнием

Константу равновесия реакции



определили по формуле:

$$\lg K = \lg \frac{a_{(\text{MgS})}}{P_{\text{Mg}} \cdot [\% \text{S}] \cdot f_{[\text{S}]}} = \frac{22\,750}{T} - 9,63.$$

В опытных плавках использовали чугун трех смешанных составов со средним значением содержания серы 0,014 %.

Пассивированный порошок магния вводили в расплав без добавок и наполнителей. Температура чугуна 1400 °С с массой навески 42 г. В чугун с содержанием серы 0,029 % магний подавали также в среде аргона.

Результаты исследований приведены в табл. 3 и на рис. 5.

Таблица 3

Результаты обработки чугуна магнием и смесью Mg + Ar

Таблица 2
Результаты обработки чугуна смесью извести и плавикового шпата

Масса навески чугуна, г	S _н , % по массе	S _к , % по массе	Расход смеси, % от массы чугуна	[S] _{расч} , %	η _s , %
25	0,014	0,004	1	0,0534	71,4
25	0,014	0,004	2		71,4
25	0,014	0,002	3		85
20,3	0,014	0,0018	4		86

S _н , % по массе	S _к , % по массе	Расход Mg, % от массы чугуна	η _s , %
0,014	0,0128	0,02	8,6
0,014	0,0121	0,03	13,6
0,014	0,0129	0,05	7,9
0,014	0,0144	0,07	-2,3
(ресульфурация)			
0,029	0,029	0,02	-
0,029	0,025	0,03	10,7
0,029	0,023	0,05	18,3
0,029	0,025	0,07	13,8

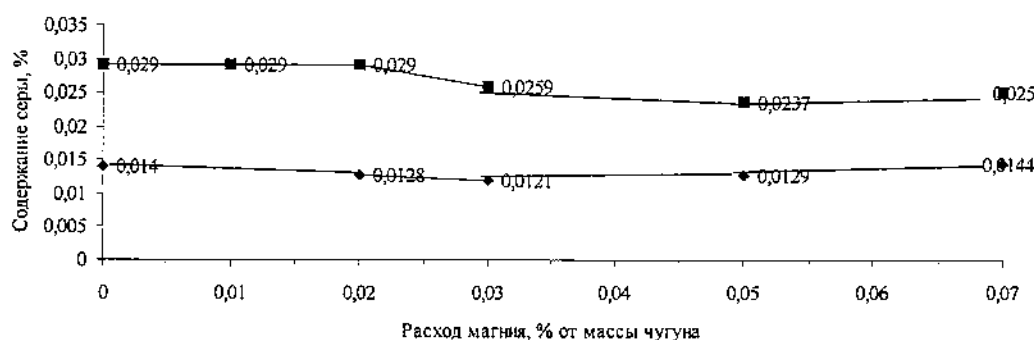


Рис. 5. Зависимость конечного содержания серы от расхода реагента: —■— Mg + Ar; —◆— Mg

Полученные результаты опытных плавок показали, что технология обработки чугуна магнием обеспечивает степень десульфурации (в среднем – 14 %) и содержание серы 0,012-0,025 %. По-видимому, в процессе внепечной обработки чугуна магнием не достигается усвоение магния расплавом.

Десульфурация чугуна смесью извести и магния

Условия проведения плавок те же, что и при использовании в качестве десульфуратора одного магния. Начальное содержание серы в чугуне 0,022 %.

Результаты исследования приведены в табл. 4 и

на рис. 6.

Таблица 4

Результаты обработки чугуна смесью извести и магния

$S_{\text{н}}, \%$	$S_{\text{к}}, \%$	Соотношение CaO : Mg	Расход смеси, % от массы чугуна	$\eta, \%$
0,022	0,00361	3:1	0,08	83,6
0,022	0,00131	3:1	0,28	94,0
0,022	0,00239	4:1	0,10	89,1
0,022	0,00578	4:1	0,15	73,1
0,022	0,00207	4:1	0,25	95,1
0,022	0,00379	4:1	0,35	82,8

По полученным экспериментальным и расчетным данным составлена сводная табл. 5 и объединенные графики на рис. 7, 8.

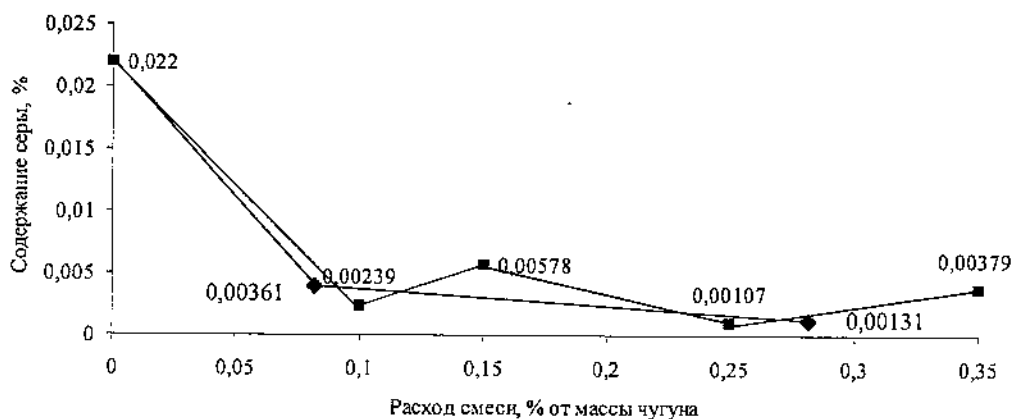


Рис. 6. Зависимости конечного содержания серы в чугуне от расхода смеси CaO + Mg: —■— 4:01; —●— 3:01

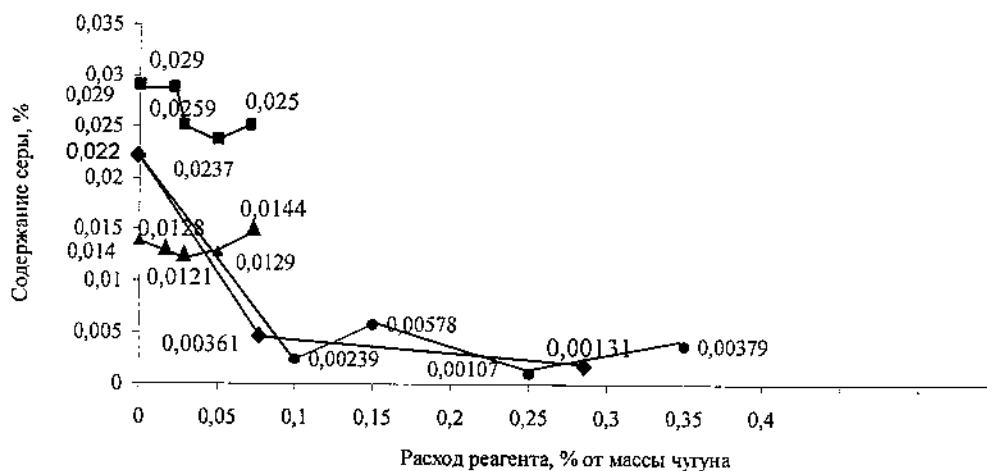


Рис. 7. Зависимость конечного содержания серы от расхода реагента: —▲— Mg; —■— Mg+Ar; —●— CaO + Mg (3/1); —●— CaO+Mg(4/1)

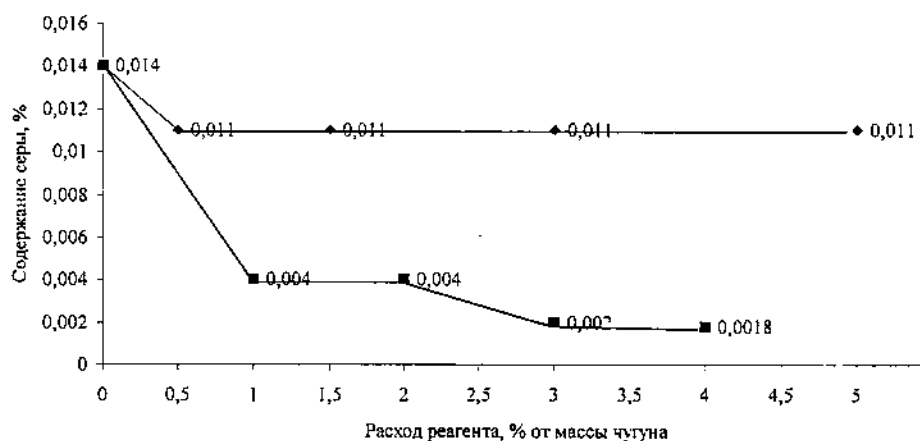


Рис. 8. Влияние расхода десульфуратора на конечное содержание серы: —◆— Na₂CO₃; —■— CaO + CaF₂

Таблица 5

Результаты десульфурации чугуна различными реагентами

Масса навески чугуна, г	S _н , %	S _к , %	Используемый реагент	Расход реагента, % от массы чугуна	η, %
14,04	0,014	0,011	Na ₂ CO ₃ (сода)	0,5	21,4
				1,5	
				3,0	
				5,0	
25	0,014	0,004	CaO + CaF ₂ (известь + + плавиковый шпат)	1,0	71,4
		2,0			
20,3		0,002		3,0	85
		0,0018		4,0	86
42	0,014	0,0128	Mg (магний)	0,02	8,6
		0,0121		0,03	13,6
		0,0129		0,05	7,9
		0,0144		0,07	-2,3 (ре-сульфурация)
42	0,029	0,029	Mg+Ar (магний в среде аргона)	0,02	-
		0,0259		0,03	10,7
		0,0237		0,05	18,3
		0,025		0,07	13,8
42	0,022	0,00361	CaO+Mg 3:1	0,08	83,6
		0,00131		0,28	94,0
42	0,022	0,00239	CaO+Mg 4:1	0,1	89,1
		0,00578		0,15	73,7
		0,00107		0,25	95,1
		0,00379		0,35	82,8

Исходя из представленных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Конечное содержание серы в металле зависит от вида и расхода реагента в системе.
2. При вводе в расплав соды содержание серы в чугуне снижается до 0,011 % и мало зависит от ее расхода.
3. Обработка расплава смесью извести и плавикового шпата позволила снизить содержание серы в чугуне до 0,0020-0,0018 % при наибольших расходах реагентов (3-4 % от массы чугуна).
4. Наиболее эффективные результаты десульфурации чугуна получены при использовании смеси извести и магния в соотношении 3:1 и 4:1.
5. В процессе десульфурации чугуна магнием необходимо реализовать механизм его усвоения в расплаве с последующим развитием обменных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. — М.: Металлургия, 1992. — С. 335.
2. Металлургия стали: Учебник для вузов // В.И. Явойский и др. — М.: Металлургия, 1983. — С. 358.
3. Воронова Н.А. Десульфурация чугуна магнием. — М.: Металлургия, 1980. — С. 237.
4. Носов С.К. Десульфурация чугуна в конвертерном цехе АО «ММК» // Сталь. — 1996. — № 10 — С. 13.
5. Ганчев А.В. и др. К математической модели внепечной десульфурации чугуна // Известия вузов. — 1992. — № 6. — С. 106.

6. Казаков С.В., Горбовский С.А. Возможность де-сульфурации чугуна металлическим кальцием // Международный сборник трудов МИСиС «Metallургия и metallургии 21-го века». – 2003. – С. 73-77.

7. Шевченко А.Ф. Закономерности процесса управляемого ввода и усвоения магния расплавом чугуна // Известия вузов. – 1998. – № 4. – С. 3.

УДК: 669.187

С. В. Шаталов, Н.Е. Хисамутдинов, Г.С. Козлов, Н.А. Жвакин
Кафедра metallургических технологий

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАРГАНЦА ИЗ РУДЫ

В общей структуре потребления марганца около 90 % используется в черной metallургии, при выплавке стали, в виде различных марганцевых ферросплавов [1]. Весь применяемый в metallургии России ферромарганец импортируется из других стран. В настоящее время стоит острая проблема создания собственной базы по переработке марганцевых руд, которыми располагает Российская Федерация.

Разрабатываемый в Череповецком государственном университете на кафедре metallургических технологий способ производства марганец-содержащих ферросплавов из российских руд позволяет получать собственный ферромарганец на имеющихся в metallургических цехах агрегатах.

Исследования проводятся с использованием руд Парнокского месторождения, отличительной особенностью которых является низкое содержание фосфора и серы. Химический состав руды приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав марганцевых руд
Парнокского месторождения

Элемент	Mn _{общ}	MnO ₂	Fe _{общ}	SiO ₂	S	P
Содержание, %	38-40	53-59	4,1-7,0	8-10	< 0,02	0,03-0,05

В качестве лабораторного плавильного агрега-

та была выбрана печь сопротивления - печь Таммана. Схема экспериментальной установки, на которой проводятся исследования по восстановлению марганца, представлена на рис. 1.

Проведенные опытные плавки показали эф-

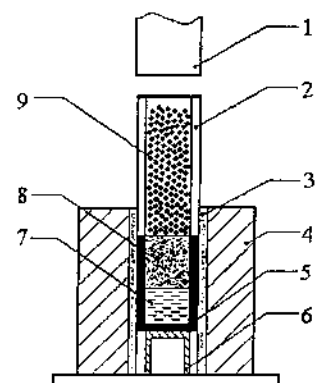


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – вытяжка; 2 – шахта; 3 – графитовый нагреватель; 4 – корпус печи; 5 – тигель; 6 – подставка; 7 – ферромарганец; 8 – шлак; 9 – шихта

фективность применяемого способа по выплавке высокоуглеродистого ферромарганца.

Первоначально используемые шихтовые материалы были крупностью до 5 мм. В качестве восстановителя использовали коксик, а в качестве флюсующей добавки была выбрана известь. Было выявлено, что добавки извести способствуют лучшему восстановлению марганца из руды, одновременно связывая кремнезем и затормаживая его восстановление, что подтверждается работой

[2], но противоречит результатам, полученным в работе [3]. Степень восстановления колебалась в пределах от 50 % - без использования извести, до 77,4 % - с использованием извести. Зависимость степени восстановления марганца от содержания извести в шихте приведена на рис. 2.

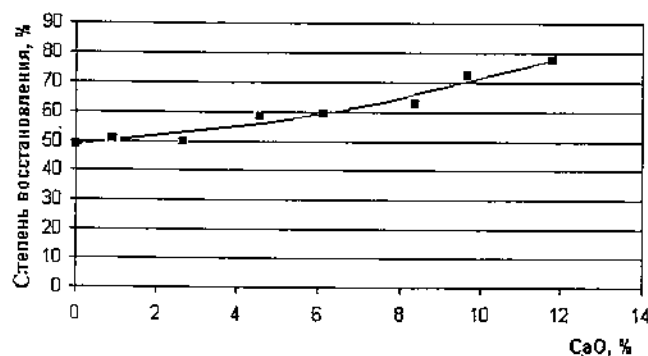


Рис. 2. Зависимость степени восстановления марганца от содержания CaO в шихте

Недостатком проведенных плавов являлась их длительность, которая составляла 60–120 мин. Для снижения себестоимости выплавляемого ферромарганца, увеличения степени восстановления марганца из руды и снижения длительности плавки в качестве восстановителя был использован антрацит. Данный выбор был сделан потому, что при низкотемпературном восстановлении антрацит предпочтительнее коксика, так как вступает в реакцию при более низкой температуре.

Также была повышена начальная температура тигля и уменьшен размер максимальной фракции с 5 мм до 2,5 мм. Дальнейшее уменьшение размера максимальной фракции нерационально, так как может привести к выбросам шихты из печи во время загрузки. Предпринятые меры позволили сократить время плавки с 60–120 мин до 25–40 мин и способствовали повышению степени восстановления марганца до 82,24 %. Зависимость степени восстановления марганца от размера шихтовых материалов показана на рис. 3.

Средний химический состав получаемого ферромарганца показан в табл. 2.

Таким образом, выявлено влияние содержания извести в шихте, размера шихтовых материалов и первоначальной температуры тигля на степень восстановления марганца из руды. Увеличение содержания извести в шихте, уменьшение размера

шихтовых материалов, повышение начальной температуры тигля, а также использование антрацита вместо коксика в качестве восстановителя ведет к значительному сокращению времени плавки и увеличению степени восстановления марганца из руды.

Таблица 2

Средний химический состав ферромарганца

Элемент	Mn	C	Si	S	P	Fe
Содержание, %	80–82	7,2–8,3	1,26–1,30	0,010–0,013	0,10–0,12	остальное

В настоящее время ведутся эксперименты по определению эффективности использования энергетических углей с более высоким содержанием летучих веществ в качестве восстановителя и намечается полупромышленная плавка.

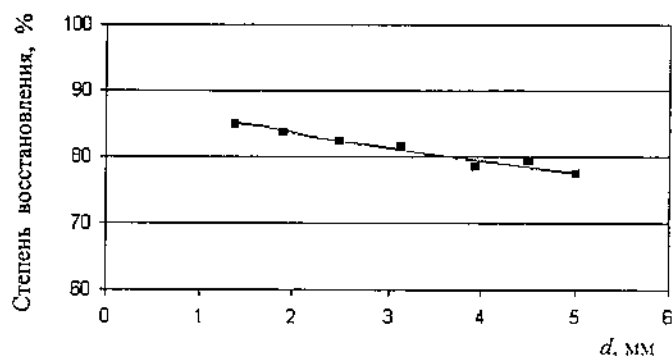


Рис. 3. Зависимость степени восстановления марганца от размера шихтовых материалов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гасик М. И., Лякишев Н. П. Теория и технология металлургии ферросплавов. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 764 с.
2. Рысс М. А. Производство ферросплавов. – М.: Металлургия, 1975. – 336 с.
3. Перетягин В. А., Павлов А. В. Особенности высокотемпературного восстановления марганцевых руд углем // Металлург. – 2003. – № 10. – С. 52–55.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНВЕРТЕРА
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ШЛАКОВЫМ РЕЖИМОМ ПЛАВКИ

В конвертерном цехе ОАО «Северсталь» проведены исследования процесса шлакообразования с использованием информации о вибрации конвертера, получаемой от датчиков, установленных на опорных подшипниках конвертера. В качестве измерителя низкочастотных перемещений конвертера использовался измерительный комплекс APV-30, позволяющий бесконтактным способом фиксировать перемещение объекта в вертикальном и горизонтальном направлениях в абсолютных единицах. Результаты непрерывного измере-

ния вибрации конвертера выводятся на дисплей и записываются на жесткий диск компьютера, входящего в состав комплекса. Специально разработанное программное обеспечение позволяет объединить информацию о вибрации с информацией о технологических параметрах конвертерной плавки, фиксируемой цеховыми подсистемами АСУ ТП «Плавка», и выводить все результаты непрерывных измерений на один компьютер для последующего анализа и использования в управлении плавкой (рис.1).

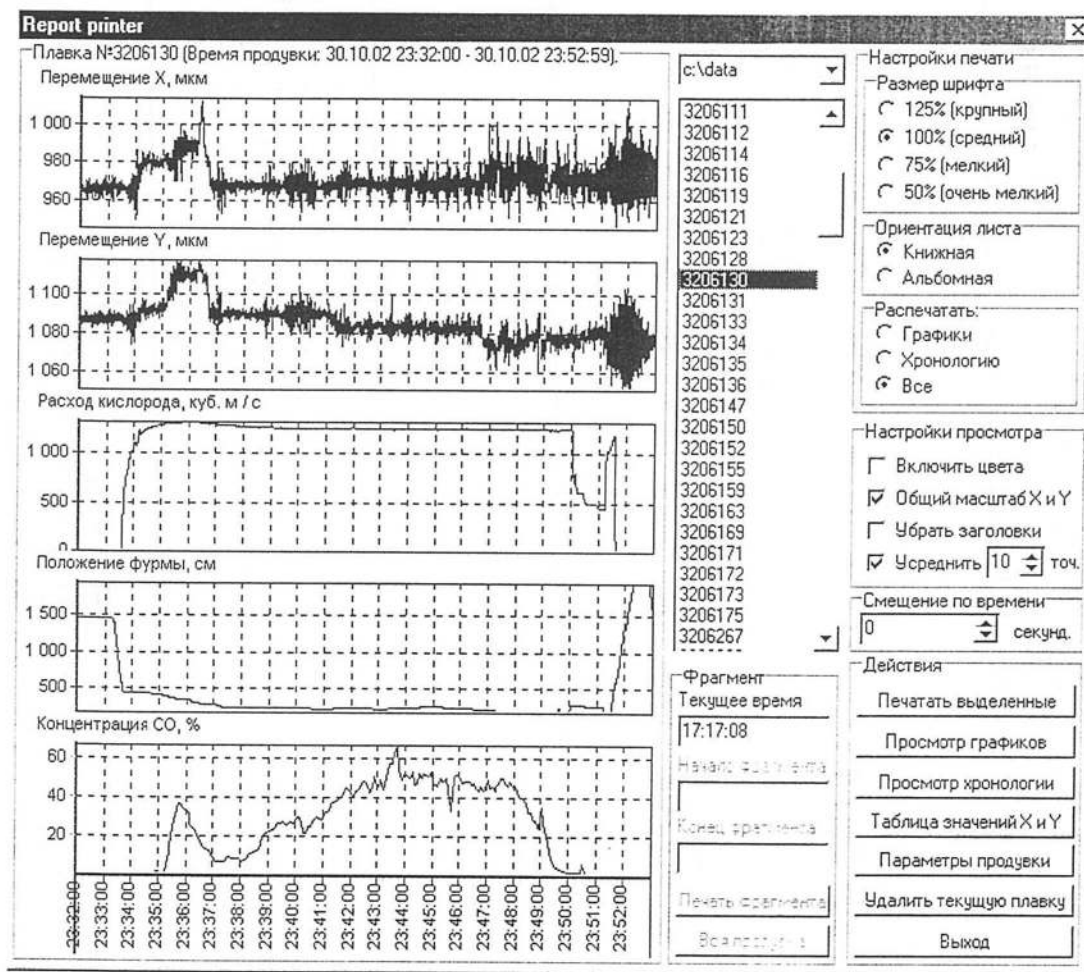


Рис. 1. Основное окно программы для просмотра сводных параметров плавки

Для выявления связи вибрации конвертера с технологическими показателями плавки (состояние и состав шлака, интенсивность обезуглероживания, интенсивность продувки, положение фурмы и др.) провели статистические исследования

параметров, фиксируемых измерительной системой и АСУ ТП цеха на одном конвертере. Общее количество переменных составляет 54 наименования (табл.1).

Таблица 1

Основные технологические параметры и их обозначения в статистических уравнениях

Обозначения	Величина	Единицы измерения	Параметр 1	Параметр 2
$X_1 - \tau_{пл}$	Время плавки	мин		
$X_2 - \tau_{прод}$	Время продувки	мин		
$X_3 - \tau_{прогр}$	Время прогрева	мин		
$X_4 - \tau_{персдв}$	Время передувки	мин		
$X_5 - G_{чуг, зав}$	Шихтовка в завалку	т	Чугун	
$X_6 - G_{лом, зав}$			Лом	
$X_7 - G_{к, зав}$			Кокс	
$X_8 - G_{изв, зав}$			Изв+ИМФ	
$X_9 - G_{д, зав}$			Дол., дол. С	
$X_{10} - T_{чуг}$	Температура чугуна	°С		
X_{11}	Хим. состав чугуна	%	С	
X_{12}			Мп	
X_{13}			Si	
X_{14}			P	
X_{15}			S	
X_{16}	Состав шлака	%	CaO	
X_{17}			SiO ₂	
X_{18}			FeO	
$X_{19} - G_k^1$	Присадки по ходу плавки в периоды	т	0 - 5 мин	Кокс
$X_{20} - G_n^1$				Изв+ИМФ
$X_{21} - G_c^1$				Дол., дол. С
$X_{22} - G_k^2$			5 - 10 мин	Кокс
$X_{23} - G_n^2$				Изв+ИМФ
$X_{24} - G_c^2$				Дол., дол. С
$X_{25} - G_k^3$			10 - 15 мин	Кокс
$X_{26} - G_n^3$				Изв+ИМФ
$X_{27} - G_c^3$				Дол., дол. С
$X_{28} - G_k^4$			15 - 20 мин	Кокс
$X_{29} - G_n^4$				Изв+ИМФ
$X_{30} - G_c^4$				Дол., дол. С
$X_{31} - T_1$	Температура металла	°С	1-й замер	
$X_{32} - T_{ст}$			Конечная	
$X_{33} - [C]_{ст}$	Содержание углерода в стали	%	С	
$X_{34} - \Sigma O_2$	Расход кислорода за плавку	м ³		
$X_{35} - H_\Phi^1$	Положение фурмы по периодам	см	0 - 5 мин	
$X_{36} - H_\Phi^2$			5 - 10 мин	
$X_{37} - H_\Phi^3$			10 - 15 мин	
$X_{38} - H_\Phi^4$			15 - 20 мин	

Обозначения	Величина	Единицы измерения	Параметр 1	Параметр 2
$X_{39} - J_{O_1}^1$	Интенсивность продувки по периодам	$\times 10^3 \text{ м}^3 / \text{мин}$	0 - 5 мин	
$X_{40} - J_{O_2}^2$			5 - 10 мин	
$X_{41} - J_{O_3}^3$			10 - 15 мин	
$X_{42} - J_{O_4}^4$			15 - 20 мин	
$X_{43} - \{CO\}^1$	Содержание CO по периодам	%	0 - 5 мин	
$X_{44} - \{CO\}^2$			5 - 10 мин	
$X_{45} - \{CO\}^3$			10 - 15 мин	
$X_{46} - \{CO\}^4$			15 - 20 мин	
$X_{47} - X^1$	Увеличение амплитуды пульсации по X по периодам	раз	0 - 5 мин	
$X_{48} - X^2$			5 - 10 мин	
$X_{49} - X^3$			10 - 15 мин	
$X_{50} - X^4$			15 - 20 мин	
$X_{51} - Y^1$	Увеличение амплитуды пульсации по Y по периодам	раз	0 - 5 мин	
$X_{52} - Y^2$			5 - 10 мин	
$X_{53} - Y^3$			10 - 15 мин	
$X_{54} - Y^4$			15 - 20 мин	

Для исследования использовали плавки, не имеющие явных отклонений технологического режима, искажающих среднестатистические показатели, таких как додувки, сверхнормативные задержки, выбросы и т.п.

Согласно теории продувки кислородная струя ударяется о поверхность ванны со скоростью более 300 м/с. По этой причине состояние шлака (в частности, его вязкость, вспененность и наличие нерастворившихся присадок) должно оказывать решающее влияние на реакцию взаимодействия струи с расплавом и, как следствие, на вибрацию конвертера. Анализ показал, что наиболее чувствительной на изменение технологических параметров является горизонтальная составляющая вибрации – X (рис. 1). Поэтому в дальнейшем в данной работе рассматриваются преимущественно горизонтальные колебания конвертера во 2-й, 3-й и 4-й пятиминутках продувки, когда шлак уже сформировался. В первые 5 минут продувки шлак только наводится.

Во второй пятиминутке зависимость колебания по оси X (X^2) следующая:

$$X^2 = -3,2 - 1,2Y^2 + 6,94[P]_{\text{чуг}} - 0,03G_{\text{доп.зав}} - \\ - 0,0068\{CO\}^1 + 0,0028\tau_{\text{чуг}} - 0,04(CaO) -$$

$$- 0,020(FeO) - 0,11G_{\text{к.зав}} + 0,0005J_{O_2}^1 - \\ - 0,82 \frac{G_{\text{лом}}}{G_{\text{чуг}}} + 0,12 G_{\text{к}}^1 + 0,43 [C]_{\text{чуг}} + \\ + 0,31 [Mn]_{\text{чуг}} + 0,0026 \tau_{\text{прог.}} \quad (1)$$

$$R = 0,76; F = 9,2.$$

В третьей пятиминутке (X^3):

$$X^3 = -19,3 + 1,49X^2 + 0,29(SiO_2) + 0,13G_{\text{доп.зав}}^3 - \\ - 0,76 G_{\text{к}}^1 + 0,04\{CO\}^2 + 14,09 [P]_{\text{чуг}} + 0,885Y^3 - \\ - 1,33Y^2 + 0,02(FeO) + 0,06G_{\text{доп.зав}} - 4,07G_{\text{к}}^2 + \\ + 0,0039H_{\text{ф}}^1 + 0,0026 J_{O_2}^3 - 0,0024 J_{O_2}^2. \quad (2)$$

$$R = 0,72 \quad F = 7,9$$

В четвёртой пятиминутке продувки (X^4):

$$X^4 = -62,93 + 0,67X^3 + 0,62Y^4 + 0,28 G_{\text{нз}}^1 - \\ - 0,18 G_{\text{доп}}^2 + 0,0027 J_{O_2}^4 - 0,06\{CO\}^1 + \\ + 0,13\tau_{\text{пл}} + 0,015\tau_{\text{прогр}} + 0,339 G_{\text{чуг}} +$$

$$\begin{aligned}
 &+0,084\{CO\}^4 - 0,29(SiO_2) - 0,22\tau_{перед} - \\
 &- 0,046G_{к.зав} - 0,97X^2 - 0,002H_{\phi}^4 - 0,058T_{ст} + \\
 &+ 0,036T_1 - 1,39 G_{лом} + 407,7 \frac{G_{лом}}{G_{чуг}} + 0,099G_{и}^4 + \\
 &+ 0,78G_{к.зав} + 1,5Y^2 - 0,006H_{\phi}^1. \quad (3) \\
 &R = 0,76 \quad F = 8,3
 \end{aligned}$$

Уравнения 1–3 показывают хорошую связь амплитуды пульсации конвертера по оси X с основными технологическими параметрами, такими как интенсивность продувки, положение фурмы, количество шлакообразующих в завалку и по ходу плавки и др. Степень влияния каждого параметра на вибрацию можно оценить по итогам статистического анализа (табл. 2, 3, 4).

тенсивность продувки.

В период с 10-й по 15-ю мин продувки основное влияние на вибрацию оказывают содержание в шлаке (SiO_2), вибрация в предыдущем периоде X^2 , количество в завалку кокса и доломита, $[P]_{чуг}$, интенсивность продувки и положение фурмы, содержание $\{CO\}$, а фактически интенсивность обезуглероживания, в предыдущей пятиминутке. Эти параметры, как известно, определяют и состояние шлака.

И в период с 16-й по 20-ю мин наиболее значимыми параметрами являются вес лома в завалку, соотношение $G_{лом}/G_{чуг}$, вес чугуна, интенсивность продувки и содержание $\{CO\}$ в отходящих газах 1-го и 4-го этапов продувки, длительность плавки ($\tau_{пл}$), (SiO_2), T_1 .

Таблица 2

Статистические показатели связи вибрации конвертера (X^2) с технологическими параметрами

Названия параметров	Beta	Std. Err.	B	Std. Err.	t(137)	p-level
Intercept			-3,20465	2,334299	-1,37285	0,172041
Y^2	0,531664	0,061636	1,20259	0,139417	8,62589	0,000000
$[P]_{чуг}$	0,231202	0,071824	6,93677	2,154939	3,21901	0,001606
$G_{л.зав}$	-0,231496	0,067123	-0,03221	0,009339	-3,44881	0,000748
$\{CO\}^1$	-0,123367	0,064785	-0,00676	0,003551	-1,90424	0,058976
$T_{чуг}$	0,177147	0,076368	0,00279	0,001201	2,31966	0,021838
$\{CaO\}$	-0,342178	0,110154	-0,04335	0,013955	-3,10637	0,002303
$\{FeO\}$	-0,198731	0,102025	-0,01975	0,010138	-1,94785	0,053477
$G_{к.зав}$	-0,121338	0,062470	-0,10957	0,056413	-1,94233	0,054148
Jo_2^1	0,129607	0,063028	0,00049	0,000240	2,05634	0,041648
$G_{лом}/G_{чуг}$	-0,089749	0,076133	-0,81858	0,694391	-1,17884	0,240505
$G_{к}^1$	0,082684	0,060096	0,11854	0,086155	1,37585	0,171113
$[C]_{чуг}$	0,091467	0,061810	0,43076	0,291092	1,47981	0,141221
$[Mn]_{чуг}$	0,102315	0,066607	0,30835	0,200735	1,53610	0,126821
$\tau_{прог}$	0,085429	0,070566	0,00255	0,002105	1,21063	0,228123

Анализ уравнений и таблиц со статистическими характеристиками показывает, что во второй пятиминутке продувки на амплитуду пульсации X^2 наибольшее влияние оказывают температура чугуна, состав шлака: (CaO) и (FeO); $[C]_{чуг}$, $[Mn]_{чуг}$, $[P]_{чуг}$, а также количество доломита в завалку, ин-

Убедившись в наличии хорошей связи амплитуды колебания конвертера с составом шлака и основными технологическими параметрами, на следующем этапе исследований определили возможность прогнозирования состава шлака по величине амплитуды вибрации и известных парамет-

Таблица 3

Статистические показатели связи вибрации конвертера (X^3)
с технологическими параметрами

Названия параметров	Beta	Std. Err.	B	Std. Err.	T(139)	p-level
Intercept			-19,2174	7,664859	-2,50720	0,013320
X^2	0,380887	0,074635	1,4861	0,291204	5,10330	0,000001
(SiO ₂)	0,328610	0,127868	0,2938	0,114306	2,56991	0,011226
$G_{\text{к}}^3$	0,177437	0,065913	0,1306	0,048499	2,69197	0,007976
$G_{\text{к}}^1$	-0,134935	0,063944	-0,7548	0,357672	-2,11019	0,036634
{CO} ²	0,191238	0,078448	0,0413	0,016938	2,43776	0,016042
[P] _{чуг}	0,120390	0,065628	14,0932	7,682606	1,83443	0,068728
Y^3	0,216222	0,071275	0,8846	0,291586	3,03363	0,002884
Y^2	-0,150548	0,077367	-1,3286	0,682795	-1,94589	0,053686
(FeO)	0,054253	0,134479	0,0210	0,052139	0,40343	0,687250
$G_{\text{д.зав}}$	0,109897	0,068487	0,0597	0,037176	1,60465	0,110841
$G_{\text{к}}^2$	-0,094495	0,062149	-4,0674	2,675160	-1,52045	0,130671
$H_{\text{ф}}^1$	0,101049	0,068335	0,0039	0,002647	1,47873	0,141476
$J_{\text{O}_2}^3$	0,204215	0,120253	0,0026	0,001534	1,69821	0,091706
$J_{\text{O}_2}^2$	-0,134802	0,123812	-0,0024	0,001883	-1,25030	0,213292

ров плавки. Полученные результаты (уравнение 4) показывают, что можно прогнозировать с большой точностью и надежностью текущее содержание (CaO):

$$\begin{aligned}
 (\text{CaO}) = & 62,8 - 0,023G_{\text{чуг}} - 0,16G_{\text{доп. зав}} - 0,37G_{\text{к. зав}} + \\
 & + 0,026\tau_{\text{прогр}} + 0,0061T_{\text{чуг}} - 38,8[\text{S}]_{\text{чуг}} + 0,045\tau_{\text{пл}} + \\
 & + 0,0084T_1 - 0,962(\text{FeO}) - 1,069(\text{SiO}_2) + \\
 & + 19,94[\text{C}]_{\text{ст}} + 0,023\{\text{CO}\}^2 + 0,037\{\text{CO}\}^3 - \\
 & - 0,02\{\text{CO}\}^4 - 0,0041J_{\text{O}_2}^3 - 0,0006J_{\text{O}_2}^4 + 0,056G_{\text{доп.}}^3 - \\
 & - 0,037G_{\text{к}}^4 - 1,17X^2 + 1,7Y^2. \quad (4) \\
 R = 0,93 \quad F = 45,5
 \end{aligned}$$

Как следует из уравнения (4), коэффициент регрессии весьма высок, однако анализ гистограмм генеральных совокупностей статистических данных основных параметров, вошедших в уравнение (4), показывает, что значения (CaO) плохо отвечают закону о нормальности распределения.

Это свидетельствует об отсутствии стремления технологов иметь какое-то определенное значение (CaO) в шлаке или присаживать известь только в определенные периоды. Разброс значений (CaO) составляет от 37 % до 50 %. Видимо, часто присадки извести производятся не с целью регулирования состава шлака, а для охлаждения плавки или осаживания вспененного шлака.

Однако полученное уравнение в целом соответствует теоретическим и практическим положениям. Так, увеличение массы жидкого чугуна способствует формированию шлака с меньшим (CaO), т.к. увеличивается количество шлака в конвертере. Высокая температура чугуна вызывает у технологов желание увеличить количество присаживаемой извести и поэтому содержание (CaO) повышается. Увеличение интенсивности продувки в 3-й и 4-й пятиминутках содействует снижению (CaO) из-за увеличения количества (FeO), т.е. увеличения количества шлака. Именно к концу процесса обезуглероживания и увеличивается доля (FeO) в шлаке.

Таблица 4

Статистические показатели связи вибрации конвертера (X^1) с технологическими параметрами

Названия параметров	Beta	Std. Err.	B	Std. Err.	t(135)	p-level
Intercept			-62,9261	48,5451	-1,29624	0,197104
X^3	0,38593	0,067392	0,6703	0,1171	5,72656	0,000000
Y^4	0,22162	0,063176	0,6206	0,1769	3,50801	0,000614
$G_{из}^1$	0,20717	0,062637	0,2828	0,0855	3,30740	0,001207
$G_{д}^2$	-0,13877	0,064307	-0,1773	0,0822	-2,15787	0,032708
Jo_2^4	0,09704	0,078722	0,0027	0,0022	1,23268	0,219836
$\{CO\}^1$	-0,16220	0,063110	-0,0602	0,0234	-2,57006	0,011253
$\tau_{пл}$	0,21614	0,063577	0,1251	0,0368	3,39975	0,000887
$\tau_{прогр}$	0,07550	0,066055	0,0153	0,0134	1,14300	0,255062
$G_{чуг}$	1,48902	0,697095	0,3391	0,1588	2,13603	0,034481
$\{CO\}^4$	0,29832	0,073213	0,0838	0,0206	4,07466	0,000078
(SiO_2)	-0,18763	0,073401	-0,2913	0,1140	-2,55621	0,011688
$\tau_{перелух}$	-0,10280	0,066749	-0,2162	0,1404	-1,54013	0,125870
$G_{изав}$	-0,05374	0,061556	-0,0456	0,0522	-0,87302	0,384201
X^2	-0,14372	0,074722	-0,9740	0,5064	-1,92343	0,056531
$H_{ф}^4$	-0,02608	0,089298	-0,0020	0,0067	-0,29202	0,770718
$T_{ст}$	-0,60015	0,150906	-0,0578	0,0145	-3,97700	0,000113
T_1	0,38368	0,139608	0,0359	0,0131	2,74830	0,006810
$G_{ном}$	-6,11837	2,462831	-1,3905	0,5597	-2,48428	0,014205
$G_{ном}/G_{чуг}$	6,59660	2,747009	407,7280	169,7893	2,40138	0,017696
$G_{из}^4$	0,11420	0,061900	0,0985	0,0534	1,84485	0,067251
$G_{к}$	0,12696	0,065253	0,7769	0,3993	1,94563	0,053777
Y^2	0,09845	0,070327	1,5091	1,0780	1,39994	0,163827
$H_{ф}^1$	-0,09547	0,080798	-0,0064	0,0054	-1,18161	0,239437

Окисленность шлака, т.е. содержание (FeO), с очень высокой достоверностью описывается уравнением:

$$\begin{aligned}
 (FeO) = & 84,4 - 1,43(SiO_2) - 0,61(CaO) - 0,03G_{чуг} + \\
 & + 0,073 \tau_{пл} + 0,013 \tau_{прогр} + 5,24[Si]_{чуг} - 1,33[C]_{чуг} - \\
 & - 52,6[P]_{чуг} - 0,05G_{дол.зав.} - 0,034\{CO\}^4 - 0,07G_{из}^4 - \\
 & - 0,15G_{дол}^4 - 0,03G_{из}^2 + 0,004H_{ф}^4 + \\
 & + 0,0013J_{O_2}^4 + 4,7[C]_{ст}. \quad (5) \\
 R = 0,97 \quad F = 144
 \end{aligned}$$

Наиболее сильное влияние на конечное содержание (FeO) оказывают вес и химический состав чугуна, время прогрева лома, присадки доломита в завалку и извести в последний период продувки, положение фурмы и интенсивность дутья в конце плавки. Причем все присадки оказывают отрица-

тельное влияние, т.е. снижают окисленность шлака. Чем интенсивнее выделяется {CO}, тем меньше остается (FeO).

Таким образом, установлено, что пульсация вибрационных характеристик конвертера в основном связана со шлакообразованием, а точнее, с состоянием шлака (вязкость, количество шлака, состав, вспененность), т.к. именно от этих параметров зависит жесткость продувки и, соответственно, вибрация конвертера. Следовательно, предлагаемая система контроля вибрации конвертера может служить дополнительной информацией о ходе шлакообразования, состоянии шлака и позволяет более целенаправленно управлять этим процессом путем определения более правильных технологических решений. Измерительный комплекс АРВ-30 в комплекте с программным обеспечением внедрены в конвертерном цехе ОАО «Северсталь».

УДК 519.8:669.18

Н.Е. Хисамутдинов, П.З. Кабаков
Кафедра металлургических технологий

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ НА УСТАНОВКЕ ВАКУУМИРОВАНИЯ СТАЛИ КОВШЕВОГО ТИПА

Наиболее часто при разработке технологии применяют инженерные расчеты, на основании которых определяют последовательность, продолжительность операций, количественные характеристики процесса и др. При таком подходе возможно учесть только отдельные стороны процесса, например, реакцию взаимодействия углерода и кислорода, снижение температуры металла в ковше при обработке, распределение кислорода между металлом и шлаком. Далее освоение технологии выполняется на большом количестве опытных плавов в течение длительного времени. Освоение технологии можно ускорить, применяя математи-

ческую модель, в которой учитываются в комплексе основные процессы, протекающие при обработке металла на УВС.

В данной работе на основе системного подхода и принципа аддитивности создана математическая модель процесса обезуглероживания металла в ковше при вакуумировании. Структурная схема системы процесса вакуумной обработки приведена на рис. 1.

На схеме показаны основные подсистемы процесса, начальные, входные и выходные параметры системы, а также взаимодействия между подсистемами. Для описания подсистем (подпроцессов)



Рис. 1. Структурная схема системы процесса вакуумной обработки

использованы дифференциальные уравнения в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями, уравнения состояния равновесия химических реакций, уравнения состояния газов. Математическая модель реализована с помощью численного метода на алгоритмическом языке программирования Borland Delphi 7.0. Модель адаптирована по процессу выравнивания состава жидкой стали в ковше при продувке нейтральным газом [1], протестирована по процессам теплопередачи, обезуглероживания и прошла проверку адекватности на основе экспериментальных данных по процессу обработки металла в ковше в условиях установки вакуумирования стали (УВС) конвертерного производства ОАО "Северсталь".

Таблица 1
Вариант технологии и результаты моделирования

Параметры	Эксперимент	Модель	Относительная погрешность, %
Масса стали в ковше, т ¹	300	300	-
Температура стали в ковше перед обработкой, °C	1653	1653	-
Толщина шлака, мм	65	65	-
[C] _{нач.} %	0,0265	0,0265	-
[O] _{нач.} %	0,0795	0,0795	-
[H] _{нач.} %	0,0004 ²	0,0004	-
Время набора вакуума до 65 Па, мин	9	8,8	2,2
Продолжительность вакуумирования при давлении менее 100 Па, мин	22	22,2	0,91
Температура стали в ковше после обработки, °C	1610	1609,2	0,049
[C] _{конеч.} %	0,0022	0,00223	1,36
[O] _{конеч.} %	0,052	0,0537	3,26
[H] _{конеч.} %	0,0002	0,000189	5,5

¹В модели учтены основные размеры и тип огнеупорной футеровки ковша.

²Содержание водорода замерялось на 5 экспериментальных плавках.

Приведем некоторые результаты проверки адекватности модели в промышленных условиях. Для проверки адекватности использовали данные по 30 плавкам марки типа IF (01ЮТ и DC05) с содержанием углерода в годном менее 0,005 % (массовых). Проверку адекватности модели выполнили в несколько этапов. На первом этапе адекватность модели проверялась по усредненному варианту технологии обработки 30 плавков (табл. 1).

Из результатов сравнения видно, что относительная погрешность минимальна и модель адекватно описывает данный вариант технологии.

На втором этапе для проверки адекватности динамики процесса воспроизвели вариант обработки плавки № 241261, наиболее представительной с точки зрения достоверности и достаточности данных (табл. 2).

Таблица 2
Вариант технологии по плавке № 241261 и результаты моделирования

Параметры	Эксперимент	Модель	Относительная погрешность, %
Масса стали в ковше, т	313	313	-
Температура стали в ковше перед обработкой, °C	1650	1650	-
Толщина шлака, мм	70	70	-
[C] _{нач.} %	0,034	0,034	-
[O] _{нач.} %	0,07062	0,07062	-
Время набора вакуума до 65 Па, мин	10	9,3	7
Продолжительность вакуумирования при давлении менее 100 Па, мин	20	20,7	3,5
Температура стали в ковше после обработки, °C	1614	1612,5	0,09
[C] _{конеч.} %	0,0019	0,00185	2,63
[O] _{конеч.} %	0,0359	0,0377	5,01

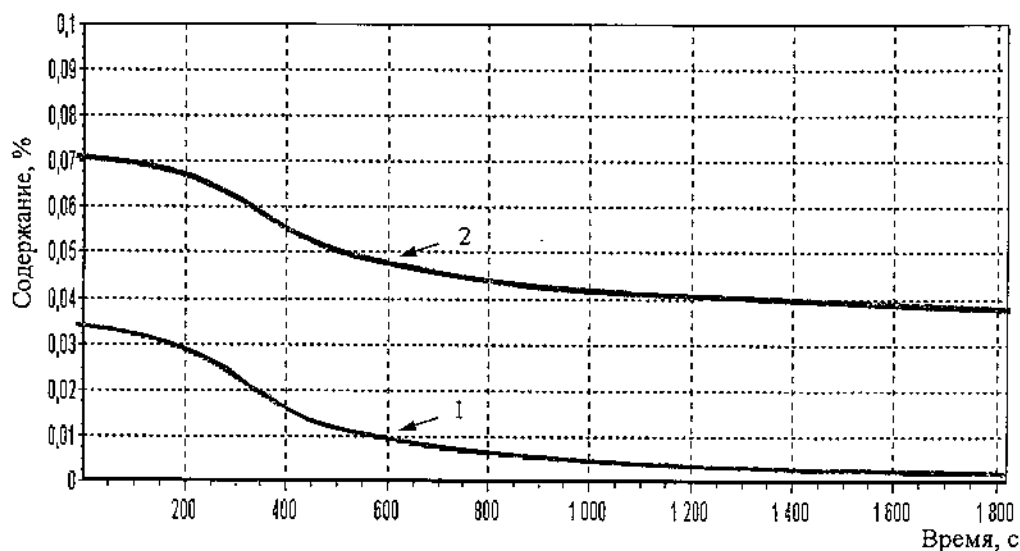


Рис. 2. График изменения содержаний углерода (1) и кислорода (2) в ходе обработки стали вакуумом при моделировании

На рис. 2 приведен график изменения содержания углерода и кислорода в ходе обработки стали вакуумом. Из рисунка следует, что процесс обезуглероживания в основном происходит в течение 10 мин (в период от 200 до 800 с). Сравним результаты по динамике состава газа, полученные в результате моделирования (рис. 3) и при обработке плавки № 241 261 (рис. 4).

Как следует из рис. 3 и 4, кривые исследуемых величин качественно и количественно согласуются после момента времени 400-500 с. На стадии

кривых. Это различие объясняется тем, что отвод газов на газоанализатор открывается по достижении давления в камере 20-30 кПа из-за повышенной запыленности газовой смеси в начале набора вакуума. Также следует отметить различие по содержанию CO_2 . Содержание CO_2 , полученное при моделировании, ниже, чем в эксперименте. Последнее объясняется тем, что в модели состав газовой смеси анализируется в камере, а в эксперименте – в газоотводящем тракте УВС (после 2-й

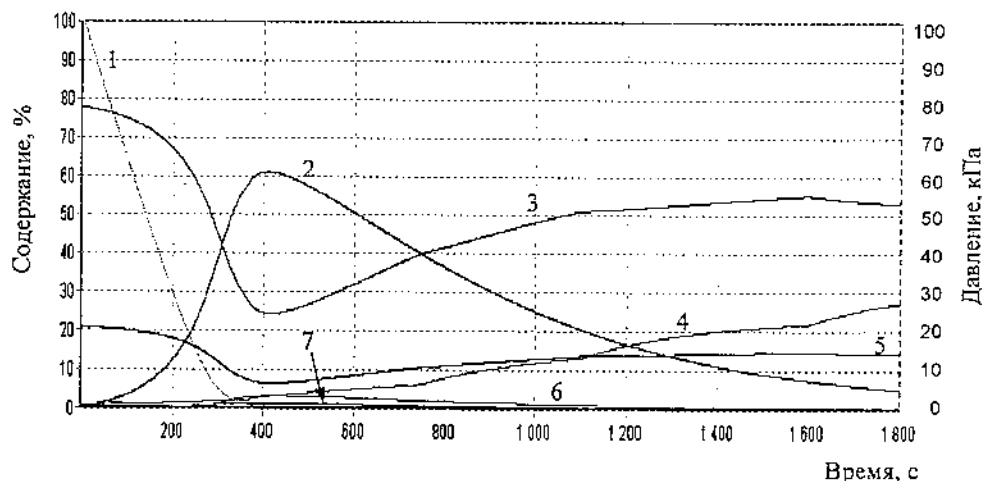


Рис. 3. График изменения состава смеси газов в камере УВС в ходе обработки стали вакуумом при моделировании: 1 – давление в камере, 2 – CO, 3 – N_2 , 4 – Ar, 5 – O_2 , 6 – H_2 , 7 – CO_2

набора вакуума (до 500 с) наблюдается различие

ступени насоса). При движении газовой смеси по

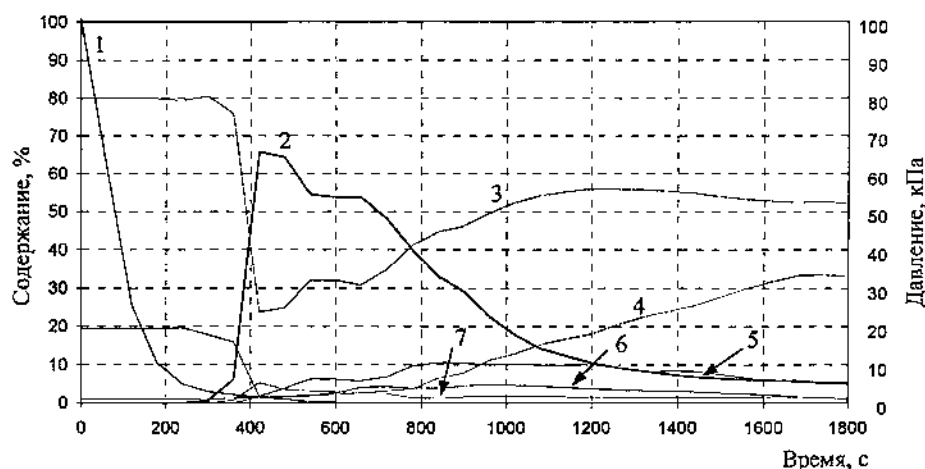


Рис. 4. График изменения состава смеси газов при обработке плавки №241261:
1 — давление в камере (кПа), 2 — CO, 3 — N₂, 4 — Ar, 5 — O₂, 6 — H₂, 7 — CO₂

тракту происходит дожигание CO до CO₂ кислородом воздуха и поэтому содержание CO₂ в эксперименте выше.

Учитывая сложность и многофакторность процесса вакуумирования, результаты проверки адекватности считаем удовлетворительными.

Разработанная модель позволяет исследовать процесс обработки металла вакуумом в ковше в зависимости от исходных данных и управляющих воздействий, выполнять прогноз в промышленных условиях. В дальнейшем модель планируется использовать для изучения закономерностей обезуг-

лероживания, тепломассопереноса и совершенствования технологии производства сталей с ультранизким содержанием углерода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Святин А. Г., Шевченко А. Д. Определение времени выравнивания состава и температуры жидкой стали в ковше при продувке нейтральным газом // Изв. АН СССР. Металлы. — 1986. — № 1. — С. 10-14.

УДК 621.771

А.Н. Луценко, А.И. Виноградов, О.Н. Тулунов
Кафедра машин и агрегатов металлургических заводов

РАЗРАБОТКА ВЕКТОРНО-МАТРИЧНОЙ МОДЕЛИ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ СОРТОВОЙ ПРОКАТКЕ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Развитие сортовой прокатки происходит в направлении создания гибких технологических процессов, при одновременном ужесточении требований к качественным показателям профилей. Это делает актуальной задачу эффективного направленного воздействия на технологические параметры процесса. Существующие модели расчета калибровок валков и технологии плохо адаптируют-

ся к меняющимся технологическим условиям и не учитывают особенности прокатки непрерывнолитой заготовки, появившейся сравнительно недавно. Традиционные методики основываются на интегральном подходе к параметрам деформации в калибрах и не позволяют выявить резервы калибровок, учесть особенности деформации такой заготовки. Использование для этих целей сложных

моделей, основанных на применении метода конечных элементов, не всегда оправдано из-за сложности и трудоемкости сбора, подготовки и обработки данных. Такой подход неприемлем для инженерных задач, требующих быстрого и эффективного решения.

Таким образом, необходима четкая, относительно простая математическая модель формоизменения металла при сортовой прокатке, адаптированная для непрерывной заготовки. Данная модель должна обеспечить:

- 1) формирование контуров калибров с учетом особенностей применяемой схемы калибровки;
- 2) описание формоизменения металла при изменении элементов калибров при их износе и переходе на другую схему деформирования;
- 3) моделирование настройки и регулировки калибров для компенсации износа;
- 4) описание неравномерности деформации по контуру калибра;
- 5) моделирование калибровки для поиска рациональных форм калибра, снижающих неравномерность деформации;
- 6) моделирование изменений и превращений в ликвационной области при деформации непрерывной заготовки;
- 7) учет других особенностей формоизменения непрерывной заготовки;
- 8) достаточную простоту и универсальность подготовки, обработки и визуализации данных независимо от типов калибров и схем деформации.

За основу разрабатываемой математической модели взят структурно-матричный подход к моделированию сортовой прокатки, разработанный в Магнитогорском государственном техническом университете [1].

Сортовая прокатка представляет собой последовательность процессов формоизменения во всех задействованных клетях стана с возможными кантовками между ними. Для математического описания технологии прокатки необходимо связать отдельные элементы этой технологии, представив их в виде математических объектов, сопоставленных с их матричным обозначением.

Для моделирования прокатки связи между геометрическими параметрами профиля в каждой

клетки по ходу прокатки описаны через преобразования матриц. В частности, технологический процесс прокатки в непрерывной группе клеток описывается набором матриц состояний $[A]_{i=0...k}$, охватывающих состояние профиля от исходного ($i = 0$) до конечного ($i = k$) и связанных между собой матрицами технологических изменений $[И]_{i=0...k}$.

Сечения раската в калибрах могут быть представлены множеством векторов n -мерного пространства (рис. 1). Из-за симметрии калибров описывается только $1/4$ всего сечения профиля, при этом необходимая точность расчетов достигается при использовании десяти радиусов-векторов (т.е. при $n = 10$) [1].

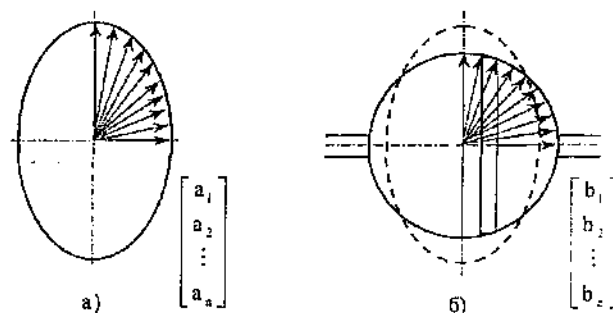


Рис. 1. Способ описания сечения с помощью векторов: а – сечение до деформации раската; б – сечение после деформации раската

Тогда формоизменение в каждом из калибров в матричном виде выглядит:

$$\begin{bmatrix} b_{10} \\ b_2 \\ \dots \\ b_{10} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1/a_1 & & & \\ & b_2/a_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & b_{10}/a_{10} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_{10} \end{bmatrix}.$$

Изменение размеров калибра вследствие износа по контуру также можно представить с применением векторной модели. В этом случае вектор, характеризующий износ калибра, получается путем вычитания компонентов вектора, характеризующего калибр до износа из компонентов вектора, описывающего изношенный калибр. Полученный вектор $[a_w]$ отображает величину единичного износа (для каждого радиуса-вектора) и распределение его по контуру (рис. 2).

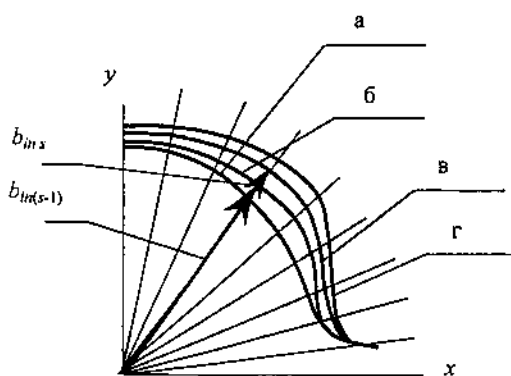


Рис. 2. Схема износа калибра: а, б, в, г — кривые износа калибра при разном количестве прокатанных тонн; $b_{in(s-1)}$ — вектор износа в n -м положении радиуса-вектора при $(s-1)$ измерении износа

Единичный удельный (на тонну прокатанного металла) износ калибра в направлении каждого радиуса-вектора может быть определен по формуле

$$U_{in} = \frac{1}{G} \left(\sum_{s=2}^G \frac{b_{in s} - b_{in(s-1)}}{p_s - p_{s-1}} \right),$$

где G — количество реальных изношенных и измеренных контуров рассматриваемого калибра; p — количество тонн металла, прокатанных для соответствующего износа данного калибра; S — порядковый номер изношенного контура калибра.

Данный показатель позволяет определить общий износ калибра, если известно количество тонн, прокатанных в этом калибре.

Определение неравномерности распределения обжатия по длине и ширине очага деформации также может быть решено с помощью матричного метода с использованием разложения матрицы на шаровую и девиаторную составляющие. Такой метод позволяет сравнивать между собой по степени неравномерности различные типы калибров и схемы калибровок.

Изменение контура поперечного сечения определяется матрицей девиатора $[D]$, при постоянном значении шаровой матрицы $[S]$. Каждый компонент девиатора определяет, какой участок контура

деформируемого профиля сжимается, а какой растягивается, что позволяет производить анализ различных систем калибров. В этом случае используется коэффициент неравномерности ($K_{нер}$), значение которого тем меньше, чем меньше будут отличаться компоненты матрицы формоизменения от шаровой матрицы. Для анализа неравномерности деформации, с учетом распределения обжатия металла по ширине калибра предложено построить кривые девиатора. Пример таких кривых для различных систем калибровок стана 250 ОАО «Северсталь» показан на рис. 3.

Кривые, расположенные на рисунке ближе к оси абсцисс, соответствуют калибровкам с меньшей неравномерностью деформации и, соответственно, кривые, расположенные дальше от оси, соответствуют калибровкам, имеющим большую неравномерность деформации. Таким образом, вид кривой девиатора определяет неравномерность деформации по контуру калибра, а сущность метода состоит в том, чтобы при построении линий контура калибра обеспечить в нем минимальные неравномерность и неплавность формоизменения.

Разработанные на основе анализа калибров критерии неравномерности и неплавности формоизменения металла в калибрах позволяют делать сравнительный анализ различных систем калибров по неравномерности формоизменения металла, находить «узкие» места в действующих системах калибровок, выявлять те элементы калибра, которые обеспечивают неравномерное обжатие по контуру, разрабатывать новые схемы калибровки и системы калибров с возможной комбинацией

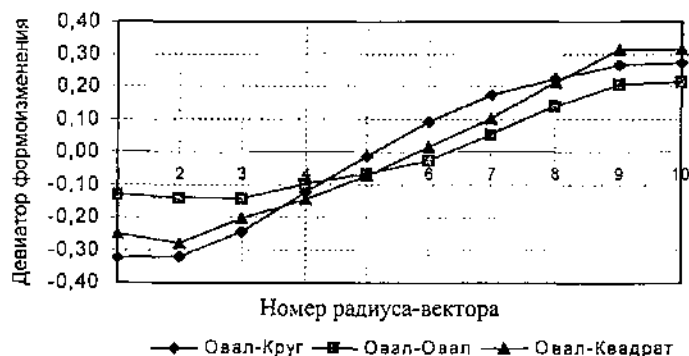


Рис. 3. Распределенный показатель неравномерности для систем калибров с входящим овальным сечением

различных типов калибров.

Однако данные критерии не учитывают особенности формоизменения непрерывнолитой заготовки, такие как наличие острых кромок у заготовки, более быстрое их охлаждение и интенсивное абразивное воздействие на калибры валков, изменившиеся условия прокатного нагрева и окалинообразования непрерывнолитой заготовки, необходимость обеспечения минимального суммарного обжатия для получения гарантируемых свойств. Последняя задача особенно актуальна для проката из подшипниковых, пружинных, канатных, специальных легированных марок сталей, из-за высоких требований к качеству готовой продукции. Использование недостаточных степеней обжатия связано качеством макро- и микроструктуры и необходимостью достижения требуемых механических свойств, поэтому модель технологического процесса должна быть дополнена матричной моделью ликвационной зоны.

Для геометрического матричного описания деформации осевой зоны заготовки предложен способ, основанный на линейной аппроксимации формы с разбиением ее на отдельные призмы с основаниями в виде сегментов. Связывание и ориентирование сегментов в сечении раската осуществляется с помощью векторов. Начало последующего вектора находится в конце предыдущего, для определения начала описания ликвационной зоны используется вектор, выходящий из центра сечения. Для анализа осевой ликвационной зоны разработаны критерии ее оценки: коэффициент относительной величины ликвационной зоны K_n и коэффициент формы ликвационной зоны $K_{ф.л}$

$$K_n = \frac{S_n}{S_p}; \quad K_{ф.л} = \frac{\sum_{i=2}^n l_i}{\max b_i},$$

где S_n – площадь сечения осевой ликвационной зоны; S_p – площадь сечения раската; l – длина ликвационной зоны.

Совместное использование предлагаемых коэффициентов позволяет отслеживать характеристики осевой ликвационной зоны и построить ее матричное отображение. Для определения изменений ликвационной зоны в процессе прокатки проводилось моделирование с использованием экспериментальных данных по деформированию

непрерывнолитых заготовок.

Для получения высококачественных сортовых профилей при меняющихся технологических условиях, главным из которых является непрерывный износ калибров, необходима оперативная настройка скоростных режимов и режимов обжатия. Для решения этой задачи матричная модель дополнена данными по настройке и регулировке калибров. Матричная структура в ней используется не только как математический объект, но и как структура для хранения упорядочения и обработки данных по всей программе прокатки стана.

Подготовка исходных данных и адаптация модели была проведена следующим образом. Путем прямых измерений шаблонов для нарезки калибров были сформированы матричные модели калибровок групп клетей станов с учетом зазоров, выставляемых по калибровке. Компоненты матриц, характеризующие ширину сечения по разьему, определялись для каждой калибровки из практических данных – таблиц калибровки – с учетом фактических межклетевых натяжений и максимальных диаметров валков.

В модель включены механические характеристики всех прокатываемых марок сталей, а износ калибров учтен на основании исследований валков на станах после прокатки регламентированного сортамента [2].

Таким образом, известная матричная модель усовершенствована и адаптирована к условиям станов 150, 250, 350 ОАО «Северсталь». Модель была проверена применительно к калибровке валков черновой группы клетей стана 350. Сначала с использованием матричных моделей была определена наиболее рациональная калибровка валков стана 350 для получения передельной заготовки квадрат 100 по схеме «ромб – квадрат». При использовании данной калибровки значение коэффициента $K_{нер}$ уменьшилось с 0,33...0,24 до 0,22...0,19, что говорит о значительном повышении равномерности деформации металла. Кроме того, данная калибровка обеспечивает хорошую прорабатываемость структуры, уменьшение дефекта шнуровидной ликвации и уменьшение вероятности образования дефектов на поверхности полосы. Промышленная проверка разработанной технологии прокатки с применением новых схем калибровки позволила при прокатке партии профи-

лей (уголок 25, 50, 40, 32 75, арматура №8-25 и круг Ø 6,5-26, всего около 56 тыс. тонн) увеличить выход годного с 95,6 до 97,9 %.

Таким образом, использование разработанной матричной модели позволило существенно улучшить условия деформирования непрерывнолитой заготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тулунов О.Н. Повышение эффективности процессов прокатки и точности сортовых профилей на основе

совершенствования технологии с использованием структурно-матричных моделей: Дис...-ра техн. наук. - Магнитогорск, 2001. - 384 с.

2. Луценко А.Н., Монид В.А., Трайно А.И., Гарбер Э.А., Виноградов А. И. Расширение возможностей технологии прокатки сортовых профилей из непрерывнолитой заготовки// Материалы IV Международной научно-технической конференции «Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства». - Череповец: ЧГУ, 2003. - С. 172-176.

УДК 621.771.016.3:621.771.014-416

Э. А. Гарбер., И.А. Шадрюнова, А.В. Кожеевников, Д.И. Никитин
Кафедра машин и агрегатов металлургических заводов

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ (научные разработки кафедры МАМЗ ЧГУ 1997-2004 гг.)

1. Состояние проблемы [1], [2], [3].

Характерные тенденции развития мирового производства холоднокатаных листов последних десятилетий XX века и начала XXI века.

1. Освоение выпуска особо тонких холоднокатаных полос (конструкционный лист толщиной до 0,2-0,3 мм, жель – толщиной до 0,08-0,1 мм).

2. Уменьшение допусков по разнотолщинности и планшетности, ужесточение требований по микрогеометрии и чистоте поверхности.

3. Появление новых марок сталей с повышенными характеристиками пластичности.

4. Оснащение станов АСУТП новых поколений, реализуемыми на новых компьютерных средствах, а также эффективными средствами регулирования толщины, профиля и формы полос, теплового режима и охлаждения валков.

5. Переход на смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) новых поколений, уменьшившие в 1,5-2 раза напряжения трения в очаге деформации, в результате чего коэффициенты трения станов для прокатки автомобильного листа сблизилась с коэффициентами трения для прокатки жести.

6. Изменения в конструкции рабочих клеток:

– уменьшение диаметров бочки рабочих валков с 400-600 мм до 180-300 мм;

– перенос главного привода с рабочих валков на опорные;

– создание и внедрение наряду с 4-валковыми клетями крупных 6-валковых клетей с холостыми рабочими валками, приводными промежуточными или опорными валками.

Задачи развития теории прокатки, вытекающие из тенденций развития производства холоднокатаных листов.

1. Изменения в сортаменте, конструкции станов и технологии прокатки изменили структуру очагов деформации рабочих клетей: доля упругих участков выросла до 40-50 %, зона отставания увеличилась до 80-100 % от общей длины очага деформации. Поскольку в упругих участках условие пластичности не действует, пластическая модель очага деформации оказалась непригодной для расчета контактных напряжений, усилий и мощности при холодной прокатке, потребовалось выполнить новое решение контактной задачи – на основе упруго-пластической модели.

2. Уменьшение допусков на толщину и планшетность, внедрение новых поколений АСУТП потребовало разработки более точных, чем ранее, математических моделей энергосиловых параметров процесса прокатки, на основе которых можно

достоверно определять положение нейтрального сечения в очаге деформации.

3. Перенос главного привода на опорные или промежуточные валки потребовал включить в энергосиловой расчет *определение условий исключения пробуксовки валков*, а для этого необходимо было знать значения *коэффициента трения покоя в межвалковом контакте*, которые в литературе до 2000 года отсутствовали.

4. В методиках расчета мощности прокатки, использовавшихся в XX веке, не учитывалось положение нейтрального сечения и разное направление касательных напряжений в зонах отставания и опережения, что привело к погрешностям расчета мощности на станах новых поколений, достигавшим 50-80 %. Возникла необходимость разработки более точной методики расчета мощности.

5. При прокатке наиболее тонких полос (менее 0,5 мм) обострилась проблема резонансных вибраций в рабочих клетях, потребовалось разработать теоретические и технические решения для предотвращения вибраций, основанные на учете динамики технологических и энергосиловых параметров непрерывного стана.

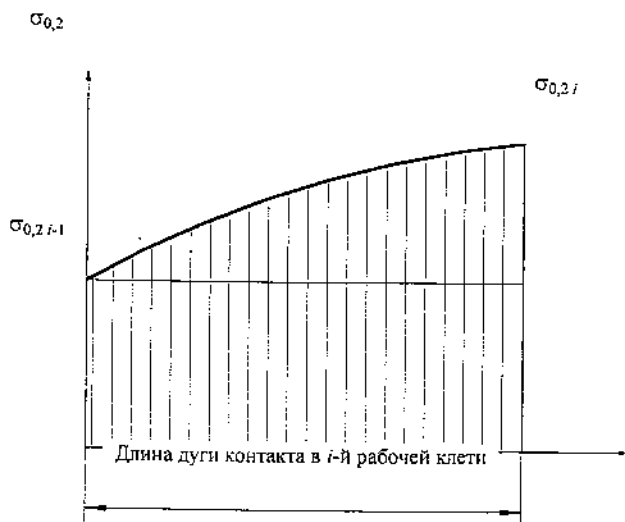
2. Новые научные результаты.

Новая методика расчета контактных напряжений и усилий холодной прокатки [3], [4], [8], [11].

Ее отличия от классических методик.

1. Принципиально иной график изменения сопротивления деформации по длине дуги контакта.

а) по классическим методикам



2. Раздельное определение напряжений на упругих и пластических участках очага деформации и протяженности каждого участка.

3. Новое решение дифференциального уравнения равновесия полосы в упругих участках.

4. Погрешность расчета в 5-7 раз меньшая, чем погрешность расчета по классическим методикам.

5. Установлено отсутствие зон прилипания в очагах деформации всех рабочих клетей при холодной прокатке.

6. Определены режимы прокатки, при которых весь очаг деформации состоит из зоны отставания.

Новая методика расчета мощности процесса холодной прокатки [6], [13].

Ее отличия от классических методик, основанных на формуле Финка.

1. Учитываются:

– работы как нормальных, так и касательных сил на каждом участке упруго-пластического очага деформации;

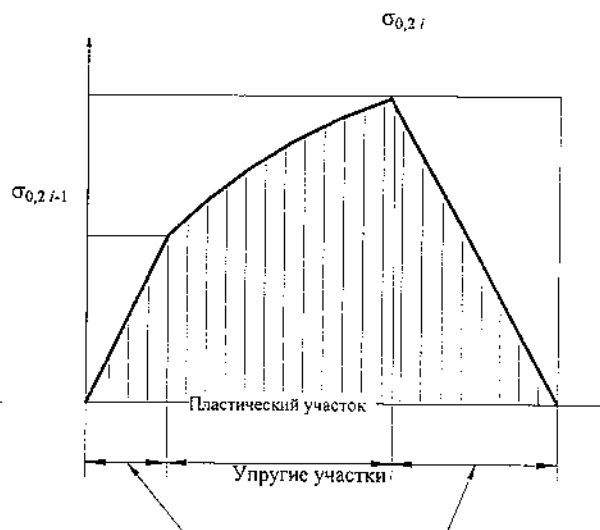
– разные направления касательных сил и совершаемой ими работы в зонах отставания и опережения.

2. Установлены следующие закономерности:

– валки расходуют энергию на прокатку только в зоне отставания, а в зоне опережения полоса возвращает валкам часть затраченной энергии;

– положение нейтрального сечения оказывает большее влияние на величину мощности, чем среднее удельное давление;

б) по новой методике



– зависимости от коэффициента трения и от натяжений полосы мощности и усилия прокатки имеют принципиальные различия, не установленные классическими методиками;

– полезную работу в очаге деформации совершают только касательные силы, поэтому формула Финка противоречит физической сущности процесса прокатки.

3. Погрешность расчета в 5-6 раз меньше, чем по методикам, основанным на формуле Финка.

Новые расчетные схемы и формулы сил и моментов в четырехвалковой и шестивалковой клетях [1], [2], [9], [10].

Их отличия от классических.

1. Направления и величины сил и моментов определяются не только при постоянной скорости, но и при ускорении и замедлении.

2. Расчетная схема шестивалковой клетки с промежуточными валками в классических методиках не рассматривалась, формулы межвалковых сил и моментов в такой клетке получены впервые.

3. Получены выражения, определяющие условия исключения пробуксовки валков, в которых впервые использован вместо коэффициента трения скольжения коэффициент трения покоя в межвалковом контакте.

4. Впервые экспериментально определены величины коэффициента трения покоя и их зависимости от параметров процесса прокатки.

Исследование и моделирование вибраций в рабочих клетях [5].

Новые научные результаты.

1. Впервые в практике листопрокатного производства проведены активные вибродиагностические эксперименты путем принудительного выведения рабочей клетки непрерывного стана во время прокатки в режим резонансных вибраций, с регистрацией всех технологических и энергосиловых параметров.

2. В результате вибродиагностических исследований достоверно установлен механизм возникновения и развития резонансных вибраций, определены факторы, оказывающие на него преобладающее влияние.

3. Разработана новая математическая модель горизонтальных сил, действующих на узел рабочих валков, получено математическое выражение, определяющее соотношение между этими силами,

исключающее резонансные вибрации в рабочей клетке.

4. Экспериментально подтверждена достоверность новых теоретических решений: расхождения между расчетными и измеренными горизонтальными силами не превысили 12-15 %.

5. Выполнено компьютерное исследование факторов, влияющих на резонансные вибрации, с учетом колебаний натяжений, усилий, коэффициента трения. Определены диапазоны технологических режимов, гарантирующие исключение резонансных вибраций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарбер Э.А. Расчет энергосиловых параметров широкополосных станов холодной прокатки // Сталь. – 1998. – № 8. – С. 37-41.
2. Гарбер Э.А. Математическое обеспечение модернизации широкополосных станов холодной прокатки // Труды 2-го конгресса прокатчиков / Институт «Черметинформация». – М., 1998. – С. 219-227.
3. Гарбер Э.А., Шадренова И.А. Энергосиловые параметры процесса холодной прокатки стальных полос толщиной менее 0,5 мм // Производство проката. – 2002. – № 3. – С. 13-18.
4. Гарбер Э.А., Шадренова И.А., Ганичев Р.Н. Анализ контактных напряжений при холодной прокатке на основе упругопластической модели очага деформации // Известия высших учебных заведений. «Черная металлургия». – 2003. – № 9. – С. 19-23.
5. Гарбер Э.А., Наумченко В.И., Кожеевников А.В., Павлов С.И. Устранение вибраций в рабочих клетях станов холодной прокатки путем коррекции энергосиловых параметров // Сталь. – 2003. – № 9. – С. 79-82.
6. Гарбер Э.А., Никитин Д.И., Шадренова И.А., Трайно А.И. Расчет мощности процесса холодной прокатки с учетом работы переменных сил трения по длине очага деформации // Металлы. – 2003. – № 4. – С. 60-67.
7. Гарбер Э.А., Шадренова И.А., Кузнецов В.В., Никитин Д.И. Улучшение качества поверхности холоднокатаных полос воздействием на положения нейтрального сечения в очаге деформации // Производство проката. – 2003. – № 2. – С. 16-19.
8. Гарбер Э.А., Шадренова И.А. Контактное взаимодействие валков и полосы при холодной прокатке: Учеб. пособие. – Череповец: ЧГУ, 2003. – 144 с.
9. Гарбер Э.А., Горшков И.К., Ермилов В.В. Закономерности трения в межвалковом контакте рабочих клеток широкополосных станов // Производство проката. – 1999. – № 7. – С. 9-13.

10. Гарбер Э.А., Горшков И.К., Ермилов В.В. Экспериментальное исследование межвалкового трения валкового узла в процессе холодной прокатки на натурной модели // Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства: Материалы 2-й Всероссийской научно-технической конференции. – Череповец: ЧГУ, 2001. – С. 13-16.

11. Garber E.A., Shadrunkova, Traino A.I., Yusupov V.S. Analysis of a Deformation Zone and the Refined Calculation of the Forces for Cold Rolling of Strips Thinner than 0.5 mm in a Continuous Mill// Russian Metallurgy. – Vol. 2002. – No. 4.

12. Garber E.A., Shadrunkova I.A., Traino A.I., Kuznetsov V.V., Yusupov V.S. Computer modeling of the deformation cell in cold rolling of IF steels as an elastic and plastic medium with the view of improving automobile sheets quality // Сборник научных трудов Международной конференции International Forum for the Properties and Application of IF Steels (F STEELS 2003). May 12 to 14. 2003. Arcadia Ichigaya, Tokyo, Japan.

13. Garber E.A., Nikitin D.I., Shadrunkova I.A., Traino A.I. Calculation of the Cold-Rolling Power with Allowance for the Variable Work of Friction along a Deformation Zone. Russian Metallurgy. – Vol. 2003. – No. 4.

УДК 621.771

В.В. Ермилов, А.А. Матвеев
Кафедра теории механизмов и машин

СТЕНД ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ В МЕЖВАЛКОВОМ КОНТАКТЕ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ «КВАРТО»¹

Коэффициент трения качения – один из исходных параметров, необходимых для энергосилового расчета клеток «кварто» листовых станов горячей и холодной прокатки. От величины этого коэффициента зависят общие потери мощности в рабочих клетях, определяющие коэффициент полезного действия главного привода стана.

Клеть «кварто» современного широкополосного стана состоит из двух рабочих валков с диаметрами бочек 200–600 мм, между которыми происходит пластическая деформация полосы, и двух опорных валков с диаметрами бочек 1100–1500 мм.

Под воздействием усилия прокатки P в межвалковом контакте возникает площадка упругого сжатия шириной $2\sigma_{оп}$, определяемой по формуле Герца [1]:

$$\sigma_{оп} = 0,798 \cdot \sqrt{\eta \cdot \frac{P_n}{L} \cdot \frac{D_1 \cdot D_2}{D_1 + D_2}},$$

где L – длина межвалкового контакта; η – упругая постоянная материалов валков, зависящая от их модулей упругости и коэффициента Пуассона; D_1 и D_2 – диаметры контактирующих цилиндров (в данном случае – бочек рабочего и опорного валков); P_n – нормальная сила в межвалковом контакте, близкая по величине усилию прокатки P .

Трение качения возникает при перекачивании рабочего валка относительно опорного и проявляется в том, что точка приложения силы P_n смещается относительно середины площадки контакта на некоторое расстояние m .

Согласно теории трения 2-го рода [2], [3], это смещение и называется коэффициентом, или плечом трения качения, определяющим потери энергии в межвалковом контакте на данный вид трения, т.е. в отличие от безразмерных коэффициентов трения 1-го рода (покоя и скольжения) коэффициент трения качения имеет размерность длины.

¹ Работа выполнена под руководством проф., д-ра техн. наук Э.А. Гарбера

Величина m оказывает прямое влияние на рабочий момент, подводимый к валкам со стороны главного двигателя: чем больше m , тем больше плечо этого момента относительно оси приводного вала.

Достоверные данные о значимости потерь на трение качения, об их доле от суммарных потерь, о степени влияния конструктивных и технологических параметров стана на величину коэффициента трения качения в литературе последних десятилетий не публиковались.

Наиболее детальное исследование коэффициента трения качения в межвалковом контакте клети «кварто» стана холодной прокатки было выполнено в 60-х годах XX века А.В. Третьяковым и В.М. Бондюгиным [1]. В этом исследовании для определения плеча трения качения использованы методы свободного выбега вала с маховиком и метод наклонной плоскости, а результаты представлены в виде зависимостей от удельного давления, скорости и от других факторов безразмерного коэффициента c , равного:

$$c = \frac{m}{\sigma_{\text{оп}}} \quad (1)$$

Введением в расчет вместо плеча m безразмерного коэффициента c удачно учтён масштабный фактор, а именно – влияние диаметров контактирующих валков на плечо трения качения.

С ростом диаметров валков увеличивается ширина площадки их контакта и, естественно, возрастают потери на трение качения.

Использование показателя c позволяет пересчитать результаты измерений плеча трения качения, выполненных на натурных моделях с диаметрами валов 100–200 мм, на условия работы промышленных станов с диаметрами рабочих валков $D_p = 200\text{--}600$ мм, опорных валков $D_{\text{оп}} = 1200\text{--}1500$ мм.

При всей значимости работы [1] необходимо отметить ряд моментов, ограничивающих возможности использования её результатов в расчетах энергосиловых параметров современных рабочих клетей, особенно станов холодной прокатки.

Во-первых, в межвалковом контакте клети «кварто» одновременно реализуются процессы трения 1-го и 2-го рода, т.к. пара «рабочий валок – опорный валок», по существу, является фрикционной передачей момента от приводного вала к

холостому. В связи с этим на площадке контакта валков могут иметь место проскальзывания бочек относительно друг друга, вызывающие соответствующие потери энергии. Эти потери существенно возрастают в рабочих клетях с холостыми рабочими валками, получившими распространение в 80-х – 90-х годах XX века. Чтобы учесть указанные потери при экспериментах, необходимо нагружать холостой валок тормозным моментом, эквивалентным моменту прокатки, действующему на рабочий валок. Методики экспериментов [1] не предусматривали нагружения холостого вала таким тормозным моментом, поэтому использование их результатов в расчете рабочих клетей с главным приводом, осуществляемым через опорные валки, проблематично.

Во-вторых, исследования [1] проводились на валках одинакового диаметра, влияние соотношения диаметров приводного и холостого валков на коэффициент трения качения не исследовалось. Учитывая, что на современных станах это соотношение изменяется в очень широких пределах – от 0,13 до 7,7, – данный вопрос является актуальным.

В-третьих, исследования [1] проводились в виде однофакторных экспериментов, без учета взаимовлияния факторов, что также ограничивает возможности их практического использования.

Диапазон значений коэффициента c , установленных в исследованиях [1], при контактных давлениях $p_0 \geq 1000$ МПа, соответствующих их реальному уровню на промышленных станах, оказался широким: $c = 0,002\text{--}0,05$, какие-либо рекомендации по выбору значения c из этого диапазона в работе [1] отсутствуют. Более того, для расчета станов холодной прокатки работа [1] рекомендует принимать $c = 0,2\text{--}0,4$, что на 1–2 порядка превышает указанные выше значения, установленные в экспериментах.

Учитывая изложенное, в Череповецком государственном университете разработана новая методика экспериментального исследования коэффициента трения качения, в которой условия межвалкового контакта максимально приближены к реальным, имеющим место в рабочих клетях «кварто» современных станов холодной прокатки.

Для проведения исследований был модернизирован лабораторный стенд, использованный ранее

для изучения закономерностей трения 1-го рода в межвалковом контакте клетей «кварто» [4].

На рис. 1 показана конструкция разработанного стенда. К основанию 1 крепятся корпуса 2 подшипников 3 нижнего приводного вала 4, соединенного через зубчатую муфту 5 с электродвигателем постоянного тока. Верхний холостой валок 6 опирается своей бочкой на бочку нижнего вала 4, а его опорные подшипники 7 установлены в корпусах 8 с зазором относительно корпусов 2 подшипников нижнего вала. Корпуса 8 вместе с валком 6 имеют возможность перемещения по вертикали в направляющих 9 под воздействием динамометров 10, воспринимающих усилие прижима от нажимной пластины 11.

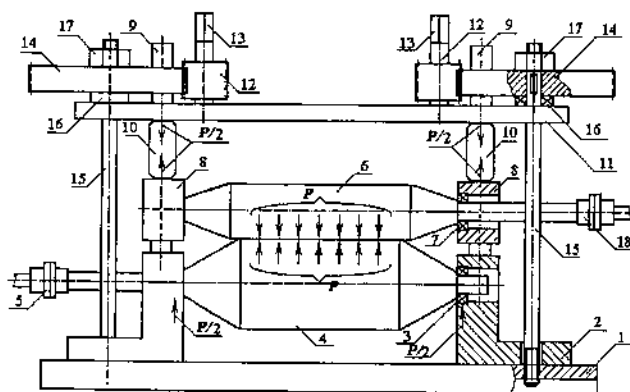


Рис. 1. Конструкция лабораторного стенда

Указанное усилие прижима создается с помощью шестерен 12, имеющих приводные концы 13. Шестерни 12 находятся в зацеплении с зубчатыми колесами 14, установленными с помощью шпоночного соединения на стержнях 15, имеющих в нижней части ходовую резьбу, с помощью которой они ввернуты в резьбовые отверстия основания 1.

Зубчатые колеса 14 опираются на упорные подшипники 16, лежащие на нажимной пластине 11. На верхние резьбовые части стержней 15 навинчены гайки 17, обеспечивающие плотный прижим зубчатых колес 14 к упорным подшипникам 16.

Создание усилия прижима происходит путём вращения шестерён 12, осуществляемого внешним воздействием через их приводные концы 13. Шестерни 12 передают вращение на зубчатые колеса

14 со стержнями 15. Последние, ввинчиваясь в основание 1, давят сверху на опорные подшипники 16, передающие это давление на пластину 11. В результате между пластиной 11 и каждым из динамометров 10 возникают сжимающие усилия $P/2$, которые фиксируются динамометрами и передаются на корпуса 8 верхнего вала 6. Между валками 4 и 6 возникает при этом контактное усилие P , тем самым создаются условия, имитирующие межвалковый контакт в клетях «кварто», а в подшипниках 3 нижнего вала возникают опорные реактивные усилия $P/2$, равные усилиям, действующим в подшипниках 7 верхнего вала 6.

Холостой валок 6 через зубчатую муфту 18 соединен с генератором постоянного тока, обеспечивающим возможность нагружения холостого вала тормозным моментом.

После нагружения валков 4, 6 усилием прижима и тормозным моментом начинается вращение приводного вала 4, привод которого преодолевает суммарное сопротивление всех внутренних и внешних источников трения, а также тормозного момента, приложенного к холостому валку. Электрическая схема стенда (рис. 2) обеспечивает возможность регистрации силы тока и напряжения в обмотках электродвигателя 19 и генератора 20, а также скорости вращения приводного вала, которую можно регулировать с помощью потенциометра 21, подключенного к тиристорному преобразователю 22. Для создания регулируемого тормозного момента к генератору 20 подключена система сопротивлений, состоящая из резистора 23 и двух реостатов 24.

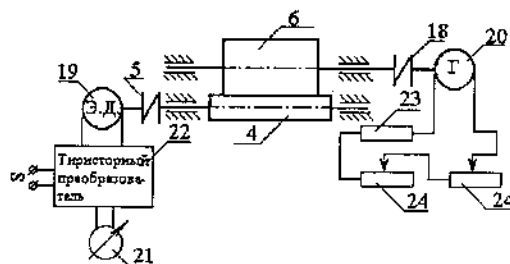


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема

Мощности на валу двигателя 19 $N_{дв}$ и на валу генератора 20 N_r при вращении валков 4, 6 под

нагрузкой могут быть определены через их электрические параметры. Мощность двигателя:

$$N_{д1} = I_{д1} \cdot U_{д1}, \quad (2)$$

где $I_{д1}$, $U_{д1}$ - сила тока и напряжение в обмотках двигателя.

Мощность генератора на протяжении всех этапов эксперимента поддерживают постоянной, т.к. она имитирует мощность тормозного момента на рабочем валке, определяемом моментом прокатки:

$$N_r = I_r \cdot U_r = \text{const}, \quad (3)$$

где I_r , U_r - сила тока и напряжение в обмотках генератора, подбираемые экспериментально для выполнения условия (3).

При отсутствии потерь на трение в подшипниках, в межвалковом контакте, в муфтах, а также внутренних потерь мощности в двигателе и генераторе, мощности двигателя и генератора, определяемые выражениями (2), (3), должны быть равны. Следовательно, разность этих мощностей, определённых по измеренным электрическим параметрам, представляет собой сумму всех перечисленных потерь:

$$\Delta N_{\text{сумм}} = I_{д1} \cdot U_{д1} - I_r \cdot U_r = \Delta N_{\text{дв}} + \Delta N_r + \Delta N_m + \Delta N_{\text{п}} + \Delta N_{\text{тр.к}}, \quad (4)$$

где $\Delta N_{\text{дв}}$ и ΔN_r - потери мощности внутри двигателя и генератора, определяемые их коэффициентами полезного действия; ΔN_m , $\Delta N_{\text{п}}$ - потери мощности на трение в муфтах 5, 18 и подшипниках 3, 7; $\Delta N_{\text{тр.к}}$ - потери мощности в межвалковом контакте.

Таким образом, конструктивная схема рис. 1 позволяет, измеряя электрические параметры двигателя и генератора, вычислить по формуле (4) суммарные потери мощности на трение во всех узлах экспериментального стенда.

Чтобы вычленив из этих суммарных потерь ту их часть, которая расходуется в межвалковом контакте ($\Delta N_{\text{тр.к}}$), после завершения измерений производят переоборудование экспериментального стенда (рис. 3): валки 4, 6 отсоединяют от двигателя и генератора и демонтируют, а вместо них устанавливают вал 25, соединяющий через муфты 5 и 18 напрямую двигатель 19 и генератор 20.

Стенд, собранный по схеме (рис. 3), имеет те же узлы сопротивления, что и собранный по схеме рис. 1 (4 подшипника, 2 муфты, двигатель и генератор), за исключением сопротивления, возникающего в межвалковом контакте.

На этом варианте стенда производят следующие измерения.

1. Нагрузив стенд той же силой P и создав на генераторе ту же тормозную мощность N_r , приводят двигатель во вращение со скоростью приводного вала $\omega_{пр}$, измеряют его силу тока $I_{д2}$, напряжение $U_{д2}$ и определяют мощность:

$$N_{д2} = I_{д2} \cdot U_{д2}.$$

2. Сохранив те же нагрузки, вращают двигатель со скоростью холостого валка ω_x , вновь измеряют электрические параметры двигателя $I_{д3}$, $U_{д3}$ и определяют его мощность:

$$N_{д3} = I_{д3} \cdot U_{д3}.$$

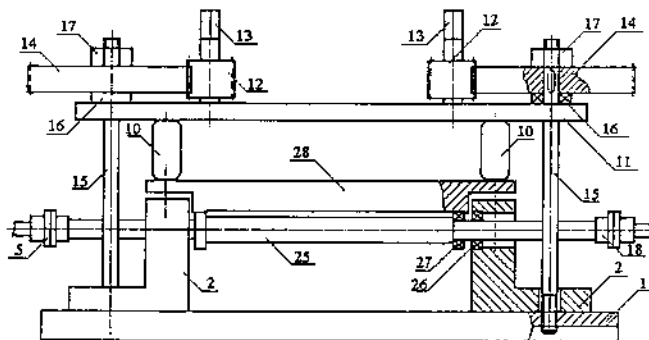


Рис. 3. Конструкция лабораторного стенда с одним валком

Далее переоборудуют стенд по схеме (рис. 4), в которой двигатель и генератор устанавливают соосно на одном валу, исключив действие сил $P/2$ и вызываемые ими потери на трение в подшипниках.

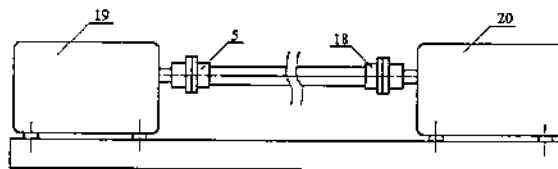


Рис. 4. Конструкция лабораторного стенда без подшипников

На этом варианте стенда производят следующие измерения: нагрузив генератор постоянной мощностью N_r , сначала вращают двигатель со

скоростью $\omega_{пр}$, измеряют электрические параметры двигателя $I_{д4}$, $U_{д4}$ и вычисляют мощность:

$$N_{д4} = I_{д4} \cdot U_{д4},$$

а затем повторяют аналогичные измерения со скоростью двигателя ω_x и определяют мощность:

$$N_{д5} = I_{д5} \cdot U_{д5},$$

где $I_{д5}$, $U_{д5}$ — замеренные параметры двигателя.

Весь комплекс вышеописанных измерений позволяет вычлени из суммарных потерь мощности ту их часть, которая зависит только от трения качения:

$$\Delta N_{тр.к} = N_{д1} - 0,5 (N_{д2} + N_{д3} + N_{д4} - N_{д5}).$$

По известной величине $\Delta N_{тр.к}$ величину плеча трения качения определяют по формуле [3]:

$$m = \frac{\Delta N_{тр.к}}{P (\omega_{пр} + \omega_x)}.$$

Первые серии опытов, выполненных на стенде по изложенной выше методике, показали, что диапазон значений безразмерного коэффициента c (см. формулу (2)) составляет, в зависимости от уровня контактных напряжений, 0,1-0,9.

На стенде имеется возможность варьировать контактные напряжения в диапазоне

200–900 МПа; угловые скорости валков в диапазоне, соответствующем их окружным скоростям 5–20 м/с; соотношение диаметров опорного и рабочего валков в диапазоне 1,3–5,8; концентрацию эмульсола в эмульсии в диапазоне 1–3 %.

Таким образом, сконструирован, изготовлен, смонтирован и испытан экспериментальный стенд для измерения коэффициентов трения качения в межвалковом контакте клетей «кварто»; разработана и апробирована методика измерений, позволяющая определять значения коэффициента трения качения в широком диапазоне реальных параметров современных широкополосных станов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяков А.В. Теория, расчет и исследования станов холодной прокатки. - М.: Металлургия, 1966. - 255 с.
2. Гарбер Э.А. Расчет энергосиловых параметров широкополосных станов холодной прокатки // Сталь. - 1998. - № 8. - С. 37–41.
3. Колчин Н.И. Механика машин: В 2 т. Т. 2. - Л.: Машиностроение, 1972. - 456 с.
4. Гарбер Э.А., Горшков И.К., Ермилов В.В. Закономерности трения в межвалковом контакте рабочих клетей широкополосных станов// Производство проката. - 1999. - № 7. - С. 9-13.

УДК 621.771.016.3:621.771.014-416

Э.А. Гарбер, Р.Н. Ганичев, И.А. Шадрюнова
Кафедра машин и агрегатов металлургических заводов

УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ОПЕРЕЖЕНИЯ НА СТАНАХ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ НАСТРОЙКИ ИХ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА

Настройка скоростного режима — одна из основных функций АСУТП непрерывного стана. Ее задача — по заданной скорости полосы на выходе из последней клетки, исходя из режима обжатий, рассчитать скорости полосы в каждой клетке, а затем — с учетом опережений — определить и задать скорости вращения валков.

Опыт настройки непрерывных станов холодной прокатки показал, что алгоритмы АСУТП в ряде случаев не обеспечивают точного определения

скоростей вращения валков. Погрешности их расчета в отдельных клетях приводят к нарушениям закона постоянства секундных объемов и, как следствие — к нестабильности межклетевых натяжений полосы.

Для устранения этих погрешностей операторы корректируют скорости вручную, в процессе указанных корректировок часть длины полос проката имеют с увеличенными отклонениями от заданных размеров и плоскостности.

Причина описанной особенности процесса настройки состоит в том, что из-за отсутствия на станах датчиков, непосредственно измеряющих скорость движения полосы, ее скорости по клетям в АСУТП определяются по окружным скоростям рабочих валков.

Для количественной оценки расхождения скорости полосы и окружной скорости валков используют коэффициент опережения [1]:

$$S_i = \frac{v_i - v_{вi}}{v_{вi}} = \frac{v_i}{v_{вi}} - 1, \quad (1)$$

где S_i — коэффициент опережения в i -й рабочей клетке; v_i — скорость полосы на выходе из валков i -й рабочей клетки (скорость прокатки); $v_{вi}$ — окружная скорость вращения валков i -й рабочей клетки, равная:

$$v_{вi} = \frac{\pi D_i n_i}{60}, \quad (2)$$

где D_i — диаметр рабочих валков в i -й клетке; n_i — скорость вращения валков в i -й клетке, об/мин.

Если задана скорость прокатки в i -й клетке, то, зная величину коэффициента опережения S_i , из выражений (1) и (2) можно определить скорость вращения валков:

$$n_i = \frac{60 v_i}{(1 + S_i) \pi D_i}. \quad (3)$$

Точность определения величины n_i зависит от погрешности расчета коэффициента опережения S_i .

Выполненный нами анализ наиболее известных методик его расчета показал, что все они позволяют вычислить величину S_i с той или иной степенью приближения, что обусловлено положенными в их основу допущениями.

Так, например, по формуле Экеелунда коэффициент опережения равен [2]:

$$S_i = \frac{\gamma_i^2}{2} \left(\frac{D_i}{h_i} - 1 \right), \quad (4)$$

где γ_i — нейтральный угол в очаге деформации i -й клетки; h_i — толщина полосы на выходе из i -й клетки.

Формула Дрездена-Головина [2] является упрощенным вариантом формулы Экеелунда:

$$S_i = \frac{D_i}{2 h_i} \gamma_i^2. \quad (5)$$

Угол γ_i , входящий в формулы (4) и (5), определяют по формуле И. М. Павлова:

$$\gamma_i = \frac{\alpha_i}{2} \left(1 - \frac{\alpha_i}{2 \mu_i} \right), \quad (6)$$

где α_i — угол захвата в i -й клетке; μ_i — коэффициент трения в ее очаге деформации.

Приведенные выше формулы не учитывают существенного влияния на величину нейтрального угла переднего и заднего натяжений полосы и в силу этого не могут быть использованы в АСУТП непрерывных станов. Кроме того, они не учитывают сопротивления деформации прокатываемого металла, которое также оказывает влияние на положение нейтрального сечения, а следовательно, и на коэффициент опережения.

Аналогичные недостатки присущи и формуле Финка [2]:

$$S_i = \frac{[h_i + D_i(1 - \cos \gamma_i)] \cos \gamma_i}{h_i} - 1. \quad (7)$$

Наибольшее распространение для расчета опережения на непрерывных широкополосных станах получила методика А. И. Целикова [1], которая лишена многих недостатков приведенных выше формул.

По А. И. Целикову, коэффициент опережения равен

$$S_i = \left(\frac{D_i}{h_i} - 1 \right) \frac{h_i^2}{D_i \Delta h_i} \left(\frac{h_{ni}}{h_i} - 1 \right)^2, \quad (8)$$

где Δh_i — абсолютное обжатие в i -й клетке; h_{ni} — толщина полосы в нейтральном сечении ее очага деформации, определяемая из выражения:

$$h_{ni} = 2 \delta_i \sqrt{\frac{\xi_{i-1}}{\xi_i} h_{i-1}^{\delta_i-1} h_i^{\delta_i+1}}, \quad (9)$$

где $\xi_{i-1} = 1 - \frac{\sigma_{i-1}}{2 \tau_{s_i}}$; $\xi_i = 1 - \frac{\sigma_i}{2 \tau_{s_i}}$; $\delta = \frac{2 \mu_i l}{\Delta h_i}$;

h_{i-1} — толщина полосы на входе в i -ю клетку; μ_i — коэффициент трения в очаге деформации i -й клетки; l_{ci} — длина дуги контакта полосы и валков; τ_{s_i} — сопротивление чистому сдвигу, среднее для очага

деформации i -й клетки; σ_{i-1} , σ_i - заднее и переднее удельные натяжения полосы.

В отличие от формул Экелунда, Дрездена-Головина и Финка, формулы А.И. Целикова учитывают влияние на опережение натяжений полосы и сопротивления деформации, а также конфигурации очага деформации, характеризуемой величинами l_{ci} , Δh_i .

Погрешность расчета величины опережения по формуле (8) зависит от точности определения толщины полосы в нейтральном сечении по формуле (9), полученной исходя из допущения о выполнении условия пластичности на всей протяженности очага деформации. Однако исследования и расчеты, выполненные в 2002–2003 гг. [3], [4], [5], показали, что в рабочих клетях современных станов холодной прокатки длина упругих участков, в которых условие пластичности не действует, достигает 40–50 % общей длины очага деформации, что приводит к значительным погрешностям расчета величин h_{ni} и S_i по формулам (8) и (9).

Кроме того, эти формулы основаны на предположении, что в очаге деформации всегда есть нейтральное сечение и зона опережения. Анализ структуры очагов деформаций рабочих клетей ряда действующих станов опровергает это предположение: в некоторых клетях, особенно при прокатке полос толщиной менее 0,5 мм, очаги деформации состоят только из зон отставания, а нейтральные сечения отсутствуют, следовательно, скорость полосы на выходе из таких клетей остается меньше окружной скорости валков [4], [5]. В таких очагах деформации, согласно выражению (1), коэффициент S_i - величина отрицательная, так как он характеризует не опережение, а отставание полосы от валков. Особенно часто отрицательные значения S_i имеют место в клетях с диаметрами рабочих валков 200–300 мм, получивших распространение на ряде заводов Европы и Азии в 80-е–90-е годы XX века. Однако по формуле (8), как и по любой другой известной формуле расчета опережения, коэффициент S_i не может иметь отрицательного значения. Следовательно, для очагов деформации, не имеющих нейтральных сечений, известные методики расчета опережения в принципе непригодны.

В связи с изложенным актуальной является задача разработки методики расчета коэффициента опережения, учитывающей напряженное состояние полосы в упругих и пластических участках очага деформации, пригодной для любого очага

деформации, независимо от того, имеется ли в нем нейтральное сечение или оно отсутствует.

Для решения этой задачи можно использовать методику расчета контактных напряжений, основанную на упруго-пластической модели очага деформации [3], [4], [5] представленной схематически на рис. 1. Эта методика обеспечивает расчет усилий холодной прокатки с погрешностью в 5–6 раз меньшей, чем методика [1] (средняя погрешность - 5 %, максимальная - 12 %), и позволяет определить по отдельности все характеристики напряженно-деформированного состояния полосы на каждом из упругих и пластических участков очага деформации: контактные напряжения, изменения толщины полосы, протяженности участков. Указанные преимущества дают возможность достоверно установить, имеется ли в очаге деформации нейтральное сечение, и при его наличии - рассчитать толщину полосы в этом сечении с минимальной погрешностью.

Ниже приведены основные расчетные формулы методики [3], [4], [5], необходимые для определения коэффициента опережения.

1. Среднее значение нормального контактного напряжения в очаге деформации (среднее удельное давление):

а) при наличии в очаге деформации нейтрального сечения:

$$p_{ср,i} = \frac{1}{l_{ci}} (p_1 x_{1упр} + p_2 x_{пл.отст} + p_3 x_{пл.опер} + p_4 x_2), \quad (10)$$

где p_1 , p_2 , p_3 , p_4 - средние удельные давления на участках 1, 2, 3, 4 (см. рис. 1);

б) при отсутствии в очаге деформации нейтрального сечения:

$$p_{ср,i} = \frac{1}{l_{ci}} (p_1 x_{1упр} + p_{23} x_{пл} + p_{4отст} x_2), \quad (11)$$

где p_{23} - среднее удельное давление на пластическом участке, целиком находящемся в зоне отставания; $p_{4отст}$ - среднее удельное давление на 4-м участке (упругого восстановления части толщины полосы, который, как и пластический участок, находится в зоне отставания).

Расчетные формулы величин, входящих в выражения (10) и (11), приведены в работе [5].

2. Упругие изменения толщины полосы на 1-м и 4-м участках:

$$\Delta h_{1упр} = h_{i-1} \frac{\sigma_{\phi 1}}{E_n}; \quad \Delta h_{2упр} = h_i \frac{\sigma_{\phi 2}}{E_n}, \quad (12)$$

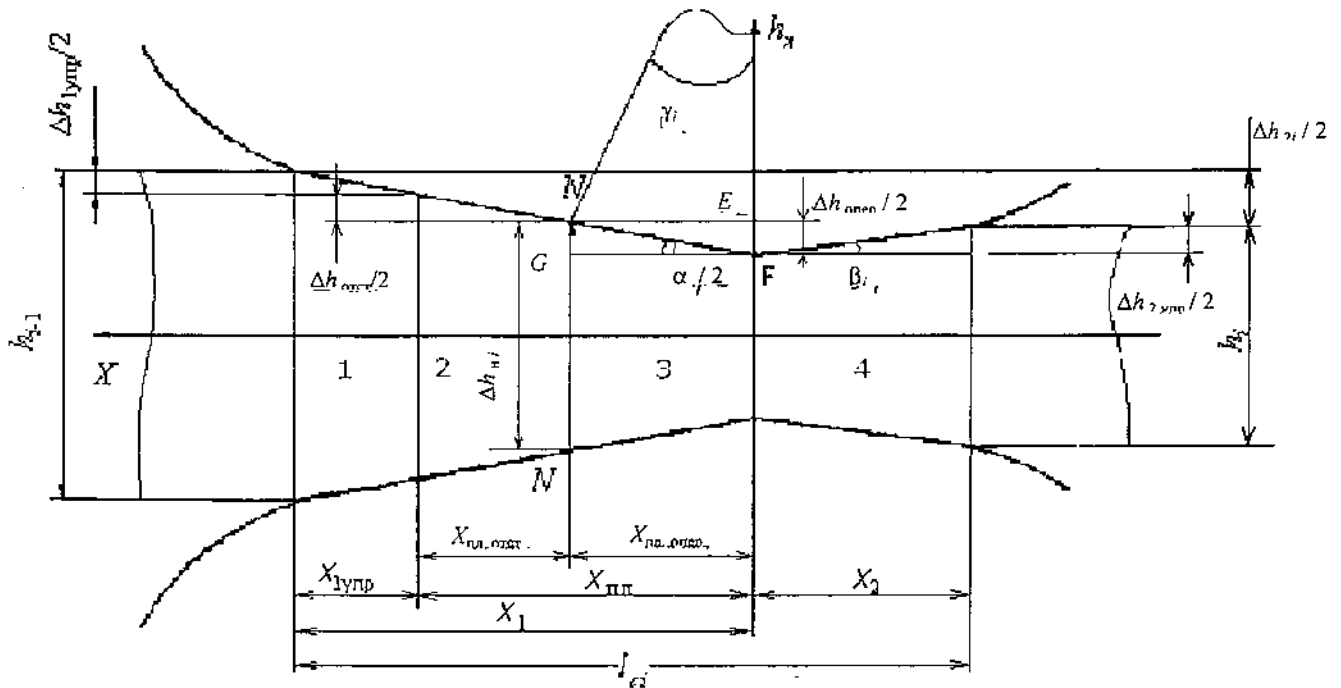


Рис. 1. Схема упруго-пластической модели очага деформации: 1 – участок упругого сжатия полосы длиной $x_{1\text{упр}}$; 2 – зона отставания пластического участка длиной $x_{\text{пл.отст.}}$; 3 – зона опережения пластического участка длиной $x_{\text{пл.опер.}}$; 4 – участок упругого восстановления части толщины полосы длиной x_2 ; $\Delta h_{1\text{упр}}$ – упругое сжатие полосы на участке 1; $\Delta h_{2\text{упр}}$ – упругое восстановление части толщины полосы на участке 4; $\Delta h_{\text{отст.}}$ и $\Delta h_{\text{опер.}}$ – обжатия на участках 2 и 3; β_i – угол наклона дуги контакта на участке 4 (значения величин α_i , γ_i , l_{ci} , h_{ni} , h_{i-1} , h_i , Δh_i указаны в пояснениях к формулам (1) – (9))

где $\sigma_{\phi 2}$ – среднее значение сопротивления пластической деформации (условного предела текучести) полосы; E_n – модуль упругости материала полосы.

3. Толщина полосы в нейтральном сечении:

$$h_{i0} = \frac{1 + \frac{\delta_{i-1}}{1,15\sigma_{\phi 2}} \left\{ \left[1 + \frac{E_n}{\sigma_{\phi 2}} \left(\frac{1 + \delta_{i-1}(1-2D^{-1}) + D^{\delta_{i-1}}(\delta_{i-1}-1)}{\delta_{i-1}+1} \right) - \frac{\sigma_{i-1}}{1,15E_n} D^{\delta_{i-1}} \delta_{i-1} - \frac{E_n}{\sigma_{\phi 2}} \right] \times \right.}{D^{\delta_{i-1}} \left[\frac{E_n}{\sigma_{\phi 2}} \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i} \left(\frac{1 + \delta_i(1-2D^{-1}) + D^{\delta_i}(\delta_i-1)}{\delta_i+1} \right) - \frac{\sigma_i}{1,15\sigma_{\phi 2}} D^{\delta_i} \delta_{i-1} + 1 \right] / h_i^{\delta_{i-1}}} \left. \times \left[\frac{\delta_{i-1}}{\delta_i} \left(\frac{1 + \delta_i(1-2D^{-1}) + D^{\delta_i}(\delta_i-1)}{\delta_i+1} \right) - \frac{\sigma_i}{1,15E_n} D^{\delta_i} \delta_{i-1} + \frac{E_n}{\sigma_{\phi 2}} \right] \left(\frac{h_{i-1}}{h_i} \right)^{\delta_{i-1}} \right\}}{\left. \right\}^{\frac{1}{\delta_{i-1}}}}, \quad (13)$$

где $\alpha/2$ и β – углы наклона контактной поверхности к оси прокатки, показанные на рис. 1, определяемые выражениями:

$$\delta_{i-1} = \frac{\mu_i}{\operatorname{tg}(\alpha/2)}; \quad \delta_i = \frac{\mu_i}{\operatorname{tg}\beta}; \quad D = \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{п}} - \sigma_{\phi 2}}; \quad (14)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\Delta h_i + \Delta h_{2\text{упр}}}{2x_1}; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{\Delta h_{2\text{упр}}}{2x_2}. \quad (15)$$

Принципиальное отличие формулы (13) от выражения (4), обеспечивающее существенно более точное определение положения нейтрального сечения, состоит в том, что в ней учтены условия трения, напряжения и деформации полосы не только в пластических, но и в упругих участках очага деформации (с помощью величин $E_{\text{п}}$, $\Delta h_{2\text{упр}}$, x_1 , x_2 , δ_{i-1} , δ_i).

Указанное преимущество формулы (13) позволяет с ее помощью определять, имеется ли в очаге деформации нейтральное сечение.

Если при расчете по формуле (13) получилось, что $h_{\text{ни}} < h_i - \Delta h_{2\text{упр}}$, то есть расчетная толщина полосы в нейтральном сечении оказалась меньше самой маленькой ее толщины в очаге деформации (см. рис. 1), это свидетельствует о том, что очаг деформации на всей его протяженности находится в зоне отставания, а нейтральное сечение отсутствует.

Действительно, согласно закону постоянства объема, самую большую скорость полоса имеет на границе пластической зоны и второго упругого участка, на втором упругом участке из-за увеличения толщины полосы ее скорость уменьшается, следовательно, если на пластическом участке имело место неравенство $v_{xi} < v_{\text{вн}}$, то оно сохранится и на участке длиной x_2 (см. рис. 2).

Используя выражения (10)–(13), можно получить новые расчетные формулы коэффициента опережения, удовлетворяющие требованиям, сформулированным во вводной части статьи.

1-й случай: в очаге деформации имеется нейтральное сечение.

Согласно закону постоянства секундных объемов имеет место равенство:

$$h_{\text{н}} v_{xi} = h_i v_i, \quad (16)$$

где v_{xi} – скорость полосы в нейтральном сечении, равная проекции на ось прокатки окружной скорости валков:

$$v_{xi} = v_{\text{вн}} \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (17)$$

Из выражений (16) и (17) следует:

$$\frac{v_i}{v_{xi}} = \frac{h_{\text{ни}} \cos \frac{\alpha}{2}}{h_i}. \quad (18)$$

Выразив в формуле (18) $\cos(\alpha/2)$ через $\operatorname{tg} \alpha/2$ и подставив ее в формулу (1), получим окончательное выражение для расчета коэффициента опережения:

$$S_i = \frac{h_{\text{ни}}}{h_i \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}} - 1. \quad (19)$$

Таким образом, при наличии в очаге деформации нейтрального сечения расчет коэффициента опережения производят в следующем порядке.

1. В качестве исходных данных принимают параметры режима прокатки и характеристики материалов полосы и валков: h_0 , h_{i-1} , h_i , $\sigma_{\phi 2}$, μ , σ_{i-1} , σ_i , диаметр бочки рабочего вала $D = 2R$, модули упругости и коэффициенты Пуассона полосы и валков $E_{\text{п}}$, $E_{\text{в}}$, $\nu_{\text{п}}$, $\nu_{\text{в}}$ (среднее сопротивление деформации определяют по справочным данным, например по формулам А.В. Третьякова).

2. Вычисляют по методике [3], [4], [5] протяженности упругих и пластических участков очага деформации (см. рис. 1): $x_{1\text{упр}}$, $x_{\text{нп.отст}}$, $x_{\text{нп.опер}}$, x_2 , изменения толщины полосы на упругих участках $\Delta h_{1\text{упр}}$, $\Delta h_{2\text{упр}}$, характеристики углов контактной поверхности $\operatorname{tg} \alpha/2$, $\operatorname{tg} \beta$, коэффициенты δ_{i-1} , δ_i , D и средние значения нормальных контактных напряжений на каждом из участков: p_1 , p_2 , p_3 , p_4 .

3. По формуле (13) вычисляют толщину полосы в нейтральном сечении $h_{\text{ни}}$.

4. Проверяют выполнение условия:

$$h_{i-1} > h_{\text{ни}} > (h_i - \Delta h_{2\text{упр}}). \quad (20)$$

5. Если условие (20) выполнено, то среднее удельное давление вычисляют по формуле (10), а коэффициент опережения – по формуле (19).

2-й случай: в очаге деформации нейтральное сечение отсутствует.

Первые четыре этапа изложенного выше порядка расчета остаются такими же, как для первого случая. Второй случай имеет место, если условие (20) не выполнено и значение $h_{нб}$, вычисленное по формуле (13), оказалось меньше величины $(h_i - \Delta h_{2упр})$.

Поскольку весь очаг деформации представляет зону отставания, соотношение скоростей полосы и валков в этом случае соответствует графикам рисунка 2, следовательно, скорость полосы на границе пластической зоны и второго упругого участка v_{xi} можно выразить через окружную скорость валков следующим образом:

$$v_{xi} = k v_{вi}, \quad (21)$$

где $k \leq 1$ — коэффициент, зависящий от коэффициента трения в очаге деформации. Максимальное его значение $k = 1$ соответствует маловероятному случаю, когда нейтральное сечение совпадает с границей пластической зоны и второго упругого участка.

При настройке скоростного режима стана желательно свести к минимуму разность скоростей полосы и валков, чтобы уменьшить напряжения трения в очаге деформации, зависящее от относительно проскальзывания контактных поверхностей. Поэтому для расчета настройки стана рекомендуется принимать $k = 0,96 - 0,98$. При наличии достоверных зависимостей коэффициента трения от относительной скорости проскальзывания $(v_i - v_{вi})$ величина k может быть уточнена.

С учетом (21) закон постоянства секундных объемов для рассматриваемого случая можно выразить в виде:

$$k v_{вi} (h_i - \Delta h_{2упр}) = h_i v_i, \quad (22)$$

откуда:

$$\frac{v_i}{v_{вi}} = k \left(1 - \frac{\Delta h_{2упр}}{h_i} \right). \quad (23)$$

Заменив в выражении (23), согласно формуле (12), отношение $\Delta h_{2упр} / h_i$ на $\sigma_{\phi 2} / E_n$ и подставив полученное выражение в формулу (1), получим окончательную формулу коэффициента опережения для очага деформации, состоящего только из зоны отставания:

$$S = k \left(1 - \frac{\sigma_{\phi 2}}{E_n} \right) - 1. \quad (24)$$

Поскольку произведение $k(1 - \sigma_{\phi 2} / E_n)$ всегда меньше единицы, величина S_i по формуле (24) является отрицательной, что соответствует физическому смыслу этого коэффициента при скорости полосы v_i , меньшей, чем окружная скорость валков.

Апробация изложенной методики была выполнена на примере реального режима холодной прокатки на пятиклетевом стане 1700 полосы из стали марки 08Пс шириной 1250 мм с исходной толщины $h_0 = 2,41$ мм на конечную толщину 0,66 мм, параметры которого представлены в табл. 1.

Расчеты контактных напряжений и толщины

Таблица 1

Фактический режим прокатки на пятиклетевом стане 1700

Номер клетки	V_i , м/с	h_{i-1} , мм	h_i , мм	E_n , %	$E_{\Sigma n}$, %	σ_{i-1} , МПа	σ_i , МПа	μ_i , б/р
1	5,09	2,411	1,703	29,37	29,37	56,4	159,7	0,0542
2	6,99	1,703	1,219	28,42	49,44	159,7	164,1	0,0330
3	9,51	1,219	0,912	25,18	62,17	164,1	175,4	0,0318
4	13,61	0,912	0,680	25,44	71,80	175,4	188,2	0,0313
5	13,96	0,680	0,656	3,529	72,79	188,2	36,6	0,0400

полосы в нейтральном сечении показали, что в пятой клетки зона опережения и нейтральное сечение отсутствуют, поэтому в клетях № 1-4 величину S_i вычисляли по формуле (19), а в клетки № 5 — по формуле (24).

Результаты расчетов в сопоставлении с расчетами по формулам (8) и (9) методики [1] представлены в табл. 2.

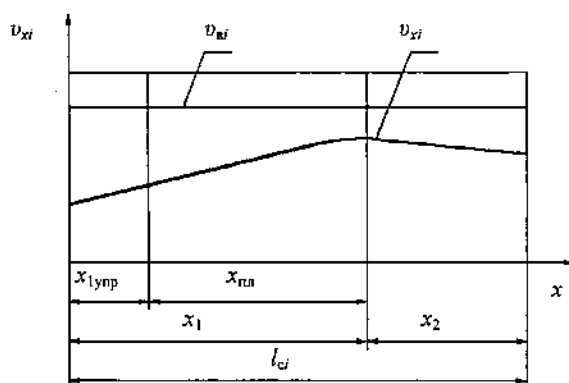


Рис. 2. Графики изменения скорости валков v_{xi} и полосы v_{xi} при отсутствии зоны опережения

Анализ данных табл. 2 показал, что расхождение величин S_i , рассчитанных по новой методике и по методике [1], в клетях № 1–4 составляет 21–55 %, а в клетях № 5 результаты сопоставимы, так как положительное значение S_i , рассчитанное по методике [1], не может иметь места в очаге деформации, состоящем только из зоны отставания.

Таблица 2

Результаты расчета коэффициентов опережения для режима прокатки, представленного в табл. 1

Номер клетки	Толщина полосы в нейтральном сечении $h_{н0}$, мм		Коэффициент опережения	
	Методика [1]	Новая методика	Методика [1]	Новая методика
1	1,98	1,944	0,0634	0,1413
2	1,41	1,26	0,0617	0,0329
3	0,999	0,957	0,0276	0,0497
4	0,756	0,722	0,0779	0,0613
5	0,661	-	0,0019	-0,0527

Таким образом, изложена новая методика расчета коэффициентов опережения на станах холодной прокатки, которая, в отличие от известных методик, учитывает напряжения и деформации металла не только в пластических, но и в упругих участках очага деформации; получена принципиально новая формула отрицательного коэффициента опережения для очага деформации, не имеющего нейтрального сечения; апробация новой методики на реальном режиме прокатки показала более достоверные результаты, чем при использовании известных методик, в связи с чем она рекомендуется для использования в алгоритмах настройки непрерывных станов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Целиков А. И., Никитин Г. С., Рокотян С. Е. Теория продольной прокатки. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
2. Беняковский М. А., Богоявленский К. Н., Виткин А. И., Гарбер Э. А. и др. Технология прокатного производства: В 2 кн. Кн. 2: Справочник. – М.: Металлургия, 1991. – 423 с.
3. Гарбер Э. А., Шадрунова И. А. Энергосиловые параметры процесса холодной прокатки стальных полос толщиной менее 0,5 мм // Производство проката. – 2002. – № 3. – С. 13 – 18.
4. Гарбер Э. А., Шадрунова И. А. Моделирование энергосиловых параметров процесса холодной прокатки при значительной протяженности упругих зон по длине очага деформации // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. "ИНФОТЕХ-2001". – Череповец, 2001 – С. 81–87.
5. Гарбер Э. А., Шадрунова И. А. Контактное взаимодействие валков и полосы при холодной прокатке (новые решения в теории тонколистовой прокатки): Учеб. пособие. – Череповец: ЧГУ, 2003. – 145 с.



АЛЕКСАНДРУ ЛЕОНИДОВИЧУ КУЗЬМИНОВУ – 50 ЛЕТ !

Профессор А. Л. Кузьминов является ведущим специалистом в области теории и технологии контроля процессов формирования слитка и состояния оборудования при непрерывной разливке стали. Им создана научная школа, сделан значительный вклад в разработку и развитие инженерных методов расчета и диагностики машин непрерывного литья заготовок, сталеразливочных стандов, подъемно-транспортных машин и механизмов металлургического производства. А. Л. Кузьминовым создана кафедра подъемно-транспортных машин и механизмов, учебный центр института металлургии и химии, более десяти учебных и научных лабораторий.

Профессор А. Л. Кузьминов является автором более 200 публикаций, имеет патенты и авторские свидетельства на 76 изобретений новых способов непрерывной разливки металлов, конструкций машин непрерывного литья заготовок, способов автоматического управления процессами непрерывной разливки и устройств для их осуществления.

А. Л. Кузьминов родился 8 июля 1954 года в г. Вологде. После окончания (с отличием) Вологодского политехнического института работал мастером на Кировском заводе в г. Ленинграде. С 1978 г. А. Л. Кузьминов - преподаватель кафедры теоретической механики Вологодского политехнического института. В 1981-1983 гг. он учится в очной аспирантуре Северо-Западного политехнического института.

В 1984 году в диссертационном совете при Ленинградском целлюлозно-бумажном институте он защищает кандидатскую диссертацию по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика. В 1985 году А. Л. Кузьминов становится до-



центом кафедры технологии металлов и материаловедения Вологодского политехнического института.

С 1989 года А. Л. Кузьминов живет и работает в г. Череповце. Работает доцентом, зав. кафедрой, деканом, проректором по учебно-методической работе по техническому направлению ЧГУ, директором института. В 1999 году в диссертационном совете при ЧГУ он защищает докторскую диссертацию по двум научным специальностям: «Машины и агрегаты металлургического производства» и «Металлургия черных металлов». В 2000 году получает ученое звание профессора, затем избирается действительным членом (академиком) Международной академии авторов научных открытий и изобретений и Академии подъемно-транспортных наук Украины.

А. Л. Кузьминов – директор Института металлургии и химии, зав. кафедрой подъемно-транспортных машин и механизмов, член ученого совета и член научно-технического совета ЧГУ, член головного научного совета по машиностроению и член учебно-методического объединения по образованию в области подъемно-транспортных наук при Министерстве образования и науки РФ, член диссертационного совета по присуждению ученой степени доктора технических наук. Профессор А. Л. Кузьминов подготовил 5 кандидатов наук, в настоящее время под его непосредственным руководством готовятся к защите еще 3 диссертации.

Профессор А.Л.Кузьминов награжден Дипломом Всемирной выставки молодых изобретателей (г. Пловдив, Болгария), серебряной медалью ВДНХ, нагрудным знаком «Изобретатель СССР», является лауреатом областной премии в области науки и техники им. академика С.В. Ильюшина.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Экология

<i>Е.Н. Яковлева.</i> Принятие долгосрочных управленческих решений в природоохранной инновационной деятельности.	3
<i>Е. Н. Яковлева, Е. Г. Лазарева.</i> Пути решения проблемы управления экологическими рисками в агропромышленном секторе России.	7
<i>Г.С. Дресвянникова.</i> Использование методов денежной оценки компонентов и объектов природной среды на региональном уровне управления для их сохранения.	11
<i>Л.Ю. Кудрявцева, Е.В. Секушина.</i> Экологический аудит состояния зеленых насаждений Первомайского района г. Череповца.	13

Раздел 2. Материаловедение

<i>А.Г. Каптюшина, О.А. Залипаева, Т.В. Туева.</i> Исследование однородности бетонных смесей на комбинированных заполнителях.	16
<i>Т.Н. Чорная, М.Ю. Белозор.</i> Сравнительные характеристики новейших материалов для плоских кровель.	19

Раздел 3. Промышленная теплоэнергетика

<i>Н.И. Шестаков, Ю.А. Калягин, О.В. Картузова, Н.В. Запатрина.</i> О расчете термического сопротивления рабочей стенки кристаллизатора с круглыми щелевыми каналами.	21
<i>Н.В. Телин.</i> Динамика неосесимметричного температурного поля полого ролика МНЛЗ.	25
<i>Е.А. Шестакова, М.Ю. Белозор, М.А. Кононова.</i> Теплообмен при увлажнении древесноволокнистых плит после их термообработки.	27
<i>С.В. Лукин, А.Р. Мусин.</i> Способ определения зависимости коэффициента теплоотдачи от удельного расхода охладителя в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ.	29
<i>О.Л. Матвеева, Н.А. Новикова.</i> Оптимизация энергопотребления в городских тепловых сетях при помощи нейросетевых технологий.	32
<i>Н.В. Кочнев, С.В. Белкова, О.Л. Сорокина.</i> Информационное обеспечение нечеткого регулятора в системе теплоснабжения.	35
<i>В.С. Грызлов, Е.В. Меньшикова.</i> Энтропийный подход к оценке теплопроводности бетона.	38

Раздел 4. Информатика, вычислительная техника и системы управления

<i>А.Н. Зуев, Л.Е. Борчук.</i> Математическая формализация глобального плана выполнения запросов реляционной СУБД.	41
<i>В.В. Плаценков, А.В. Беляев.</i> Обнаружение атак класса «Переполнение буфера» на основе анализа векторов размерностей заголовков сетевых пакетов.	43
<i>В.А. Касторнова.</i> Анализ видов информационной деятельности, реализуемых на базе ресурсов Интернет образовательного назначения.	47
<i>Т.Г. Нарушевич.</i> Система автоматизации построения карты заправки ткацкого станка для ручного ткачества.	50
<i>А.Л. Смылова, И.М. Брезгунов, А.А. Россихин.</i> Программа визуализации системы автоматического регулирования температуры горячего дутья воздушонагревателей.	52
<i>Н.С. Николаев, А.Л. Смылова.</i> Разработка алгоритма оценки статистических характеристик входного сигнала системы центрирования металлической полосы.	55
<i>Ю.В. Саутин, Н.С. Николаев.</i> Применение фрактальных методов для прогнозирования входного сигнала при синтезе систем управления.	57
<i>В. Н. Мочалин, С.А. Пойгина, А.Л. Смылова.</i> Использование автоматизированных контрольно-обучающих систем с цифровой обработкой информации при изучении специальных курсов по автоматизации технологических процессов.	60

<i>В.В. Селивановских, Е.В. Еришов, О.Г. Ганичева, Д. Иванов, В. Катилевский.</i> Комбинирование методов порогового и контурного разделения для обработки изображений сыпучих материалов с целью их анализа.....	62
<i>С.И. Теплитская.</i> Особенности использования Патентного закона Российской Федерации при создании служебных изобретений в высшем учебном заведении (на примере Череповецкого государственного университета) .	63
<i>С.Н. Потапов, Н.В. Ручкин.</i> Об уточнении понятий, связанных с компьютерным моделированием.....	65
<i>О.Е. Воробьев.</i> Анализ поведения пользователей Веб-узла на основе теории Марковских цепей	68
<i>А. Н. Зуев, М. В. Махов.</i> Особенности построения битемпоральных баз данных	71
<i>А.Н. Зуев, С.А. Гришкин.</i> Средства защиты локальных сетей	73
<i>А.В. Полянский.</i> Синтез гладко-нелинейной аппроксимирующей функции случайного аргумента в специализированных вычислителях	75

Раздел 5. Производственная логистика

<i>В.В. Плащенко, Д.А. Волотин.</i> Прогнозирование потребности металлургического предприятия в производственных запасах на основе прямой верификации	78
---	----

Раздел 6. Экономика и управление

<i>Н.Н. Иванова.</i> Проблемы становления малого бизнеса в России.....	83
<i>З.М. Магруппова, Я.А. Пестовская.</i> К вопросу оценки качества агломерата на примере ОАО «Северсталь» 85	
<i>З.М. Магруппова.</i> Методические основы оценки стоимости объектов промышленной собственности.....	89
<i>П.А. Беляева.</i> Анализ тренд-сезонной составляющей временного ряда в модели оттока наличности из банкомата	92
<i>Г.М. Тюлю.</i> Качество профессиональной подготовки менеджеров.....	95
<i>В.А. Неробова.</i> Концептуальные проблемы управленческого учета	98
<i>Н.Н. Иванова.</i> Оценка экономической эффективности разработки программного продукта.....	101
<i>Г.Н. Леонова.</i> Особенности формирования российской модели социальной политики.....	103
<i>В.М. Васильцова.</i> Гендерные аспекты экономических исследований	105
<i>В.С. Васильцов, А.А. Орголайнен.</i> Оценка инновационного потенциала научно-технической продукции ..	108
<i>В.М. Васильцова, И.В. Бородина.</i> Динамика основного капитала и конкурентоспособность хозяйствующего субъекта.....	112

Раздел 7. Биология

<i>А.В. Румянцева.</i> Особенности строения хвои <i>Pinus sylvestris</i> L. в окрестностях г. Череповца	116
---	-----

Раздел 8. Математика

<i>Е.В. Голицына.</i> О сингулярной задаче нагрева полого вращающегося цилиндра.....	119
<i>В.П. Егоров.</i> Каноническая форма неотрицательных матриц	121
<i>А.Н. Данилов.</i> О некоторых оценках Г-функции Эйлера	125
<i>В.В. Мухин, Е.Е. Филиппова.</i> О топологических свойствах отображений $(x, y) \mapsto (x, xy)$ и $(x, y) \mapsto (xy, y)$ в полугруппах с топологией	131
<i>М.И. Головилов.</i> Однородные цепи Маркова с двумя состояниями и суммы независимых случайных индикаторов	134
<i>Н.С. Григорьев, Н.В. Дорофеюк, Л.Г. Петухова, Ю.О. Костина.</i> Анализ возможности применения гомологии для решения позиционных задач начертательной геометрии.....	136

Раздел 9. Физика

<i>Е.Б. Осипов, И.В. Костин.</i> Влияние сложной структуры зон полупроводников на формирование состояний глубоких акцепторов и их поведение в поле внешней деформации.....	139
<i>А.А. Зайцев, О.Е. Преснова, Ю.Д. Шецов.</i> Структура и свойства поверхностного слоя инструментальной стали У10А после импульсного лазерного облучения	143

Раздел 10. Химия и химическая технология

<i>А.С. Андреев, В.А. Котенко, К.С. Кириш, О.А. Сторожиков.</i> Моделирование и анализ химического равновесия газовых систем с использованием уравнения состояния Редлих-Квонга.	147
<i>С.А. Щелкунов, Г.А. Котенко.</i> Восстановление α -ацетиленовых альдегидов изопропилатом алюминия. .	151
<i>Е.В. Докучина, И.В. Блюм, Е.В. Сиденко.</i> Оценка состояния равновесия реакции окисления диоксида серы в области высоких температур.	152
<i>О.А. Калько, Ю.С. Кузнецова, Н.В. Кунина.</i> Изучение поведения сурьмы при обработке сульфатно-оксидной фракции аккумуляторного лома раствором карбоната калия.	153
<i>Л.Н. Дронова, В.Р. Аншелес, Н.Н. Беляева.</i> Общая характеристика математических методов решения задач на смешение.	155

Раздел 11. Металлургия

<i>С.Н. Сумин, К.В. Симонов, А.Е. Акулч.</i> Внепечная десульфурация чугуна.	160
<i>С. В. Шаталов, Н.Е. Хисамутдинов, Г.С. Козлов, Н.А. Жвакин.</i> Влияние различных факторов на степень восстановления марганца из руды.	165
<i>А.Т. Степанов, В.Г. Попов.</i> Использование вибрационных характеристик конвертера для управления шлаковым режимом плавки.	167
<i>Н.Е. Хисамутдинов, П.З. Кабаков.</i> Математическая модель процесса обезуглероживания на установке вакуумирования стали ковшевого типа.	173
<i>А.Н. Луценко, А.И. Виноградов, О.Н. Тулупов.</i> Разработка векторно-матричной модели формоизменения металла при сортовой прокатке непрерывнолитой заготовки.	176
<i>Э. А. Гарбер, И.А. Шадрюнова, А.В. Кожевников, Д.И. Никитин.</i> Новые решения в теории и технологии холодной прокатки (научные разработки кафедры ММЗ ЧГУ 1997-2004 гг.)	180
<i>В.В. Ермилов, А.А. Матвеев.</i> Стенд для экспериментального исследования трения качения в межвалковом контакте рабочих клеток «кварто»	183
<i>Э.А. Гарбер, Р.Н. Ганичев, И.А. Шадрюнова.</i> Уточненный расчет опережения на станах холодной прокатки для улучшения настройки их скоростного режима.	187
<i>Юбилей. Александру Леонидовичу Кузьминову — 50 лет !.</i>	194

Лицензия А № 001633 от 2 февраля 2004 г.

Сдано в набор 15.10.04 г. Подписано к печати 09.11.04 г.
Тир. 300 экз. Уч.-изд. л. 21,19 , Усл. печ. л. 23,25.
Формат 60×84¹/₈. Гарнитура Таймс.