

Раздел 1

ЭКОНОМИКА

УДК 631.1.65

З.М. Магруппова, С.В. Маконков
Череповецкий государственный университет

ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИЗДЕЖЕК РЕОРГАНИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

Проблема оценки эффективности бизнес-процессов не является новой. Этой теме, равно как и постановке функционального учета затрат, посвящено большое количество публикаций. Тем не менее, следует отметить, что большинство из них посвящено исключительно анализу и прогнозированию прямых затрат, в то время как общая стоимость процесса не ограничивается только ими. Любая организация несет альтернативные издержки. Грубо говоря, это те деньги, которые компания могла бы заработать, но теряет вследствие недостаточной организованности внутренних процессов.

Безусловно, эта информация важна исключительно в целях управленческого, но не бухгалтерского или финансового учета. Но для чего нам необходима оценка издержек при рассмотрении проекта реорганизации? Исключительно для принятия решения о необходимости ее проведения вообще и/или о необходимости ее проведения в том виде, который предлагается рабочей группой. Бухгалтерская и финансовая отчетность далеко не всегда может дать нам ответ на этот вопрос, тем более если речь идет об усовершенствовании бизнес-процессов, поддерживающих принятие управленческих решений.

Поддерживающие процессы далеко не всегда связаны с расходом материальных ценностей. Единственная ценность, которая присутствует в них всегда – это затраты рабочего времени на осуществление функций. Однако эффективная реорганизация такого процесса

не всегда приводит к сокращению временных затрат.

Возьмем, к примеру, процесс планирования поступления денежных средств. Если в процессе «as is» осуществлялось планирование не по клиентам, а по группам продаж, то увеличение детализации плана, бесспорно, приведет к увеличению временных затрат на его составление, особенно при наличии на предприятии широкой клиентской базы. Тем не менее, возможность подготовки аналитики в разрезе клиентов позволит более грамотно организовать работу с неплательщиками, что в конечном итоге приведет к регулярному поступлению денежных средств и снижению потребности предприятия в краткосрочном кредитовании. Экономический эффект от реорганизации налицо – снижение потерь на обслуживании банковских кредитов, однако расчет этого эффекта связан с существенными сложностями.

Во-первых, прогнозируемый эффект возникает не в изменяемом, а в смежном с ним процессе. Во-вторых, оценка качества планирования не может являться точной величиной, поскольку связана с человеческим фактором. В-третьих, прямые затраты на планирование увеличиваются на вполне конкретную величину (заработная плата специалистов за дополнительно потраченное время), в то время как выгода от реорганизации не может быть точно оценена.

Таким образом, при сравнении затрат процесса только на основании функционального учета (даже если он внедрен на предприятии)

план предлагаемой реорганизации выглядит неубедительно. Принятие решения о необходимости данной инновации целиком и полностью возлагается на интуицию генерального директора или другого лица, принимающего решение.

В том случае, если затраты бизнес-процесса напрямую связаны с расходом материальных ценностей, тоже не всё просто. Оценка предполагаемых затрат возможна как для схемы «as is», так и для схемы «to be», но как быть с затратами на внедрение? Оценка влияния человеческого фактора также проблематична, особенно если для обеспечения сопоставимости данных все показатели должны быть выражены в денежном эквиваленте.

Сложность прогнозирования результатов заставляет руководителей современных компаний оперировать неэкономическими категориями (такими как *удобнее, быстрее, проще* и т.д.) при принятии решения о необходимости реорганизации. Это де-факто признаётся даже на уровне стандартов. В соответствии с требованиями ISO 9003:2000 для каждого бизнес-процесса устанавливается критерий результативности, под которым понимается степень достижения запланированных результатов [1]. В качестве ключевых показателей эффективности может быть использовано, например, количество освоенных видов продукции, количество обработанных заказов, средний срок ответа на запрос и т.д.

Эта методика направлена на сравнение фактических результатов функционирования процесса с плановыми показателями. При этом эффективность трактуется как связь между достигнутыми результатами и использованными ресурсами. По ISO 9003 оценивается конкретный процесс или владелец процесса, но не предприятие в целом.

При установлении показателей эффективности процесса может учитываться опыт конкурентов. В Западной Европе такие сравнения выросли в отдельное научное направление, получившее название «бенчмаркинг» (benchmarking). Существуют различные виды бенчмаркинга, например конкурентный, нацеленный на сравнение показателей эффективности процесса с аналогичными показателями основных конкурентов; функциональный и т.д. [3].

Выделение ключевых показателей эффективности процесса позволяет отслеживать его развитие в числовом выражении, однако при этом теряется связь между эффективностью бизнес-процесса и эффективностью организа-

ции в целом. Что понимается под эффективностью? Эффективность бизнес-процесса в общем случае – это нормированный к затратам ресурсов результат деятельности системы на определённом интервале времени [2]. Целью экономической организации является получение прибыли. В таком случае любое решение, принятое на основании неэкономических категорий, не связано с целью функционирования организации и не имеет ничего общего с её эффективностью.

Для оценки эффективности поддерживающих бизнес-процессов необходимо введение двух взаимобратных понятий: ошибка бизнес-процесса и надёжность бизнес-процесса, которые могут быть выражены математически.

Под ошибкой процесса будем понимать систематическое отклонение фактического хода реализации бизнес-функции от норматива, предусмотренного документацией, которое может принести компании ущерб, оцениваемый в денежном выражении. Ценой ошибки в этом случае является сумма ущерба, принесённая компании в результате свершения ошибки. Сумма, которую в среднем компания теряет в результате свершения ошибок в процессе за период времени, является стоимостью ошибок бизнес-процесса.

Ошибка процесса носит вероятностный характер и может быть оценена путём анализа статистической информации. Расчёт вероятности ошибки по вине человеческого фактора может быть произведён по формуле

$$P_i^l = \frac{\tilde{Q}_i^l}{Q_i}, \quad (1)$$

где l – номер анализируемой ошибки; i – номер анализируемой бизнес-функции; P_i^l – вероятность свершения l -й ошибки в i -й функции; \tilde{Q}_i^l – количество повторений l -й ошибки, выявленное в результате анализа i -й функции; Q_i – общее количество проанализированных случаев для i -й функции.

К сожалению, во многих случаях в отечественных компаниях не ведётся систематизированное накопление подобной информации. Тогда может быть применён метод экспертной оценки. При этом должно выполняться условие

$$\sum_l P_i^l \leq 1,$$

т.е. сумма вероятностей ошибок должна быть меньше либо равна 1. Соответственно, для расчётных вероятностей свершения ошибки должно выполняться строгое равенство

$$\sum_i P_i^t = 1 - \bar{P}_i,$$

где \bar{P}_i - степень надёжности i -й функции процесса.

В том случае, если ошибка не является случайной величиной и появляется при каждом повторении бизнес-процесса, можно говорить о разрыве между документацией процесса и реальным положением дел. Подобная ситуация не требует детального анализа. Она требует внимания со стороны руководства компании для внесения корректировок в соответствующие регламенты либо для принятия определённых мер к сотрудникам, нарушающим их. Расчёт вероятности ошибки процесса проще всего проводить обратным счётом:

$$P_i = 1 - \bar{P}_i$$

или же последовательно:

$$\bar{P}_{1\dots i} = P_i + \bar{P}_{1\dots i-1} - P_i \cdot \bar{P}_{1\dots i-1}.$$

При последовательном счёте расчёт ведётся аналогично классической задаче о двух стрелках из теории вероятностей.

Бизнес-процесс, разумеется, содержит больше двух функций, поэтому в данном случае производится расчёт накопленной вероятности. При наличии в процессе ветвлений производится расчёт вероятности ошибки для каждой ветви с использованием коэффициентов m_j (2), характеризующих вероятность протекания бизнес-процесса по тому или иному пути. Расчёт накопленной вероятности свершения ошибки внутри каждой ветви проводится отдельно, после чего по завершении ветвления полученные вероятности суммируются:

$$\bar{P}_{1\dots i} = (P_i + \bar{P}_{1\dots i-1} - P_i \cdot \bar{P}_{1\dots i-1}) \cdot m_j. \quad (2)$$

Необходимо отметить, что формула (1) показывает расчёт вероятности ошибки функции, вырванной из общего контекста протекания бизнес-процесса. Однако она не обязательно является независимой величиной. В том случае, когда свершение ошибки зависит от недопущения ошибок в предыдущих бизнес-функциях, расчёт вероятности её свершения производится по формуле

$$\bar{P}_i = P_i - P_i \cdot P_{1\dots i}.$$

Если же вероятность ошибки является независимой величиной, то выполняется равенство

$$\bar{P}_i = P_i.$$

Надёжность функции бизнес-процесса, в свою очередь, есть величина, обратная вероятности свершения ошибки и характеризующая вероятность того, что функция пройдёт без нарушений регламентирующих документов. Расчёт степени надёжности бизнес-функции производится как расчёт вероятности обратного события:

$$\bar{P}_i = 1 - P_i.$$

Расчёт надёжности бизнес-процесса производится в зависимости от его структуры по формулам сложения и умножения вероятностей. Таким образом, степень надёжности для линейного процесса рассчитывается как произведение степеней надёжности всех его функций:

$$\bar{P} = \prod_i \bar{P}_i.$$

Если процесс имеет ветвления, т.е. может проходить по различным путям в зависимости от каких-либо условий, расчёт показателя надёжности усложняется:

$$\bar{P} = \prod_{i=1}^k \bar{P}_i \cdot \sum_{j=1}^t \prod_{i=k}^{\hat{k}} (\bar{P}_i \cdot m_j) \cdot \prod_{i=\hat{k}}^n \bar{P}_i,$$

где n – количество функций i бизнес-процесса; k и \hat{k} – номера функций начала и конца ветвления; m_j – процентная доля прохождения процесса по пути j в общем количестве инициаций процесса; t – количество путей, на которые процесс разветвляется.

При этом должно соблюдаться строгое равенство

$$\sum_j m_j = 100 \%$$

Понятие цены ошибки процесса необходимо для обеспечения сравнимости данных, т.е. для перехода от вероятностных показателей надёжности к их денежному выражению. Стоимость ошибки бизнес-функции за q её повторений будет равняться произведению цены ошибки на вероятность её свершения и на количество повторений q :

$$z_i^1 = P_i^1 \cdot Ц_i^1 \cdot q.$$

В этом случае альтернативные издержки процесса за n его повторений будут состоять из суммы потерь по всем бизнес-функциям:

$$z^1 = \sum_{i=1}^n z_i^1.$$

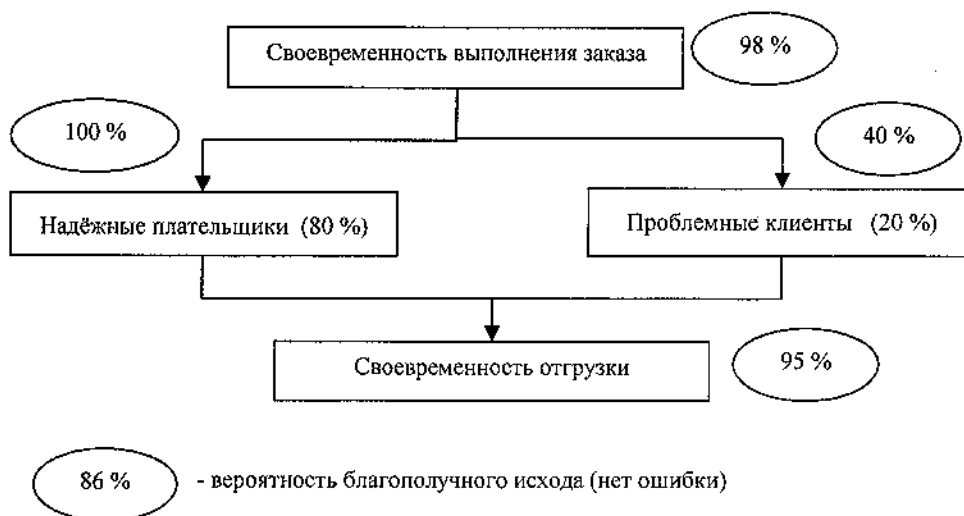
Пусть в предполагаемой компании бюджет платежей составляется на основании плана поступлений на месяц. В течение месяца по производственным причинам часть заказов может быть снята с плана производства. Соответственно, оплата данной продукции не производится. Срок товарного кредитования считается с момента отгрузки продукции. Средняя стоимость заказа – 200 тыс. р., средний срок просрочки платежа – 10 дней, среднее количество сделок в месяц – 500. Ставка кредитования составляет 14%. Таким образом, на своевременность поступления денежных средств по товарным кредитам влияют следующие факторы:

- выполнение заказа производством;
- класс плательщика (надёжный/ неблагонадёжный);
- соблюдение производством графика отгрузки (см. схему).

Последствия, к которым приводит сбой в каждой из функций, одинаковы. Сбой приводит к задержке в получении суммы 200 тыс. р. сроком на 10 дней, вследствие чего предприятие вынуждено на этот срок брать кредит по

Схема

Факторы, влияющие на соблюдение графика платежей



ставке 14 %. Соответственно, и цена ошибки будет одной и той же для всех функций процесса. Она будет равняться стоимости обслуживания взятого кредита 0,767 тыс. р. ($200 \times 14 \% / 365 \cdot 10$).

Расчёт показателей процесса проводится поэтапно (см. таблицу). Таким образом, показатель надёжности процесса в нашем примере составляет 79 %. Так как любая ошибка приводит к одному исходу, альтернативные издержки процесса будут равны произведению цены ошибки, количества итераций процесса и вероятности свершения ошибки. Предприятие в среднем теряло ежемесячно на обслуживании кредитов 69,3 тыс. р. ($0,767 \cdot 500 \cdot 18 \% / 100$).

Для изменения этой ситуации проводится переход к планированию поступлений персонально под клиента. Наличие регулярной аналитики позволит специалисту по продажам отслеживать динамику поступлений и своевременно реагировать на просрочку платежа. В результате всех мероприятий количество просрочек у неблагополучных клиентов сократится с 60 до 20 %.

Повторение приведённой схемы расчёта с новым коэффициентом приводит к увеличению степени надёжности процесса до 89 %. При этом альтернативные издержки сокращаются до 40,7 тыс. р., т.е. на 28,6 тыс. р. в месяц. Снижение такого рода издержек также является одной из составляющих экономического эффекта при проведении реорганизации.

После применения приведённого метода расчёта руководителю организации остаётся только сравнить затраты на проведение реорганизации и трудозатраты при увеличении детализации плана.

Таким образом, анализ альтернативных издержек процесса с привлечением математического аппарата обработки случайных величин позволяет снизить неопределённость при принятии решения о необходимости реорганизации. Представление альтернативных издержек в денежном выражении позволяет в дальнейшем для оценки эффективности реорганизации привлечь аппарат расчёта показателей экономической эффективности инновации.

Таблица

Расчёт показателей процесса

Этап	Надёжность	Ошибка
Своевременность выполнения заказа	98 %	$100 \% - 98 \% = 2 \%$
Класс клиента	$98 \% \cdot 80 \% + 98 \% \cdot 20 \% \cdot 40 \% = 86 \%$	$2 \% \cdot 80 \% + [2 \% + (1 - 40 \%) - 2 \% \cdot (1 - 40 \%)] \cdot 20 \% = 14 \%$
Своевременность отгрузки	$86 \% \cdot 95 \% = 82 \%$	$14 \% + (1 - 95 \%) - 14 \% \cdot (1 - 5 \%) = 18 \%$

Список литературы

1. Системы менеджмента качества. Требования. Международный стандарт ISO 9001:2000 // Международный стандарт ISO 9001: 2000. - 3-е изд. - М., 2000.

2. Сухов С.В., Сапрыкина Л.М. Оценка эффективности бизнес-процессов и управление рисками // Лакокрасочные материалы и их применение. - 2002. - № 2 - 3. - С. 32 - 33.

3. Шеер А.-В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. - 2-е изд., перераб. и доп. / Пер. с англ. - М.: Изд-во «Просветитель», 1999.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Оценка производственного потенциала предприятия основывается на представлении о нем как о максимальном объеме производства за определенный период времени при фиксированном объеме использованных производственных факторов или как об объеме производства за период времени при наилучшем использовании факторов производства [1]. Работа П.А. Фомина и М.К. Старовойтова [2] представляет собой новый взгляд на проблемы оценки производственного и финансового потенциала предприятий. В ней реализован комплексный подход к изучению данного вопроса, включающий в себя не только разработку системы показателей для анализа основных элементов производственного потенциала¹ (производственного, материального, кадрового), но и методику оценки производственного потенциала с использованием экспертного метода. Использование данной методики для оценки производственного потенциала промышленного предприятия позволяет выявить существующие проблемы и определить направления улучшения его использования. Разработанное авторами наглядное и удобное для анализа и последующего принятия решений табличное представление результатов также является одним из достоинств новой методики.

Однако данная методика, несмотря на её позиционирование как пригодной для исполь-

зования отдельными промышленными предприятиями и при комплексном изучении тенденций в отрасли, регионе и т.д., не является универсальной. Экономика предприятий, экономика отрасли, экономика региона оперируют различными экономическими показателями, многие из которых являются комплексными, включающими в себя показатели часто неоднородных структурных единиц. Наиболее эффективно применение данной методики для оценки производственного потенциала промышленного предприятия. Однако при оценке потенциала металлургического завода существует ряд особенностей. Проиллюстрируем эти особенности при оценке производственного потенциала промышленного предприятия (ППП) металлургической отрасли (чёрной металлургии) на примере ЧерМК ОАО «Северсталь» на основе предложенной методики, адаптированной к условиям металлургического производства.

Так как ЧерМК ОАО «Северсталь» - крупное предприятие с полным циклом производства, анализ произведем по одному из подразделений – по производству холоднокатаного листа.

Система показателей, предложенных для анализа авторами базовой методики, приведена в таблице.

Таблица

Система оценочных показателей при определении уровня ППП

Направление исследования	Показатели оценки производственной составляющей	Показатели оценки материальной составляющей	Показатели оценки кадровой составляющей
1	2	3	4
Анализ движения составляющих ППП	Коэффициент обновления ОФ, коэффициент выбытия ОФ, коэффициент прироста ОФ	Коэффициент неравномерности поставок материалов, вариации	Коэффициенты оборота по приёму, оборота по выбытию, текучести кадров, постоянства кадров

¹ Рассматривается только часть статьи, посвящённая оценке использования производственного потенциала, выбранная для последующего анализа.

1	2	3	4
Текущее состояние составляющих ППП	Коэффициенты износа ОФ, годности ОФ, использования парка наличного, установленного, сданного в эксплуатацию оборудования Показатели, характеризующие фонд времени использования оборудования Коэффициенты использования производственных мощностей	Коэффициент обеспеченности материальными ресурсами фактический и плановый	Среднегодовая выработка продукции одним работающим Показатели баланса рабочего времени
Эффективность использования составляющих ППП	Фондоотдача, фондоемкость, рентабельность по ОФ, коэффициент загрузки оборудования, коэффициент сменности, коэффициент интенсивной нагрузки оборудования, показатель интегральной нагрузки	Материалоотдача, материалоемкость, удельный вес материальных затрат в себестоимости продукции, коэффициент использования материалов	Изменение среднего заработка работающих за период среднегодовой выработки, непроизводительные затраты рабочего времени, сравнение средних тарифных разрядов работ и рабочих, экономия (перерасход) фонда заработной платы

Рассмотрим показатели, характеризующие каждую составляющую производственного потенциала.

1. *Производственная составляющая (основные производственные фонды).*

Показатели, предложенные для оценки производственной составляющей ППП, универсальны, применяются при анализе основных фондов предприятий всех отраслей промышленности. Однако учитывая то, что ПХЛ является производственным подразделением крупного металлургического предприятия с централизованным складским хозяйством и отделом закупок, отсутствует возможность определить показатели соотношения наличного и установленного оборудования. Все оборудование передается на баланс ПХЛ непосредственно после установки и немедленного ввода в эксплуатацию.

Также при анализе основных производственных фондов подразделения представляется возможным выделить группы:

- технологического оборудования (включая управляющие системы);
- инструмента, используемого в производстве, в том числе пневмообтягивателей, упаковочных машинок, молотков и пр.;
- измерительных и регулирующих устройств (не входящих непосредственно в состав производственных агрегатов). К этой категории можно отнести вольтметры, мультиметры, омметры и т.д., которые могут быть переданы из одного цеха ПХЛ в другой;

- зданий, а также сооружений, относящихся по выполняемым функциям к ПХЛ в целом. Так, вентиляторная станция, примыкающая к участку колпаковых печей и используемая исключительно для нужд данного участка, может быть отнесена к оборудованию данного участка, так как непосредственно физически и пространственно с ним связана;

- транспортирующих средств (в ПХЛ – краны, передаточные тележки);

- вычислительной техники в цехах ПХЛ, используемой на рабочих местах для ведения учета и внесения в базу данных полуфабрикатов, проходящих обработку на переделе, и их характеристик.

Представляется необходимым провести анализ по каждой из данных групп основных фондов, по активной и пассивной части основных фондов, а также по отдельным агрегатам ПХЛ. Полученные результаты (например, срок службы) сравнить с нормативными показателями (средним по отрасли и т.д.).

Следует также провести наиболее общий анализ непроизводственных основных фондов. На ПХЛ они включают не только вычислительную технику управленческого персонала, административные здания, мебель, но и средства охраны труда и безопасности (информационные стенды, огнетушители, сигнальные и охранные системы, системы пожаротушения), обеспечения комфортных условий работы (скамьи, шкафы для раздевания рабочих, электрические печи столовой и т. п.). Данные ос-

новные фонды могут рассматриваться как косвенно поддерживающие уровень производственного потенциала, в том числе в области его кадровой составляющей (рост выработки при комфортных условиях труда).

К основным фондам ПХЛ также относятся патенты на способы производства различных видов продукции и эксплуатации оборудования. Анализ их движения и использования позволяет судить об уровне технологии, инновационных разработок, активности персонала предприятия в области рационализаторской деятельности.

2. Материальная составляющая.

При анализе данной составляющей производственного потенциала ПХЛ можно отметить невозможность расчёта показателей, связанных с поставками материалов со стороны (причина данной ситуации описана в п. 1). О неравномерности поставок металла из других производств ОАО «Северсталь» можно судить косвенно по показателю «простой по причине отсутствия металла», «простой по вине (цех ОАО "Северсталь")». Коэффициент обеспеченности материальными ресурсами в ПХЛ принят равным единице (недостатка в необходимых материалах нет).

Для более полного анализа материальной составляющей производственного потенциала ПХЛ можно ввести такие показатели, как, например, расходный коэффициент по металлу (фактический и плановый).

3. Кадровая составляющая.

Следует отметить происходящий в ПХЛ процесс вывода вспомогательных рабочих в самостоятельные организации, обслуживающие ПХЛ. Поэтому коэффициент оборота по выбытию, рассчитанный без учёта данных мероприятий (происходящих на протяжении ряда лет), незначителен. Также недостаточно значим показатель производительности труда, рассчитанный по среднесписочной численности промышленно-производственного персонала.

Также в ПХЛ существует недокомплект штатного расписания (среднесписочная численность ниже необходимой по штату, особенно по некоторым рабочим профессиям).

Проанализировав предложенные показатели оценки кадровой составляющей [2], отметим, что сравнение средних тарифных разрядов работ и рабочих может быть проведено на основе результатов аттестации рабочих мест, в том числе по отдельным профессиям. В ПХЛ отдельно выделены рабочие места, несоответствие разрядов для которых составляет 1 и 2 разряда.

Также при анализе кадровой составляющей могут быть использованы данные об образовании и возрастном составе работников, о структуре персонала, сведения о подготовке и переподготовке кадров, о соотношении темпов роста производительности труда и заработной платы, о частоте производственного травматизма как косвенном показателе квалифицированности и аккуратности рабочих, данные о нарушениях трудовой дисциплины и т. д.

Для более полной оценки эффективности производственного потенциала ПХЛ необходимо дополнительно определить следующие показатели организационно-технического уровня производства:

- ритмичность работы;
- средний возраст технологических процессов, в том числе в сравнении с аналогичными предприятиями-конкурентами;
- уровень механизации и автоматизации производственных процессов.

4. Коэффициент непрерывности производственных процессов и т. д.

Необходим также расчёт интегральных показателей технического и организационного уровня производства как функциональных зависимостей данных показателей с учётом коэффициентов весомости.

Важной частью анализа эффективности использования производственного потенциала предприятия может выступать рационализация ассортимента выпускаемой продукции, позволяющая, с одной стороны, повысить финансовые результаты подразделения, а с другой – определить наиболее перспективные направления повышения производственного потенциала (модернизацию оборудования, снижение затрат на отдельные виды продукции, внедрение новых технологий и т. д.). Той же цели – выявлению узких мест и направлений развития – подчинено и проведение анализа качества выпускаемой продукции в рамках анализа эффективности использования производственного потенциала.

Таким образом, можно заключить, что любая универсальная методика должна быть модифицирована перед применением её для анализа конкретного предприятия или подразделения. Адаптация к реальным условиям функционирования может потребовать введения в методику новых показателей, разделов, вербальных описаний ситуаций, что, в конечном счёте, расширит теоретическую часть методики и одновременно позволит провести с её помощью качественный анализ состояния конкретного предприятия с целью принятия научно обоснованных и практически перспективных управленческих решений.

Список литературы

1. Афанасьев М.Ю., Васильева Н.В. Моделирование производственного потенциала фирмы с учетом факторов неэффективности и риска. Работа поддержана РФНФ. Проект N 05-02-02174a / Центр ситуаци-

онного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН. – М., 2005.

2. Старовойтов М.К., Фомин П.А. Особенности оценки производственного потенциала промышленного предприятия // www.cis2000.ru/finanalysis.shtml/

УДК 614.2:369.22

А.Е. Утюгов

Череповецкий государственный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПЕНСИОННЫХ СИСТЕМ В РЕГИОНАХ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

С начала пенсионной реформы прошло пять лет. Сформирован базис дальнейшего развития пенсионной системы. Достигнутые результаты свидетельствуют о том, что создана законодательная основа пенсионной модели, основанная на комбинировании накопительного и распределительного принципов формирования пенсий.

Пенсионная система построена на четырех уровнях. Первым уровнем является государственная базовая социальная пенсия. Вторым уровнем – страховая пенсия, соответствующая природе солидарности поколений работников наемного труда за счет обязательных взносов работодателя в Государственный пенсионный фонд России. Третьим уровнем – обязательная накопительная государственная пенсия, формируемая обязательными отчислениями работодателя пропорционально заработку работника и в зависимости от его возраста. И четвертый уровень системы пенсионного обеспечения составляют негосударственные пенсии, которые формируются за счет добровольных (дополнительных к государственным) накоплений работодателя и собственных накоплений работников.

При рассмотрении четвертого уровня пенсионной системы стоит выделить три его основные составляющие:

- индивидуальные пенсионные программы;
- корпоративные пенсионные программы;
- профессиональные пенсионные программы.

На данный момент наиболее развитым можно считать направление корпоративных пенсионных программ, так как наиболее крупные негосударственные пенсионные фонды являются кэптивными, т.е. созданными и ку-

рируемыми финансово-промышленными группами, но стоит отметить и поворот в развитии этих структур. Набрал довольно солидный финансовый вес (крупнейшие фонды могут сравниться с банками, входящими в TOP 100 по капитализации) за счет учредителей, НПФ начинают поворачиваться к рынку индивидуальных пенсионных программ [4]. Это можно заметить и по агрессивным рекламным кампаниям НПФ, и по разворачиванию агентских сетей продаж, и по территориальным экспансиям НПФ. Имея финансовые ресурсы и налоговые льготы, НПФ не только становятся инструментом социальной политики предприятий, но и начинают бороться за накопления граждан, составляя достойную конкуренцию банкам и паевым инвестиционным фондам. Рассматривая пенсионные программы, предлагаемые НПФ физическим лицам, стоит отметить общие черты. НПФ, прежде всего, позиционируют себя как инструмент долгосрочного высоконадёжного и доходного инвестирования. Данное позиционирование объясняется разрешенными для НПФ направлениями инвестирования. Даже с учетом февральского расширения списка допустимых инструментов инвестирования инвестиционная политика НПФ ограничивается высоколиквидными инструментами с низким уровнем риска [3]. Относительно высокий уровень доходности НПФ обеспечивается бурным ростом фондовых рынков России.

В то же время существуют некоторые различия в предлагаемых программах фондов. НПФ являются, с одной стороны, финансовым институтом, с другой – институтом социальным. В зависимости от целей и приоритетов, поставленных учредителями НПФ, а также от

выбранной стратегии НПФ тяготеют к одной из сторон. Многие НПФ, организованные изначально как институты социальные, на данном этапе конкурентной борьбы вынуждены менять приоритеты развития и делать предлагаемые программы более доходными и конкурентоспособными.

Рассматривая предлагаемые НПФ программы, следует отметить, что пенсионные программы, в основу которых положены актуарные методики оценки обязательств, учитывают продолжительность периода выплат пенсий и суммы пенсионных взносов.

При расчете обязательств по актуарным методикам применяются региональные таблицы смертности. Этим методом учитывается неблагоприятное воздействие на здоровье застрахованного лица условий труда на предприятии или проживание в некотором регионе, ведущее к более ранней утрате трудоспособности или к сокращению продолжительности жизни.

Рассматривая зарубежный опыт построения пенсионных систем, стоит отметить, что льгот за работу в неблагоприятных природно-климатических условиях в зарубежных пенсионных системах практически не существует. Однако это не означает отсутствия разнообразия предоставляемых населению пенсионных выплат в той или иной стране. Наоборот, в странах, где составной частью пенсионной системы являются частные пенсионные фонды, предоставляющие услуги по обязательному или добровольному страхованию, спектр подобных программ достаточно широк.

Следует отметить, что в зарубежной пенсионной практике, как правило, отсутствует и понятие «неблагоприятные природно-климатические условия». Гораздо больше внимания уделено пенсионному страхованию по профессиональному признаку, что не уменьшает интереса к опыту этих стран.

В западных странах достаточно широко используется такой вид социальной защиты, как социальное обеспечение лиц, утративших трудоспособность из-за вредных условий труда. Так, в ряде стран в последние 15 лет наблюдается тенденция быстрого увеличения доли лиц, которые прекращают свою профессиональную деятельность в возрасте 55 - 64 года.

Предоставление права на получение профессиональной пенсии в таких странах, как Великобритания, Франция, Германия, Дания, Швеция, Япония, связано с системой жестких экономических и социальных критериев. К ним относится работа во вредных или тяжелых условиях труда, которая приводит к прежде-

временному старению, или профессии, для которых требуются особые физические и психофизические данные, уменьшающиеся с возрастом (шахтеры, моряки, летчики, военные).

Если раньше в ряде стран применялась система, аналогичная Спискам № 1 и 2, то в настоящее время имеется тенденция замены ее системой «пожилых лиц, непригодных к работе». Непригодность определяется медицинским обследованием. При этом получение пенсии на основании непригодности к работе во многих странах лишает этих лиц права продолжать трудовую деятельность.

В России, как и в бывшем Советском Союзе, под профессиональными пенсиями до недавнего времени понимались отраслевые пенсии. Например, если речь шла о сталелитейной промышленности, то и вся ее инфраструктура входила в это понятие. Соответственно, льготы распространялись и на социальную сферу данной отрасли. Однако с точки зрения здравого смысла и социальной справедливости это представление должно быть сужено до конкретной профессии человека, работающего в тяжелых и вредных условиях труда - это профессиональная пенсия, или в неблагоприятных природно-климатических условиях - это региональная (или территориальная) пенсия [5].

Одним из немногих ярких примеров функционирования региональной пенсионной системы является Квебекское пенсионное управление (в дальнейшем - КПУ) - система пенсионного обеспечения в канадской провинции, альтернативная общегосударственной.

В 1963 г. Межминистерский комитет исследования пенсионных программ, чей доклад послужил основой для планирования Квебекского пенсионного управления, рекомендовал создание частично накопительной системы с целью стабилизировать уровень взносов на долгосрочную перспективу. Предполагалось накопление в рамках Программы большого резерва, предоставляющего возможность стабилизировать ставку взносов на одном уровне почти на неопределенное время.

Для всей Канадской пенсионной программы федеральное правительство рекомендовало принять распределительную систему финансирования. В ней уровень вклада рассчитывался в соответствии с пенсионными выплатами и первоначально был ниже, чем в КПУ.

Квебекское правительство, чтобы сделать региональную систему более привлекательной для застрахованных лиц, старалось избежать более высокой ставки взносов, чем в других регионах Канады. Цель правительства состоя-

ла в том, чтобы квебекцы, работающие в других провинциях по найму, пользовались в этот период такой же защитой, какой пользуются рабочие в Квебеке, и имели бы право передавать пенсионные права из одной программы в другую. В результате переговоров, несмотря на разные схемы финансирования, было установлено равенство между двумя программами (федеральной и Квебекской), в частности между нормой взноса, переходным периодом и уровнем пенсий (под переходным периодом в данном случае понимается количество лет, в течение которых необходимо уплачивать взносы, чтобы иметь право на получение пенсий).

Квебекский пенсионный план был введен в 1966 г. Как и ожидалось, при его введении приток от взносов превысил отток, вследствие чего появилась возможность создать существенный резерв. После 30 лет работы Программы резерв составлял сумму, приблизительно в 15 раз большую, чем сумма оттока и представлял собой 50-процентный уровень финансирования и существенного активного сальдо для программы общественных пенсионных сбережений.

По мере формирования Пенсионной программы число получателей пенсий увеличивалось, и, начиная с 1983 г., поступающих на распределительной основе взносов стало недостаточно для выплаты текущих пенсий, так что потребовались инвестиционные поступления, полученные в результате использования резерва. В 1992 г. отток от фонда превысил полный приток взносов и инвестиционных поступлений, вызвав необходимость в фондах из запаса для ликвидации дефицита. В частично накопительной Программе запас обслуживает две цели.

В первом случае он дает инвестиционный доход, который, будучи приплюсован к вкладам рабочих, позволяет удовлетворять текущие обязательства по пенсиям и административным расходам. Во-вторых, он стабилизирует норму взноса, когда экономические и демографические переменные, к которым Программа чувствительна, отличаются от запрогнозированных. Для вновь создаваемых пенсионных программ квебекский опыт установления повышенной ставки отчислений на долгосрочный период представляется очень привлекательным, поскольку позволяет обеспечить стабильность отчислений и пенсионных прав для нескольких поколений.

В российских условиях квебекский опыт может быть полезен при определении схемы финансирования региональных пенсионных

систем - частично накопительной модели, в которой ставки взносов изначально устанавливаются таким образом, чтобы обеспечивать выплату по текущим обязательствам системы и формирование значительного резерва, с тем чтобы в долгосрочной перспективе не пришлось их повышать [1].

Кроме того, в случае создания централизованной дополнительной пенсионной системы в рамках одного региона (или в нескольких регионах, схожих по условиям проживания) особое внимание следует обратить на структуру, на полномочия и ответственность компании, осуществляющей реализацию инвестиционной политики.

С точки зрения подходов к финансированию и предоставлению предприятиям финансовых ресурсов для развития перспективным является итальянский опыт организации дополнительного пенсионного страхования.

В этой стране в соответствии с законодательством работникам предприятий предоставлено право отчисления 7 % заработка в виде страховых взносов в пенсионный фонд собственного предприятия. На аналогичную сумму уменьшаются их отчисления в государственную пенсионную систему. Впоследствии работник может использовать накопленные средства как в качестве пенсии, так и для приобретения дома, для обучения детей и т.п.

Законом установлены жесткие ограничения на возможности предприятия инвестировать указанные средства, вследствие чего инвестиционный доход от указанных вложений невысок. Однако данная схема пользуется огромной популярностью в стране, и когда в конце прошлого десятилетия в Италии стали пропагандироваться преимущества частных пенсионных фондов, основанных на накопительных принципах, очень небольшая часть работников перевела в них свои взносы.

Результатом создания небольших пенсионных программ на предприятии является, с одной стороны, расширение финансовых возможностей самого предприятия, с другой - уверенность работника в наличии средств для собственных нужд в любое время.

Опыт скандинавских государств интересен многообразием существующих пенсионных планов, жесткими ограничениями на их функционирование и регулированием инвестиционной политики.

Централизованной частной ИПС в Норвегии не существует. Приблизительно 1/3 всех работников застрахована в профессиональных пенсионных схемах компаний. В настоящее

время в стране функционируют около 1600 ППС. Большинство из них выплачивает пенсии в объеме 60 - 70 % от последнего заработка (до вычета налогов). В Норвегии сложился реальный рынок профессиональных пенсионных схем, который строго регулируется. Работодатели, отказывающиеся признавать правила, лишаются налоговых льгот.

В Дании нет интегрированных профессиональных пенсионных схем ни в общественном, ни в частном секторе. Правительственные служащие имеют свой ППС, но участие в них не является обязательным. В отличие от других северных стран, в современной Дании преобладают профессиональные пенсионные схемы с установленными страховыми взносами (процент от годовых заработков). Объем пенсий зависит от страховых взносов и инвестиционного дохода.

Схемы с установленными выплатами (процент от последних средних заработков) доминировали в Дании до 1960 г. ППС компаний имитировали профессиональную пенсионную схему для государственных служащих. В процессе реорганизации служащие общественного сектора (за исключением чиновников) получили право присоединиться к схемам с установленными страховыми взносами.

Для самозанятого населения в социальном обеспечении всех северных стран предусмотрены личные пенсионные страховые планы. В Дании к ним присоединяются и те работники, которые не имеют доступа к системе государственного супер-аннуитета или к профессиональным пенсионным схемам.

Необходимо отметить, что административные расходы на обслуживание личных пенсионных планов выше, чем на ППС. Так, в Норвегии административные расходы в профессиональных схемах обычно составляют 5 - 10 %, а в личных пенсионных планах от 20 до 25 %.

В Норвегии для регулирования таких проблем правительство применяет правила, аналогичные правилам, принятым в США. Все работники, занятые в компании более 1 года, должны состоять в профессиональных схемах. Исключение составляют новые работники моложе 25 лет и новые работники, которым до пенсии остается менее 10 лет.

Все временные работники, занятые более 50 % обычной продолжительности рабочего дня, и сезонные работники, занятые более 130 недель за последние 5 лет или более 20 недель каждый год в течение 5 лет, должны быть

включены в профессиональную пенсионную схему компании.

Все работники, проработавшие в компании 3 и более лет, должны получить отложенные пенсионные права в том случае, если они покидают компанию. Размер отложенной пенсии должен равняться страховым взносам, внесенным работником (работодателем). Отложенная пенсия не может выплачиваться до достижения работником пенсионного возраста или до наступления инвалидности.

В течение периода (часто продолжительного) с момента, когда работник покинул компанию, и до достижения им пенсионного возраста отложенная пенсия должна храниться в пенсионном или эквивалентном фонде и на нее должны начисляться проценты. Работник может забрать всю сумму пенсии для использования ее в качестве взноса в пенсионный план личного страхования.

Информация о финансовом положении профессиональной пенсионной схемы должна предоставляться регулярно всем заинтересованным лицам, в том числе и бывшим работникам.

Гарантии пенсионных прав в случае банкротства работодателя — важная проблема частных ППС. В Норвегии и Дании пенсионные средства гарантированы применением накопительных принципов. В Шведском частном секторе работодатели несут коллективную ответственность за сохранность пенсий в рамках централизованной системы ППС.

Во всех странах установлены достаточно жесткие правила инвестирования пенсионных средств, с тем чтобы избежать нецелевого расходования или нерационального их использования на нужды компании.

В частности, норвежское законодательство содержит положения о том, что управляющая компания должна быть независимым (от работодателя и профсоюзов) юридическим лицом с собственным советом директоров. Введены ограничения на заимствование средств работодателями или работниками. Специализированное агентство наблюдает за нормами прибыли на капитал, обеспечивая достаточные дивиденды. Однако в некоторых фондах (местных и созданных одним работодателем) эффективный мониторинг затруднителен. Например, в 1997 г. несколько муниципальных пенсионных фондов, несмотря на прямые указания, были недофинансированы: советы директоров просто не наняли профессиональных управляющих.

В Дании принята иная форма управления ППС. Профсоюзы не только участвуют в работе советов директоров, но и контролируют их в некоторых типах пенсионных схем с установленными размерами страховых взносов. Правда, на практике существуют и ограничения: в частном секторе работодатели могут наложить вето на все решения по инвестициям.

В Швеции проблема контроля стоит не так остро, как в Дании и Норвегии, поскольку шведская профессиональная пенсионная схема действует на частично накопительных принципах.

Во всех северных странах профессиональные и личные пенсионные планы традиционно пользуются налоговыми льготами. Эксперты давно пытаются определить, способствует ли такая налоговая политика расширению национальных сбережений или меняет композицию только личных сбережений.

Из приведенных примеров очевидно, что профессиональным пенсионным схемам под силу решать достаточно широкий комплекс проблем. Помимо возможности решения проблемы льготного пенсионного обеспечения, такие системы обладают рядом привлекательных достоинств, особенно актуальных для современного состояния российской пенсионной системы. Это и экономия на накладных расходах, и возможность инвестирования средств в собственное предприятие, и, соответственно, больший контроль со стороны участников системы за инвестициями. Это обстоятельство является дополнительным стимулом и для участия работодателей. Для работников участие в пенсионных схемах собственных предприятий будет являться продолжением традиционных форм социальной поддержки, которые использовались при социализме. Жесткий контроль со стороны государства за деятельностью подобных систем позволяет существенно снизить риск их банкротства.

Одной из новых форм организации дополнительного пенсионного обеспечения является создание фондов на паях с государством. Примером такой системы является Чехия.

Негосударственная система дополнительного пенсионного обеспечения с установленными взносами была учреждена в Чешской Республике в начале 1994 г. В первый год после ее создания численность участников увеличилась до 1,5 млн человек.

Особенностью новой системы явилось финансовое участие государства (в лице государственного бюджета) в формировании пенсий участников. Минимальный ежемесячный объ-

ем государственного взноса составляет 50 чешских крон, если участник уплатил взнос в 100 крон, максимальный - 150 крон, если участник уплатил взнос 500 крон. Ежегодно на каждого участника не может приходиться более 1800 крон государственных взносов. Вступление в систему, так же как и выход из нее, являются для лица, достигшего 18 лет и постоянно проживающего в Чехии, добровольными, причем в случае выхода из системы вложенные участником средства возвращаются ему в виде единовременной выплаты.

Основным пособием, выплачиваемым из частной системы дополнительного пенсионного страхования, является пенсия по старости. Помимо нее могут выплачиваться пенсии по инвалидности, пенсия при выходе в отставку и пенсия по случаю потери кормильца. Размер ежегодных выплат в этом случае зависит от возраста и пола участника, а также от величины его взносов и взносов государства [2].

По мнению автора, для развития в России дополнительного регионального страхования чешский способ привлечения средств населения с совместным участием государства является весьма привлекательным, так же как и предусмотренное законодательством ограничение на выплату дополнительных пенсий в случае последующего отказа от участия в пенсионном плане. Это ограничение предусматривает, что если участник не отвечает условиям предоставления пенсии и желает выйти из негосударственной системы дополнительного негосударственного пенсионного обеспечения до наступления пенсионного возраста, то ему выплачиваются взносы в форме единовременного денежного пособия, не включающие, однако, государственные взносы и доходы от них (это представляет собой вид неустойки). Таким образом, система предохраняет себя от желания людей получить единовременные выплаты и остаться в будущем без пенсии. Данный способ может быть применен при формировании региональных пенсионных систем в России, с тем чтобы избежать изъятия застрахованными лицами средств, предназначенных для финансирования так называемых «досрочных» пенсий, выплачиваемых до достижения общеустановленного пенсионного возраста за работу в неблагоприятных условиях труда.

Список литературы

1. Йончик Я. О пенсионных фондах (зарубежный опыт) // Пенсия. - 2006. - № 3. - С. 62 - 64.

2. Малютина Т.Г. Экономические проблемы развития регионального пенсионного страхования в России: Дис... канд. экон. наук. - Магадан, 2004.

3. Постановление Правительства РФ от 1 февраля 2007 г. N 63 «Об утверждении Правил размещения средств пенсионных резервов негосударственных пенсионных фондов и контроля за их размещением» // Российская газета. 2007. 1 февраля.

4. Рейтинг НПФ по данным ФСФР на 01.01.2007 и рейтинг банков по данным ЦБ на 01.01.2007 // <http://www.raexpert.ru/ratings/npf/>; <http://www.bankir.ru/bank/rating/>.

5. Экономическое обоснование создания профессиональной пенсионной системы РАО «ЕЭС России». Российское Акционерное Общество «ЕЭС России». Всероссийский Электропрофсоюз. - М.: РАО ЕЭС, 1996.

УДК 658.7 (075.8)

В.В. Плащенко

Череповецкий государственный университет

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛОГИСТИКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

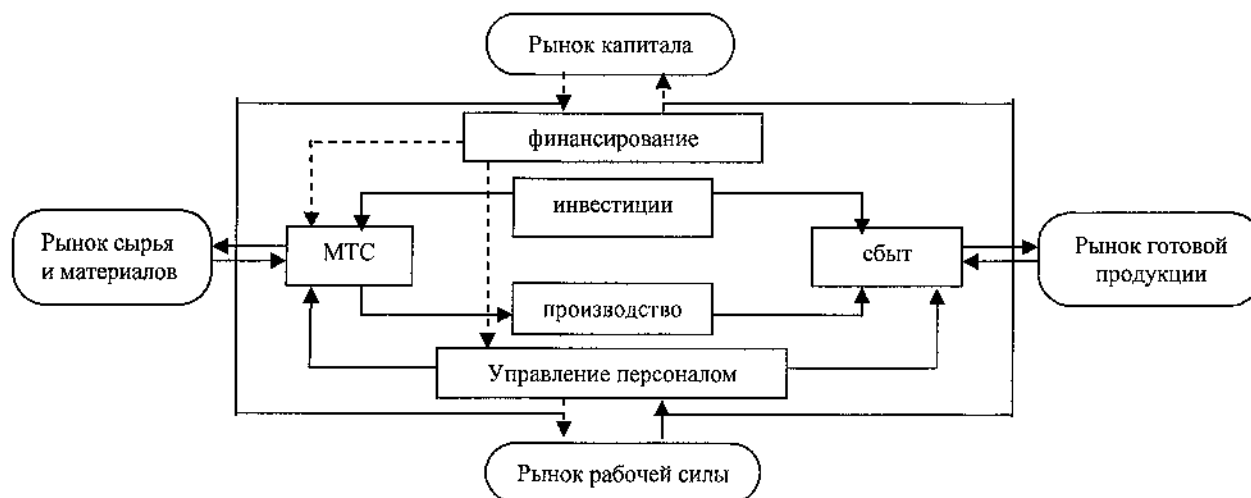
Известно, что логистика как быстро развивающаяся наука всё ещё не имеет единого определения. Одни ученые трактуют её как сферу экономики, охватывающую взаимосвязанные между собой снабжение, производство, транспортирование, распределение и сбыт продукции. Другие рассматривают логистику как науку об управлении процессом физического распределения продукции в пространстве и во времени в сфере производства и обращения. Есть мнение о том, что не надо включать в логистику сферу производства, ограничиваясь исследованиями в сфере обращения. В то же время логистика может быть представлена как наука о физическом распределении материальных ресурсов, а также техническом, технологическом и организационном обеспечении данного процесса. В связи с развитием экономической теории логистика представля-

ется как наука об управлении эколого-социально-экономическими системами посредством оптимизации потоковых процессов, происходящих в этих системах. Ясно одно: предметом логистики являются потоки ресурсов и их оптимизация.

Экологическая направленность новой экономической теории возвращает исследователей к производственному процессу и требует рассмотрения его не традиционно, а как бизнес-процесса, представленного системой взаимосвязанных потоков материально-технических, трудовых, финансовых и информационных ресурсов, взаимодействующих друг с другом (см. схему). Поэтому логистический подход к изучению процесса производства и распределения материальных ресурсов дает возможность максимально использовать системный подход к исследованию экономики.

Схема

Взаимодействие потоков производственного бизнес-процесса



Для современного состояния теории и практики проектирования логистических систем предприятий характерными чертами являются: существенное отставание методологии проектирования и совершенствования логистических систем от достигнутого уровня технических возможностей их средств; слабая взаимосвязь основ проектирования в подсистемах управления, сервисного обслуживания, материально-технического снабжения, сбыта, складского хозяйства и, как следствие, отсутствие комплексного учета социальных, экономических, технических и других факторов при совершенствовании логистических систем предприятий (организаций). С учетом информационной поддержки проектирования, основанной на использовании современных компьютерных технологий, применение типовых проектных процедур – анализа и синтеза без разработки стратегии их реализации – приводит к созданию малоэффективных и неэкономных логистических систем.

Возникшее несоответствие между необходимостью учета многоаспектности, многофакторности, многокритериальности и разнообразия (разновидностей) решаемых технико-экономических задач, с одной стороны, и «устаревающими» методами и средствами проектирования логистических систем, с другой стороны, является объективным препятствием повышения качества и эффективности их применения в практике предприятий. Устранение этого несоответствия может быть достигнуто на основе дальнейшего развития системной концепции применительно к проектированию структур объектов и органов управления службами снабжения, сбыта и складским хозяйством предприятия. Результаты проведенных исследований показывают, что системный подход не является конкретным методом проектирования логистических систем и требует разработки стратегии их проектирования и совершенствования с учетом следующих специфических особенностей рассматриваемого класса систем.

Первая особенность связана с построением формализованных моделей описания логистических процессов предприятий. Принципиальные трудности построения подобных моделей на этапе проектирования логистической системы заключаются, с одной стороны, в отсутствии единого языка описания логистических процессов предприятий, с другой – в неопределенности информации о возможной логистической обстановке, в отсутствии нормативных и других исходных данных для принятия решений. Указанные трудности определя-

ются, прежде всего, состоянием и достигнутыми результатами исследований по управлению логистикой в условиях неопределенности.

Вторая особенность заключается в том, что для разработки структуры, состава обслуживающих ресурсов предприятий необходимо знать алгоритм деятельности объектов и субъектов логистики, который определяется, в первую очередь, разрабатываемыми информационно-техническими, подъемно-транспортными и другими средствами. Это приводит к циклическому многоинтерационному процессу проектирования, известному под названием «кольцевого инженерно-технического проектирования».

Третья особенность заключается в необходимости учета при проектировании совокупности разнородных и разнообразных, но взаимосвязанных факторов: организационных, психологических, социологических, экономических, технических – с учетом возможного перехода к территориальному принципу построения логистики. Количество рассматриваемых факторов может достигать десятков и даже сотен.

Четвертая особенность связана с тем, что разрабатываемая логистическая система предприятия существует лишь как замысел исследователя. Это порождает неопределенность исходных данных, целей и ограничений при разработке проектных альтернатив, не допускает построения модели, адекватной реальной системе: модель не с чем сравнить, ибо объект не существует в природе.

Пятая особенность определяется сложностью оценки эффективности проектирования в силу трудности получения зависимости критерия эффективности логистической системы от влияющих на него факторов.

Дальнейшее развитие теории и практики проектирования и совершенствования логистических систем предприятий на основе системного подхода целесообразно осуществлять на определенных методологических принципах, позволяющих в максимально возможной степени учесть описанные выше особенности.

В настоящее время широкое развитие получили формальные методы оптимизации процессов принятия решений. Меньше внимания уделяется методам формирования структур сложных объектов, где определяющая роль принадлежит конструктору. Конструктор объекта логистики в процессе разработки несет ответственность, в том числе организационную, за системный, технический, информационный уровень объекта, за показатели эффективности его применения, за затраты на разработку и общую стоимость.

Постановка задачи проектирования предусматривает введение следующих пространств, в которых задаются свойства системы разных физических категорий: «пространства конструкции», в котором определена материальная основа системы; «пространства характеристик», в котором определены параметры объекта при его функционировании; «пространства операций применения», в котором определены показатели общего эффекта применения системы; «пространства затрат», в котором определены материальные затраты, связанные с разработкой, выпуском и эксплуатацией системы. Показатели системы (объекта) в каждом из пространств задаются наборами параметров действительных чисел: $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$; $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$; $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_p)$; $c = (c_1, c_2, \dots, c_r)$. В дальнейшем пространства будем отождествлять с конечномерными действительными пространствами R^n, R^m, R^p, R^r и, таким образом, $k \in R^n, x \in R^m, \omega \in R^p, c \in R^r$.

Постановка задачи оптимизации процессов принятия решений предполагает, что существуют методы вычисления характеристик x , параметров эффекта ω и затрат c для системы данного типа, определенного своими конструктивными параметрами k , т.е. существуют соответствия вида:

$$x_i = f_i^x(k_1, \dots, k_n, y^x), \quad i = 1, \dots, m;$$

$$\omega_i = f_i^\omega(k_1, \dots, k_n, y^\omega), \quad i = 1, \dots, p;$$

$$c_i = f_i^c(k_1, \dots, k_n, y^c), \quad i = 1, \dots, r$$

или в векторной записи:

$$x = f^x(k, y^x), \quad \omega = f^\omega(k, y^\omega), \quad c = f^c(k, y^c), \quad (1)$$

где y^x, y^ω, y^c - параметры внешних по отношению к объекту условий, не контролируемых непосредственно разработчиком объекта (предполагается, что в каждом пространстве присутствует своя среда со своей спецификой воздействия на систему).

Соотношения (1) могут быть как аналитические, так и в виде сложных программных

продуктов. Каждой точке k (т.е. каждому проектному решению) уравнения (1) сопоставляют при зафиксированном y только один вектор характеристик x , один вектор эффекта ω и затрат c . Важно отметить, что обратные отображения не обладают свойством однозначности. Например, заданным набором характеристик x может обладать множество различных конструкций в R^n . В задачах оптимизации процессов принятия решения не все точные пространства являются образами реальных объектов, поэтому следует записать:

$$k \in K \subset R^n, \quad x \in X \subset R^m,$$

$$\omega \in W \subset R^p, \quad c \in C \subset R^r,$$

где K, X, W, C - области допустимых или реализуемых значений параметров, выделенные ограничения.

Выявление и учет ограничений составляет одну из главных задач практической деятельности. Обычно вначале строится область K и с помощью (1) отображается в пространства R^m, R^p, R^r , по там существуют и свои ограничения, с учетом которых формируются окончательно допустимые области X, W, C . Помимо задания множества объектов с помощью допустимых областей их существования используют и метод простого перечисления объектов, т.е. задания их конечного множества («множества альтернатив»). В прикладных задачах легко обнаруживаются преимущества каждого подхода и пользуются обоими подходами. В вопросах теории следование тому или другому методу приводит к применению различного математического аппарата. Каким набором параметров следует характеризовать объект в каждом из пространств, зависит от конкретной задачи принятия решения и ее этапа.

Ориентировку в выделении существенных параметров могут дать методы, применяемые в статистическом прогнозировании при выборе главных прогнозируемых признаков (например, компонент вектора W) и при выявлении методами корреляционного анализа определяющих факторов (например, компонент k или x). Для уменьшения размерности задачи широко применяется метод агрегирования параметров, при котором объект, представленный вектором параметров $x(0)$ большой размерности, характеризуется агрегированным

вектором $x(1)$ меньшей размерности с помощью «функции агрегирования» $y_1: x(1) = y_1[x(0)]$. Последовательное агрегирование параметров введением цепочки функций агрегирования $y_1[x(0)], y_2[x(1)], \dots, y_l[x(l-1)]$ позволяет в принципе исследовать влияние полноты представления объекта на конечный результат решения задачи оптимизации процесса принятия решения.

Используя пространства R^n, R^m, R^p, R^r , операцию их прямого и обратного отображения и допустимые области значений параметров объекта в этих пространствах, можно достаточно полно ставить задачи исследования объекта и формулировать задачу оптимизации процесса принятия решения в самых различных постановках. Внешние для объекта условия можно разбить на три группы:

- условия, определяемые физической средой;
- условия, определяемые большой системой;
- условия, зависящие от конкурента.

Первая группа условий создается природой. Для нее характерны случайности, и влияние их может быть велико как на отдельные характеристики, так и на общий эффект объекта. Закономерность в распределении случайных параметров среды и предельных значений ее параметров устанавливается с помощью статистики и учитывается нормативно. В некоторых задачах случайные составляющие x и ω , связанные со случайностью условий y , определяются с помощью методов теории вероятностей и учитываются в постановке задачи.

Вторая группа условий, определяемых большой системой, может быть объективно введена и учтена на стадии формирования плана развития сложной логистической системы на основе методов системного анализа

(декомпозиции системы, выделения существенных связей). Они создаются различными союзниками, но не лишены серьезных противоречий для разработчиков объектов, входящих в систему, и требуют компромиссных решений (научные основы таких компромиссов могут быть почерпнуты из теории игр с не противоположными интересами).

Третья группа условий порождается разумно действующим конкурентом и проявляется только в пространстве эффекта R^p . При этом в большинстве случаев предполагается, что конкурент всеми способами стремится снизить эффективность применения ваших объектов. Для этой группы условий характерна неопределенность (незнание управлений конкурирующей стороны), и одним из методов ее преодоления является аппарат антагонистических игр.

В соответствии с вышерассмотренной постановкой задачи вариант содержания типовых процедур проектирования и совершенствования логистических систем предприятий может включать в себя:

- на этапе системной оптимизации – распределение функций между ЭВМ и органами управления логистикой предприятия;
- на этапе структурной (организационной) оптимизации – синтез групповой деятельности органов управления логистикой предприятия;
- на этапе информационной оптимизации – синтез информационной модели;
- на этапе технической оптимизации – определение состава комплекса логистических средств, выбор способов технической реализации, синтез структур объектов логистики и их органов управления, оптимизация технического оснащения объектов логистики и их параметров (характеристик) (см. таблицу).

Таблица

Этап синтеза	Содержание процедуры	Исходные данные	Критерий (показатель)	Ограничения	Результаты синтеза
1	2	3	4	5	6
Системная оптимизация	Распределение функций между ЭВМ и органами управления логистикой предприятия	1. Условия применения логистической системы. 2. Перечень решаемых задач (важность, частота возникновения, время существования и т.д.).	Эффективность логистической системы предприятия	1. Стоимость логистической системы. 2. Условия применения логистической системы	Перечень решаемых задач ЭВМ и органами управления

1	2	3	4	5	6
		3. Характеристики решения задач ЭВМ и должностными лицами (время, точность, надежность, требуемые ресурсы)			
Организационная оптимизация	Синтез групповой деятельности органов управления логистикой предприятия	1. Организационная структура логистической системы. 2. Территориальное размещение элементов системы. 3. Характеристика решаемых задач. 4. Показатели выполнения задач логистики	Обобщенные эргономические критерии (показатели)	1. Стоимость содержания инженерно-технического состава. 2. Условия работы инженерно-технического состава (в том числе их загрузка)	1. Структура органов управления. 2. Количественный состав предметов труда и рабочей силы. 3. Требования к уровню квалификации персонала и возможностям средств
Информационная оптимизация	Синтез информационной модели	1. Условия применения логистической системы. Перечень и характеристика задач. 2. Алгоритм выполнения задач	Время, точность, надежность реализации алгоритмов	1. Психологические характеристики должностных лиц органов управления. 2. Стандартизированные требования к информационным моделям	1. Состав, объем информационной модели. Система кодирования. 2. Требования к техническим параметрам. 3. Требования к стоимостным и эксплуатационным параметрам
Техническая оптимизация	1. Определение состава комплекса средств. 2. Выбор способов технической реализации. 3. Синтез структур объектов логистики и их органов управления. 4. Оптимизация производственных и трудовых ресурсов и их параметров (характеристик)	1. Условия применения логистической системы. 2. Структура объектов и органов управления. 3. Количественный состав объектов и органов управления. 4. Задачи объектов и органов управления. 5. Характеристика и показатели выполнения задач. 6. Алгоритмы выполнения задач. 7. Требования к информационной модели, к стоимостным и эксплуатационным параметрам	Совокупность требований к логистическим моделям, стоимостным и эксплуатационным параметрам. Обобщенные параметрические критерии (показатели)	Определяются постановкой задачи синтеза	1. Типы и количество средств логистики. 2. Способы технической реализации. 3. Структура построения логистических средств и тактика их применения. 4. Технологические параметры средств логистики предприятия

Анализ содержания таблицы показывает, что этап проектирования логистической системы предприятия представляет собой многокритериальную, многопараметрическую зада-

чу оптимизации. Наиболее целесообразным способом решения подобных задач является их декомпозиция на ряд частных задач оптимизации, имеющих согласованные между собой

критерии и ограничения и применение итерационной процедуры решения задачи до получения приемлемого (рационального) варианта. Сравнение проектных альтернатив при совершенствовании логистики предприятий может производиться на основе расчета критериев их эффективности. Выделим три группы критериев: системные критерии, оценивающие влияние органов управления на эффективность логистической системы или ее частные показатели качества; эргономические критерии (время, точность, надежность выполнения функций органами управления) и параметрические критерии, характеризующие степень удовлетворения требований, предъявленных к логистической системе предприятий.

УДК 338.48

В.А. Нерובה

Череповецкий государственный университет

ОСОБЕННОСТИ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТУРИСТСКОЙ ФИРМЫ

В современных условиях одним из основных направлений обеспечения высокого уровня конкурентоспособности в туризме, как и во многих других отраслях, является техническое перевооружение материальной базы. Для этого требуется перевод ее на качественно иной, более высокий уровень материального обеспечения, привлечение дополнительных финансовых ресурсов и их рациональное использование в ходе реализации инвестиционных программ.

Одной из причин, замедляющих инвестиционные процессы в туризме, является отсутствие достаточного количества высокопрофессиональных специалистов, знакомых с современными методами финансово-экономического анализа конкретного туристского предприятия, с технологиями инвестирования, с учетом кредитно-финансовой ситуации в России.

Менеджеры туристского предприятия, собирающиеся расширять свою деятельность и привлекать финансовые ресурсы, должны уметь определять и проводить стратегию развития на несколько лет. Целью разработки стратегии развития фирмы является определение главных направлений дальнейшего ее

функционирования на основе максимального использования ресурсного потенциала и с наиболее полным учетом влияния микро- и макросреды.

Л.С. Сосненко определяет ресурсный потенциал как «совокупность трудового, технического, финансового, организационного и прочих потенциалов. ...В результате использования всего потенциала формируется имущественный потенциал и достигается устойчивость финансового положения предприятия» [9]. Особенность туристской отрасли такова, что помимо ранее перечисленных видов ресурсов в силу специфики туристского продукта в систему добавляются еще и туристские ресурсы.

Наличие и сосредоточение большого количества туристских ресурсов на какой-либо территории при определенных условиях приводит к увеличению потенциала отрасли, региона, предприятия, занятого в данной сфере. К этим условиям относятся:

- привлекательность, престиж территории (места) в целом;
- привлекательность сосредоточенных на территории природных, материально-технических, финансовых, трудовых, организацион-

ных, социальных и других ресурсов, а также возможностей реализации и воспроизводства таких ресурсов;

- наличие историко-архитектурных объектов;
- благоприятная экологическая обстановка;
- климатические условия, привлекательные для отдельных групп потребителей (целевых рынков) и т.д. [10].

Можно сказать, что вышеперечисленные факторы являются внутренними, присущими данной территории, региону или исторически обусловленными.

Помимо названных внутренних существует большое количество внешних факторов, приводящих к росту привлекательности региона: политическая стабильность, конвертируемость валюты, ее инфляционная стабильность, уровень внутренних накоплений, уровень развития инфраструктуры и т. п.

Цель предприятий, занятых в туристской отрасли, заключается (помимо всего прочего) в увеличении конкурентоспособности территории, т.е. в повышении притягательности данной территории для туристов, чем, в частности, и занимается маркетинг территорий [5].

Говоря о туристских ресурсах, следует отметить, что они органично соединяют в себе природные, исторические, социально-культурологические, духовные и прочие факторы. Их потребительская стоимость (полезность), по мнению ученых Российской международной академии туризма, включает и культурологическую, и общеоздоровительную, и рекреационную, и духовно-культурологическую направленность.

Следующей отличительной чертой экономического потенциала туристских фирм является особый состав и структура хозяйственных средств и источников рефинансирования. В частности, объекты, осуществляющие турагентскую и туроператорскую деятельность, имеют сравнительно небольшую материальную базу. Это связано в первую очередь с тем, что для обеспечения операционной деятельности туристским фирмам (туроператорам и турагентам) нет необходимости обзаводиться «мощными» основными средствами. Особенность же структуры активов туроператоров и турагентов заключается в низкой доле внеоборотных и большой доле оборотных активов. В составе их активов значительная доля может приходиться на нематериальные активы. Особенно это свойственно для туроператоров, отличающихся более крупным объемом и широкой специализацией. У туроператоров, как правило, значительные средства вложены в ин-

формационные базы, в программные продукты, в деловую репутацию предприятия посредством рекламы. Следовательно, для них весьма актуально исследование состава нематериальных активов [8].

Специфика финансовых отношений туроператоров и турагентов проявляется в структуре оборотных средств этих туристских фирм. Высокая доля дебиторской задолженности (порядка 60 %) по отношению к остальным видам активов фирм-туроператоров объясняется, прежде всего, тем, что между моментом продажи туристского продукта и моментом его потребления имеется значительный разрыв во времени. Туры формируются и продаются обычно за несколько недель или месяцев до начала отдыха, поэтому одновременно возникает дебиторская задолженность у туроператора и кредиторская задолженность у турагента.

При этом следует отметить, что в пик туристского сезона доля дебиторской задолженности в составе финансовых активов у туроператоров увеличивается до 70 %, а доля денежных средств снижается до 15 %. Турагент в процессе реализации туристского продукта постоянно имеет приток денежных средств, чем обуславливается высокая доля денежных средств (до 70 %) в его структуре активов [1], [2].

Для туристских фирм характерен также особый состав и структура источников финансовых ресурсов. Финансирование туристской деятельности производится в основном за счет привлеченных (более 2/3) и частично за счет собственных средств. При этом долгосрочные заемные источники используются крайне редко. Это связано с тем, что туристская организация получает деньги за проданные путевки раньше, чем предоставляет по ним услуги.

Среди привлеченных средств основную долю (50 % у туроператоров и 70 % у турагентов) составляет кредиторская задолженность. Этими ресурсами туристская фирма может пользоваться бесплатно и на относительно долговременной основе.

В силу специфики материально-вещественной базы рассматриваемых организаций их залоговый потенциал относительно невысок, поэтому возможности получения кредитных ресурсов ограничены. Туристские фирмы, как правило, не пользуются кредитованием под оборотные средства. Потребность в заемных средствах у турфирмы возникает при изменении стратегии ее развития (при расширении бизнеса, вхождении в новый бизнес, для строительства гостиниц, турбаз, для приобретения транспортных средств и т. п.).

Анализ экономического потенциала предприятия предполагает сопоставление и срав-

нение. Недостаточно определить перечень показателей и расчетных коэффициентов и найти их численные значения; по каждому из них необходимо сделать содержательные заключения. А это невозможно без сравнения с некой базовой и нормативной величиной.

Как показывает практика, финансисты при принятии управленческих решений обращают внимание на нормативную величину коэффициентов. К сожалению, аналитики зачастую ориентируются на некие усредненные пороговые коэффициенты, не принимая в расчет особый состав хозяйственных средств и источников их формирования. Не учитывается отраслевая специфика, длительность производственного цикла, технологические особенности производства, тип производства, формы расчета с покупателями и т.п. Пороговые значения таких коэффициентов следовало бы устанавливать путем обобщения данных по ряду однотипных, успешно функционирующих организаций при проведении специальных отраслевых исследований.

Описанная выше структура хозяйственных средств туристских фирм и источников их формирования дает основание утверждать, что значение коэффициента соотношения собственного и заемного капитала достаточно поддерживать на уровне не менее 0,54 для туроператоров и 0,22 - для турагентов в целях обеспечения абсолютной устойчивости их финансового положения. В этом случае достигается полное покрытие собственным капиталом внеоборотных активов и части оборотных средств.

Финансово-экономический анализ предполагает исследование себестоимости продукции и услуг. Рассматривая специфические особенности туристской деятельности, отраслевые специалисты рекомендуют при формировании затрат туристских предприятий на производство, продвижение и реализацию туристского продукта отражать в случае выполнения силами собственных подразделений затраты на предоставление туристам услуг по:

- размещению, проживанию и питанию;
- транспортному обслуживанию;
- экскурсионному обслуживанию;
- медицинскому обслуживанию, включая профилактику заболеваний;
- оформлению турпоездки, включая визовое обслуживание;
- ведению культурно-просветительной, культурно-развлекательной и спортивной деятельности;
- обязательному страхованию в период осуществления турпоездки;

- обслуживанию сопровождающими и гидами-переводчиками [3], [6], [7].

Наряду с этим в состав затрат на производство, продвижение и реализацию турпродуктов включаются специфические отраслевые затраты, связанные с необходимостью их стандартизации, с освоением туров (включая затраты на стажировку по иностранному языку работников в странах, с которыми у организации налажено деловое сотрудничество), с оплатой сторонних организаций по подбору работников, с представительскими расходами по приему и обслуживанию представителей других организаций вне места нахождения предприятия, занимающегося туристской деятельностью. Очень важным с точки зрения формирования затрат и результатов в туристской сфере является сформулированное в этих документах положение о включении в состав себестоимости туристского продукта затрат, возникающих по невостребованной туристами части услуг, права на которые приобретаются партиями, блоками и другими нераздельными комплектами (по фрахтованию транспортных средств у перевозчика или иного организатора чартерных программ, по размещению и проживанию у организаций гостиничной сферы или иных организаций).

Весьма актуальным для предприятий туристской сферы является анализ сезонности.

Изучение сезонности в туризме позволяет:

- определить степень влияния природно-климатических условий на формирование туристского потока;
- установить продолжительность туристского сезона;
- раскрыть факторы, обуславливающие сезонность в туризме;
- определить экономические последствия сезонности на уровне региона и туристской фирмы;
- разработать комплекс мероприятий по снижению сезонной неравномерности в обслуживании туристов и т.п. [4], [10].

Названный перечень особенностей, которые необходимо учитывать при финансово-экономическом анализе, далеко не полный. В связи с этим необходимо более пристальное внимание к данной проблематике.

Список литературы

1. Гвозденко А.А. Логистика в туризме. - М.: Финансы и статистика, 2004.
2. Квартальнов В.А. Туризм: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2006.

3. Козырева Т.В. Управленческий учет в туризме. - М.: Финансы и статистика, 2005.

4. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности / Л.С. Сосненко, А.Ф. Черненко, Е.Н. Свиридова, И.Н. Кивелиус. - М.: КНОРУС, 2007.

5. Мердеева О.В. Методы и приемы маркетингового анализа территории // Маркетинг и маркетинговые исследования. - 2006. - № 2. - С. 110 - 119.

6. Приказ председателя ГКФТ РФ от 8 июня 1998 г. № 210 «Об утверждении особенностей состава затрат, включаемых в себестоимость туристского продукта организациями, занимающимися туристской деятельностью» // <http://nalog.consultant.ru/doc20018>

7. Соболева Е.А., Соболев И.И. Финансово-экономический анализ деятельности турфирмы. - М.: Финансы и статистика, 2006.

8. Солодухина О.И. Менеджмент туризма: Финансы и бухгалтерский учет в туризме: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2005.

9. Сосненко Л.С. Системный подход к экономическому потенциалу // Финансы и кредит. - 2002. - 21(11). - С. 47.

10. Сосненко Л.С., Кивелиус И.Н. Специфика анализа экономического потенциала туристской фирмы // Экономический анализ. - 2004. - № 17. - С. 15 - 20.

УДК 658.310.823-057.177

Д.В. Ковряков

Череповецкий государственный университет

ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Значимость трудовой мотивации как необходимого условия преодоления кризиса в сфере труда требует осмысления ее сущности. Постоянное внимание ученых к проблеме мотивации обусловлено тем, что мотивация многофакторна, ее проявления исключительно важны и многоаспектны. При этом обычным явлением становится отставание теоретических представлений о характере определяющих мотивационных факторов от их реального практического проявления [4].

Для четкого описания мотивации попробуем рассмотреть различные подходы, существующие в этой сфере. Условно определения мотивации можно разделить на две группы: одномерные («простые») и многомерные.

Одномерные определения содержат:

- понимание мотивации как состояния сознания индивида, субъективного процесса формирования побудительных сил к действию;
- понимание мотивации как функции управления, процесса воздействия на индивида.

Многомерные определения концентрируют свое внимание на:

- анализе мотивации как дихотомии «процесс - структура»;
- рассмотрении мотивации в предметном, атрибутивном и функциональном аспектах [5].

На схеме 1 изображена взаимосвязь различных подходов.

По нашему мнению, мотивация как некое явление имеет два аспекта: личностно-ориентированный и функциональный. Как

личностно-ориентированный аспект мотивация – это сложный процесс формирования у субъекта внутренних побудительных сил под влиянием внешних стимулов и внутренних характеристик личности (потребностей, интересов, ценностных ориентаций). Как функциональный аспект мотивация – это процесс целенаправленного воздействия на формирование мотивов поведения людей. Другими словами, мотивация является важнейшей функцией управления как на уровне общества в целом, так и на уровне отдельной организации.

Рассмотрение двух аспектов мотивации позволяет максимально полно отразить смысловое содержание данного термина, задавая рамки его применения.

Работы многих авторов, изучавших трудовую мотивацию, можно классифицировать следующим образом:

- исследования, связанные с психологической особенностью мотивации трудовой деятельности;
- исследования мотивации трудовой деятельности, связанные с отраслевыми особенностями предприятий;
- исследования трудовой мотивации, связанные со статусным или функциональным положением работников предприятия;
- исследования, связанные с практическим применением мотивационных теорий в управлении;
- исследования, связанные с анализом и оценкой системы мотивации персонала [3].

Классификация подходов к определению сущности понятия «мотивация»



Как видно из приведенного выше перечня, в научной литературе основное внимание уделяется процессу мотивации без учета элементов и подсистем мотивации персонала. Последовательное и комплексное раскрытие мотивации персонала как системы практически отсутствует. Зачастую термин «система мотивации персонала» обозначает порядок начисления и выплаты заработной платы, установления размера премиального вознаграждения и т.д.; в отдельных случаях он воспринимается базовым понятием, не требующим пояснения.

По нашему мнению, система мотивации персонала представляет собой совокупность подсистем, элементов и связей между ними, влияющих на мотивацию персонала.

Учитывая дихотомический характер мотивации, систему мотивации персонала необходимо рассматривать с точки зрения двух аспектов: личностно-ориентированного и функционального (см. схему 2). Личностно-ориентированный аспект позволяет выявить и описать систему мотивации персонала с точки зрения отдельного индивида, закономерности

и процессы, характерные для формирования его трудового поведения. Функциональный аспект отражает возможные внешние воздействия для формирования у индивида того или иного трудового поведения.

Для описания системы мотивации необходимо выявить системообразующий фактор и установить основные подсистемы и элементы системы мотивации. Системообразующим фактором может выступить формируемый системой мотивации тип отношения к труду. Отношение к труду «вбирает» в себя понятие трудовой мотивации в его содержательном смысле, т.е. всю систему формирования личностных побудительных сил к труду: потребностей, интересов и ценностей, восприятие стимулов различного уровня и собственно мотивы трудового поведения. Соответственно, факторы формирования трудовой мотивации идентичны факторам формирования отношения к труду, и их действие проявляется как на институциональном уровне, так и на уровне конкретных организаций.

Декомпозиция системы мотивации персонала



Под типом отношения к труду понимается устойчивый комплекс характеристик мотивации к труду, уровня и структуры удовлетворенностью работой, формирующийся в конкретных исторических условиях под воздействием системы стимулов к труду. Типы отношений к труду могут быть дифференцированы не только в различных социально-экономических системах, но и в рамках одной системы – в различных группах работников.

Выделяют три базовых типа отношения к труду:

- вынужденный (труд как средство выживания);
- инструментальный (труд как средство удовлетворения потребностей);
- ценностный (труд как самостоятельная ценность) [1].

Формирование отношения к труду является результатом реализации взаимодействия стимулов и мотивов в виде появления базового типа мотивации: вынужденного, инструментального, внутреннего.

Личностно-ориентированная подсистема мотивации персонала (см. схему 3) связывает стимулы и мотивы, тем самым отражая процесс формирования у субъекта внутренних побудительных сил под влиянием внешних стимулов и внутренних характеристик личности (мотивов поведения).

Как видно из схемы 3, взаимодействие личностной подсистемы работника и подсистемы стимулов к труду, предлагаемых работнику предприятием, формирует у работника тот или иной тип отношения к труду. Однако рассмотрение только личностно-ориентированной подсистемы мотивации персонала не позволя-

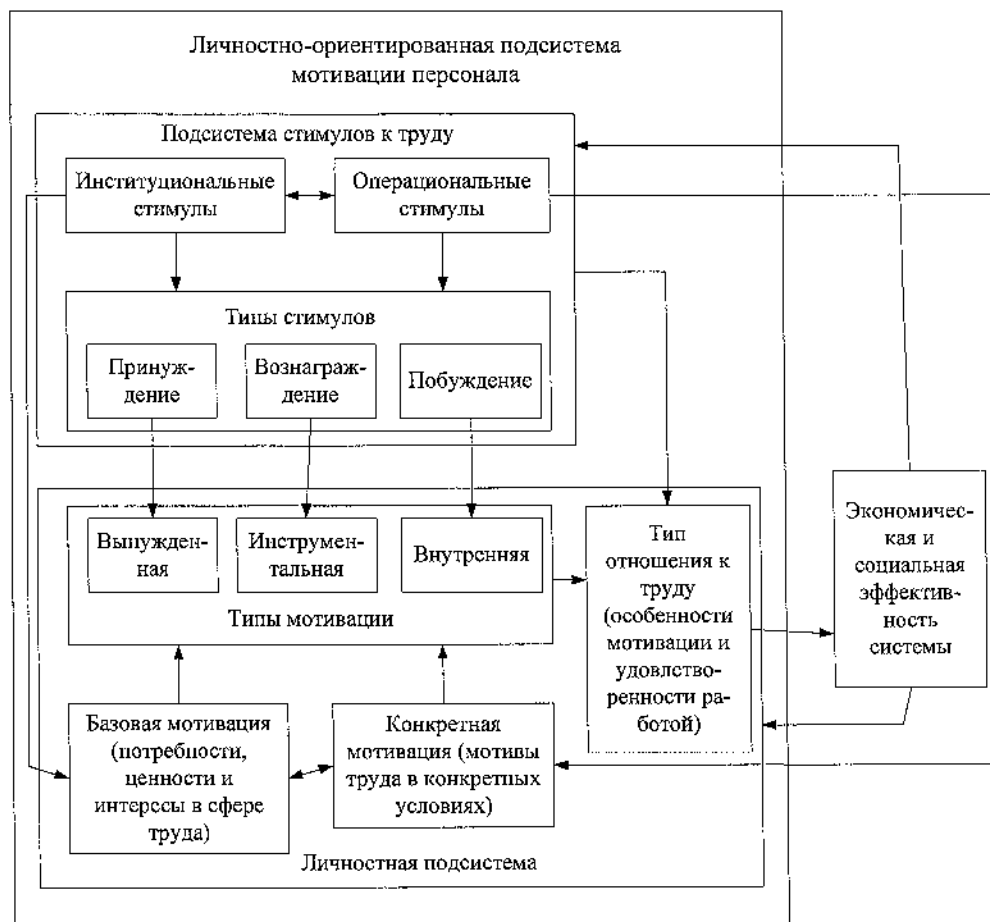
ет в полной мере раскрыть содержание системы мотивации персонала, поскольку не выявляет возможностей воздействия на систему мотивации персонала на оперативном уровне (на уровне предприятия), что диктует необходимость дальнейшего анализа данного вопроса.

Рассмотрение системы трудовой мотивации на оперативном уровне предполагает разрешение следующих задач:

- формирование глобальной цели существования системы мотивации персонала и ее декомпозиция;
- определение операционных областей воздействия на мотивацию персонала.

В литературе можно найти различные цели функционирования системы мотивации [2]. Однако большинство авторов сходятся в том, что глобальная цель существования системы мотивации персонала на предприятии заключается в достижении персоналом предприятия показателей и критериев, установленных менеджментом компании [6]. Включая в формулировку цели существования системы мотивации активную роль руководства организации, можно уточнить глобальную цель системы мотивации персонала следующим образом: разработка, выбор и применение наиболее эффективных способов воздействия на работника организации для достижения персоналом предприятия показателей и критериев, установленных менеджментом компании. Конкретные показатели и критерии деятельности организации определяются исходя из целевых установок руководителей компании, конкретного внутреннего и внешнего окружения организации.

Подсистема трудовой мотивации с точки зрения личностно-ориентированного аспекта



Глобальная цель системы мотивации персонала может быть дополнена и раскрыта декомпозицией цели на составные элементы. Основными составляющими глобальной цели системы мотивации персонала являются:

- достижение задач, поставленных перед компанией и ее структурными подразделениями;
- привлечение и закрепление квалифицированных работников;
- повышение заинтересованности работников в профессиональном и карьерном росте;
- предотвращение поступков, противоречащих установленным правилам и нормам поведения.

Как видно из приведенной выше декомпозиции глобальной цели системы мотивации персонала, она тесно связана с областями управления персоналом организации как в общетеоретическом, так и в практическом аспектах.

В связи с этим нельзя обойти вниманием проблему, связанную с функциональным рассмотрением мотивации в различных научных дисциплинах. Мотивация как функция управления (функция менеджмента) присутствует практически во всех научных работах, связанных с рассмотрением общего менеджмента. Как некая функция, реализующая достижение поставленных целей, мотивация присутствует и в научных работах по управлению персоналом, по психологии управления, по организационному поведению, по социологии управления и т.д. Данный ряд указанных научных направлений не исчерпывается приведенными выше научными дисциплинами.

По нашему мнению, рассмотрение мотивации в рамках различных дисциплин может быть сведено к глобальной цели системы мотивации персонала; отличия будут заключаться в отдельных сторонах, на которых акцентируют свое внимание научные дисциплины.

Функциональная реализация системы мотивации персонала предприятия наилучшим образом отображается при рассмотрении элементов, связанных с управлением персоналом. В самом деле, элементы управления персоналом конкретизируют и уточняют возможные воздействия на персонал предприятия в рамках общего функционирования предприятия. Было бы неразумно рассматривать данные элементы в их отрыве от общих функций управления, в частности от функции мотивации. Однако для более точного анализа данные элементы необходимо рассматривать с учетом их мотивационного воздействия, тем самым определяя области воздействия менеджмента организации на систему мотивации персонала.

По нашему мнению, элементами управления персоналом, особенно с учетом их мотивационного воздействия, являются:

- организация и условия труда;
- стимулирование и социальная защита;
- прием, увольнение и перемещение персонала;
- развитие персонала;
- активизация творческой составляющей персонала;

- оценка персонала [7].

В рамках системы мотивации персонала элементы управления персоналом преобразуются в области мотивационного воздействия. Элементы системы управления персоналом могут оказывать как прямое, так и косвенное воздействие на систему трудовой мотивации (см. схему 4).

Выделение конкретных областей мотивационного воздействия (в рамках элементов системы управления персоналом) позволяет детерминировать направления воздействия менеджмента компании на трудовую мотивацию ее работников. Так конкретизируется сфера применения различных управленческих технологий, направленных на достижение персоналом предприятия показателей и критериев, установленных менеджментом компании.

Существующие научные работы (в том числе и диссертационные исследования) носят фрагментарный характер, зачастую ориентированы на конкретные прикладные задачи мотивации персонала.

Комплексное теоретическое и практическое рассмотрение системы мотивации персонала предприятия требует дальнейшего изучения.

Схема 4

Функциональный аспект системы мотивации персонала



Список литературы

1. Генкин Б. М. Экономика и социология труда. – М.: НОРМА-ИНФРА, 1999.
2. Гущина И. Трудовая мотивация как фактор повышения эффективности труда // Общество и экономика. – 2000. – № 1. – С. 169 - 174.
3. Ковряков Д. В. Методика анализа и оценки эффективности системы мотивации // Ресурсный подход к подготовке управленческих кадров в регионе: Материалы докладов и выступлений Региональной научно-

практической конференции (19 - 22 мая 2004 г.). - Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2004. - С. 144 - 152.

4. Ковряков Д. В., Тюлю Г. М. Методические особенности моделирования системы мотивации // Вестник ЧГУ. Вып. 2. – Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006. - С. 98 - 101.
5. Озерникова Т. Г. Формирование и развитие системы трудовой мотивации: Дис... д-ра экон. наук: 08.00.05. - Иркутск, 2002.
6. Радаев В. В. Экономическая социология. – М.: Аспект Пресс, 1998.
7. Управление персоналом организации / Под ред. А. Я. Кибанова. – М.: ИНФРА-М, 2005.

УДК 658.310.823-057.177

А. Ю. Нома

Череповецкий государственный университет

МОТИВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Научно-технический прогресс – один из основных факторов повышения доходности предприятия. Его реализация в значительной степени зависит от методов управления, обеспечивающих стремление людей к нововведениям, к рационализаторским предложениям по улучшению качества продукции, технологии и условий труда. Чем выше инициатива и творческая активность сотрудников, тем выше конкурентоспособность и эффективность фирмы.

Эффективное управление предприятием требует от руководителя умения понимать нужды и потребности подчиненных и умело использовать полученные знания для мобилизации человеческих возможностей. А для этого, в свою очередь, нужно разбираться в человеческой природе.

Американский социолог А. Маслоу выяснил, что люди всем своим существом настроены на максимальную реализацию заложенных в них способностей. Они мобилизуют все свои ресурсы творческой деятельности и предпринимают попытки действовать на пределе своих умственных и физических возможностей.

По мнению А. Маслоу, человеческие потребности могут быть сгруппированы в пять качественно различных категорий, имеющих особый порядок актуализации (рис. 1).

Согласно теории иерархии потребностей, если человек не удовлетворил свои основные потребности (физиологические и потребности в безопасности), предприятие сможет пози-

тивно воздействовать на его мотивацию, увеличивая уровень оплаты труда, предоставляя определенные льготы и гарантии занятости.



Рис. 1. Пирамида А. Маслоу

Для лиц с потребностями более высокого уровня эти стимулы не будут активизировать к производительной работе, так как эти люди по своей природе созидатели: они получают удовлетворение от творчества, оправдывая смысл своего существования. Чтобы мотивировать таких сотрудников, организация должна предоставлять им возможности для самореализации, приобретения определенного социального положения и т.д. Лица, потребности которых развиты вплоть до высшего уровня

пирамиды, – это люди, обладающие творческими способностями и реализующие свои таланты и задатки. Маслоу называет таких людей «самореализующимися».

Творчество – это процесс создания новых или совершенствования существующих предметов, приемов и методов. Следовательно, рационализаторские предложения, изобретения и научные открытия можно отнести к результатам творчества исполнителей.

Металлургическая промышленность является широкой сферой деятельности для реализации творческого потенциала работников, а предприятия этой отрасли – поле для разработок и внедрения технических новинок, изобретений, предложений по совершенствованию техники, технологии и процесса управления. Например, интенсивно реализуется инновационный процесс на крупнейшем металлургическом предприятии России ЧМК ОАО «Северсталь»: здесь используется свыше ста изобретений в год, авторами которых являются работники комбината. Существенный вклад в развитие экономики предприятия внесли рационализаторы и изобретатели технических новинок, направленных на совершенствование технологических процессов и обеспечивающих выпуск высококачественной продукции с наименьшими затратами; на решение организационных задач, направленных на повышение производительности труда, на улучшение условий труда, на улучшение работы управленческого персонала и т.д. (рис. 2, 3).

Творческий поиск рационализаторов и изобретателей направлен на улучшение качества продукции, на уменьшение брака, на сокращение простоев оборудования и повышение производительности труда, на экономию сырья, топлива, энергоресурсов, материалов. Таким образом, инновационная деятельность сотрудников приносит зримые плоды. Это осознают все работники предприятия. В связи с этим вопросу стимулирования трудоемкой и умственной деятельности необходимо уделять особое внимание. Так, в ходе недавнего исследования, проводимого в ЧМК ОАО «Северсталь», выяснилось, что работникам в первую очередь нужны уважение, внимание и достойная моральная оценка их заслуг (отметили 55,5 % респондентов). Денежные мотивы, по теории А. Маслоу, оказываются в самой нижней части шкалы ценностей современного работника (рис.1). Однако материальная заинтересованность сотрудников металлургического предприятия оказалась на втором месте (выделили 39,4 % опрошенных). Здесь уместно мнение Д. Черрингтона, американского специалиста по вопросам менеджмента: «Деньги, являясь, вероятно, самым желанным и наиболее универсальным средством удовлетворения человеческих потребностей, почти не пригодны в качестве средства поощрения. Все дело в том, что деньги не обладают символической ценностью и, будучи потраченными, почти не напоминают работнику о том достижении, которое стало поводом для его награждения» [2,

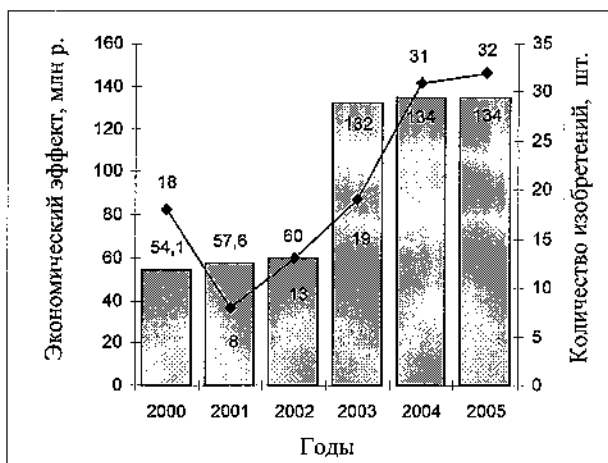


Рис. 2. Динамика оформленных изобретений и экономического эффекта от их внедрения в ЧМК ОАО «Северсталь»

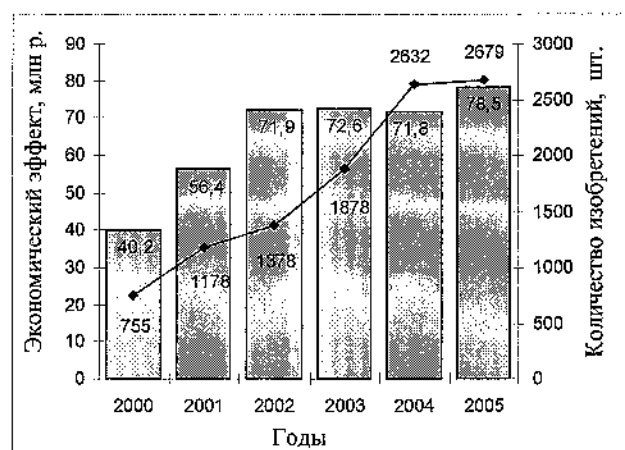


Рис. 3. Динамика подачи рационализаторских предложений и экономического эффекта от их реализации в ЧМК ОАО «Северсталь»

с. 102]. Следовательно, чтобы стимулирование было эффективным, необходимо сочетать моральное поощрение с достойным материальным вознаграждением, ведь между материальными и нематериальными стимулами существует диалектическая связь, они взаимно дополняют друг друга.

Для мотивации к инновационной деятельности руководство ОАО «Северсталь» использует следующие стимулы: поощрение личной инициативы, улучшение условий труда, перспективу повышения квалификации, объявление благодарности, присвоение почетных званий «Почетный изобретатель», «Лучший изобретатель», «Лучший молодой изобретатель». Аналогичные звания присваиваются и рационализаторам. Лучшие новаторы поощряются дополнительными днями к очередному отпуску (до трех дней). Наиболее достойные из числа рационализаторов могут быть представлены к присуждению звания «Заслуженный рационализатор Российской Федерации». Авторы изобретений, имеющих важное государственное значение и внедренных в производство, за многолетнюю плодотворную изобретательскую деятельность могут быть представлены на присвоение звания «Заслуженный изобретатель Российской Федерации».

Осознанию значимости конкретного работника, усилению мотивации к инновационному развитию и повышению творческого потенциала способствует такая форма поощрения, как Доска Почета, которая была установлена на предприятии в конце февраля 2001 г. На ней помещаются фотографии передовиков производства. Ежеквартально проводится ее обновление. Каждому работнику в торжественной обстановке вручаются свидетельства о занесении на Доску Почета ОАО «Северсталь» и денежная премия. Ежегодно 192 работника удостоиваются права быть занесенными на общекомбинатовскую Доску Почета. В течение 2002 г. в 30 подразделениях были открыты цеховые Доски Почета.

Награждение за конкретные достижения должно быть чем-то большим, чем простая благодарность за хорошую работу. Церемония награждения отличившихся работников должна быть торжественной и запоминающейся, с участием коллег. Проведение торжественного собрания способствует удовлетворению потребности людей в признании со стороны руководства и дает понять всем работникам, что их личный вклад в работу коллектива получает достаточно высокую оценку.

Так, например, ежегодно к 13 ноября – дню рождения академика И.П. Бардина – работникам ЧМК ОАО «Северсталь» присуждается премия имени академика И.П. Бардина за большие заслуги перед коллективом в производственной, научно-технической и экономической деятельности. Этот день для работников предприятия стал праздником передовой технической мысли и творческого труда. Премия может быть присуждена как одному работнику, так и творческой группе. Комиссия под председательством технического директора в 2005 г. рекомендовала присудить премии 11 работам, реализация которых должна принести обществу свыше 700 млн рублей.

В условиях возрастающей роли специалистов в реализации достижений НТП особенно важно стимулирование инициативы, стремления к внедрению передовых достижений науки, техники, организации производства и управления. Только моральными стимулами этот престиж поднять трудно, необходимо достойное материальное вознаграждение, именно поэтому присвоение почетных званий подкрепляется выплатой премии.

Премии за фактический эффект реализации идеи на предприятии наиболее рациональны, потому что выплачиваются за реальный конечный результат – дополнительно полученную прибыль. Обычно размер поощрения определяется в процентах от суммы годового фактического экономического эффекта, получаемого от использования предложения (табл. 1). Исходя из конкретных задач производства, предприятия могут вводить самые разнообразные единовременные премии и вознаграждения для стимулирования отдельных сторон деятельности, неординарных результатов труда, выполнения особо важных работ [4]. Многие авторы считают, что надбавки должны иметь форму роялти, т.е. ежемесячных выплат за весь срок применения на предприятии данного изобретения и рационализаторского предложения [1].

При этом премии должны выплачиваться и в том случае, если внесенные работником предложения не приняты к внедрению. Дополнительные расходы, которые несет в этом случае компания, будут способствовать созданию в коллективе творческой обстановки, увеличению заинтересованности специалистов к поиску наиболее эффективных решений. Здесь нет текущего эффекта, но твердо можно ожидать эффекта в перспективе [1]. Такие премии должны носить единовременный характер.

Размеры авторского вознаграждения за использование внедренных рационализаторских предложений и изобретений на отечественных и зарубежных предприятиях

Предприятие	Авторское вознаграждение за использование внедренных рационализаторских предложений	Авторское вознаграждение за использование внедренных изобретений
ЧМК ОАО «Северсталь»	Эффект до 200 тыс. р. – 7,5 % от фактического годового экономического эффекта. От 200 тыс. р. до 1 млн р. – 15 тыс. р. + 5 % от фактического годового экономического эффекта. Свыше 1 млн р. – 55 тыс. р. + 3 % от фактического годового экономического эффекта. Максимальный размер не ограничен	15 % от полученного экономического эффекта в течение 1 - 5 лет. Не более 2 % от величины затрат на изобретение в течение 1 - 5 лет (при невозможности определения экономического эффекта)
НЛМК	15 % от фактического годового экономического эффекта, но не более 10 среднемесячных заработных плат (110 тыс. р.)	3 % от полученного экономического эффекта в течение 5 лет (если изобретение внедрено до августа 2004 г., то вознаграждение составляет 15 % от фактического годового экономического эффекта в течение 20 лет)
ММК	Эффект до 50 тыс. р. – 2 % от фактического годового экономического эффекта + 100 р. От 50 тыс. р. до 100 тыс. р. – 1,3 % + 450 р. От 100 тыс. р. до 500 тыс. р. – 1,2 % + 550 р. От 500 тыс. р. до 1 млн р. – 1,1 % + 1050 р. Свыше 1 млн р. – 1 % + 2050 р. Максимальный размер не ограничен	15 % от полученного экономического эффекта в течение 1 - 2 лет
Корпорация IBM (США)	25 % от фактического годового экономического эффекта: min – 50 \$, max – 100 тыс. \$	–

В практике ОАО «Северсталь» в тех случаях, когда экономический эффект создается несколькими рацпредложениями и эффект от использования каждого из них отдельно не может быть определен, экспертная комиссия подразделения и служба по интеллектуальной собственности производит технико-экономический анализ предложений и устанавливает авторскую премию, которая определяется в зависимости от действительной ценности с учетом технического или иного положительного эффекта по формуле

$$\Pi = K_1 \times K_2 \times K_3 \times \text{МСВ},$$

где Π – авторская премия, р.; K_1 – коэффициент достигнутого положительного эффекта (1,0 - 5,0); K_2 – коэффициент объема использования (1,0 - 5,0); K_3 – коэффициент сложности решенной задачи (1,0 - 10,0); МСВ – минимальная сумма вознаграждения (до 2000 г. МСВ = 100 р., с 2001 г. – 300 р., с 2003 г. – 500 р.).

Таким образом, коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 являются оценками творческой значимости

разработки, от которых напрямую зависит размер вознаграждения автора. Эта часть материального вознаграждения специалистов напрямую зависит от затрат на внедрение, от срока службы, от прибыльности разработок.

Если после окончания первого года использования рацпредложения появляется возможность рассчитать фактический годовой эффект, то авторская премия выплачивается в зависимости от суммы годового фактического экономического эффекта, полученного во втором году использования рацпредложения. При этом вычитается сумма ранее выплаченного вознаграждения. Влияние данной системы премирования положительно отражается на количестве внедренных предложений и их экономическом эффекте (рис. 3).

Увеличение творческой активности на 50 % и экономического эффекта на 36 % отмечено в период с 2001 г., когда был изменен размер МСВ со 100 до 300 р.; изменение МСВ до 500 р. в 2003 г. повлекло увеличение рацпредложений на 36 %, а в 2004 г. их количество увеличилось еще на 40 %, но экономический эффект от их реализации остался на прежнем уровне – не более 72 млн р. Следовательно, практика стимулирования инновационной дея-

тельности работников подтверждает целесообразность усиления дифференциации дохода в зависимости от значимости конечных результатов.

Сегодня в Вологодской области ЧМК ОАО «Северсталь» – единственное предприятие, которое занимает лидирующую позицию в создании, правовой охране и использовании своих изобретений (табл. 2). Права и обязанности изобретателей регулируются Патентным законом РФ, который разрешает выдачу патента на изобретение работодателю по договору с автором разработки [5]. На основе соглашения между ними выплачивается авторское вознаграждение. Использование авторского права для стимулирования творческого труда, признание авторства является одним из самых действенных и в то же время сложных механизмов. В такой ситуации необходим контроль за соблюдением авторского права, и такая система появилась в новом законодательстве РФ [3]. Система авторских гонораров способствует повышению личной заинтересованности специалистов.

Здесь возможны такие виды стимулирования, как:

- единовременное поощрение за творческую идею;
- ежемесячное вознаграждение за счет части прибыли, получаемой при использовании разработки;
- выплата части суммы, получаемой при продаже данного новшества другим предприятиям.

ОАО «Северсталь» некоторое количество изобретений реализует. И не только реализует, но и продает запатентованные лицензии. Премия за продажу изобретений на рынке идей

другим фирмам наиболее выгодна для предприятия-продавца, так как не требует больших затрат, но дает дополнительный доход предприятию. Форма выплаты такой премии должна носить единовременный характер.

Надо отметить, что большую роль в создании и использовании технических идей выполняют лица, которые участвуют в теоретических и экспериментальных исследованиях, в подборе необходимых информационных материалов; в конструкторских или технологических разработках технических решений и документации, в выполнении расчетов по ним; в изготовлении и испытании опытных образцов или проведении технологических проб; в технологической подготовке производства и его освоении; в составлении и обосновании расчетов экономического и иного положительного эффекта; в оформлении заявлений, в учете результатов работы, в оказании консультационной помощи новаторам. Содействие в реализации идей могут оказывать как работники, так и лица, не работающие на предприятии.

В целях повышения заинтересованности персонала в разработке и внедрении технических новинок необходимо вознаграждать не только рационализаторов и изобретателей, но и лиц, содействующих их внедрению. Желательно, чтобы поощрение за содействие, как и за разработку новшества, напрямую зависело от экономического эффекта, получаемого от его использования (табл. 3). Добиться общественного признания, самореализоваться, самоутвердиться работникам, содействующим реализации идей, могут такие моральные стимулы, как объявление благодарности в средствах массовой информации, поощрение благодарственным письмом.

Таблица 2

Показатели инновационной деятельности ОАО «Северсталь»

Показатели	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Количество действующих охранных документов, шт.:						
- изобретения	358	371	419	468	535	589
- полезная модель	-	-	6	13	19	19
Количество изобретений, используемых в производстве и по которым производится выплата авторского вознаграждения	84	90	100	106	107	110
Количество поданных заявок на изобретения	45	51	64	61	74	54
Количество оформленных внедренных изобретений	18	8	13	19	31	32
Экономический эффект, полученный от использования изобретений, млн р.	54,1	57,6	60,0	132,0	134,0	134,0

Премирование за содействие в реализации технических идей в ОАО «Северсталь»

Внедренная техническая идея	Фонд премии персоналу за содействие
Рацпредложение	3 % от экономического эффекта от использования (единовременно)
Изобретение	1 % от экономического эффекта от использования в течение 1 - 3 лет или 3 % от выручки при продаже лицензии

Итак, для того чтобы правильно мотивировать специалистов отечественных предприятий, занятых инновационной деятельностью, необходимо проводить исследования с целью изучения их потребностей, интересов, трудовых ценностей. Следовательно, необходимо изучать возрастную и интеллектуальную структуру коллектива, так как с течением времени меняются мотивации сотрудников. Успешной программой поощрений будет та, которая в полной мере учитывает потребности новаторов в области вознаграждений, а также достойно оценивает оригинальность разработок (соотношение расходов и доходов, период внедрения, срок эксплуатации).

Сегодня инновационный потенциал становится одним из определяющих факторов бизнеса, позволяющим улучшить имидж предприятия, повысить его рыночную стоимость, привлечь инвестиции. Предприятие будет иметь конкурентное преимущество, если по заслугам оценит своих работников. Опыт ОАО «Северсталь» показывает, что успех сопутствует, когда компания ориентируется на пер-

спективу инновационного управления трудом: руководство предлагает работникам условия для расширения знаний, повышения квалификации, непрерывного совершенствования, расширения полномочий работников в принятии хозяйственных решений.

Список литературы

1. Афанасьев А. А. Социально-экономические и организационные методы активизации творческого труда: Дис... канд. экон. наук: 08.00.07. – М., 2000.
2. Гостик Э., Элтон Ч. Менеджмент с помощью морковки. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005.
3. Закон РФ «Об авторском праве и смежных правах» от 09.07.1993 г. (с изменениями от 19.07.1995 г., 20.07.2004 г.) // Российская газета. 1993. 3 августа.
4. Организация оплаты труда работников предприятий в условиях либерализации цен и приватизации / Под ред. Р. А. Яковлева. – М., 1995.
5. Патентный закон РФ от 23.09.1992 г. № 3517-1 (с изменениями и дополнениями, внесенными Федеральным Законом от 07.02.2003 г. № 22-ФЗ) // Российская газета. 1992. 14 октября.

УДК 336.71

П.А. Беляева, М.И. Летагин
Череповецкий государственный университет

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТТОКА НАЛИЧНОСТИ ИЗ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ БАНКОМАТОВ

Активизация развития карточного бизнеса российскими банками обусловлена повышением доверия населения к банковской системе, конкуренцией на рынке розничных банковских услуг, благоприятной политикой государства в целом по отношению к картам и карточным расчетам, развитием инфраструктуры обслуживания карт международных платежных сис-

тем, снижением издержек, связанных с внедрением карточного проекта (снижением стоимости оборудования, пуско-наладочных работ, обучения сотрудников), снижением переменных издержек, связанных с обслуживанием карточных проектов.

Однако на сегодняшний день состояние российского рынка банковских карт все еще

можно охарактеризовать как переходное. С одной стороны, наблюдается интенсивный рост числа пластиковых банковских карт и объема наличности, проходящей через карточные счета, с другой стороны, доля платежей по розничным картам в нем остается неизменной, на уровне 6 – 7 % [1]. В отдельных регионах значение этого показателя еще ниже. Как отмечают сотрудники отделов пластиковых карт региональных банков, оно находится на уровне до 2 – 3 % от общего объема денежных средств, проходящих через карточные счета.

Приведенная статистика свидетельствует о том, что на сегодняшний день в России банковская пластиковая карта как средство безналичных расчетов не слишком популярна. Физические лица предпочитают использовать ее в основном как средство получения наличных в нужное время. Как следствие, в нынешний переходный период важная роль в стратегии карточного бизнеса отводится развитию сетей банкоматов, которая является подсистемой карточной платежной системы банка [2]. Как следствие, ее специфика определяет характеристики, особенности построения, развития и функционирования сети банкоматов банка. В средних и малых городах РФ (на уровне филиалов как местных, так и центральных банков) наблюдаются следующие существенные особенности сетей банкоматов:

1. Банк (филиал банка), осуществляющий эмиссию карт на уровне города областного или районного масштаба, как правило, осуществляет и эквайринг устройств обслуживания карт в связи с тем, что регионы еще недостаточно насыщены ими.

2. Доля зарплатных проектов в регионах выше, чем в Москве. Для разных банков она составляет 70 – 90 %, в то время как в Москве есть банки (Дельта-банк, Росбанк, Альфа-банк) с долей менее 50 %. Именно благодаря масштабным зарплатным проектам на сегодняшний день достигается высокий уровень развития карточного бизнеса в регионах.

3. Отмечается преобладание дебетовых карт, вызванное эмиссией в рамках зарплатных проектов.

4. Количество градообразующих предприятий, как правило, невелико (от 1 до 5), однако их сотрудники могут вносить до 90 % в оборот посредством банковских карт, в отличие от крупных городов с большим числом промышленных предприятий.

5. Торговые точки малых и средних городов еще недостаточно насыщены POS-терминалами, поэтому владельцы банковских

карт для того, чтобы оплатить товары и услуги, получают наличные в банкомате. В крупных городах практически в любом магазине и любой точке обслуживания имеется возможность оплатить товары и услуги посредством POS-терминала, воспользовавшись банковской пластиковой картой международной платежной системы, что является дополнительным стимулом для ее использования в качестве платежного средства.

6. Большая часть участников зарплатных карточных проектов – это люди в возрасте 35 – 50 лет, которые по привычке после перечисления зарплаты на счет в банке стараются получить ее в виде наличных денежных средств.

Все это подчеркивает актуальность исследования явления зарплатных проектов для развития сетей банкоматов в регионах.

Экономическая эффективность сети определяется соотношением между затратами, связанными с ее созданием и поддержанием функционирования, и различными доходами (прямыми и косвенными). Обе эти составляющие определяются, во-первых, объемом наличных, проходящих через банкоматы (в силу современной специфики – объемом зарплатных проектов банка), во-вторых, характеристиками созданной банком сети (количеством банкоматов, их расположением и схемой доступа к ним).

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость оценки возможных изменений оттока наличности из сети при формировании карточной стратегии банка. Для оценки эффективности изменений (при заключении договора на обслуживание нового карточного зарплатного проекта, при установке либо демонтаже банкоматов сети) требуется ввести ряд легко оцениваемых и прогнозируемых количественных показателей. Так, например, операционная прибыль банка от функционирующей сети банкоматов определяется матожиданием суточного оттока наличности из сети. Управляемая составляющая расходов на поддержание сети банкоматов напрямую связана с точностью прогнозирования спроса на наличные в сети, выполняемого сотрудниками банка. Невозможность построения точных прогнозов вызывает риск ликвидности, который в первом приближении может быть оценен дисперсией суточного спроса на наличные.

Ежедневный отток наличности из сети филиала, состоящей из N банкоматов, за промежуток времени T дней моделируется случай-

ной величиной ξ , ежедневные оттоки наличности из банкоматов сети – случайными величинами ξ_{I_i} ($i = 1, 2, \dots, N$), так что

$$\xi = \sum_{i=1}^N \xi_{I_i}, \quad (1)$$

где I – вектор уникальных идентификаторов банкоматов согласно внутренней нумерации банка. Проведенный анализ структуры оттока наличности из банкоматов исследуемых сетей показал, что основными его составляющими являются снятия сотрудниками крупных и средних предприятий, участвующих в зарплатных проектах банка. Доля прочих снятий, к которым можно отнести снятия сотрудниками мелких предприятий и прочими клиентами, невелика и составляет 10 – 20 % от общего объема операций по получению наличных денежных средств в банкомате. Поэтому целесообразно рассматривать следующее разложение случайной величины ξ_{I_i} :

$$\xi_{I_i} = \sum_{j=1}^K \xi_{I_i}^{J_j} + \xi_{I_i}^0, \quad (2)$$

где K – количество крупных и средних предприятий – участников зарплатных проектов; J – K -мерный вектор, компонентами которого являются уникальные идентификаторы предприятий согласно внутренней нумерации банка; $\xi_{I_i}^{J_j}$ – ежедневные снятия наличности в банкомате I_i сотрудниками организации J_j ($i=1, \dots, N, j=1, \dots, K$); $\xi_{I_i}^0$ – ежедневные снятия наличности в банкомате I_i по прочим картам ($i=1, \dots, N$). При таких обозначениях объем снятий наличности всеми сотрудниками предприятия J_j в сети банкоматов ξ^{J_j} представится в виде

$$\xi^{J_j} = \sum_{i=1}^N \xi_{I_i}^{J_j}. \quad (3)$$

С учетом (1), (2) и (3) для случайной величины ξ суточного оттока наличности из сети

можно записать следующее альтернативное разложение, учитывающее наличие у банка зарплатных проектов:

$$\begin{aligned} \xi &= \sum_{i=1}^N \xi_{I_i} = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^K \xi_{I_i}^{J_j} + \xi_{I_i}^0 \right) = \\ &= \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^N \xi_{I_i}^{J_j} + \sum_{i=1}^N \xi_{I_i}^0 = \sum_{j=1}^K \xi^{J_j} + \xi^0 = \sum_{j=0}^K \xi^{J_j}, \quad (4) \end{aligned}$$

где $J_0 = 0$.

При решении задачи прогнозирования изменений оттока наличности из сети банкоматов возникает вопрос о возможности представления распределения случайной величины ξ через распределения случайных величин ξ_{I_i} и ξ^{J_j} , о характере этих распределений и их числовых характеристик.

Анализ выборочных характеристик случайных величин ξ_{I_i} и ξ^{J_j} показывает, что зависимость между матожиданием и вариацией этих случайных величин адекватно описывается степенными законами:

$$\begin{aligned} D\xi_{I_i} &= \exp(0,11) \cdot (M\xi_{I_i})^{1,64} \approx \\ &\approx 1,11 \cdot (M\xi_{I_i})^{1,64}; \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D\xi^{J_j} &= \exp(0,67) \cdot (M\xi^{J_j})^{2,20} \approx \\ &\approx 1,95 \cdot (M\xi^{J_j})^{2,20}. \quad (6) \end{aligned}$$

На рис. 1 в логарифмическом масштабе представлены зависимости вариации суточного объема наличных денежных средств от средней величины этого объема по банкоматам и организациям. На этом же рисунке показаны соответствующие регрессионные прямые. Зависимости (5) и (6) важны для прогнозирования параметров сети банкоматов по данным характеристикам объемов снятий по банкоматам и организациям.

Анализ выборочных распределений показал, что все случайные величины ξ_{I_i} и ξ^{J_j} удовлетворительно описываются логнормальным распределением. Плотность логнормального распределения

$$f_{\xi}(y) = \frac{1}{y\sqrt{2\pi b^2}} \exp\left(-\frac{(\ln y - a)^2}{2b^2}\right), y > 0,$$

имеет два параметра a и b^2 , которые равны, соответственно, математическому ожиданию и дисперсии нормально распределенной случайной величины $\eta = \ln \xi$. Математическое ожидание и дисперсия ξ выражаются через эти параметры следующим образом:

$$\mu = \exp\left(a + \frac{b^2}{2}\right),$$

$$\sigma^2 = \exp(2a + b^2) \left(\exp(b^2) - 1\right). \quad (7)$$

На рис. 2 приведены две типичные гистограммы выборочных относительных частот и соответствующих логнормальных плотностей (банкомат № 37 и организация № 10). Таким образом, при моделировании снятия наличности мы принимаем логнормальное распределение для снятий по банкоматам и по организациям.

Поскольку имеют место разложения (1) - (4), необходимо выяснить характер зависимости между слагаемыми в суммах.

Независимость величин ξ_{I_i} не имеет места.

Это видно из фрагмента выборочной корреляционной матрицы $\hat{R} = \{\hat{r}_{ii}\}_{i,i=1,\dots,N}$,

$$\hat{r}_{ii} = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_{I_i}(t) - \bar{x}_{I_i})(x_{I_i}(t) - \bar{x}_{I_i})}{\bar{\sigma}_{I_i} \bar{\sigma}_{I_i}},$$

где $x_{I_i}(t)$ - наблюдаемое снятие наличности в банкомате I_i в день t ; $\bar{x}_{I_i} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{I_i}(t)$ - сред-

нее снятие за период наблюдения, для шести банкоматов равно

$$\hat{R} = \begin{pmatrix} 1 & 0,442 & 0,778 & 0,595 & 0,696 & 0,549 \\ 0,442 & 1 & 0,448 & 0,324 & 0,357 & 0,335 \\ 0,448 & 0,448 & 1 & 0,613 & 0,600 & 0,448 \\ 0,595 & 0,324 & 0,613 & 1 & 0,542 & 0,489 \\ 0,696 & 0,357 & 0,600 & 0,542 & 1 & 0,400 \\ 0,549 & 0,335 & 0,448 & 0,489 & 0,400 & 1 \end{pmatrix}$$

Все значимые выборочные коэффициенты корреляции положительны. Это свидетельствует о том, что увеличение суточных снятий происходит в банкоматах сети одновременно. Можем предположить, что это обусловлено наличием у банка масштабных зарплатных карточных проектов. Зачисления заработной платы на карточные счета сотрудников предприятий-участников зарплатных проектов банка вызывают одновременное увеличение спроса на наличные денежные средства во всех банкоматах сети. Анализ снятий наличности в парах банкоматов со значимыми коэффициентами корреляции выявил, что большая доля снятий в них приходится на сотрудников одних и тех же предприятий.

С другой стороны, корреляции между снятиями наличности по организациям ξ^{J_j} незначимы.

Таким образом, при вычислении вариации оттока наличности из сети по обналечиваниям организациями требуются только вариации, а по обналечиваниям в банкоматах – вариации и корреляции.

Задача оценки параметров распределения, описывающего отток наличности из сети, на основе параметров распределений, описывающих оттоки наличности по банкоматам или по организациям, согласно гипотезе логнормальности, приводит к задаче вычисления параметров распределения суммы логнормальных случайных величин. Точного выражения для функции плотности вероятности суммы логнормальных случайных величин нет, однако в литературе встречается ряд методов аналитической аппроксимации этой функции [3] - [7]. В частности, в работе [3] предложен эффективный метод аппроксимации суммы коррелированных логнормальных случайных величин

логнормальной случайной величиной, параметры распределения которой находятся на основании равенства первого начального и второго центрального моментов случайной величины ξ :

$$\int_0^{\infty} x \cdot f_{\xi}(x) dx = \sum_{i=1}^N \int_0^{\infty} x \cdot f_{\xi_i}(x) dx, \quad (8)$$

$$\int_0^{\infty} (x - M_{\xi})^2 \cdot f_{\xi}(x) dx = \sum_{i=1}^N \int_0^{\infty} (x - M_{\xi_i})^2 \cdot f_{\xi_i}(x) dx.$$

Для определения параметров искомого логнормального распределения необходимо в правые части равенств (8) подставить оценки моментов случайных величин ξ_i , а в левые части – выражения (7) для соответствующих моментов через параметры a и b^2 искомого распределения. Полученная нелинейная система двух уравнений относительно неизвестных разрешается численно, например с применением стандартной функции solve в Maple.

При прогнозировании изменений свойств сети в ходе планирования нового зарплатного проекта для применения описанного выше способа необходимы предположения о матожидании случайной величины ξ^{JK+1} этого проекта. Его оценка может проводиться на основе знаний предполагаемого среднемесячного зачисления на карточные счета по этому проекту – \bar{z}^{JK+1} . Зависимость между этими величинами адекватно описывается линейной регрессией:

$$M\xi_{J_j} = 0,0448 \cdot \bar{z}^{J_j}. \quad (9)$$

Исходными данными для проектирования потока сети при планировании нового зарплатного проекта являются:

K – количество предприятий-участников зарплатных проектов банка;

$M\xi_{J_j}, D\xi_{J_j}, j=1, \dots, K$ – точечные оценки матожиданий и вариаций суточного объема обналечиваний в сети по предприятиям;

\bar{z}^{JK+1} – предполагаемый объем ежемесячных зачислений новым предприятием на карточные счета сотрудников.

Процедура проектирования потока сети при планировании нового зарплатного проекта состоит из следующих этапов:

1. Оценка матожидания снятий в сети для нового предприятия по формуле (9).

2. Оценка вариации снятий наличности в сети сотрудниками нового предприятия по формуле (6).

3. Оценка матожидания $M\xi = \sum_{j=0}^{K+1} M\xi_{J_j}$ и вариации суточных обналечиваний $D\xi = \sum_{j=0}^{K+1} D\xi_{J_j}$ в сети.

4. Оценка параметров a и b^2 логнормального распределения оттока наличности из сети путем решения системы нелинейных уравнений:

$$\exp\left(a + \frac{b^2}{2}\right) = M\xi, \quad (10)$$

$$\exp(2a + b^2) (\exp(b^2) - 1) = D\xi.$$

5. Оценка доверительных интервалов суточного снятия в сети.

Таким образом, за счет нового зарплатного проекта происходит увеличение среднего значения суточного оттока наличности из сети, однако вместе с тем увеличивается и вариация этого показателя, что свидетельствует об одновременном увеличении операционной прибыли и риска ликвидности.

Кроме того, ввиду некоррелированности потоков по организациям при росте числа зарплатных проектов должна наблюдаться асимптотическая нормальность оттока наличности из сети. Однако при увеличении числа банкоматов за счет коррелированности потоков в разложении по банкоматам мы не можем ожидать асимптотической нормальности потока сети в целом.

Исходными данными для прогнозирования изменений свойств сети при установке нового банкомата являются:

N – количество банкоматов в сети;

$M\xi_{i_l}, D\xi_{i_l}, i=1, \dots, N$ – точечные оценки матожиданий и вариаций суточного объема обналичиваний в сети по банкоматам;

$\hat{R} = \{\hat{r}_{il}\}_{i,l=1, \dots, N}$ – оценка матрицы парных корреляций между потоками наличности из банкоматов сети.

При установке нового банкомата матожидание обналичиваний в сети может измениться лишь за счет привлечения сторонних клиентов (поскольку при установке нового банкомата средства на карточных вкладах не появляются), однако, как показывают исследования, эта часть незначительна. Таким образом, можем утверждать, что матожидание сети при установке нового банкомата останется неизменным:

$$M\xi = M\xi',$$

где $M\xi = \sum_{i=1}^N M\xi_{i_l}$, $M\xi' = \sum_{i=1}^{N+1} M\xi'_{i_l}$ – матожидания оттока наличности из сети до и после установки нового банкомата, соответственно; $M\xi'_{i_l} (i=1, \dots, N+1)$ – матожидания суточных объемов обналичиваний в сети по банкоматам после установки нового устройства.

В то же время новый банкомат сети может оказать существенное влияние на дисперсию суточного оттока наличности из сети. Величину изменения этого показателя можно варьировать, изменяя место расположения банкомата.

Дисперсию суточного оттока наличности из сети до установки нового банкомата можно оценить, воспользовавшись соотношением

$$\begin{aligned} D\xi &= \sum_{i=1}^N D\xi_{i_l} + 2 \cdot \sum_{\substack{i,l=1 \\ i \neq l}}^N \text{cov}(\xi_{i_l}, \xi_{l_i}) = \\ &= \sum_{i=1}^N D\xi_{i_l} + 2 \cdot \sum_{\substack{i,l=1 \\ i \neq l}}^N r_{i,l} \cdot \sqrt{D\xi_{i_l}} \cdot \sqrt{D\xi_{l_i}}. \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогичное соотношение имеет место для $D\xi'$ – дисперсии оттока наличности из сети после ее модификации:

$$D\xi' = \sum_{i=1}^{N+1} D\xi'_{i_l} + 2 \cdot \sum_{\substack{i,l=1 \\ i \neq l}}^{N+1} r'_{i,l} \cdot \sqrt{D\xi'_{i_l}} \cdot \sqrt{D\xi'_{l_i}}. \quad (12)$$

Поскольку введение нового банкомата в эксплуатацию изменяет потоки снятия наличности по банкоматам, то при переходе к (12) следует ожидать изменения дисперсий и корреляций, входящих в соотношение (11). Также необходимы оценки дисперсии оттока наличности из вновь устанавливаемого банкомата и порождаемых им коэффициентов корреляции.

Для оценки изменения дисперсии сделаем допущение о том, что при введении в эксплуатацию новый банкомат привлечет к себе клиентов, обслуживавшихся ранее в других банкоматах сети. При этом объемы обналичиваний перераспределятся между банкоматами пропорционально объемам обналичиваний в них с коэффициентом пропорциональности

$$k = 1 - \frac{M\xi'_{N+1}}{M\xi}.$$

Ввиду допущения о равномерном перераспределении оттока наличности коэффициенты корреляции между парами банкоматов сети сохраняются:

$$r_{i,l} = r'_{i,l} \quad (i,l=1, \dots, N, i \neq l).$$

Также имеет место соотношение (5) между матожиданием и дисперсией случайных величин ξ .

С учетом сделанных выше допущений соотношение (12) преобразуется к виду

$$\begin{aligned} D\xi' &= k^{1,64} \cdot D\xi + 1,11 \cdot (1-k)^{1,64} \cdot M\xi^{1,64} + \\ &+ 2,22 \cdot (k \cdot (1-k) \cdot M\xi)^{0,82} \cdot \sum_{i=1}^N r_{i,N+1} \cdot M\xi_{i_l}^{0,82}. \end{aligned}$$

Дисперсия оттока наличности из сети с новым банкоматом определяется долей оттока, который перераспределяется на этот банкомат, а также возникающими корреляциями между новым банкоматом и другими банкоматами сети. Доля оттока наличности определяется на основании аналогий с банкоматами сети, введенными в эксплуатацию ранее. Возникающие корреляции оцениваются после анализа структуры снятий в банкоматах по организациям на основании предположения о том, что потоки по организациям перераспределяются также равномерно. Исходя из этого, можно оценить возникающую структуру оттока наличности во вводимом в эксплуатацию банкомате и коэффициентов корреляции между оттоками наличности из нового банкомата и остальными банкоматами сети.

Оценка параметров логнормального распределения, аппроксимирующего распределение суммы (1), проводится путем решения сис-

темы нелинейных уравнений, аналогичной (10):

$$\exp\left(a + \frac{b^2}{2}\right) = M\xi',$$

$$\exp(2a + b^2) (\exp(b^2) - 1) = D\xi'.$$

Таким образом, при анализе оттока наличности из сети банкоматов регионального банка необходимо исследовать его зарплатные проекты. Необходима разработка моделей, учитывающих влияние этого фактора. Предлагаемая модель, в отличие от известных моделей, позволяет оценивать изменения операционного дохода и риска ликвидности при изменениях, возникающих в карточной программе банка.

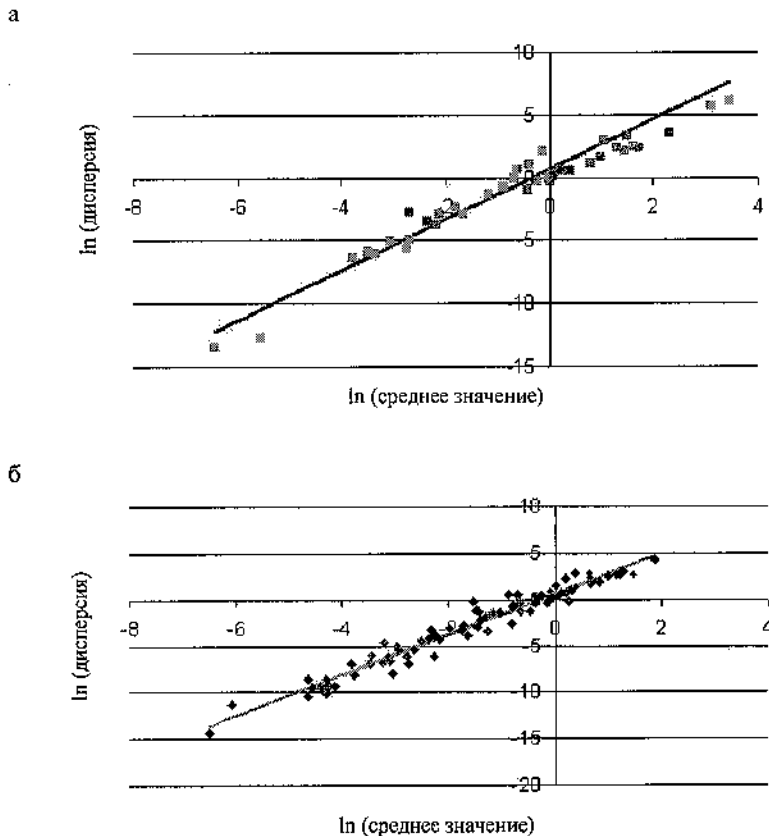
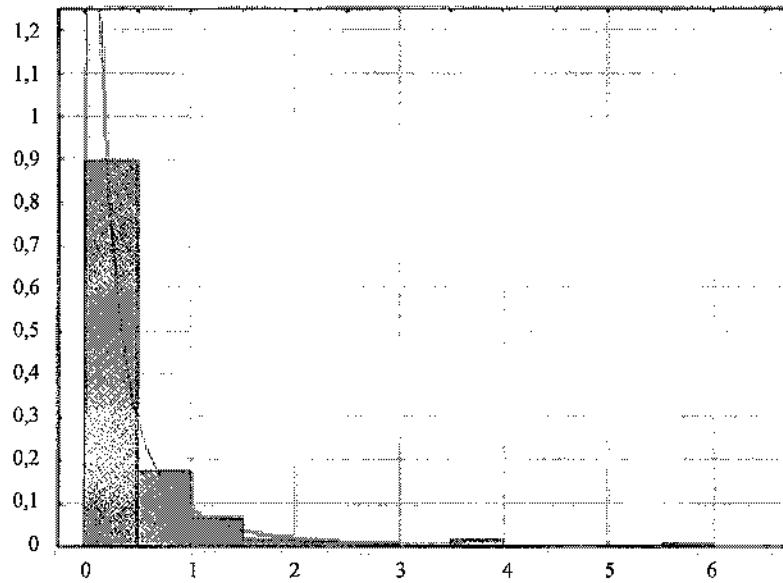


Рис. 1. Зависимость дисперсии суточного обналичивания от его средней величины:

а - по банкоматам; б - по организациям

а



б

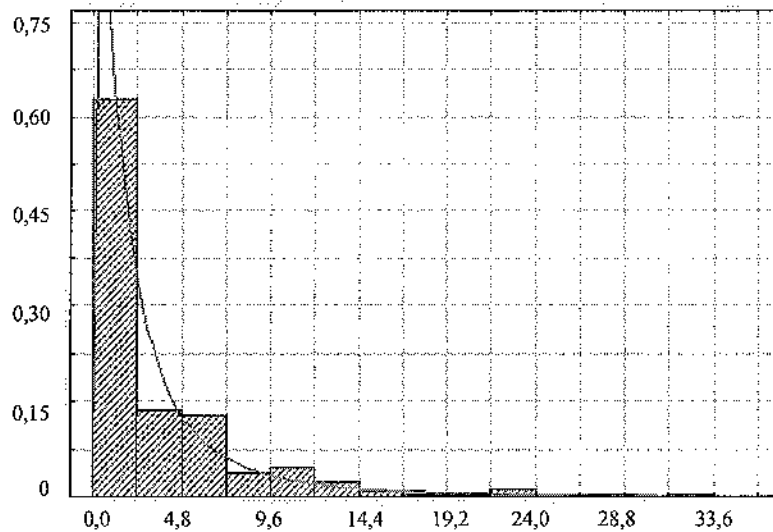


Рис. 2. Типовые логнормальные распределения:

а - для банкомата; б - для организации

Список литературы

1. Бюллетень банковской статистики. № 4 (155). – М.: Прайм-ТАСС, 2006.
2. Лысков А. Эффективность сети банкоматов в многофилиальном банке // Мир карточек. – 2003. - № 4. - С. 38 - 47
3. Approximating the Sum of Correlated Lognormal or Lognormal-Rice Random Variables / Mehta N.B., Molisch A.F., Wu J., Zhang J. // International Conference on Communications (ICC). - IEEE, 2006.

4. Beaulieu N.C., Xie Q. An optimal lognormal approximation to lognormal sum distributions // Veh. Technol. - 2004. - Vol. 53. - P. 479 – 489.
5. Fenton L.F. The sum of lognormal probability distributions in scatter transmission systems // Trans. Commun. Syst. - 1960. - Vol. CS-8. - P. 57 – 67.
6. Mehta N.B., Wu J., Zhang J. Flexible Lognormal Sum Approximation Method // Global Telecommunications Conference (GLOBECOM). - 2005. - Vol. 6. - P. 3413 – 3417.
7. Schwartz S.C., Yeh Y.S. On the distribution function and moments of power sums with lognormal components // Technical Journal. - 1982. - Vol. 61. - P. 1441 – 1462.

В.М. Васильцова
Санкт-Петербургский государственный горный институт
(Технический университет) им. Г.В. Плеханова,
В.С. Васильцов
Череповецкий государственный университет

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В последние два года в отечественной экономике наблюдается очередное замедление роста конъюнктуры, объясняемое, по нашему мнению, тем, что российские предприятия придерживаются политики ускоренного развития материалоемкой, энергоемкой и добывающей промышленности, в то время как передовые индустриальные страны уже более 30 лет – сразу после нефтяного кризиса в 1973 г. – взяли курс на форсирование ресурсо- и энергосберегающих отраслей и высокоточных инновационных технологий. Экономический экспресс-анализ результатов функционирования предприятий Финляндии, на которых проводилась стажировка ШПС СПбГИ в период 7 - 11 мая 2007 г., не только подтвердила наше предположение, но и позволила конкретизировать его следующими выводами. На предприятиях корпораций «Sandvik» и «Metso» умело сочетаются три основных блока экономических знаний, которые эффективно используются в практической деятельности: общеэкономическая теория, конкретные технико-экономические знания и умения осуществлять предпринимательские расчеты. С организационной точки зрения первый блок реализуется преимущественно через фундаментальные исследования совместно с высшими учебными заведениями. Примером является модель расчета рисков при выборе марок оборудования, специфики его «оперенья» на одном и том же базовом двигателе или другом носителе, а также продажных и инвестиционных рисков. Это прогрессивная экономико-математическая модель «цепной реакции рисков», о которой упомянул специалист фирмы «Metso» во время презентации. Аналогичная система расчета рисков в отечественной экономике встречается лишь в научных разработках [1].

Другим примером является процесс активной концентрации предприятий, специализирующихся на производстве горного оборудования, и процесс специализации создаваемых производственных объединений на гибких технологиях «позаказного» выпуска машин, когда преобладающая часть выпускаемого

оборудования создается под заказ. Более того, в структуре дохода последние два года резко увеличивается удельный вес фирменного послепродажного обслуживания и мониторинга технического состояния проданного оборудования. Подобные изменения происходят как результат планирования на основе фундаментальной теории экономических циклов. В данном случае это внедрение положений теории «строительных циклов» С. Кузнеца, который создал экономико-математическую модель колебания объема валовых инвестиций в оборудование производственного назначения, зданий и сооружений. Амплитуда данных циклов составляет 20 лет [2], [3]. На текущий 2007 г. приходится резонансный всплеск объемов дохода анализируемых предприятий, что, согласно теории катастроф, приводит к бифуркационным изменениям экономической динамики, в частности к объединению фирм с целью усиления конкурентоспособности в условиях глобализации.

Среди возможных научных направлений фундаментальных экономических исследований - отраслевая и межотраслевая интеграция (объединение) предприятий горного машиностроения, в том числе и процесс, который в отечественной и зарубежной практике пока не получил категориального обозначения, когда торговые марки (бренды) объединяют материальные и нематериальные активы и выбирают новый бренд. Факторами выбора бренда могут быть страна, товар, объем производства, узнаваемость, гудвилл и пр.

Особый интерес представляет маркетинговый комплекс исследуемых предприятий. Сегодня для производителей одним из условий высокой конкурентоспособности является узнаваемость покупателями, для чего усиленно модернизируется информационный блок Web-сайтов.

С 2002 г. британская деловая газета «Financial Times» публикует рейтинг корпоративных Web-сайтов европейских компаний (European Webranking 2002), вошедших ранее в список крупнейших компаний мира FT500 за

2002 г. Это исследование ежегодно проводится «Financial Times» и охватывает наиболее значимые регионы мира - Америку, Европу и Азиатско-Тихоокеанский регион. Определяется местоположение компаний в рейтинге по показателю рыночной капитализации.

European Webranking 2002 - второе по счету исследование Web-сайтов крупнейших европейских компаний, проведенное «Financial Times». Всего в European Webranking 2002 вошли 483 компании. Сайты семи компаний не рассматривались по причинам произошедших слияний или поглощений, а сайты десяти компаний - из-за отсутствия достаточного количества англоязычных страниц. Целью проведенного исследования было определить, как компании используют Интернет в своей деятельности - главным образом в области продаж и закупок - и какие требования предъявляют к собственным Web-сайтам.

Исследование проходило в два этапа. Первый этап заключался в опросе финансовых специалистов компаний. На втором этапе проводился непосредственно мониторинг Web-сайтов по ключевым критериям, определенным в результате беседы с респондентами и на основе ранее разработанной специалистами «Financial Times» методологии. Всего было определено около 100 различных критериев, касающихся таких показателей Web-сайтов, как технологичность, функциональность и информационное наполнение.

Первые три места в European Webranking 2002 заняли сайты шведских компаний «SCA» (www.sca.com), «Sandvik» (www.sandvik.com) и «Swedish Match» (www.swedishmatch.com).

В рейтинг вошли и девять российских компаний. Компании «Сибнефть» (www.sibneft.com < <http://www.sibneft.com>>) удалось занять

161-е место, «Лукойл» (www.lukoil.com) и Юкос (www.yukos.com) поделили 203-е место, «Мобильным ТелеСистемам» (www.mts GSM.com) было отдано в рейтинге 274-е место, «Норильскому Никелю» (www.nornik.ru) - 394-е место, РАО ЕЭС (www.rao-ees.ru) - 438-е место, компании «Сургутнефтегаз» (www.surgutneftegas.ru) - 449-е место, Сбербанку России (www.sbrf.ru) - 471-е место и, наконец, Газпрому (www.gazprom.ru) - 478-е место.

Еще одна управленческая инновация касается изменения маркетинговой политики и системы маркетинга в целом. Она проявляется в усилении так называемого производственного маркетингового звена в системе продаж, на основе положений которого, в частности, осуществлена реструктуризация фирмы.

Деятельность «Metso Minerals» сосредоточена на трех основных направлениях: строительстве, горной промышленности и утилизации отходов, - которые и подразделяют продукцию на отдельные товарные рынки.

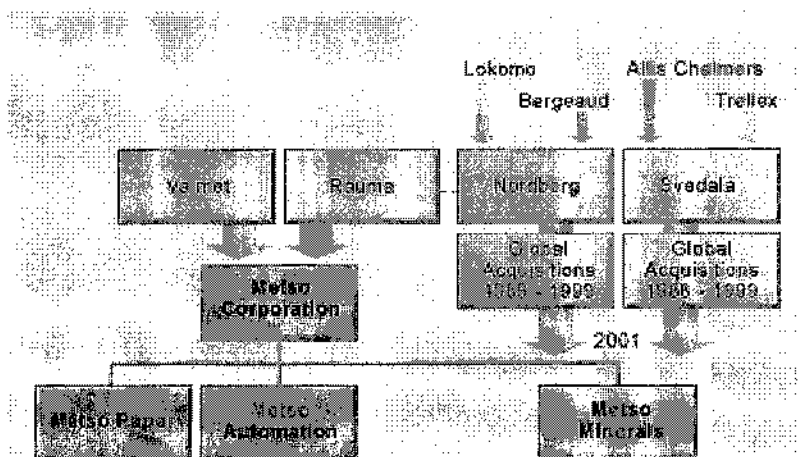
Строительное направление осуществляет обслуживание карьерных работ, оборудования для дробления и фильтрации для строительных организаций и заказчиков сферы промышленного и гражданского строительства.

Горное направление предоставляет услуги компаниям, работающим в сфере добычи, обработки и транспортировки руд и минерального сырья, а также компаниям, ведущим инженерные разработки, и консультационным компаниям.

Направление переработки обслуживает отрасли по переработке металлического лома, автомобильные компании, алюминиевую промышленность (см. схему).

Схема

Страновая и производственная структура «Metso Minerals»



По сравнению с 2005 г., в 2006 г. чистые продажи выросли на 25 % и составили EUR 2,174 Billion. Послепродажное обслуживание оборудования составило 43 % от чистых продаж. Операционная прибыль компании выросла до EUR 286 million, что составляет 13,2 % чистых продаж.

Наиболее перспективным, с точки зрения динамики прибыли, на фирме считается послепродажное (сервисное) обслуживание продаваемого и установленного оборудования и расширение ассортиментных характеристик инновационных подразделений – так называемого венчурного бизнеса. На «Metso Minerals» таким подразделением являются непрофильные предприятия по сборке автомобилей «Рено».

УДК 574

Таким образом, основные инновационные преобразования экономического механизма функционирования предприятий, анализируемых в отчете, связаны с глобализацией, объединением (поглощением) разноотраслевого бизнеса и усилением венчурной направленности реструктуризации.

Список литературы

1. Ерыгина В.Ф. Мировая экономика. – СПб., 2003.
2. Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. – М., 1992.
3. Яковец Ю.В. Кризисы, прогнозы. – М., 1999.

С.А. Клец, А.П. Дороговцев

Вологодский государственный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Транспорт – один из основных загрязнителей атмосферного воздуха. Его доля в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и подвижных источников по России составляет около 40 %, что выше, чем доля любой из отраслей промышленности.

Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду выражается в:

- загрязнении атмосферы, водных объектов и земель, изменении химического состава почв и микрофлоры, образовании производственных отходов, замазученного грунта, котельных шлаков, золы и мусора;

- потребления природных ресурсов – атмосферного воздуха, нефтепродуктов и природного газа, воды и земельных ресурсов;

- выделении тепла в окружающую среду;
- создании высоких уровней шума и вибрации;

- возможности активизации неблагоприятных природных процессов (водной эрозии, заболачивания местности, образования оползней и т.д.);

- травматизме и гибели людей, животных, нанесении большого материального ущерба при авариях и катастрофах;

- разрушении почвенно-растительного покрова и уменьшении урожайности сельскохозяйственных культур.

Вклад загрязнений атмосферы транспортом, особенно автомобилями, неуклонно возрастает, что обусловлено в первую очередь увеличением их численности и объемом транспортных услуг. Если в 1950 г. прошлого столетия в мире их было 48 млн шт., в 1980 г. – 181 млн шт., то в 2000 г. – свыше 604 млн шт. В 2005 г. численность автомобильного парка России возросла на 5,1 % по сравнению с 2004 г. и составила на 01.01.06 г. 30,1 млн ед., включая 25,4 млн легковых автомобилей (84 % от общего количества). К 2010 г. ожидается дальнейшее увеличение численности автопарка до 41 - 42 млн единиц [5]. Динамика роста российского автомобильного парка является одной из самых высоких в мире, что связано в первую очередь с увеличением числа легковых автомобилей. Ежегодный прирост автомобилей в РФ в основном достигается за счет значительного темпа роста объема импорта подвижного состава. Так, в 2000 - 2004 гг. общий ежегодный прирост автомобилей увеличился на 51 %, в то время как собственное производство возросло лишь на 14,8 %, а импорт – более чем в 6 раз.

Развитие автомобильного транспорта в Вологодской области представлено в табл. 1 [1].

Таблица 1

Наличие автотранспорта по видам (на конец года, ед.)

Наименование показателя	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2006 г. к 2002 г., %
Всего автомобилей	211 940	217 055	237 987	252 666	274 560	129,5
В том числе:						
- грузовых	30 484	29 395	32 145	33 351	36 800	120,7
- специальных	5517	6563	6682	6585	5896	106,9
- пикапов, фургонов	905	1077	906	856	897	99,1
- автобусов	4271	4069	4603	4583	4799	112,4
- легковых	170 763	175 951	193 651	207 291	226 168	132,4

Как видно из представленных данных, за последние 5 лет число автомобилей возросло почти на 30 %, хотя по отдельным модификациям подвижного состава отмечен более скромный рост (для специальных автомобилей и автобусов отмечен рост на 6 - 12 %, а для пикапов наблюдается снижение на 1 %). В то же время рост числа легковых автомобилей составил более 32 % при удельном их весе в общем количестве автотранспорта области 82,4 %. Это объясняется резким ростом числа автомобилей, принадлежащих индивидуальным владельцам.

Среди парка автомобилей, принадлежащих гражданам, отмечен устойчивый рост инома-

рок, которые, как правило, приобретаются, со значительной степенью износа, что, несомненно, сказывается на их экологической безопасности.

Средний возраст парка автомобилей остается значительным, причем за прошедший период этот показатель вырос (см. табл. 2). Если в 1995 г. доля грузовых автомобилей, находящихся в эксплуатации более 10 лет, составляла 17,4 %, а автобусов 18,1 %, то к 2006 г. эти показатели составили, соответственно, 54,5 и 33,9 %, т.е. более трети подвижного состава полностью изношены и подлежат списанию [1].

Таблица 2

Возрастная структура подвижного состава автомобильного транспорта отраслей экономики (в процентах к итогу)

Наименование показателя	Годы						(+), рост, (-) снижение
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Грузовые автомобили	100	100	100	100	100	100	-
В том числе со сроком эксплуатации, лет:							
до 2	6,6	7,2	6,8	7,4	8,3	9,9	+ 3,3
2 - 5	11,0	12,1	13,1	13,8	14,0	15,1	+ 3,9
5 - 8	17,7	15,1	11,0	11,2	12,0	13,5	- 4,2
8 - 10	20,2	17,0	13,0	10,6	9,4	7,0	- 13,2
10 - 13	23,7	23,8	25,8	22,2	19,4	15,1	- 8,6
свыше 13	20,8	24,8	30,3	34,8	36,9	39,4	+ 18,6
Автобусы	100	100	100	100	100	100	-
В том числе со сроком эксплуатации, лет:							
до 2	10,5	10,2	12,1	12,9	14,1	14,3	+ 3,8
2 - 5	16,3	17,2	17,9	18,6	19,0	21,9	+ 5,6
5 - 8	18,4	18,0	16,0	16,4	16,4	17,8	- 0,6
8 - 10	17,0	15,8	12,9	12,1	12,1	12,1	- 4,9
10 - 13	19,1	17,9	17,8	14,2	13,4	11,0	- 8,1

Серьезную проблему представляет значительный рост числа автомобилей, находящихся в эксплуатации более 13 лет (по грузовым на 89,4 %, а по автобусам на 22,5 %). Работа таких автомобилей на линии сопряжена не только с повышенным риском дорожно-транспортных происшествий, вызванных отказами, но и значительными сверхнормативными выбросами отработанных газов вследствие изношенности двигателя. Как показали проведенные исследования, при пробеге 50 тыс. км в отработанных газах карбюраторного двигателя повышается содержание CO – на 30 - 40 %, CHX – на 20 - 30 %, NOX – на 16 - 18 %; в отработанных газах дизельного двигателя CHX – на 5 - 18 %, NOX – на 4 - 5 % [2].

Все отмеченное позволяет сделать неутешительный вывод, что эксплуатация автомобильного транспорта региона приводит к значительному ухудшению экологической ситуации, при этом данные тенденции лишь усиливаются. Так, по данным Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области, выброс загрязняющих веществ от автотранспорта составил в 1997 г. 62,1 тыс. т, в 2001 г. – 85,4 тыс. т, а в 2003 г. – уже 90,9 тыс. т [6]. Характеристика выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в 2004 г. представлена в табл. 3.

Как следует из представленных данных, в 2004 г. выбросы загрязняющих веществ автотранспортом области составили 111,18 тыс. т (рост по сравнению с 1997 г. в 1,8 раза). Наибольшая доля данных выбросов приходится на крупные города: Череповец (31,4 %) и Вологду (28,3 %). Нельзя не отметить тот тревожный

факт, что при общем росте выбросов на 6,2 % в районах области имеем 12,8 %, что более чем в 2 раза превышает общий рост. Конечно, в районах автотранспорта значительно меньше, чем в городах, плотность автодорог и интенсивность движения по ним автотранспорта тоже низка, однако наметившаяся тенденция свидетельствует о недостаточной работе по контролю за экологической безопасностью автомобилей на периферии, что в перспективе может привести к серьезным экологическим проблемам.

Суммарный выброс загрязняющих веществ, отходящих от всех источников выделения в Вологодской области, в 2004 г. составил 2511,18 тыс. т, в том числе от автотранспорта – 118,18 тыс. т (4,5 %), что может считаться незначительным, однако если учесть количество загрязняющих веществ от стационарных источников, уловленных и обезвреженных различными очистными сооружениями, то этот процент составит по 2004 г. 18,9 %, т.е. в действительности в 4 раза выше [6]. Около 70 - 75 % всех загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников выделения, улавливается и обезвреживается, в то время как выбросы автотранспорта практически не нейтрализуются и в полном объеме попадают в окружающую среду. Это может привести к тому, что в ближайшем будущем Вологодская область может столкнуться с проблемой значительного экологического загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом, причем не только в крупных населенных пунктах, но и в отдельных районах.

Таблица 3

Выбросы загрязняющих веществ в Вологодской области от автотранспорта в 2004 г.

Регионы Вологодской области	Всего, тыс. т	Валовой выброс загрязняющих веществ, тыс. т/год					Рост к 2003 г., %
		Оксид углерода	Оксиды азота	Оксиды серы	Сажа	Углеводороды	
Всего	111,18	82,81	12,83	1,08	0,11	14,35	106,2
Вологда	31,41	24,82	2,67	0,22	0,015	3,69	103,0
Череповец	34,91	26,09	3,73	0,31	0,040	4,75	103,2
Великий Устюг	3,73	2,86	0,37	0,024	0,001	0,47	100,1
Сокол	3,82	2,95	0,37	0,029	0,003	0,47	100,6
Вологодский район	5,13	3,71	0,71	0,057	0,006	0,65	104,0
Череповецкий район	3,51	2,51	0,50	0,046	0,005	0,45	104,2
Остальные районы	35,67	19,87	4,48	0,394	0,040	3,87	112,8

Снижение загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами достигается многими методами. Наиболее эффективными считаются модернизация и поддержание исправными систем нейтрализации отработанных газов, нормативные ограничения, а также использование альтернативного топлива.

Решение проблемы снижения загрязнения может быть только комплексным. Оно включает не только технические, но и организационно-технологические аспекты, а также экономические факторы. Технические аспекты включают разработку топлив с экологически улучшенными характеристиками, транспортных средств и двигателей, оборудованных устройствами для дожигания и нейтрализации отработанных газов, грамотную эксплуатацию горюче-смазочных материалов, применение сертифицированных топлив и масел, использование присадок, поддерживающих горение в оптимальном режиме.

Требования к топливам определяются стандартами и техническими условиями, а также включением в номенклатуру нефтепродуктов, подлежащих обязательной сертификации, предназначенных к реализации потребителям. Главной проблемой нефтегазовой отрасли на период с 2005 – 2010 гг. является повышение качества моторного топлива и улучшение его экологических свойств. Перспективные бензины - неэтилированные продукты, содержащие не более 0,05 % серы (сейчас 0,1 %), 1 % бензола (5 %). Переход на такие бензины обеспечит нормальную работу катализаторов, существенно снижающих выбросы токсических продуктов.

В экономически развитых странах давно уделяется большое внимание совершенствованию норм токсичности автотранспорта. С «Евро-0» в 90-х гг. там к настоящему времени приближаются к «Евро-5». Из-за высоких налогов «грязные» автомобили становятся невыгодными как производителям, так и владельцам. Такие машины вытесняются современными, прежде всего с инжекторными двигателями и системами нейтрализации отработанных газов, токсичность которых в 8 - 10 раз ниже. С 01.01.08 г. все выпускаемые в РФ автомобили должны соответствовать экологическим нормам «Евро-3», которые были введены в Европе ещё в 2000 г.

Вопросы повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса нашли отражение в принятой в 2002 г. «Концепции развития автомобильной промышленности на период до 2010 г.», предусматривающей гра-

фик введения европейских норм на выбросы автотранспортных средств, стимулирование обновления автопарка, создание экономических и административных препятствий для ввоза в Россию подержанных автомобилей, не отвечающих современным экологическим требованиям [4].

Перспективным является применение альтернативных моторных топлив, которые разделяются на группы:

- традиционные нефтепродукты с добавкой синтетических компонентов: метилового и этилового спиртов, метилтребутилового эфира (МТБЭ). Это не требует существенного изменения в конструкции двигателя и автомобиля, структуры переработки, хранения и заправки топлива;

- синтетическое топливо, получаемое при переработке каменного угля, сланцев, природного газа. Его применение не требует конструктивных изменений двигателя. Однако технология изготовления топлива энергоёмка и дорога;

- природный газ, спирты, водород и т.д., которые существенно отличаются по физико-химическим свойствам от традиционного топлива. Их применение обуславливает значительные изменения как в самих двигателях, так и в транспортных средствах.

В развитых странах большое распространение получило биодизельное топливо, которое производится из самых различных растений - рапса, конопля, сои, бобовых культур. По сравнению с обычным дизельным топливом при сгорании биотоплива выделяется на 10 % меньше двуокиси углерода и на 50 % - сажи. В 2005 г. в странах Евросоюза доля автомобильного топлива растительного происхождения составила не менее 7 % от общего объёма потребления [3].

Кроме отмеченных методов снижения негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду широко используют экономические рычаги. Основной вопрос экономики охраны окружающей среды - нахождение компромисса между экономическим развитием и деятельностью по сохранению окружающей среды. Для проведения эффективных природоохранных мероприятий в автотранспортной системе необходима их комплексная оценка. С одной стороны, она включает их стоимость или суммарные издержки, например затраты на установку, обслуживание и эксплуатацию оборудования для нейтрализации выхлопных газов, а с другой - прибыль от реализации природоохранных мероприятий

(включая сэкономленные суммы штрафов и других платежей за загрязнение).

Требование глобальных изменений предусматривает проведение таких мер, которые позволили бы найти компромисс между желанием природопользователя получать максимальную прибыль и необходимостью охраны природы. Заинтересованности можно добиться различными путями: либо снизить природоохранные издержки, либо увеличить выгоды от охраны природы.

В силу отсутствия экологического сознания в России необходима жесткая система контролирующих и штрафных санкций, делающая невыгодным загрязнение окружающей среды. В первую очередь нужно повысить платежи и ставки налогов за загрязнение автотранспортом, увеличить штрафы за превышение экологических нормативов, установленных государством. При увеличении размера выплат за загрязнение и одновременном снижении затрат на проведение природоохранных мероприятий (за счет дотаций и субсидий) возникнет обоснованная потребность в осуществлении этих мероприятий.

При условии введения эффективной системы экономического стимулирования издержки природопользователя представляют стоимость природоохранного мероприятия с учетом государственных субсидий и льгот, уменьшаю-

щих эту сумму. Прибыль же состоит из суммы невыплаченных штрафов, налогов, платежей и является результатом экономии. Однако прибыль должна превосходить значения издержек по крайней мере по большинству природоохранных мероприятий. В этом случае проведение этих мероприятий становится экономически оправданным.

Список литературы

1. Автомобильный транспорт области: Статистический сборник / Вологодский облкомстат. - Вып. 2001 - 2006 гг. - Вологда, 2007.
2. Ерохов В. И. Влияние эксплуатационного состояния и режимов движения автомобилей на выброс вредных веществ автомобильным транспортом // Защита окружающей среды от экологически вредного воздействия автотранспорта. - М.: Знание, 1989. - С. 59 - 62
3. Зинченко А. И., Цыплакова Е. Г., Янкевич Ю. Г. Альтернативное моторное топливо для автотранспорта // Автомобильный транспорт. - 2002. - № 1. - С. 52 - 64.
4. Концепция развития автомобильной промышленности на период до 2010 г. - М.: Минтранс РФ, 2002.
5. Луканин В. Н., Буслаев А. П., Яшина М. В. Автотранспортные потоки и окружающая среда. - М.: Инфра-М, 2001.
6. Состояние окружающей среды Вологодской области. Статистический сборник / Вологодский облкомстат. - Вып. 2005 г. - Вологда, 2006.

О.Г. Морозова, А.П. Дороговцев

Вологодский государственный технический университет

УДК 574

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С момента зарождения современной цивилизации продовольственная проблема является одной из важнейших для человеческого общества. Но в процессе эволюции менялся сам подход к ней: если изначально решался вопрос количественного обеспечения населения продуктами питания, то в последнее время существенно обострилась проблема качества продовольствия. Она актуальна не только для аграрно-промышленного комплекса России, но и для всех экономически развитых государств. В конечном итоге качество готовой продукции определяется качеством использованного сырья и экологичностью технологий его производства, которые, в свою очередь, должны

удовлетворять общественные потребности и обеспечивать экономическую целесообразность производства.

Продовольственная безопасность является составной частью национальной безопасности страны. В России, как и в других странах, этот аспект безопасности остается важным направлением государственной политики (как на федеральном, так и на региональном уровнях), научных исследований и законодательской деятельности. Одним из принципиальных вопросов продовольственной политики является выбор концепции: ориентация на мировой рынок, т.е. на максимальное участие страны в международном разделении труда или на са-

мостоятельное обеспечение продовольствием на максимально возможном уровне (продовольственный протекционизм). Очевидно, что ни одна из концепций не реализуется в чистом виде: важно преобладание того или иного подхода при разработке государственной политики.

В настоящее время с учетом перспектив вступления России в ВТО требуется усилить позиции российских товаропроизводителей. Это диктуется как общим уровнем обеспечения населения необходимыми продуктами питания, так и вопросами национальной безопасности, так как причины сложившихся мировых диспропорций в производстве и особенно в потреблении продовольствия носят преимущественно социально-экономический характер. Но само понятие продовольственной безопасности можно рассматривать на различных уровнях: общемировом, национальном, региональном, на уровне отдельных социальных групп, лиц и домохозяйств [1]. И подходы к оценке ее уровня, принятые на глобальном и общенациональном уровнях, не могут и не должны реализовываться в полном объеме на уровне региона или домохозяйства.

Важнейшим аспектом региональной продовольственной политики является обеспечение населения продуктами питания в необходимом количестве и соответствующем качественном составе. Исторически мясо, молоко, рыба, овощи и фрукты были и остаются основными

и важнейшими продуктами питания. По своей энергетической и питательной ценности они существенно превосходят другие виды продовольствия, обеспечивая поступление в организм человека важнейших микроэлементов и витаминов. И именно эти группы продовольствия состоят в «группе риска», так как их потребление находится либо на уровне биологически необходимой нормы, либо существенно ниже. В настоящее время среднестатистический житель области потребляет (относительно биологической нормы) около 70 % мяса и мясопродуктов, чуть более 65 % молока и молокопродуктов, порядка половины потребности в рыбе и рыбопродуктах (см. табл. 1). Превышает норму потребление хлеба, хлебобулочных изделий и картофеля, т.е. тех видов продовольствия, которые остаются наиболее доступными для малообеспеченных слоев населения. Приблизилось к норме потребление яиц. Сопоставление объемов потребления продуктов питания на душу населения в Вологодской области и Северо-Западном федеральном округе подтверждает эту тенденцию. Область, сельское хозяйство которой традиционно специализировалось на производстве продукции животноводства, потребляет меньше молока и молочных продуктов, чем в среднем по региону. Потребление мяса только в последние три года превысило средние показатели прежде всего за счет роста объемов производства и потребления мяса птицы.

Таблица 1

Потребление продуктов питания в Вологодской области на душу населения, кг в год [4]

Вид продукции	Норма потребления [2]	Годы					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Мясо и мясопродукты:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	81	44	46	53	57	58	55
		41	43	49	51	52	53
<i>Молоко и молочные продукты:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	352	231	234	245	232	242	234
		200	211	234	231	241	239
<i>Яйца:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	292	225	239	280	290	292	299
		233	251	264	265	261	263

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Хлеб и хлебобродулки:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	110	116 110	118 111	120 112	121 108	115 104	128 105
<i>Картофель:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	118	190 106	191 109	167 104	166 101	145 96	144 98
<i>Овощи и бахчевые:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	139	118 77	117 78	118 77	120 78	132 83	134 84
<i>Сахар:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	41	32 34	32 37	33 37	34 37	35 38	36 38
<i>Масло растительное:</i> - Вологодская область - Северо-Западный федеральный округ	16	8,2 10,5	9,0 11,9	10,0 12,3	11,3 12,4	13,0 12,5	13,0 13
<i>Рыба и рыбопродукты:</i> - Вологодская область	25	8,0	8,0	11,0	11,3	12,9	12,9

Потребление продуктов, которые в области не производятся (растительного масла, сахара и др.), постепенно приближается к среднерегиональным показателям, но по-прежнему находится ниже необходимого уровня (см. табл. 3, [3], [5]).

Объемы производства сельскохозяйственной продукции на одного жителя области постепенно увеличиваются. Но наиболее существенно

возрастает производство тех видов продуктов питания, которые производятся на крупных предприятиях и комплексах. Прежде всего, это производство яиц, зерна и свинины (см. табл. 2). Проблематичным остается производство трудо- и капиталоемкого сельскохозяйственного сырья – молока и мяса крупного рогатого скота.

Таблица 2

Производство основных видов сельскохозяйственной продукции в Вологодской области, тыс. т

Вид продукции	Годы					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Молоко	494,9	534,9	550,9	538,2	496,8	470,1
Мясо и мясopодукты	51,6	55,3	56,9	58,3	56,8	50,7
Яйца, млн шт.	538,3	513,9	545,2	562,8	579,9	620,4
Рыба и рыбопродукты	1,5	1,5	1,9	2,6	1,2	1,1
Картофель	573,8	555,2	486,9	430,4	286,2	366,3
Овощи	193,6	202,9	203,5	213,4	200,6	218,0
Хлеб и хлебopодукты	100,4	98,3	93,9	93,8	89,5	87,7

В сравнении с 1990 г. объем производства традиционных для области продуктов сократился в два и три раза, соответственно. Пик производства этих видов сельскохозяйственного сырья приходится на 2003 г., после которого поголовье крупного рогатого скота начинает сокращаться несмотря на постепенный рост продуктивности скота. Номинальное соответствие объемов производства потребностям в расчете на одного жителя области приводится без учета вывоза сельскохозяйственного сырья и готовой продукции за пределы области, ограничивать который в рамках единого экономического пространства в принципе нецелесообразно. Более того, Вологодская область потенциально способна существенно улучшить обеспеченность жителей Северо-Западного федерального округа основными видами продуктов питания. Особенно это актуально для жителей северных областей – Мурманской, Архангельской, Ненецкого автономного округа и др. Географическое местоположение Вологодской области, наличие необходимых для сельскохозяйственного производства условий, несмотря на последствия переходного периода, позволяют рассматривать аграрно-промышленный комплекс как одно из важнейших направлений экономического развития региона.

Формально сопоставление объемов производства сельскохозяйственного сырья и потребностей в продовольствии показало, что область способна не только обеспечить собственные потребности (за исключением мяса, хлебобулочных и рыбных), но и поставки продовольствия в другие регионы, что с учетом близости крупных городов и регионов Севера экономически выгодно (см. табл. 4). Так, производство картофеля, овощей, яиц существенно превышает внутриобластные потребности. Нарастание объемов производства сдерживается преимущественно из-за проблем с хранением и сбытом готовой продукции. Но фактически прирост потребления важнейших продуктов питания происходит существенно медленнее, чем прирост их производства в области. Оценка с учетом вывоза готовой продукции за пределы области показала, что обеспеченность жителей молоком и молочными продуктами за счет собственного производства колеблется в пределах от 80 до 95 %, а по мясу и мясопродуктам (включая колбасные изделия и копчености) не превышает 43 %. Дефицит собственного продовольствия по этим важнейшим группам компенсируется за счет ввоза из других регионов.

Таким образом, несмотря на существенный прогресс в производстве продуктов питания, за исследуемый период область не смогла избавиться от импортной зависимости.

Таблица 3

Потребность жителей Вологодской области в основных продуктах питания, тыс. т

Вид продукции	Годы						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Молоко и молочные продукты	517,0	513,9	510,0	496,7	492,4	488,1	484,1
Мясо и мясопродукты	106,8	106,2	105,4	102,6	101,7	100,8	100,1
Яйца, млн шт.	385,1	382,8	379,9	370,0	366,8	363,5	360,6
Рыба и рыбопродукты	33,0	32,8	32,5	31,7	31,4	31,1	30,9
Сахар	54,1	53,8	53,3	51,9	51,5	51,1	50,6
Масло растительное	21,1	21,0	20,8	20,3	20,1	19,9	19,8
Картофель	155,6	154,7	153,5	149,5	148,2	146,9	145,7
Овощи	183,3	182,2	180,8	176,1	174,6	173,1	171,7
Хлеб и хлебобулочные изделия	145,1	144,2	143,1	139,4	138,2	137,0	135,9

Уровень обеспеченности области основными продуктами питания, %

Вид продукции	Годы					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Молоко	91,3	104,6	108,4	108,9	101,3	96,7
Мясо и мясопродукты	39,2	36,7	40,9	50,0	54,2	54,9
Яйца	139,8	134,2	143,5	152,1	158,1	170,9
Рыба и рыбопродукты	4,5	4,6	5,8	8,2	3,8	3,5
Картофель	368,8	358,1	317,3	288,2	193,5	251,8
Овощи	105,4	111,1	112,2	121,0	114,2	127,7
Хлеб и хлебобулочные изделия	69,2	68,2	65,6	67,3	64,8	64,5

Особенно тревожной ситуация остается по мясу и рыбной продукции, где зависимость от импорта колеблется, по разным оценкам, в пределах от 45 до 67 %. Очевидно, что подобная ситуация в значительной мере спровоцирована системным кризисом сельского хозяйства области. Кроме того, недостаток сырья приводит к недогрузке производственных мощностей перерабатывающих предприятий аграрно-промышленного комплекса и стимулирует рост себестоимости производства, следствием которого является рост цен на готовую продукцию. Но падение объемов производства прослеживается не только по мало доходным продуктам (например, по мясу и молоку), но и по тем видам продукции, которые за исследуемый период являлись высокодоходными (картофель).

Одна из важнейших причин сложившейся динамики производства и потребления продовольствия – низкий платежеспособный спрос, который формирует доходы населения (см. табл. 5). Следует отметить, что приведенные

цифры потребления не отражают фактической дифференциации по различным социальным группам. И, несмотря на внешне положительную тенденцию прироста реальных доходов населения, следует учитывать, что меняется как состав жителей области, так и распределение доходов между различными социальными группами.

Стабильный рост среднедушевого дохода объясняется не только ростом реальных доходов, но и негативными демографическими тенденциями: сокращением численности населения, падением рождаемости, сокращением продолжительности жизни и т.д. Тревожной является тенденция увеличения разрыва в уровне доходов наиболее и наименее обеспеченных граждан, проживающих в области. Если в 2000 г. разрыв между 10 % наиболее обеспеченных и 10 % наименее обеспеченных граждан едва превышал социально значимый порог в 8 раз, то к 2005 г. – в 11,4 раза и по предварительным оценкам в перспективе увеличится (см. табл. 5).

Состав и использование денежных доходов населения, млн р.

Показатель	Годы							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Доходы населения	13 945	21 860	31 434	41 910	53 168	66 770	78 728	93 704
Расходы населения	10 925	17 377	25 614	35 529	46 880	61 125	74 195	87 898
Превышение доходов над расходами, %	21,7	20,5	18,5	15,2	11,8	8,5	5,8	6,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребительские расходы населения	9289	13 345	18 159	24 056	30 429	36 819	44 501	53 361
Доля расходов на покупку продуктов питания, %	53,6	56,6	49,1	49,7	46,0	45,3	44,0	40,3
Среднедушевые денежные доходы населения, р./чел.	885	1396	2023	2719	3481	4412	5246	6295
Соотношение доходов 10 % наиболее и наименее обеспеченного населения, кол-во раз	8,6	7,4	8,0	8,7	9,2	11,0	11,3	11,2

Сокращение расходов потребителей на продукты питания (с 53 до 40 %) идет гораздо более быстрыми темпами, чем прирост потребления продовольствия, что подтверждает предположение о значительной неравномерности потребления в различных социальных группах. К экономическим аспектам данной проблемы прибавляются морально-этические, характеризующие доступность качественного продовольствия для всех социальных групп. Экономическое неравенство населения определяется не только неравенством доходов, но и имущественным неравенством, различиями в составе семьи, дифференциацией по возрастным группам, по месту проживания.

Следовательно, потребности в продовольствии удовлетворяются не столько по физиологическому принципу, сколько в зависимости от платежеспособности населения, которая существенно различается по социальным группам. Кроме того, анализ покупательной способности населения показал, что, несмотря на то, что за исследуемый период проявилась устойчивая тенденция роста, достичь показателей 1990 г. не удалось, особенно по мясу, рыбе, животному маслу и др.

Таким образом, при оценке обеспеченности населения Вологодской области были выявлены следующие основные проблемы:

- уровень среднедушевого потребления важнейших продуктов питания (мясных, молочных, рыбных) значительно ниже физиологически обоснованных норм;

- существенное сокращение объемов производства сельскохозяйственного сырья приводит как к сокращению объемов производства продовольственных товаров, так и к их удорожанию;

- резкая дифференциация населения по уровню доходов приводит к недопотреблению наименее обеспеченными социальными группами

важнейших продуктов питания на фоне улучшения показателей среднедушевого потребления;

- усиливается зависимость области от внешних поставок, прежде всего от импорта продовольствия, что снижает уровень продовольственной безопасности и оказывает существенное отрицательное воздействие на развитие аграрно-промышленного комплекса области.

Решение этих проблем не может быть осуществлено только на уровне предприятий-производителей. Требуется детально проработанная государственная политика, направленная как на стимулирование увеличения объемов производства продуктов питания, прежде всего на уровне сельскохозяйственных предприятий, так и на рост покупательной способности населения. Особого внимания требует контроль качества продовольствия как производимого в области, так и ввозимого из других регионов и из-за рубежа. Только комплексный подход к решению данных проблем позволит в перспективе обеспечить рост продовольственной безопасности региона.

Список литературы

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Продовольственная безопасность. – М.: МГФ «Знание», 2001.
2. Потребление продуктов питания по социально-экономическим группам населения в 2006 г. - Вологда: Вологодский облкомстат, 2007.
3. Регионы Северо-Западного федерального округа. Социально-экономические показатели 2005 г. - Вологда: Вологодский облкомстат, 2006.
4. Статистический ежегодник Вологодской области 2005 г. – Вологда: Вологодский облкомстат, 2006.
5. Ушацев И. Г. Роль и место сельского хозяйства в экономике России // Сборник докладов I Всероссийского конгресса экономистов-аграрников. – М.: МСХ РФ, РАН, РАСХН, 2005. - С. 3 – 53.

МАТЕМАТИКА

УДК 512.831

В.П. Егоров
Череповецкий государственный университет

ОБ ОБРАТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ МАТРИЦ

Введение

Пусть $M_n(\mathbb{R})$ - множество вещественных $n \times n$ -матриц [1].

Определение 1 [1]. Пусть $A \in M_n(\mathbb{R})$ и $x \in \mathbb{C}^n$. Рассмотрим уравнение

$$Ax = \lambda x, \quad x \neq 0,$$

где λ - число. Если λ и ненулевой вектор x удовлетворяют данному уравнению, то λ называется *собственным значением* матрицы A , а x - *собственным вектором* матрицы A , отвечающим λ .

Определение 2 [1]. Совокупность всех собственных значений $\lambda \in \mathbb{C}$ матрицы $A \in M_n(\mathbb{R})$ называется *спектром* матрицы A и обозначается через $\sigma(A)$. Неотрицательное вещественное число $\rho(A) = \max \{ |\lambda| : \lambda \in \sigma(A) \}$ называется *спектральным радиусом* матрицы A .

Определение 3 [1]. Матрицу $A \in M_n(\mathbb{R})$, удовлетворяющую условию $A = A^T$, называют *симметричной*, где T - операция транспонирования.

Определение 4 [1]. Пусть $A = (a_{ij}) \in M_n(\mathbb{R})$. Будем писать $A \geq 0$, если $a_{ij} \geq 0$ для всех i, j ; $A > 0$, если $a_{ij} > 0$ для всех i, j . Матрица A называется *неотрицательной*, если $A \geq 0$, и *положительной*, если $A > 0$.

Определение 5 [1]. Матрица $A = (a_{ij}) \in M_n(\mathbb{R})$ называется *верхней треугольной*, если $a_{ij} = 0$ при $j < i$. Матрица $A \in M_n(\mathbb{R})$, имеющая вид

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & & & * \\ & A_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & A_l \end{pmatrix},$$

где $A_i \in M_{n_i}(\mathbb{R})$, $i = 1, \dots, l$, $n_1 + \dots + n_l = n$ и $*$ обозначающая произвольные элементы, называется *верхней блочно-треугольной*.

Определение 6 [1], [2]. Пусть $A = (a_{ij}) \in M_n(\mathbb{R})$. Говорят, что A - матрица *со строгим диагональным преобладанием по строкам*, если

$$|a_{ii}| > \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n |a_{ij}|, \quad i = 1, \dots, n.$$

Пусть A^T - матрица *со строгим диагональным преобладанием по строкам*, тогда A - матрица *со строгим диагональным преобладанием по столбцам*.

Определение 7 [2]. Матрица $A \in M_n(\mathbb{R})$ называется невырожденной M -матрицей, если она представляется в форме

$$A = \alpha I - B,$$

где $B \geq 0$ и $\alpha > \rho(B)$.

Обозначение [1]. Символ I используется для обозначения единичной матрицы произвольного размера.

В работе [3] рассматривается вариант обратной спектральной задачи для неотрицательных матриц: указать достаточные условия для того, чтобы вещественные числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ были собственными значениями неотрицательной симметричной матрицы порядка n . Приведем две теоремы из указанной работы.

Теорема 1 [3]. Пусть числа $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_n$, $a_1 \geq \dots \geq a_n (\geq 0)$ удовлетворяют условиям

$$\sum_{i=1}^s \lambda_i \geq \sum_{i=1}^s a_i, \quad s = 1, \dots, n-1,$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n a_i,$$

$$\lambda_k \leq a_{k-1}, \quad k = 2, \dots, n-1.$$

Тогда существует неотрицательная симметричная матрица с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ и диагональными элементами a_1, \dots, a_n .

Теорема 2 [3]. Пусть числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, a_1, \dots, a_n удовлетворяют условиям

$$a_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n,$$

$$a_1 = \max a_i,$$

$$\lambda_j \leq a_j, \quad j = 2, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n a_i.$$

Тогда существует неотрицательная симметричная матрица с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ и диагональными элементами a_1, \dots, a_n .

Пусть A - верхняя блочно-треугольная неотрицательная матрица из $M_n(\mathbb{R})$ с блоками $A_i \in M_{n_i}(\mathbb{R})$, $i = 1, \dots, l$, $n_1 + \dots + n_l = n \geq 2$, $A_l = \rho(A) = \lambda_n > 0$. В теореме 2 данной работы получены достаточные условия преобразования матрицы A в положительную симметричную матрицу $S_2^{-1} A S_2 = B \in M_n(\mathbb{R})$ с помощью невырожденных матриц S_2 и S_2^{-1} , определяемых (4). Этими условиями являются положительность элементов последнего столбца матрицы A , симметричность блоков A_i , $i = 1, \dots, l-1$, равенство столбцовых сумм для всех блоков A_i , $i = 1, \dots, l-1$, строгое диагональное преобладание по столбцам матриц $\lambda_n I - A_i$, $i = 1, \dots, l-1$. Вещественные собственные значения $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ положительной симметричной матрицы B подчиняются требованиям

$$|\lambda_i| < \lambda_n, \quad i = 1, \dots, n-1$$

(см. замечание 3).

В теореме 1 данной работы устанавливается существование положительной симметричной матрицы из $M_n(\mathbb{R})$ с заданным спектром $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, где $\lambda_n > 0$, $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ - вещественные числа, $n \geq 2$ и

$$\lambda_1 = \dots = \lambda_{n-1}.$$

Предполагается, что

$$\lambda_i < \lambda_n, \quad i = 1, \dots, n-1,$$

если $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ - неотрицательные числа, и

$$|\lambda_1| + \dots + |\lambda_{n-1}| < \lambda_n,$$

если $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ - отрицательные числа.

**Преобразование верхней
треугольной неотрицательной матрицы
в положительную симметричную матрицу**

Теорема 1. Пусть $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ — вещественные числа,

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_{n-1} = \lambda, \quad (1)$$

$\lambda_n > 0$ и $n \geq 2$. Предположим, что неотрицательные числа $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ подчиняются условиям

$$\lambda_i < \lambda_n, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad (2)$$

а отрицательные числа $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ — условию

$$|\lambda_1| + \dots + |\lambda_{n-1}| < \lambda_n. \quad (3)$$

Тогда существует положительная симметричная матрица из $M_n(\mathbb{R})$ с собственными значениями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$.

Доказательство. Пусть A — верхняя треугольная матрица из $M_n(\mathbb{R})$, элементы $a_{1n}, \dots, a_{n-1,n}$ последнего столбца которой положительны, на диагонали находятся числа $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ и остальные элементы которой равны нулю. Принимая во внимание

$$S_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ \alpha_{1n} & \alpha_{1,n-1} & \dots & \alpha_{12} & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

$$S_2^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ -\alpha_{1n} & -\alpha_{1,n-1} & \dots & -\alpha_{12} & 1 \end{pmatrix},$$

от матрицы A перейдем к матрице $B = S_2^{-1}AS_2$ и докажем, что можно выбрать положительные числа $\alpha_{12}, \dots, \alpha_{1n}$ и $a_{1n}, \dots,$

$a_{n-1,n}$ таким образом, чтобы B была положительной симметричной матрицей, если выполняются требования (1), (2) для неотрицательных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ и требования (1), (3) для отрицательных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$.

Матрица B записывается в виде

$$B = \begin{pmatrix} \lambda_1 + \alpha_{1n} & a_{1n} & \alpha_{1,n-1} & a_{1n} & \dots & \alpha_{12} & a_{1n} & a_{1n} \\ \alpha_{1n} & a_{2n} & \lambda_2 + \alpha_{1,n-1} & a_{2n} & \dots & \alpha_{12} & a_{2n} & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{1n} & a_{n-1,n} & \alpha_{1,n-1} & a_{n-1,n} & \dots & \lambda_{n-1} + \alpha_{12} & a_{n-1,n} & a_{n-1,n} \\ \alpha_{1n}(\lambda_n - \lambda_1 - a) & \alpha_{1,n-1}(\lambda_n - \lambda_2 - a) & \dots & \alpha_{12}(\lambda_n - \lambda_{n-1} - a) & \dots & \lambda_n - a & \lambda_n - a & \lambda_n - a \end{pmatrix},$$

где $a = \alpha_{1n}a_{1n} + \alpha_{1,n-1}a_{2n} + \dots + \alpha_{12}a_{n-1,n}$.

Пусть $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ — неотрицательные числа, тогда B является положительной симметричной матрицей, если

$$\alpha_{12} = \dots = \alpha_{1n} = \frac{t}{n-1} > 0,$$

$$a_{1n} = a_{2n} = \dots = a_{n-1,n} = b > 0, \quad (5)$$

$$\lambda_n - \lambda_i = b \cdot \frac{n-1+t^2}{t}, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad (6)$$

$$\lambda_n > tb. \quad (7)$$

В случае отрицательных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ должны выполняться дополнительные неравенства

$$\lambda_i + \frac{t}{n-1}b > 0, \quad i = 1, \dots, n-1. \quad (8)$$

Из (6) следуют равенства (1). Из (1), (8) и (7) следует неравенство (3). Из (6) выразим b :

$$b = \frac{t(\lambda_n - \lambda)}{n-1+t^2} \quad (9)$$

и подставим это выражение в неравенство (7). Получим

$$\lambda_n > \frac{t^2(\lambda_n - \lambda)}{n-1+t^2},$$

или

$$\frac{t^2}{n-1+t^2} < \frac{\lambda_n}{\lambda_n-\lambda}. \quad (10)$$

После выбора чисел λ, λ_n выбирается положительный параметр t , подчиняющийся неравенству (10). Затем выбирается положительный параметр b по формуле (9). Выбранные параметры t и b определяют положительные числа $\alpha_{12}, \dots, \alpha_{1n}$ и $a_{1n}, \dots, a_{n-1,n}$ согласно (5). •

Замечание 1. В случае отрицательных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ строгие неравенства (7), (8) могут быть равенствами:

$$\lambda_n = tb, \quad \lambda_i + \frac{t}{n-1} b = 0, \\ i = 1, \dots, n-1.$$

Тогда строгое неравенство (3) также превращается в равенство:

$$|\lambda_1| + \dots + |\lambda_{n-1}| = \lambda_n.$$

В этом случае B является неотрицательной симметричной матрицей с нулевыми элементами на диагонали. ◦

Замечание 2. Пусть в теореме 1 $\lambda_1 = \dots = \lambda_{n-1} = 0, \lambda_n = 1$, тогда B является идемпотентной положительной симметричной матрицей. В этом случае (9), (10) записываются в виде

$$b = \frac{t}{n-1+t^2}, \quad \frac{t^2}{n-1+t^2} < 1.$$

Последнее неравенство выполняется при любом $t > 0$.

В теореме 1 матрица $B \in M_n(\mathbb{R})$, B имеет два различных собственных значения и B диагонализуема (так как она симметрична), поэтому (см. следствие 3.3.8 в [1]) имеет место соотношение

$$B^2 - (\lambda + \lambda_n) B + \lambda \cdot \lambda_n I = 0,$$

где $\lambda = \lambda_1 = \dots = \lambda_{n-1}$. ◦

Преобразование верхней блочно-треугольной неотрицательной матрицы в положительную симметричную матрицу

Теорема 2. Пусть A — верхняя блочно-треугольная неотрицательная матрица из $M_n(\mathbb{R})$ с блоками $A_i \in M_{n_i}(\mathbb{R}), i = 1, \dots, l, n_1 + \dots + n_l = n \geq 2$ и пусть $A_i = \rho(A) = \lambda_n > 0$. Пусть элементы $a_{1n}, \dots, a_{n-1,n}$ последнего столбца матрицы A положительны и остальные ее элементы равны нулю (за исключением элементов блоков). Предположим, что блоки $A_i, i = 1, \dots, l-1$, матрицы A обладают следующими свойствами:

- 1) симметричность;
- 2) суммы элементов любого столбца каждого блока одинаковы и эти суммы одинаковы для всех блоков;
- 3) строгое диагональное преобладание по столбцам матриц $\lambda_n I - A_i$.

Тогда существует невырожденная матрица $S \in M_n(\mathbb{R})$, такая, что $S^{-1} A S = B$ является положительной симметричной матрицей.

Доказательство. Принимая во внимание (4), от матрицы A перейдем к матрице $B = S_2^{-1} A S_2$ и докажем, что можно выбрать положительные числа $\alpha_{12}, \dots, \alpha_{1n}$ и $a_{1n}, \dots, a_{n-1,n}$ таким образом, что B — положительная симметричная матрица, если выполняются свойства 1–3 данной теоремы.

Убедимся в этом, рассмотрев частный случай матрицы $A \in M_6(\mathbb{R})$ с двумя блоками:

$$A_1 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad A_2 = \begin{pmatrix} a_{44} & a_{45} \\ a_{54} & a_{55} \end{pmatrix}.$$

В общем случае рассмотрения аналогичны.

Запишем элементы последней строки матрицы $B = S_2^{-1} A S_2$:

$$(\lambda_6 - a_{11}) \alpha_{16} - a_{21} \alpha_{15} - a_{31} \alpha_{14} - \alpha_{16} a, \\ - a_{12} \alpha_{16} + (\lambda_6 - a_{22}) \alpha_{15} - a_{32} \alpha_{14} - \alpha_{15} a, \\ - a_{13} \alpha_{16} - a_{23} \alpha_{15} + (\lambda_6 - a_{33}) \alpha_{14} - \alpha_{14} a,$$

$$\begin{aligned}
 &(\lambda_6 - a_{44}) \alpha_{13} - a_{54} \alpha_{12} - \alpha_{13} a, \\
 &- a_{45} \alpha_{13} + (\lambda_6 - a_{55}) \alpha_{12} - \alpha_{12} a, \\
 &\lambda_6 - a
 \end{aligned}$$

и элементы ее предыдущих строк:

$$\begin{array}{ccc}
 a_{11} + \alpha_{16} a_{16} & a_{12} + \alpha_{15} a_{16} & a_{13} + \alpha_{14} a_{16} \\
 a_{21} + \alpha_{16} a_{26} & a_{22} + \alpha_{15} a_{26} & a_{23} + \alpha_{14} a_{26} \\
 a_{31} + \alpha_{16} a_{36} & a_{32} + \alpha_{15} a_{36} & a_{33} + \alpha_{14} a_{36} \\
 \alpha_{16} a_{46} & \alpha_{15} a_{46} & \alpha_{14} a_{46} \\
 \alpha_{16} a_{56} & \alpha_{15} a_{56} & \alpha_{14} a_{56} \\
 \\
 \alpha_{13} a_{16} & \alpha_{12} a_{16} & a_{16} \\
 \alpha_{13} a_{26} & \alpha_{12} a_{26} & a_{26} \\
 \alpha_{13} a_{36} & \alpha_{12} a_{36} & a_{36} \\
 a_{44} + \alpha_{13} a_{46} & a_{45} + \alpha_{12} a_{46} & a_{46} \\
 a_{54} + \alpha_{13} a_{56} & a_{55} + \alpha_{12} a_{56} & a_{56}
 \end{array}$$

где $a = \alpha_{16} a_{16} + \alpha_{15} a_{26} + \dots + \alpha_{12} a_{56}$.

Пусть выполняется свойство 2 и пусть b – сумма элементов любого столбца любого блока $A_i, i = 1, \dots, l-1$, матрицы A . Положим

$$\alpha_{12} + \dots + \alpha_{16} = t > 0, \quad \alpha_{12} = \dots = \alpha_{16} = \frac{t}{5}.$$

Тогда B – положительная симметричная матрица, если

$$a_{16} = \dots = a_{56} = d > 0,$$

выполняется свойство 1 и

$$\frac{t}{5} (\lambda_6 - b - t \cdot d) = d.$$

Выразим d из последнего соотношения:

$$d = \frac{t}{t^2 + 5} (\lambda_6 - b). \quad (11)$$

Пусть выполняется свойство 3, тогда, согласно (11), $d > 0$ при любом $t > 0$. •

Замечание 3. Пусть $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ – собственные значения блоков $A_i, i = 1, \dots, l-1$, в теореме 2. Из свойства 1 теоремы 2 следует, что $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ – вещественные числа. Кроме того, $\lambda_n = \rho(A) > 0$, поэтому $|\lambda_i| \leq \lambda_n, i = 1, \dots, n-1$.

Из свойства 3 теоремы 2 следует, что матрицы $\lambda_n I - A_i, i = 1, \dots, l-1$ являются невырожденными M -матрицами [1], что влечет выполнение неравенств $\rho(A_i) < \lambda_n, i = 1, \dots, l-1$, и

$$|\lambda_i| < \lambda_n, \quad i = 1, \dots, n-1. \quad (12)$$

Следовательно, $\lambda_1, \dots, \lambda_{n-1}$ – вещественные числа, которые подчиняются неравенствам (12). ◦

Замечание 4. Симметричная матрица B в теореме 1 и в замечании 1 имеет специальную структуру: ее элементы выше диагонали одинаковы (кроме последнего столбца) и положительны, элементы на диагонали одинаковы (кроме последнего элемента) и неотрицательны, и суммы элементов любого столбца (кроме последнего) одинаковы.

Пусть матрица $C \in M_k(\mathbb{R}), k \geq 2$, подчиняется следующим требованиям:

- а) матрица C симметрична;
- б) все элементы выше диагонали матрицы C одинаковы и положительны;
- в) все элементы диагонали матрицы C одинаковы и неотрицательны.

Тогда суммы элементов любого столбца матрицы C одинаковы и матрица C имеет два различных собственных значения, одно из которых равно сумме элементов ее любого столбца. ◦

Список литературы

1. Хорн Р., Джонсон Ч. Матричный анализ. - М., 1989.
2. Johnson C.R. Inverse M-matrices // Linear Algebra and Appl. - 1982. - № 47. - P. 195 - 216.
3. Fiedler M. Eigenvalues of nonnegative symmetric matrices // Linear Algebra and Appl. - 1974. - № 9. - P. 119 - 142.

ТОПОЛОГИИ НА ПОЛУГРУППАХ, ПОРОЖДАЕМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯМИ

Введение

Отклонением на множестве X называется отображение f произведения $X \times X$ в промежуток $[0, +\infty]$ расширенной числовой прямой такое, что $f(x, x) = 0$, $f(x, y) = f(y, x)$ и $f(x, y) \leq f(x, z) + f(z, y)$ для любых x, y, z из X .

Пусть $(f_\alpha)_{\alpha \in A}$ – семейство отклонений на множестве X . На X существует единственная топология τ , для которой всевозможные конечные пересечения множеств вида $\{x \in X \mid f_\alpha(x, y) < \varepsilon\}$, где $\alpha \in A$, $\varepsilon > 0$, образуют базу открытых окрестностей в произвольной точке $y \in X$. Эту топологию называют *топологией, порождаемой семейством отклонений* $(f_\alpha)_{\alpha \in A}$.

Такой способ задания топологии на полугруппе не является универсальным в следующем смысле: существуют топологические полугруппы, топология которых не равномеризируема, и, значит, она не может быть описана никаким семейством отклонений. В качестве примера можно взять неравномеризируемое топологическое пространство X , а в качестве полугрупповой операции следующую: $(x, y) \mapsto \mapsto y$ ($(x, y) \in X \times X$), которая является, очевидно, непрерывной. Тем не менее, задача описания семейств отклонений на полугруппах, порождающих топологию на них, согласованную с полугрупповой операцией, представляет интерес.

В данной работе развиты идеи, изложенные в [1].

Основные результаты

Пусть X – произвольная алгебраическая полугруппа. Отклонение f на полугруппе X назовем *относительно инвариантным слева (справа)*, если $f(xy, xz) \leq g_f(x) f(y, z)$ ($f(yx, zx) \leq g_f(x) f(y, z)$) для любых x, y, z из X . Отклонение f на полугруппе X назовем *инвариантным слева (справа)*, если $f(xy, xz) = f(y, z)$ ($f(yx, zx) = f(y, z)$) для любых x, y, z из X .

Теорема 1. Пусть топология τ на полугруппе X порождена семейством $\{f\}$ относительно инвариантных слева отклонений на X таким, что каждая функция g_f из семейства функций $\{g_f \mid f \in \{f\}\}$ ограничена. Тогда левые сдвиги $x \mapsto ax$ ($x \in X$) непрерывны в (X, τ) для каждого $a \in X$.

Доказательство. Пусть $x_0 \in X$ и $U(ax_0)$ – окрестность точки ax_0 в топологии, порожденной семейством $\{f\}$. Тогда для некоторого $\varepsilon > 0$ и некоторых $f_1, \dots, f_n \in \{f\}$ будет иметь место включение

$$\{y \in X \mid f_i(y, ax_0) < \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, n\} \subset U(ax_0).$$

Если x из окрестности $\{x \in X \mid f_i(x, x_0) < \varepsilon C^{-1}, i = 1, \dots, n\}$ точки x_0 , где C – положительная константа, такая, что $g_f \leq C$ для любой функции g_f , для которой $f \in \{f \mid f = f_i, i = 1, \dots, n\}$, то для каждого $i = 1, \dots, n$ имеем $f_i(ax, ax_0) \leq C f_i(x, x_0) < \varepsilon$, т.е. $ax \in U(ax_0)$. Непрерывность сдвигов $x \mapsto ax$ доказана.

Семейство отклонений $\{f\}$ на множестве X называют *разделяющим*, если для любых $x, y \in X$ таких, что $x \neq y$, существует отклонение f из этого семейства такое, что $f(x, y) > 0$. Это свойство равносильно хаусдорфовости топологии на X , порожденной этим семейством отклонений.

Теорема 2. Пусть $\{f\}$ – разделяющее семейство отклонений на полугруппе X такое, что для любых $x, y, z \in X$, для любой функции f из этого семейства существует положительное число C , для которого выполняется неравенство $f(xy, xz) \geq C f(y, z)$. Тогда полугруппа X является полугруппой с левыми сокращениями.

Доказательство. Пусть $x, y, z \in X$ такие, что $zx = zy$. Если $x \neq y$, то для некоторого f из $\{f\}$ имеем $f(x, y) > 0$. С другой стороны, $0 = f(zx, zy) \geq C f(x, y)$ для некоторого поло-

жительного числа C и, следовательно, $f(x, y) = 0$. Полученное противоречие доказывает теорему.

Теорема 3. Пусть топология τ на полугруппе X порождена семейством $\{f\}$ относительно инвариантных слева отклонений на X таким, что каждая функция g_f из семейства функций $\{g_f | f \in \{f\}\}$ ограничена. Тогда следующие условия равносильны:

а) для каждого $a, x \in X$, для каждого отклонения f из $\{f\}$ и для каждого числа $\alpha > 0$ существуют отклонения f_1, \dots, f_n из $\{f\}$ и число $\beta > 0$ такие, что $f(sa, xa) < \alpha$ для всех $s \in X$ таких, что $f_i(s, x) < \beta$ одновременно для всех $i = 1, 2, \dots, n$;

б) полугрупповая операция $(x, y) \mapsto xy$ непрерывна;

в) для каждого $a \in X$ правый сдвиг $x \mapsto xa$ непрерывен.

Если, кроме того, X – группа и каждая функция $g_f(x)$, участвующая в определении относительной инвариантности, не превосходит единицу, то каждое из условий а) - в) влечет непрерывность инверсии $x \mapsto x^{-1}$.

Доказательство. Пусть выполнено условие а). Пусть $x, y \in X$, $\varepsilon > 0$, $h_1, \dots, h_n \in \{f\}$. Тогда множество

$$W = \{t \in X | h_i(t, xy) < \varepsilon, i = 1, 2, \dots, n\}$$

является окрестностью точки xy в топологии τ . По условию а) существуют $f_1, \dots, f_m \in \{f\}$ и $\beta > 0$ такие, что $h_i(sy, xy) < \varepsilon/2$ для каждого $i = 1, 2, \dots, n$ при всех $s \in X$ таких, что $f_j(s, x) < \beta$ одновременно для всех $j = 1, 2, \dots, m$. Пусть s принадлежит окрестности

$$U = \{s \in X | f_j(s, x) < \beta, j = 1, 2, \dots, m\}$$

точки x , а t – окрестности

$$V = \{t \in X | h_j(t, y) < C^{-1} \varepsilon/2, j = 1, 2, \dots, n\}$$

точки y , где C – положительная константа, такая, что $g_h \leq C$ для любой функции g_h , для которой $h \in \{f | f = h_i, i = 1, \dots, n\}$. Тогда для $i = 1, 2, \dots, n$ имеем

$$h_i(st, xy) \leq h_i(st, sy) + h_i(sy, xy) <$$

$$< C h_i(t, y) + \varepsilon/2 < \varepsilon.$$

Следовательно, $st \in W$ и, значит, полугрупповая операция $(x, y) \mapsto xy$ в (X, τ) непрерывна по совокупности аргументов, т.е. из а) следует б).

Очевидно, что условие б) влечет условие в).

Пусть теперь выполнено условие в). Пусть $a, x \in X$, $\alpha > 0$ и $f \in \{f\}$. Тогда существует окрестность U точки x такая, что Ua содержится в окрестности $V = \{t \in X | f(t, xa) < \alpha\}$ точки xa . Найдутся $f_1, \dots, f_n \in \{f\}$ и число $\beta > 0$ такие, что множество $\{s \in X | f_i(s, x) < \beta, i = 1, 2, \dots, n\}$ содержится в U . Следовательно, для таких s имеет место неравенство $f(sa, xa) < \alpha$, т.е. выполняется условие а), а значит, условия а) - в) равносильны.

Пусть X – группа и каждая функция $g_f(x)$, участвующая в определении относительной инвариантности, не превосходит единицу. Тогда каждое отклонение $f \in \{f\}$ будет инвариантным отклонением на X . Действительно, пусть $x, y, z \in X$. Тогда для любого отклонения $f \in \{f\}$ имеем

$$f(y, z) = f(x^{-1}xy, x^{-1}xz) \leq f(xy, xz) \leq f(y, z).$$

Отсюда следует

$$f(y, z) = f(xy, xz).$$

Пусть выполнено условие а). Пусть

$$U = \{z \in X | h_i(z, x^{-1}) < \varepsilon C^{-1}, i = 1, 2, \dots, n\},$$

где $x \in X$, $\varepsilon > 0$, $hg_1, \dots, hg_n \in \{f\}$. Тогда существуют $f_1, \dots, f_m \in \{f\}$ и число $\beta > 0$ такие, что $h_i(sx^{-1}, xx^{-1}) < \varepsilon$ при $i = 1, 2, \dots, n$ для всех s из окрестности

$$V = \{s \in X | f_j(s, x) < \beta C^{-1}, j = 1, 2, \dots, m\}$$

точки x . Если $s \in V$, то для $i = 1, 2, \dots, n$ имеем

$$h_i(s^{-1}, x^{-1}) = h_i(ss^{-1}, sx^{-1}) =$$

$$= h_i(xx^{-1}, sx^{-1}) = h_i(sx^{-1}, xx^{-1}) < \varepsilon,$$

т.е. $s^{-1} \in U$. Следовательно, инверсия $x \mapsto x^{-1}$ непрерывна. Теорема доказана.

Пусть f — отклонение на полугруппе X . Для каждого $z \in X$ формула $f_z(x, y) = f(xz, yz)$ задает отклонение на X , причем если отклонение f инвариантно (соответственно, относительно инвариантно) слева, то и отклонение f_z будет инвариантным (соответственно, относительно инвариантным) слева.

Будем говорить, что семейство отклонений $\{f\}$ X -замкнуто справа, если $f_z \in \{f\}$ для каждого $f \in \{f\}$ и каждого $z \in X$.

Заметим, что любое семейство отклонений на X содержится в минимальном X -замкнутом справа семействе отклонений, и любое семейство инвариантных (соответственно, относительно инвариантных) слева отклонений на X содержится в минимальном X -замкнутом справа семействе инвариантных (соответственно, относительно инвариантных) слева от-

клонений на X . Это следует из того, что семейство всех отклонений (инвариантных слева, относительно инвариантных слева) на полугруппе X является X -замкнутым справа.

Теорема 4. Если семейство относительно инвариантных слева отклонений X -замкнуто справа, то оно удовлетворяет условию а) теоремы 3.

Доказательство. Так как $f(sa, xa) = f_a(s, x)$, то в предположении X -замкнутости справа семейства $\{f\}$ достаточно для $f \in \{f\}$ и числа $\alpha > 0$ взять $\beta = \alpha$ и $f_1 = f_a$. При этом требования условия а) будут выполнены. Теорема доказана.

Список литературы

1. Мухин В.В., Бужуф Хамза. О топологиях на полугруппах и группах, определяемых семействами отклонений и норм // Известия вузов. Математика. — 1997. — № 5. — С. 74 - 77.

УДК 513.83

М.И. Головилов

Череповецкий государственный университет

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ЛАДЕЙ ПРИ СЛУЧАЙНОМ ВЫБОРЕ РАССТАНОВКИ ЛАДЕЙ НА ДОСКЕ

Ладейные числа и многочлены

Пусть дана бесконечная клетчатая плоскость. Доской будем называть произвольный конечный набор клеток этой плоскости. Ладыя — это фигура, которая держит под боем все клетки плоскости, находящиеся с ней на одной горизонтали или на одной вертикали. Для досок сложной формы ладыя может держать под боем клетки, отделенные от нее клетками, не принадлежащими доске. На рис. 1 изображена доска, ладыя L на ней и выделены клетки, которые эта ладыя держит под боем.

Зафиксируем произвольную доску B и для каждого целого $k \geq 0$ обозначим через $r_k(B)$ количество различных способов поставить на эту доску n не бьющих друг друга ладей. Положим по определению $r_0(B) = 1$. Числа $r_0(B), r_1(B), r_2(B), \dots$ называются ладейными

числами доски B . Очевидно, что для любой доски все ладейные числа, начиная с некоторого номера, равны нулю. Пусть m — наибольшее целое число такое, что $r_k(B) \neq 0$.

Многочлен m -й степени $R(x, B) = \sum_{k=0}^m r_k(B)x^k$

называется ладейным многочленом доски B . Далее символ B в обозначении ладейного многочлена будем опускать.

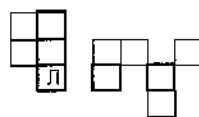


Рис. 1

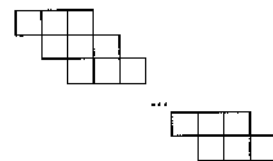


Рис. 2

Установим теперь связь рассматриваемой комбинаторной задачи с задачей случайного выбора расстановки ладей на доске.

Рассмотрим множество Ω всех расстановок не бьющих друг друга ладей на доске B . Зададим на Ω равномерное распределение вероятностей, т.е. для любой расстановки $\omega \in \Omega$ положим вероятность случайного выбора этой расстановки равной $\frac{1}{|\Omega|}$, где $|\Omega| = \sum_{k=0}^m r_k(B) =$

$= R(1)$ — число всех возможных расстановок. Число ладей в случайно выбранной расстановке представляет собой случайную величину S . Распределение этой случайной величины задаётся равенством $P(S = k) = \frac{r_k(B)}{|\Omega|} = \frac{r_k(B)}{R(1)}$, $k = 0, 1, 2, \dots$. Производящая функция $\rho(x) = \sum_{k=0}^m P(S = k) x^k$ случайной величины S равна $\rho(x) = \frac{R(x)}{R(1)}$.

Производящая функция $\rho(x)$ обладает рядом свойств, наиболее интересное из которых для нас следующее. Из основной теоремы алгебры следует, что многочлен $\rho(x)$ имеет m комплексных корней с учётом их кратности. Справедлива теорема 1.

Теорема 1. Все корни многочлена $\rho(x)$ — отрицательные действительные числа.

Доказательство. Утверждение теоремы непосредственно следует из результата работы [3], в которой доказано, что все корни многочлена $R(x)$ — отрицательные действительные числа (см. также [1], с. 17).

В свою очередь, из теоремы 1 нетрудно вывести следующее свойство распределения случайной величины S .

Теорема 2. Распределение случайной величины S совпадает с распределением суммы $X_1 + X_2 + \dots + X_m$, где случайные величины X_1, X_2, \dots, X_m независимы и каждая из них принимает только два значения — 0 и 1.

Предельная теорема

Мы воспользуемся теоремой 2 и центральной предельной теоремой в форме Ляпунова для того, чтобы получить достаточные условия сходимости распределения центрированной и

нормированной величины S к стандартному нормальному распределению.

Пусть $\{B_n\}_{n=1}^\infty$ — последовательность досок. Обозначим через S_n число ладей в случайно выбранной расстановке на доске B_n . Введём обозначение: $R_n(x) = R(x, B_n)$, m_n — степень многочлена $R_n(x)$. Тогда $\rho_n(x) = \frac{R_n(x)}{R_n(1)}$ — производящая функция случайной величины S_n .

Теорема 3. Пусть $m_n = O(n)$, $ES_n \sim an$, $DS_n \sim \sigma^2 n$ при $n \rightarrow \infty$, где $a > 0$, $\sigma > 0$. Тогда распределение случайной величины $\zeta_n = \frac{S_n - an}{\sigma \sqrt{n}}$ слабо сходится при $n \rightarrow \infty$ к стандартному нормальному распределению.

Доказательство. Рассмотрим схему серий $(X_1^{(n)}, X_2^{(n)}, \dots, X_{m_n}^{(n)})_{n=1}^\infty$ независимых в каждой серии случайных величин, где $X_1^{(n)}, X_2^{(n)}, \dots, X_{m_n}^{(n)}$ — случайные величины, определённые для доски B_n в соответствии с теоремой 2. Для простоты обозначений верхний индекс далее будем опускать. Величина

$$L_3 = \frac{\sum_{i=1}^{m_n} \mathbf{E} |X_i - \mathbf{E}X_i|^3}{(DS_n)^{3/2}}$$

есть отношение Ляпунова для серии X_1, X_2, \dots, X_{m_n} . Согласно теореме Ляпунова, сходимость L_3 к нулю влечёт слабую сходимость распределения случайной величины $\zeta_n = \frac{S_n - ES_n}{\sqrt{DS_n}}$ к стандартному нормальному распределению. Так как случайные величины X_1, X_2, \dots, X_{m_n} принимают только значения 0 и 1, то $0 \leq \mathbf{E}X_i = P(X_i = 1)$, $0 \leq |X_i - \mathbf{E}X_i| \leq |X_i| + |\mathbf{E}X_i| \leq 1 + \mathbf{E}X_i$. Отсюда

$$\sum_{i=1}^{m_n} \mathbf{E} |X_i - \mathbf{E}X_i|^3 \leq m_n + ES_n = O(n)$$

при $n \rightarrow \infty$. Теперь получаем, что отношение Ляпунова L_3 стремится к нулю при $n \rightarrow \infty$. Применяя теорему Ляпунова и учитывая, что

$ES_n \sim an$, $DS_n \sim \sigma^2 n$ при $n \rightarrow \infty$, получаем доказываемое утверждение.

Случай рациональной производящей функции

Для того чтобы применять теорему 3, нужно уметь определять асимптотическое поведение ES_n и DS_n при $n \rightarrow \infty$. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины S_n выражаются через $\rho_n(x)$ по формулам:

$$ES_n = \rho'_n(1) = \frac{R'_n(1)}{R_n(1)},$$

$$DS_n = \rho''_n(1) + \rho'_n(1) - (\rho'_n(1))^2 = \frac{R''_n(1)}{R_n(1)} + \frac{R'_n(1)}{R_n(1)} - \left(\frac{R'_n(1)}{R_n(1)}\right)^2. \quad (1)$$

Таким образом, необходимо рассмотреть асимптотику $R_n(1)$, $R'_n(1)$, $R''_n(1)$.

Пусть $S(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} R_n(x)y^n$ — производящая функция последовательности многочленов $R_n(x) = R(x, B_n)$. Тогда $S_x^{(k)}(1, y) = \sum_{n=0}^{\infty} R_n^{(k)}(1)y^n$ — производящая функция последовательности $R_n^{(k)}(1)$.

В частности, $S(1, y)$ есть производящая функция для числа $R_n(1)$ всех расстановок ладей на доске B_n .

Рассмотрим случай, когда производящая функция $S(x, y)$ является рациональной. Нам понадобятся леммы.

Пусть $F(y) = \frac{A(y)}{(B(y))^k}$ — рациональная

функция, причём многочлены $A(y)$ и $B(y)$ взаимно просты. Пусть существует единственный наименьший по модулю корень λ_1 многочлена $B(y)$. Он действительный, отличен от нуля и имеет кратность 1. Положим $B(y) = (y - \lambda_1) B_1(y)$.

Лемма 1. Пусть $F(y) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n y^n$ — разложение $F(y)$ в ряд по степеням y . Тогда

$$a_n = \left(\sum_{i=1}^k \left(\frac{A(y)}{(B_1(y))^k} \right)^{(k-i)} \right) \Big|_{y=\lambda_1} \times \left(\frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(k-i)!(i-1)!} \frac{(-1)^i}{\lambda_1^i} + o(1) \right) \frac{1}{\lambda_1^n}$$

при $n \rightarrow \infty$.

Доказательство. Пусть $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r$ — все различные корни многочлена $B(y)$. Разложим $F(y) = \frac{A(y)}{(B(y))^k}$ на простейшие дроби:

$$F(y) = \sum_{i=1}^k \frac{c_i}{(y - \lambda_1)^i} + \sum_{j=2}^r \sum_{i=1}^{e_j} \frac{c_{ji}}{(y - \lambda_j)^i} = \sum_{i=1}^k \frac{(-1)^i c_i}{\lambda_1^i (1 - y/\lambda_1)^i} + \sum_{j=2}^r \sum_{i=1}^{e_j} \frac{(-1)^i c_{ji}}{\lambda_j^i (1 - y/\lambda_j)^i}.$$

Раскладывая каждую из простейших дробей в степенной ряд по степеням y , получаем:

$$F(y) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\sum_{i=1}^k \frac{(-1)^i c_i}{\lambda_1^{n+i}} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} + \sum_{j=2}^r \sum_{i=1}^{e_j} \frac{(-1)^i c_{ji}}{\lambda_j^{n+i}} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} \right) y^n.$$

Отсюда

$$a_n = \sum_{i=1}^k \frac{(-1)^i c_i}{\lambda_1^{n+i}} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} +$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{j=2}^r \sum_{i=1}^{e_j} \frac{(-1)^i c_{ji}}{\lambda_j^{n+i}} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} = \\
 & = \left(\sum_{i=1}^k \frac{(-1)^i c_i}{\lambda_1^i} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} + \right. \\
 & \left. + \sum_{j=2}^r \sum_{i=1}^{e_j} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_j} \right)^n \frac{(-1)^i c_{ji}}{\lambda_j^i} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} \right) \frac{1}{\lambda_1^n} = \\
 & = \left(\sum_{i=1}^k \frac{(-1)^i c_i}{\lambda_1^i} \frac{(n+1)(n+2)\dots(n+i-1)}{(i-1)!} + o(1) \right) \frac{1}{\lambda_1^n},
 \end{aligned}$$

так как $\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_j} \right)^n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, $j = 2, \dots, r$.

Вычислим коэффициенты c_i , $i = 1, 2, \dots, k$.
Имеем:

$$\begin{aligned}
 (y - \lambda_1)^k F(y) &= \frac{A(y)}{(B_1(y))^k} = \\
 &= \sum_{i=1}^k c_i (y - \lambda_1)^{k-i} + (y - \lambda_1)^k \sum_{j=2}^r \sum_{i=1}^{e_j} \frac{c_{ji}}{(y - \lambda_j)^i}.
 \end{aligned}$$

Отсюда

$$\left(\frac{A(y)}{(B_1(y))^k} \right)^{(k-i)} = (k-i)! c_i + (y - \lambda_1) E(y),$$

где $E(y)$ есть рациональная функция, знаменатель которой в несократимой записи не содержит множителя $y - \lambda_1$. Подставляя сюда $y = \lambda_1$ и выражая c_i , получаем

$$c_i = \frac{1}{(k-i)!} \left(\frac{A(y)}{(B_1(y))^k} \right)^{(k-i)} \Bigg|_{y=\lambda_1}.$$

Остаётся подставить выражения для c_i в асимптотику коэффициента a_n .

Лемма доказана.

Асимптотическое выражение для a_n из леммы 1 после вычисления производной

$$\left(\frac{A(y)}{(B_1(y))^k} \right)^{(k-i)} \Bigg|_{y=\lambda_1}$$

будет содержать значения многочлена $B_1(y)$ и его производных в точке $y = \lambda_1$. Вычислить эти значения можно с использованием следующей леммы.

Лемма 2. $B_1^{(i)}(\lambda_1) = i B_1^{(i-1)}(\lambda_1)$ при всех $i = 1, 2, \dots$ (Здесь $B_1^{(0)}(\lambda_1) = B_1(\lambda_1)$.)

Доказательство. Его нетрудно провести индукцией по i , используя равенство $B(y) = (y - \lambda_1) B_1(y)$.

Вернёмся к вычислению асимптотик ES_n и DS_n при $n \rightarrow \infty$.

Пусть $S(x, y) = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}$, где $P(x, y)$ и

$Q(x, y)$ — многочлены. Рассмотрим простейшую ситуацию, когда существует единственный наименьший по модулю корень λ_1 многочлена $Q(1, y)$. Он действительный и имеет кратность 1. Применяя леммы 1 и 2 к функциям $S(1, y)$, $S'_x(1, y)$, $S''_x(1, y)$, найдём асимптотику $R_n(1)$, $R'_n(1)$, $R''_n(1)$ при $n \rightarrow \infty$. Затем, используя равенства (1), найдём асимптотику ES_n и DS_n при $n \rightarrow \infty$. Так как вычисления громоздки, приведём только окончательный результат:

$$\begin{aligned}
 ES_n &\sim \frac{Q'_x(1, \lambda_1)}{\lambda_1 Q'_y(1, \lambda_1)} n, \\
 DS_n &\sim \left(\frac{Q'_x(1, \lambda_1) + Q''_{xx}(1, \lambda_1)}{\lambda_1 Q'_y(1, \lambda_1)} + \left(\frac{Q'_x(1, \lambda_1)}{\lambda_1 Q'_y(1, \lambda_1)} \right)^2 - \right. \\
 &\quad \left. - \frac{2Q'_x(1, \lambda_1) Q''_{xy}(1, \lambda_1)}{\lambda_1 (Q'_y(1, \lambda_1))^2} + \frac{(Q'_x(1, \lambda_1))^2 Q''_{yy}(1, \lambda_1)}{\lambda_1 (Q'_y(1, \lambda_1))^3} \right) n
 \end{aligned} \tag{2}$$

при $n \rightarrow \infty$. Кроме того, представляет самостоятельный интерес асимптотика $R_n(1)$ при $n \rightarrow \infty$:

$$R_n(1) \sim -\frac{P(1, \lambda_1)}{\lambda_1 Q'_y(1, \lambda_1)} \frac{1}{\lambda_1^n}. \quad (3)$$

Теперь мы можем сформулировать предельную теорему для рассматриваемой в этом пункте ситуации.

Теорема 4. Пусть производящая функция $S(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} R_n(x) y^n$ ладейных многочленов

последовательности досок $\{B_n\}_{n=1}^{\infty}$ рациональна:

$$S(x, y) = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)}, \text{ где } P(x, y) \text{ и } Q(x, y) -$$

многочлены. Пусть существует единственный наименьший по модулю корень λ_1 многочлена $Q(1, y)$. Он действительный, имеет кратность 1 и не является корнем многочленов $P(1, y)$ и $Q'_y(1, y)$. Тогда распределение случайной

величины $\zeta_n = \frac{S_n - \mathbf{E}S_n}{\sqrt{\mathbf{D}S_n}}$ слабо сходится при

$n \rightarrow \infty$ к стандартному нормальному распределению, причём асимптотика математического ожидания $\mathbf{E}S_n$ и дисперсии $\mathbf{D}S_n$ числа ладей в случайно выбранной расстановке на доске B_n даётся равенствами (2). Кроме того, общее число $R_n(1)$ способов расстановки ладей на доске B_n удовлетворяет асимптотическому соотношению (3).

Доказательство непосредственно получается из теоремы 3.

Пример. Пусть доска B_n , содержащая n строк и $n+2$ столбцов, представляет собой трёхслойную лестницу (рис. 2). Тогда производящая функция многочленов $R_n(x) =$

$$= R(x, B_n) \text{ равна } S(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} R_n(x) y^n = \frac{1}{(1-xy)(1-y-2xy-xy^2+x^3y^3)} \quad ([2, \text{с. } 272]).$$

Отсюда получаем: $\lambda_1 = 0,311\dots$ – наименьший по модулю корень многочлена $Q(1, y) = (1-y)(1-3y-y^2+y^3)$. Этот корень действительный, имеет кратность 1 и меньше по абсолютной величине всех остальных корней данного многочлена.

Равенства (3) и (2) дают $R_n(1) \sim 1,400\dots \times (3,214\dots)^n$, $\mathbf{E}S_n \sim 0,606\dots \cdot n$, $\mathbf{D}S_n \sim 0,167\dots \times n$ при $n \rightarrow \infty$. Согласно теореме 4, распределение числа ладей асимптотически нормально со средним $0,606\dots \cdot n$ и дисперсией $0,167\dots \cdot n$.

Список литературы

1. Кохась К. П. Ладейные числа и многочлены. – М.: МЦНМО, 2003.
2. Риордан Дж. Введение в комбинаторный анализ. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963.
3. Nijenhuis A. On permanents and the zeros of rook polynomials // Journal of Comb. Theory. Ser. A. - 1976. - V. 21. - P. 240 - 244.

УДК 511. 61

А.Н. Данилов

Череповецкий государственный университет

СИСТЕМА ДИВИЗОРОВ ПОЛЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЧИСЕЛ. III

Эта статья является продолжением статей [6], [7]. Термин «дивизор» используется как сокращение термина «идеальное число» (см. Э. Гекке [3, с. 125]; [8, с. 17]). Статьи [6], [7] и настоящая статья имеют сквозную нумерацию параграфов, формул, теорем и определений.

§ 6. Сопряжённые дивизоры и сопряжённые системы дивизоров

По теореме 8 поле $K' = K(b_1, \dots, b_m)$, содержащее систему \mathcal{Z} дивизоров поля K , имеет относительно поля \mathbf{Q} степень $l = nn'$, $n' \leq h$.

Оно может быть получено присоединением к полю \mathbb{Q} одного числа θ [3, с. 71], которое имеет l различных сопряженных с ним относительно \mathbb{Q} чисел. Если мы зафиксируем нумерацию всех чисел, сопряженных с θ , то тем самым будет зафиксирована нумерация всех чисел, сопряженных с любым числом поля K' [3, с. 74].

Пусть b_i означает любое из чисел b_1, \dots, b_m . Согласно (7), $b_i^{h_i} = \rho_i \in K$. Заменяя в этом равенстве числа b_i и ρ_i на сопряженные с одинаковыми номерами, получаем l равенств [3, с. 74 - 75]:

$$\begin{aligned} b_i^{(1)h_i} &= \rho_i^{(1)}, \\ \dots\dots\dots & \\ b_i^{(l)h_i} &= \rho_i^{(l)}. \end{aligned} \tag{34}$$

Число ρ_i как число поля K имеет характеристический полином $f_K(x)$ степени n [2, с. 10]. Оно же, как число поля K' , имеет характеристический полином $f_{K'}(x)$, причем

$$f_{K'}(x) = \{f_K(x)\}^{n'}$$

[2, с. 15]. Таким образом, среди l чисел, сопряженных с ρ_i относительно \mathbb{Q} , имеется не более n различных.

Рассмотрим башню полей

$$\mathbb{Q} \subset K \subset K' = \mathbb{Q}(\theta) \subset \mathbb{Q}(\theta_1, \dots, \theta_l) = \Sigma,$$

где $\theta_1 = \theta, \dots, \theta_l$ - все числа, сопряженные с θ относительно поля \mathbb{Q} . Поле Σ есть поле Галуа относительно \mathbb{Q} . Все l полей, сопряженных с K' относительно \mathbb{Q} , содержатся в поле Σ . Подстановки $\theta \rightarrow \theta_v$ ($v=1, \dots, l$) дают все относительные, т.е. оставляющие на месте все элементы поля \mathbb{Q} , изоморфизмы поля K' в поле Σ [1, с. 198].

Все n полей, сопряженных с K относительно \mathbb{Q} , содержатся в поле Σ . Обозначим эти поля K_μ ($\mu=1, \dots, n$). Любой относитель-

ный изоморфизм $K \cong K_\mu$ может быть продолжен до изоморфизма всего поля Σ [1, с. 199 - 200]. Продолженный изоморфизм есть также относительный изоморфизм поля K' - один из $l=nn'$ относительных изоморфизмов этого поля в поле Σ .

Выберем из $l=nn'$ относительных изоморфизмов поля K' те, которые являются продолжениями n относительных изоморфизмов поля K , и обозначим их

$$\theta \rightarrow \theta_{v_1}, \dots, \theta \rightarrow \theta_{v_n}. \tag{35}$$

Подстановки (35) выделяют из l равенств (34), выписанных ранее, следующие n равенств:

$$\begin{aligned} b_i^{(v_1)h_i} &= \rho_i^{(v_1)}, \\ \dots\dots\dots & \\ b_i^{(v_n)h_i} &= \rho_i^{(v_n)}. \end{aligned} \tag{36}$$

Здесь $b_i^{(v_1)}, \dots, b_i^{(v_n)}$ есть n чисел из $l=nn'$ чисел, сопряженных с числом $b_i \in K'$. Числа $\rho_i^{(v_1)}, \dots, \rho_i^{(v_n)}$ - все n чисел, сопряженных с числом $\rho_i \in K'$.

Определение 5. Число

$$\rho^{(j)} b_1^{(j)x_1} \dots b_m^{(j)x_m}, \tag{37}$$

в которое переходит дивизор

$$\rho b_1^{x_1} \dots b_m^{x_m} \tag{38}$$

поля K при любом из n изоморфизмов (35), называется дивизором, сопряженным с дивизором (38).

Таким образом, каждый дивизор поля K имеет n сопряженных дивизоров.

Теорема 11. Для каждого фиксированного $j=v_1, \dots, v_n$ множество чисел (37) образует систему дивизоров поля K_j , сопряженного с полем K относительно \mathbb{Q} .

Доказательство. Достаточно проверить, что для указанного множества выполняются аксиомы 1 - 4 определения системы дивизоров (§ 1). При проверке используются свойства изоморфизма и равенства (36).

Теорема 11 доказана.

Из теорем 7 и 11 следует, что каждое поле K_j , сопряженное с K , имеет систему дивизоров, состоящую из чисел (37). Система дивизоров \mathcal{Z} связана с сопряженными системами дивизоров \mathcal{Z}_j посредством n относительных изоморфизмов (35) поля K' , являющихся продолжениями изоморфизмов поля K .

§ 7. Норма дивизора. Разбиение класса дивизоров на классы вычетов mod \mathfrak{m}

Определение 6. Нормой $N(\alpha)$ дивизора α называется произведение всех дивизоров $\alpha^{(v_1)}, \dots, \alpha^{(v_n)}$, сопряженных с ним:

$$N(\alpha) = \alpha^{(v_1)} \dots \alpha^{(v_n)}.$$

Введенная норма мультипликативна, т.е. для любых двух дивизоров $\alpha, \beta \in \mathcal{Z}$

$$N(\alpha\beta) = N(\alpha)N(\beta).$$

Теорема 12. Если α – дивизор и $(\alpha) = \mathfrak{a}$, то

$$|N(\alpha)| = N(\mathfrak{a}).$$

Доказательство. Рассмотрим равенства (34). В них система чисел $\rho_i^{(1)}, \dots, \rho_i^{(l)}$ есть не что иное, как система чисел $\rho_i^{(v_1)}, \dots, \rho_i^{(v_n)}$, повторенная n' раз. А так как из (34) следует, что

$$|b_i^{(v)}|^{h_i} = |\rho_i^{(v)}|, \quad |b_i^{(v)}| = \sqrt[h_i]{|\rho_i^{(v)}|}$$

для всякого $v = 1, \dots, l$, то ясно, что система чисел

$$|b_i^{(1)}|, \dots, |b_i^{(l)}|$$

есть не что иное, как система чисел

$$|b_i^{(v_1)}|, \dots, |b_i^{(v_n)}|,$$

повторенная n' раз. Следовательно, по определению 6

$$|b_i^{(1)} \dots b_i^{(l)}| = |b_i^{(v_1)} \dots b_i^{(v_n)}|^{n'} = |N(b_i)|^{n'}.$$

Но модуль слева – это модуль нормы числа $b_i \in K'$, которую мы обозначим $N_{K'}(b_i)$. Таким образом,

$$|N_{K'}(b_i)| = |N(b_i)|^{n'}. \quad (39)$$

Используя равенство (39) и мультипликативность нормы, получаем, что для любого дивизора $\alpha = \rho b_1^{x_1} \dots b_m^{x_m}$

$$|N_{K'}(\alpha)| = |N(\alpha)|^{n'}. \quad (40)$$

По условию теоремы идеал \mathfrak{a} как главный идеал (α) поля K' имеет норму

$$N_{K'}(\mathfrak{a}) = N_{K'}(\alpha) = |N(\alpha)|^{n'}$$

(последнее – в силу равенства (40)). С другой стороны, идеал \mathfrak{a} поля K имеет в поле K' норму

$$N_{K'}(\mathfrak{a}) = N(\mathfrak{a})^{n'},$$

где $N(\mathfrak{a})$ – норма идеала \mathfrak{a} в поле K . Таким образом,

$$|N(\alpha)|^{n'} = N(\mathfrak{a})^{n'},$$

откуда следует утверждение теоремы.

Теорема 12 доказана.

По этой теореме если α – дивизор поля K , то $|N(\alpha)|$ – рациональное число. Если же α – целый дивизор, то $|N(\alpha)|$ – целое рациональное число.

Рассмотрим разбиение классов дивизоров на классы вычетов $\text{mod } m$.

Определение 7. Говорят, что целые дивизоры α и β сравнимы по модулю $m = (\mu)$, и пишут

$$\alpha \equiv \beta \pmod{m},$$

если α и β принадлежат одному и тому же классу дивизоров и $\alpha - \beta$ делится на μ .

В определении 7, имеющемся у Гекке [8, с. 19], целесообразно считать, что класс дивизоров содержит 0. Для целых чисел поля K это определение равносильно обычному определению сравнимости.

Отношение сравнимости дивизоров, введенное выше, есть отношение эквивалентности, т.е. является рефлексивным, симметричным и транзитивным. Оно порождает разбиение каждого класса дивизоров на классы эквивалентности, которые попарно не пересекаются и полностью покрывают множество целых чисел класса дивизоров [1, с. 26 - 27].

Будем называть эти классы эквивалентности классами вычетов $\text{mod } m$.

Теорема 13. Число классов вычетов $\text{mod } m$, на которые распадается любой класс дивизоров, равно $N(m)$.

Доказательство. Утверждение верно для класса дивизоров, равного K [3, с. 102]. Поэтому остается доказать его для всякого другого класса дивизоров.

Возьмем произвольный класс дивизоров, порожденный числом

$$\Gamma = \pi_1^{x_1} \dots \pi_m^{x_m}, \quad (41)$$

где целые показатели $x_i (i=1, \dots, m)$ удовлетворяют неравенствам (6); $x_i \neq 0$ хотя бы для одного $i=1, \dots, m$; дивизоры $\pi_i (i=1, \dots, m)$ – простые и отличные от всех простых дивизоров, входящих в каноническое разложение дивизора $\mu, (\mu) = m$. Такой выбор чисел

$$b_1 = \pi_1, \dots, b_m = \pi_m$$

из базисных классов B_1, \dots, B_m возможен, так как каждый из этих классов содержит бесконечное множество неассоциированных простых дивизоров, а число простых дивизоров, входящих в каноническое разложение μ , конечно. Этот класс дивизоров обозначим $K\Gamma$. Он состоит из чисел вида $\rho\Gamma$, где ρ пробегает все (в том числе и целые) числа поля K .

Пусть K/m – множество классов вычетов $\text{mod } m$, на которые распадается кольцо R целых чисел поля K . Пусть, далее, $K\Gamma/m$ – множество классов вычетов $\text{mod } m$, на которые распадается совокупность целых чисел класса дивизоров $K\Gamma$. Построим отображение f множества K/m во множество $K\Gamma/m$ следующим образом.

Для всякого класса вычетов

$$\bar{\alpha} = \{x | x \equiv \alpha \pmod{m}\} \in K/m, \alpha \in R$$

положим

$$f(\bar{\alpha}) = \overline{\alpha\Gamma}, \quad (42)$$

где

$$\overline{\alpha\Gamma} = \{x | x \equiv \alpha\Gamma \pmod{m}\} \in K\Gamma/m.$$

Отображение (42) взаимно однозначное. В самом деле, допустим, что $\bar{\alpha} \neq \bar{\beta}$, но при этом $f(\bar{\alpha}) = f(\bar{\beta})$. Тогда из (42) имеем

$$\overline{\alpha\Gamma} = \overline{\beta\Gamma}, \quad \alpha\Gamma \equiv \beta\Gamma \pmod{m}.$$

А так как $(\Gamma, \mu) = 1$, то

$$\alpha \equiv \beta \pmod{m}, \quad \bar{\alpha} = \bar{\beta},$$

что противоречит условию.

В силу сказанного выше

$$N(m) \leq r, \quad (43)$$

где r – число классов вычетов $\text{mod } m$, на которые распадается класс дивизоров $K\Gamma$.

Зададим теперь отображение φ множества $K\Gamma/m$ во множество K/m . Если $\rho\Gamma$ – целое число из $K\Gamma$, то положим

$$\varphi(\overline{\rho\Gamma}) = \overline{\rho\Gamma\Gamma_1}, \quad (44)$$

где

$$\Gamma_1 = \pi_1^{h_1-x_1} \dots \pi_m^{h_m-x_m}. \quad (45)$$

Из (41), (45) и (7) видно, что $\rho\Gamma\Gamma_1$ – целое число поля K .

Так как (44) – взаимно однозначное отображение, то множество классов вычетов $\text{mod } m$, на которые распадается класс дивизоров $K\Gamma$, действительно конечно, и при этом

$$r \leq N(m). \quad (46)$$

Неравенства (43), (46) дают утверждение теоремы.

Теорема 13 доказана.

Теорема 14. Модуль определителя, составленного из чисел базиса любого из h классов дивизоров и чисел, сопряженных с ними, равен $\sqrt{|d|}$, где d – дискриминант поля K [3, с. 86]:

$$|\det \|\omega_1, \dots, \omega_n\|| = \sqrt{|d|}. \quad (47)$$

Доказательство. Рассмотрим класс дивизоров, порожденный целым числом

$$\Gamma = b_1^{x_1} \dots b_m^{x_m},$$

где целые показатели удовлетворяют неравенствам (6). Пусть G – группа всех целых чисел этого класса относительно сложения. Очевид-

но, множество G' целых чисел класса дивизоров, делящихся на Γ , есть подгруппа группы G .

Разложим группу G по подгруппе G' . Смежные классы этого разложения есть классы вычетов по $\text{mod } m$, $m = (\Gamma)$. В самом деле, два целых числа класса дивизоров сравнимы по $\text{mod } m$ тогда и только тогда, когда они принадлежат одному и тому же смежному классу в разложении группы G по подгруппе G' .

Следовательно, по теореме 13 число смежных классов в разложении группы G по подгруппе G' равно $N(m)$ и подгруппа G' имеет в группе G конечный индекс $N(m)$.

Пусть $\omega_1, \dots, \omega_n$ – конечный базис группы G . Он существует по теореме 10. Тогда по теореме 39 [3, с. 48] подгруппа G' также имеет конечный базис, состоящий из n элементов.

Так как $G' = \{\gamma\Gamma\}$, где γ пробегает все целые числа поля K , то в качестве базиса группы G' можно взять

$$\gamma_1\Gamma, \dots, \gamma_n\Gamma,$$

где $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ – базис поля K (точнее, базис кольца целых чисел поля K).

По теореме 39 [3, с. 48] базис подгруппы G' связан с базисом группы G равенствами

$$\gamma_i\Gamma = \sum_{k=1}^n c_{ik}\omega_k \quad (i=1, \dots, n), \quad (48)$$

в которых c_{ik} – целые рациональные числа, причем

$$|\det \|c_{ik}\|| = N(m) = |N(\Gamma)|. \quad (49)$$

Переходя от равенств (48) к сопряженным равенствам с помощью изоморфизмов (35), получаем

$$\begin{aligned} & |N(\Gamma)| \cdot |\det \|\gamma_1, \dots, \gamma_n\|| = \\ & = |\det \|c_{ik}\|| \cdot |\det \|\omega_1, \dots, \omega_n\||, \end{aligned} \quad (50)$$

Из равенств (49), (50) следует равенство (47), так как известно, что

$$|\det \|\gamma_1, \dots, \gamma_n\|| = \sqrt{|d|}.$$

Теорема 14 доказана.

Содержание этой статьи соответствует § 6 и 7 работы [5], которая докладывалась на II Международной конференции «Алгебраические, вероятностные, геометрические, комбинаторные и функциональные методы в теории чисел» [4].

Список литературы

1. Ван дер Варден Б. Л. Современная алгебра. Т. 1. – М.; Л.: ОГИЗ ГТТИ, 1947.

2. Вейль Г. Алгебраическая теория чисел. – М.: ГИИЛ, 1947.

3. Гекке Э. Лекции по теории алгебраических чисел. – М.; Л.: ГТТИ, 1940.

4. Данилов А. Н. О системе дивизоров поля алгебраических чисел // Алгебраические, вероятностные, геометрические, комбинаторные и функциональные методы в теории чисел: Тезисы докладов II Межд. конф. – Воронеж, 1995. – С. 48.

5. Данилов А. Н. Система дивизоров поля алгебраических чисел. – Череповец, 1995. – Деп. в ВИНТИ 13.04.95, № 1022 – В95.

6. Данилов А. Н. Система дивизоров поля алгебраических чисел. I // Вестник ЧГУ. Естественные и технические науки. – 2005. – № 2 (9). – С. 26 – 31.

7. Данилов А. Н. Система дивизоров поля алгебраических чисел. II // Вестник ЧГУ. Естественные и технические науки. – 2006. – № 2 (11). – С. 8 – 13.

8. Нёккер Е. Eine neue Art von Zetafunktionen und ihre Beziehungen zur Verteilung der Primzahlen // Math. Zeitschrift. – 1920. – Bd. 6. – S. 11 – 51.

УДК 512.91

С. Б. Волкова, Ю. Н. Козиоров
Череповецкий государственный университет.

ГИПЕРКОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ 4-го РАНГА, СОДЕРЖАЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМИ КВАДРАТАМИ

Под гиперкомплексной системой понимается ассоциативное кольцо K , удовлетворяющее следующим условиям:

- а) оно содержит в качестве подполя поле действительных чисел \mathbf{R} ;
- б) для любых $x \in K$ и $a \in \mathbf{R}$ $ax = xa$;
- в) для любого $x \in K$ $1 \cdot x = x$.

Вместе с операциями сложения элементов и умножения элементов на действительные числа гиперкомплексная система образует линейное пространство. Его размерность называют рангом гиперкомплексной системы. Единственной гиперкомплексной системой ранга 1 является поле действительных чисел. Известно полное описание гиперкомплексных систем ранга 2 [4]. В статье [2] дается полное описание гиперкомплексных систем ранга 3. Полного описания гиперкомплексных систем более высоких рангов до сих пор не имеется. Доказано лишь, что существует с точностью до изоморфизма бесконечно много систем каждого такого ранга [1].

В настоящей статье дается описание гиперкомплексных систем 4-го ранга, у которых

квадрат хотя бы одного элемента является отрицательным действительным числом. В частности, доказывается, что существует (с точностью до изоморфизма) всего 5 таких систем.

Пусть $p, q \in \mathbf{R}$. Обозначим через $A(p, q)$ гиперкомплексную систему 4-го ранга, обладающую базисом $1, i, j, k$, удовлетворяющим условию

$$i^2 = p, \quad j^2 = q, \quad ij = ji = k, \quad (1)$$

и через $B(p, q)$ – гиперкомплексную систему 4-го ранга, в которой найдется базис $1, i, j, k$, удовлетворяющий условию

$$i^2 = p, \quad j^2 = q, \quad ij = -ji = k. \quad (2)$$

Очевидно, что как (1), так и (2) определяют всю таблицу умножения базисных элементов, причем умножение в системах $A(p, q)$ ком-

мутативно, а в системах $B(p, q)$ не коммутативно. В частности, $B(-1, -1)$, $B(-1, 1)$ и $B(-1, 0)$ – соответственно, системы кватернионов, псевдокватернионов и вырожденных кватернионов [3].

Пусть K – гиперкомплексная система 4-го ранга и существует элемент $x \in K$ такой, что $x^2 = a < 0$. Полагая $i = x/\sqrt{a}$, получим $i^2 = -1$. Ясно, что $i \notin \mathbf{R}$, поэтому элементы 1 и i независимы и, следовательно, входят в состав некоторого базиса системы K .

Лемма. Если элементы $1, i, j \in K$ независимы и $i^2 = -1$, то элементы $1, i, j, k$, где $k = ij$, образуют базис системы, таблица умножения для которого имеет вид:

	i	j	k
i	-1	k	$-j$
j	$a + bj + dk$	$a_1 + b_1i + c_1j + d_1k$	$a_2 + b_2i + c_2j + d_2k$
k	$ai - b - dj$	$a_1i - b_1 + c_1k - d_1j$	$a_2i - b_2 + c_2k - d_2j$

где числа a, b, d удовлетворяют условию

$$d^2 = 1, a(1+d) = 0, b(1+d) = 0. \quad (3)$$

Доказательство. Пусть $1, i, j, k_1$ – базис системы, $k = ij = \alpha + \beta i + \gamma j + \delta k_1$, $ik_1 = \alpha_1 + \beta_1 i + \gamma_1 j + \delta_1 k_1$. Тогда $-j = i^2 j = i(\alpha + \beta i + \gamma j + \delta k_1) = \alpha i - \beta + \gamma(\alpha + \beta i + \gamma j + \delta k_1) + \delta(\alpha_1 + \beta_1 i + \gamma_1 j + \delta_1)$. Приравняв коэффициенты при j , получаем $\gamma^2 + \delta\gamma_1 = -1$, откуда $\delta \neq 0$ и $k_1 = (-\alpha - \beta i - \gamma j + k)/\delta$. Значит, $1, i, j, k$ – базис данной системы. При этом

$$ik = i^2 j = -j. \quad (4)$$

Пусть теперь $ji = a + bi + cj + dk$. Тогда имеем $ki = i(ji) = ai - b + ck - dj$, $-j = ji^2 = (ji)i = (a + bi + cj + dk)i = ai - b + c(a + bi + cj + dk) + d(ai - b + ck - dj)$ и, приравняв коэффициенты при

одинаковых базисных элементах, получаем равенства: $-b + ac - bd = 0$, $a + bc + ad = 0$, $c^2 - d^2 = -1$, $cd = 0$. Третье из этих равенств показывает, что $d \neq 0$. Значит, $c = 0$, а тогда первые три равенства приводятся к равенствам (3).

Пусть $j^2 = a_1 + b_1 i + c_1 j + d_1 k$, $jk = a_2 + b_2 i + c_2 j + d_2 k$. Тогда, используя (4), имеем $kj = ij^2 = a_1 i - b_1 + c_1 k - d_1 j$, $k^2 = i(jk) = a_2 i - b_2 + c_2 k - d_2 j$, что и завершает доказательство.

Замечание 1. Так как $d^2 = 1$, то $d = \pm 1$. При $d = -1$ $ij \neq ji$, так что умножение в этом случае некоммутативно. При $d = 1$ из (3) следует $a = b = 0$. Значит, $ji = k = ij$, $ki = -j = ik$. Тогда $jk = jij = kj$, так что умножение в этом случае коммутативно.

Теорема 1. Если умножение в K коммутативно, то либо $K = A(-1, -1)$, либо $K = A(-1, 0)$.

Доказательство. Пусть $1, i, j, k$ – базис данной системы, удовлетворяющий условиям доказанной леммы. Тогда каждый элемент этой системы записывается в виде $\alpha + \beta i + \gamma j + \delta ij = u + vj$, где u и v – комплексные числа. Покажем, что u и v можно подобрать так, чтобы выполнялись условия: $v \neq 0$, $(u + vj)^2 = -1$ или $(u + vj)^2 = 0$. Имеем $(u + vj)^2 = u^2 + 2uvj + v^2 j^2 = u^2 + 2uvj + v^2(a_1 + b_1 i + c_1 j + d_1 k) = u^2 + v^2(a_1 + b_1 i) + vj(2u + v(c_1 + d_1 i))$.

Подчиним теперь u условию $2u + v(c_1 + d_1 i) = 0$, т. е. положим

$$u = -\frac{c_1 + d_1 i}{2} v. \quad (5)$$

Тогда получим

$$(u + vj)^2 = v^2 \left(\frac{(c_1 + d_1 i)^2}{4} + (a_1 + b_1 i) \right).$$

1-й случай: $\frac{(c_1 + d_1 i)^2}{4} + (a_1 + b_1 i) \neq 0$.

В этом случае выберем в качестве v одно

из решений уравнения $v^2 \left(\frac{(c_1 + d_1 i)^2}{4} + (a_1 + b_1 i) \right) = -1$ и затем определим u формулой (5). Тогда имеем $(u + v j)^2 = -1$ и $v \neq 0$. Из последнего соотношения следует, что элементы $1, i, u + v j$ независимы. Полагая $j_1 = u + v j$, на основании доказанной леммы и замечания 1 получаем, что данная система имеет базис $1, i, j_1, k_1$, для которого выполняются равенства $i^2 = j_1^2 = -1$, $i j_1 = j_1 i = k_1$. Следовательно, мы имеем систему $A(-1, -1)$.

2-й случай: $\frac{(c_1 + d_1 i)^2}{4} + (a_1 + b_1 i) = 0$. Взяв в этом случае любое комплексное число $v \neq 0$ и определив u равенством (5), получим, что $(u + v j)^2 = 0$. При этом элементы $1, i$ и $j_1 = u + v j$ независимы. Значит, в этом случае найдется базис $1, i, j_1, k_1$, для которого $i^2 = -1$, $j_1^2 = 0$, $i j_1 = j_1 i = k_1$. Следовательно, имеем систему $A(-1, 0)$.

Замечание 2. Легко убедиться, что если $x \in A(-1, -1)$ и $x \neq 0$, то и $x^2 \neq 0$. Отсюда следует, что система $A(-1, -1)$ не изоморфна системе $A(-1, 0)$. Таким образом, с точностью до изоморфизма существуют всего две коммутативные гиперкомплексные системы 4-го ранга, в которых имеются элементы с отрицательными действительными квадратами.

Теорема 2. Если умножение в K некоммутативно, то эта система есть либо $B(-1, -1)$, либо $B(-1, 1)$, либо $B(-1, 0)$, т.е. с точностью до изоморфизма существуют всего три таких системы.

Доказательство. Согласно доказанной лемме и замечанию 1, данная система имеет базис $1, i, j, k$ с таблицей умножения вида

	i	j	k
i	-1	k	$-j$
j	$a + bj - k$	$a_1 + b_1 i + c_1 j + d_1 k$	$a_2 + b_2 i + c_2 j + d_2 k$
k	$ai - b + j$	$a_1 i - b_1 + c_1 k - d_1 j$	$a_2 i - b_2 + c_2 k - d_2 j$

Подсчитывая с помощью этой таблицы левую и правую части равенства $(j i) k = j (i k)$

и приравнявая коэффициенты при одинаковых базисных элементах, получаем:

$$\begin{aligned} b_2 &= -a_1, \quad -a_2 = -b_1, \\ -b + d_2 &= -c_1, \quad a - c_2 = -d_1. \end{aligned} \tag{6}$$

Точно так же из равенства $k^2 i = k(k i)$, приравнявая коэффициенты при j и k , получаем

$$a - d_1 = c_2, \quad -b + c_1 = d_2. \tag{7}$$

Из (6) и (7) следует

$$d_1 = d_2 = 0. \tag{8}$$

Поэтому $j^2 k = (a_1 + b_1 i + c_1 j) k = a_1 k + b_1 j + c_1 (a_2 + b_2 i + c_2 j)$, $j(j k) = j(a_2 + b_2 i + c_2 j) = a_2 j + b_2 (a + b i - k) + c_2 (a_1 + b_1 i + c_1 j)$.

Приравнявая коэффициенты при j , получаем $-b_1 + c_1 c_2 = a_2 + c_1 c_2$, откуда $-b_1 = a_2$, что вместе со вторым равенством (6) дает

$$b_1 = a_2 = 0. \tag{9}$$

Из (7) и (8) следует также

$$c_2 = a, \quad c_1 = b. \tag{10}$$

Из (8), (9) и (10) получаем $j^2 = a_1 + b_1 i + c_1 j + d_1 k = a_1 + b j$, причем, не нарушая общности, можно ограничиться случаем $b = 0$. Действительно, полученное равенство можно переписать в виде $(j - b/2)^2 = a_1 + b^2/4$, так что при $b \neq 0$ достаточно заменить j на $j - b/2$. Отсюда и из (6), (8), (9) и (10) следует, что таблица умножения базисных элементов в данной системе приводится к виду

	i	j	k
i	-1	k	$-j$
j	$a-k$	a_1	$-a_1i + aj$
k	$ai+j$	a_1i	$a_1 + ak$

1-й случай: $a_1 < 0$. Без ограничения общности можно считать, что $a_1 = -1$, так что предыдущая таблица переписывается в виде

	i	j	k
i	-1	k	$-j$
j	$a-k$	-1	$i+aj$
k	$ai+j$	$-i$	$-1+ak$

1.1. Пусть $|a| < 2$. Положим $i_1 = \frac{i+j}{\sqrt{2-a}}$;

$j_1 = \frac{i-j}{\sqrt{2+a}}$; $k_1 = i_1 j_1 = \frac{a-2k}{\sqrt{4-a^2}}$. Тогда $1, i_1,$

j_1, k_1 – базис данной системы, для которого выполняются равенства $i_1^2 = j_1^2 = -1$, $i_1 j_1 = -j_1 i_1 = k_1$. Следовательно, в этом случае имеем систему кватернионов $B(-1, -1)$.

1.2. Пусть $a > 2$. Положим $i_1 = \frac{i-j}{\sqrt{a+2}}$;

$j_1 = \frac{i+j}{\sqrt{a-2}}$; $k_1 = i_1 j_1 = \frac{2k-a}{\sqrt{a^2-4}}$. Тогда $1,$

i_1, j_1, k_1 – базис данной системы, для которого выполняются равенства $i_1^2 = -1, j_1^2 = 1, i_1 j_1 = -j_1 i_1 = k_1$, так что имеем систему $B(-1, 1)$.

1.3. Пусть $a < -2$. Положим $i_1 = \frac{i+j}{\sqrt{2-a}}$;

$j_1 = \frac{i-j}{\sqrt{-2-a}}$; $k_1 = i_1 j_1 = \frac{a-2k}{\sqrt{a^2-4}}$.

Элементы $1, i_1, j_1, k_1$ образуют базис данной системы, для которого выполняются те же равенства, что и в случае 1.2. Поэтому снова имеем систему $B(-1, 1)$.

1.4. Пусть $|a| = 2$. Положим $j_1 = i + (a/2)j$; $k_1 = i j_1 = -1 + (a/2)k$. Для базиса

$1, i, j_1, k_1$ получаем $i^2 = -1, j_1^2 = 0, i j_1 = -j_1 i = k_1$. Следовательно, в этом случае $K = B(-1, 0)$.

2-й случай: $a_1 > 0$. Тогда можно считать, что $a_1 = 1$, так что получаем следующую таблицу умножения базисных элементов:

	i	j	k
i	-1	k	$-j$
j	$a-k$	1	$-i+aj$
k	$ai+j$	i	$1+ak$

2.1. При $a = 0$ получаем систему псевдокватернионов $B(-1, 1)$.

2.2. При $a < 0$ положим $i_1 = \frac{i-j}{\sqrt{-a}}$,

$j_1 = \frac{(2+a)i + (2-a)j}{\sqrt{-a(a^2+4)}}$, $k_1 = i_1 j_1 = \frac{2k-a}{\sqrt{a^2+4}}$.

Тогда $i_1^2 = -1, j_1^2 = 1, i_1 j_1 = -j_1 i_1 = k_1$. Следовательно, имеем систему псевдокватернионов $B(-1, 1)$.

2.3. При $a > 0$ положим $i_1 = \frac{(2+a)i + (2-a)j}{\sqrt{a(a^2+4)}}$,

$j_1 = \frac{i+j}{\sqrt{a}}$, $k_1 = i_1 j_1 = \frac{2k-a}{\sqrt{a^2+4}}$. Тогда $i_1^2 = -1,$

$j_1^2 = 1, i_1 j_1 = -j_1 i_1 = k_1$. Следовательно, мы снова имеем систему $B(-1, 1)$.

3-й случай: $a_1 = 0$. Тогда имеем следующую таблицу умножения:

	i	j	k
i	-1	k	$-j$
j	$a-k$	0	ai
k	$ai+j$	0	ak

3.1. При $a = 0$ эта таблица сразу дает систему $B(-1, 0)$.

3.2. При $a = 1$ положим $j_1 = i + 2j, k_1 = i j_1 = -1 + 2k$. Получаем $i^2 = -1, j_1^2 = 1, i j_1 = -j_1 i = k_1$, т.е. имеем систему $B(-1, 1)$.

3.3. При $a > 1$ положим $i_1 = \frac{ai + (2-a)j}{a\sqrt{a-1}}$,

$$j_1 = \frac{i+j}{\sqrt{a-1}}, \quad k_1 = i_1 j_1 = \frac{2k-a}{a}. \quad \text{Получаем}$$

$i_1^2 = -1, j_1^2 = 1, i_1 j_1 = -j_1 i_1 = k_1$, что снова дает систему $B(-1, 1)$.

3.4. Наконец, полагая при $a < 1$ и $a \neq 0$

$$i_1 = \frac{i+j}{\sqrt{1-a}}, \quad j_1 = \frac{ai + (2-a)j}{a\sqrt{1-a}}, \quad k_1 = i_1 j_1 =$$

$$= \frac{2k-1}{a}, \quad \text{получим те же равенства, что и в}$$

случае 3.3. Поэтому здесь также имеем $B(-1, 1)$.

Доказательство закончено.

Объединяя теоремы 1 и 2, имеем следующий окончательный результат.

Теорема 3. Существуют с точностью до изоморфизма пять гиперкомплексных систем 4-го ранга, содержащих элементы, квадраты которых – отрицательные действительные числа, именно: $A(-1, -1), A(-1, 0), B(-1, -1), B(-1, 1), B(-1, 0)$.

Список литературы

1. Волкова С.Б., Козиоров Ю.Н. О количестве гиперкомплексных систем ранга $n \geq 4$ // Вестник ЧГУ. - 2005. - № 2.
2. Козиоров Ю.Н. Ассоциативные гиперкомплексные системы 3-го ранга. – Череповец: ЧГПИ, 1995. – Деп. в ВИНТИ 10.07.95, № 2067-В95.
3. Розенфельд Б.А. Неевклидовы геометрии. – М.: Гостехиздат, 1956.
4. Яглом И.М. Комплексные числа. – М.: Физматгиз, 1963.

БИОЛОГИЯ

УДК 581.523 + 582.4

Н.А. Паляшова
Череповецкий государственный университет

ГИБРИДНЫЕ РАСТЕНИЯ И ИХ РОЛЬ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (НА ПРИМЕРЕ ШЕКСНИНСКОГО ПЛЁСА)

В последнее время специалистами ИБВВ РАН отмечается большое число гибридных растений в водоёмах и водотоках Верхнего и Среднего Поволжья [1], [2], [5], [7]. При этом частота встречаемости гибридных форм по типам водных объектов и природным районам, в которых они находятся, сильно различается. Согласно многолетним исследованиям В.Г. Папченкова [7], наиболее высокий уровень гибридогенной активности связан с Верхним Поволжьем, а точнее с его вологодско-ярославской частью (бассейнами Рыбинского и Горьковского водохранилищ), где отмечен 71 из 79 верхневолжских гибридов, встречающихся в водной среде. Это на 16 гибридов больше, чем на Средней Волге, хотя по площади эта верхневолжская часть в 3 раза меньше. Главной причиной изобилия гибридов является, прежде всего, очень высокое разнообразие гибридных таксонов на малых реках Вологодской и Ярославской областей, на которых обнаружено 47 гибридов [4]. Большую роль в расселении водных и околководных гибридных растений играет и Рыбинское водохранилище, отличающееся резко переменным уровнем наполнения. Такой гидрорежим способствует частому появлению участков мелководий со свободными от конкурентов местобитаниями, в которых ценотически малоак-

тивные гибриды могут чувствовать себя наиболее комфортно.

Высокая гибридогенная активность также связана с растениями-вселенцами. Местные виды скрещиваются друг с другом с меньшей частотой, у заносных же видов все экологические и этологические барьеры к скрещиванию ослаблены [9], в результате чего происходит гибридизация вселенцев с местными видами того же рода.

В связи с тем, что гибридная составляющая флоры разных типов водоемов и водотоков может существенно различаться [7], мы провели свои наблюдения на Рыбинском водохранилище в пределах Шекснинского плёса и попытались оценить здесь разнообразие гибридных растений.

Изучение флоры Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища проходило с 2001-го по 2006 г. Район исследований охватывал речной участок и мелководья плеса ниже г. Череповца вдоль западного побережья водохранилища до о-ва Леушинский, включая Кондошский залив и устье р. Суды, и вдоль восточного побережья до г. Рыбинска.

В ходе исследований нами были выявлены новые гибридные формы растений (табл. 1), существенно расширяющие список гибридов, ранее приводившихся для данного водохранилища [8].

Список гибридов и частота их встречаемости на исследуемых участках Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища

Таксоны	Эко- типы	Мелко- водья	Номера участков											Ш
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Equisetophyta														
<i>Equisetaceae</i>														
<i>Equisetum arvense</i> L. x <i>E. sylvaticum</i> L.	V	в/о				1								1
<i>E. x dycei</i> C.N.Page (<i>E. fluviatile</i> x <i>palustre</i>)	III	в/о						1						1
<i>E. x trachyodon</i> A. Br. (<i>E. hyemale</i> x <i>variegatum</i>)	IV	о						1			2			2
Magnoliophyta														
Magnoliopsida														
<i>Chenopodiaceae</i>														
<i>Chenopodium x schulzeanum</i> Murr (<i>C. glaucum</i> x <i>rubrum</i>)	IV	в/о							1		1	1	2	2
<i>Polygonaceae</i>														
<i>Persicaria brittingeri</i> (Opiz) Opiz x <i>P. lapathifolia</i> (L.) S. F. Gray	IV	в/о	1					1			2	1		2
<i>P. brittingeri</i> (Opiz) Opiz x <i>P. tomentosa</i> (Schränk) Bicknell	IV	в/о		1							1	2		2
<i>P. hypanica</i> (Klok.) Tzvel. x <i>P. tomentosa</i> (Schränk) Bicknell	IV	в/о										2		1
<i>P. lapathifolia</i> (L.) S. F. Gray x <i>P. tomentosa</i> (Schränk) Bicknell	IV	в/о											1	1
<i>Rumex x fallacinus</i> Hausskn. (<i>R. crispus</i> x <i>maritimus</i>)	V	в/о							1		1	1		2
<i>Salicaceae</i>														
<i>Populus x canadensis</i> Moench (<i>P. deltoids</i> x <i>nigra</i>)	V	о											1	1
<i>P. x canescens</i> (Ait) Smith (<i>P. alba</i> x <i>tremula</i>)	V	о	1											1
<i>P. x leningradensis</i> Bogdanov (<i>P. x canadensis</i> x <i>suaveolens</i>)	V	о											1	1
<i>Salix x alopecuroides</i> Tausch. (<i>S. fragilis</i> x <i>triandra</i>)	IV	в/о	1	1				1	2				1	2
<i>S. aurita</i> L. x <i>S. dasyclados</i> Nas.	IV	в/о					2		2					2
<i>S. x calodendron</i> Wimm. (<i>S. caprea</i> x <i>dasyclados</i>)	IV	в/о	1											1
<i>S. cinerea</i> L. x <i>S. dasyclados</i> Nas.	IV	в/о							2				1	2
<i>S. cinerea</i> L. x <i>S. fragilis</i> L.	IV	в/о										1	1	1
<i>S. cinerea</i> L. x <i>S. pentandra</i> L.	IV	в/о										1		1
<i>S. x coriacea</i> Schleich. (<i>S. aurita</i> x <i>myrsinifolia</i>)	IV	в/о	1						2				1	2
<i>S. dasyclados</i> Nas. x <i>S. myrsinifolia</i> Salisb.	IV	в/о											1	1
<i>S. x eriophora</i> Borbas (<i>S. cinerea</i> x <i>triandra</i>)	IV	в/о	1						2	2			1	2
<i>S. x hexandra</i> Ehrh. (<i>S. alba</i> x <i>fragilis</i> x <i>pentandra</i>)	V	о											1	1
<i>S. x holosericea</i> Willd. (<i>S. cinerea</i> x <i>viminalis</i>)	IV	в/о	1					1					2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>S. x krausii</i> Anderss. (<i>S. aurita</i> x <i>triandra</i>)	IV	в/о	1											1
<i>S. x liegnicensis</i> Camus (<i>S. caprea</i> x <i>triandra</i>)	IV	о											1	1
<i>S. x ludificans</i> F.B White (<i>S. aurita</i> x <i>phylicifolia</i>)	IV	о		1									1	2
<i>S. x meyeriana</i> Rostkov ex Willd. (<i>S. fragilis</i> x <i>pentandra</i>)	IV	в/о						2					1	2
<i>S. x mollissima</i> Hoffm. ex Elwert (<i>S. triandra</i> x <i>viminalis</i>)	IV	в/о											1	1
<i>S. x multinervis</i> Doell. (<i>S. aurita</i> x <i>cinerea</i>)	IV	в/о	1					2	1				1	2
<i>S. myrsinifolia</i> Salisb. x <i>S. pentandra</i> L.	IV	в/о	2				1						1	2
<i>S. myrsinifolia</i> Salisb. x <i>S. phylicifolia</i> L. x <i>S. triandra</i> L.	IV	о											1	1
<i>S. myrsinifolia</i> Salisb. x <i>S. triandra</i> L.	IV	в/о	2				1						1	2
<i>S. myrsinifolia</i> Salisb. x <i>S. viminalis</i> L.	IV	в/о	1											1
<i>S. x myrtoides</i> Döll (<i>S. starkeana</i> x <i>myrsinifolia</i>)	IV	о	2										1	2
<i>S. phylicifolia</i> L. x <i>S. triandra</i> L.	IV	в/о					1						1	2
<i>S. x puberula</i> Doll (<i>S. cinerea</i> x <i>myrsinifolia</i>)	IV	о											1	1
<i>S. phylicifolia</i> L. x <i>S. viminalis</i> L.	IV	о											1	1
<i>S. x reichardtii</i> A. Kern. (<i>S. caprea</i> x <i>pentandra</i>)	IV	о										1		1
<i>S. x rubens</i> Schrank (<i>S. alba</i> x <i>fragilis</i>)	IV	в/о									1			1
<i>S. x rubens</i> Schrank x <i>S. alba</i> L.	IV	о											1	1
<i>S. x rubens</i> Schrank x <i>S. myrsinifolia</i> Salisb.	IV	в/о	1											1
<i>S. x rubens</i> Schrank x <i>S. triandra</i> L.	IV	в/о	1		1				1				1	2
<i>S. x schumanniana</i> Seenren (<i>S. pentandra</i> x <i>triandra</i>)	IV	в/о	2				2		1				1	2
<i>S. x shaburovii</i> I. Beljaeva (<i>S. dasyclados</i> x <i>triandra</i>)	IV	в/о						2					1	2
<i>S. x stipularis</i> Sm. (<i>S. dasyclados</i> x <i>viminalis</i>)	IV	в/о										1	1	1
<i>S. x tetrapla</i> Walker (<i>S. myrsinifolia</i> x <i>phylicifolia</i>)	IV	в/о	1					1	1				1	2
<i>Fabaceae</i>														
<i>Anthyllis x polyphyloides</i> Jus. (<i>A. arenaria</i> x <i>macrocephala</i>)	V	о										1		1
<i>Asteraceae</i>														
<i>Bidens frondosa</i> L. x <i>B. radiata</i> Thuill.	IV	о											1	1
<i>B. x polakii</i> Velenovský (<i>B. radiata</i> x <i>tripartita</i>)	IV	о					1							1
<i>Liliopsida</i>														
<i>Potamogetonaceae</i>														
<i>Potamogeton x angustifolius</i> J. Presl (<i>P. gramineus</i> x <i>lucens</i>)	I	в		2			2	1	2			1		3
<i>P. x babingtonii</i> A. Benn. (<i>P. lucens</i> x <i>praelongus</i>)	I	в									1	2		2
<i>P. x bambergianus</i> Fisch. (<i>P. acutifolius</i> x <i>compressus</i>)	I	в									1			1
<i>P. x salicifolius</i> Woflg. (<i>P. lucens</i> L. x <i>perfoliatus</i>)	I	в						2				2		2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>P. heterophyllus</i> Schreb. x <i>P. wolfgangii</i> Kihlm.	I	в				1								1
<i>P. lucens</i> L. x <i>P. wolfgangii</i> Kihlm.	I	в					1							1
<i>P.</i> x <i>nericus</i> Hagstr. (<i>P. alpinus</i> x <i>gramineus</i>)	I	в						1						1
<i>P.</i> x <i>nerviger</i> Wolfg. (<i>P. alpinus</i> x <i>lucens</i>)	I	в		1		1		1				1		2
<i>P.</i> x <i>olivaceus</i> Baagoe (<i>P. alpinus</i> x <i>crispus</i>)	I	в	1									1		1
<i>P.</i> x <i>prussicus</i> Hagstr. (<i>P. alpinus</i> x <i>perfoliatus</i>)	I	в	1											1
<i>P.</i> x <i>torssanderii</i> (Tiselius) Hagstr. (<i>P. heterophyllus</i> x <i>lucens</i> x <i>perfoliatus</i>)	I	в		1										1
<i>Cyperaceae</i>														
<i>Carex</i> x <i>elytroides</i> Fries (<i>C. acuta</i> x <i>nigra</i>)	III	в/о		2			1		1	1				2
<i>C.</i> x <i>friesii</i> Blytt. (<i>C. rhynchophysa</i> x <i>rostrata</i>)	III	в/о	1											1
<i>Poaceae</i>														
<i>Agrostis</i> x <i>murbeckii</i> Fouill. (<i>A. stolonifera</i> x <i>tenuis</i>)	IV	в/о	1	1									1	2
<i>Calamagrostis</i> x <i>rigens</i> Lindgr. (<i>C. canescens</i> x <i>epigeios</i>)	V	в/о		1								1		1

Примечание. I - гидрофиты, II - гелофиты, III - гигрогелофиты, IV - гигрофиты, V - гигромезо- и мезофиты, в - обводненные мелководья, о - обсохшие мелководья. Частота встречаемости (цифры в колонках): 1 - очень редко, 2 - редко, 3 - умеренно, III - в пределах Шекснинского плеса водохранилища.

Всего на обводненных и обсохших мелководьях исследуемого участка водохранилища нами обнаружено 64 гибрида, три из которых

относятся к высшим споровым растениям (сем. *Equisetaceae*) и 61 - к 8 семействам цветковых растений (табл. 2).

Таблица 2

Количество гибридов по семействам

Семейство	Количество гибридов		
	Обводненные мелководья	Обсохшие мелководья	Всего
<i>Salicaceae</i>	25	37	37
<i>Potamogetonaceae</i>	11	-	11
<i>Polygonaceae</i>	5	5	5
<i>Equisetaceae</i>	2	3	3
<i>Poaceae</i>	2	2	2
<i>Cyperaceae</i>	2	2	2
<i>Asteraceae</i>	-	2	2
<i>Chenopodiaceae</i>	1	1	1
<i>Fabaceae</i>	-	1	1
Всего	48	53	64

В ходе резкого изменения уровня воды в водоёме на мелководьях, расположенных по заливам, среди островов, на открытых участках происходит постоянное нарушение среды обитания водных организмов, что приводит к возникновению разнообразных мест, активно используемых гибридами с различной экологией [9]. Сопоставляя количество гибридов во флористических списках растений обводнённых и обсохших мелководий, видим, что гибридов больше в местах, которые лишь периодически затапливаются водой, в то время как доля гибридных таксонов несколько (на 2,3 %) выше на обводнённых мелководьях (табл. 3). Это является свидетельством высокой динамичности обеих экосистем.

По результатам наших исследований установлено, что из 339 таксонов видового уровня флоры обводнённых и обсохших мелководий Шекснинского плёса гибридными являются 64, или 18,9 % (табл. 3). Если сравнить полученные данные с таковыми для флор водных объектов Верхнего и Среднего Поволжья, из 390 и 427 видовых таксонов которых гибридными являются, соответственно, 20,2 и 12,9 % [4], то можно сделать вывод об очень высокой гибридной активности водных и прибрежно-водных растений на мелководьях исследуемого нами водоёма.

Следует отметить, что полученные результаты не согласуются с данными В.Г. Папченкова, приведенными им в 2000 г., когда для всего Рыбинского водохранилища было указано лишь 22 гибридных таксона [8]. Такое значительное расхождение данных связано, главным образом, с недостаточно полной изученностью в ту пору гибридов ив, которых тогда было отмечено всего 8, а сейчас уже 37. Не включены в те списки и гибриды береговых растений, в изобилии встречающиеся на обсохших мелководьях, но не отмеченные в качестве заходящих в воду. Реально же пополнившим состав гибридов водных и околководных растений региона исследований является лишь гибрид недавно

появившегося на Рыбинском водохранилище [6] североамериканского вселенца *Bidens frondosa* L. с местным видом *B. radiata* Thuill.

Среди гибридов цветковых растений, отмеченных на изученных мелководьях, лидируют представители класса двудольных – 46 гибридных таксонов, тогда как класс однодольных растений представлен всего 15 гибридами. Это вполне закономерно, так как для флоры всего водохранилища характерно преобладание именно двудольных растений (65 % состава цветковых).

Анализ гибридов по экологическим группам (табл. 4) показал, что большая их часть относится к гигрофитам (42) и гидрофитам (11 гибридов). Гигрогелофиты и гигромезо- и мезофиты представлены небольшим числом гибридных растений. Среди гелофитов таковых не обнаружено.

Что касается характера распределения гибридов в пределах района исследований, то наибольшее их количество (табл. 5) было обнаружено нами на востоке и юго-востоке Рыбинского водохранилища (7, 10 и 11-й участки). Высокое разнообразие гибридных форм здесь, их широкое распространение и значительное обилие в местах произрастания, возможно, объясняется тем, что именно на этих участках левобережья в водоём впадает большое количество рек (Демидовская, Ухра, Кештома, Согожа, Печёвка, Мякса) и ручьёв, растительный покров которых, вероятно, богат гибридами, которые столь характерны для водотоков Верхнего Поволжья [1].

Наименее богат гибридами на этой стороне водохранилища 8-й участок – Щетинские мелководья, здесь их всего 2. Это открытые мелководья, подверженные влиянию ветра и волн. Такие условия неблагоприятны для закрепления и распространения гибридов. Хорошо известно, что кроме свободных от других растений местообитаний, для нормального существования гибридов и большинства пришлых видов необходимы и пригодные для жизни условия [3].

Таблица 3

Соотношение видов и гибридов во флоре обводнённых и обсохших мелководий Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища

Типы мелководий	Обводнённые мелководья		Обсохшие мелководья		Всего	
	видов	гибридов	видов	гибридов	видов	гибридов
Число	188	48	241	53	275	64
%	79,7	20,3	82,0	18,0	81,1	18,9

Таблица 4

Экологические группы гибридов

Семейство	Экотип				
	гидрофиты	гелофиты	гигрогелофиты	гигрофиты	гигромезо- и мезофиты
<i>Salicaceae</i>	-	-	-	33	4
<i>Potamogetonaceae</i>	11	-	-	-	-
<i>Polygonaceae</i>	-	-	-	4	1
<i>Poaceae</i>	-	-	-	1	1
<i>Equisetaceae</i>	-	-	1	1	1
<i>Cyperaceae</i>	-	-	2	-	-
<i>Asteraceae</i>	-	-	-	2	-
<i>Chenopodiaceae</i>	-	-	-	1	-
<i>Fabaceae</i>	-	-	-	-	1
Всего	11	-	3	42	8

Таблица 5

Количество гибридов, отмеченных на исследуемых участках Шекснинского плёса

Таксоны	Номера участков										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Equisetaceae</i>	-	-	-	1	-	2	-	-	1	-	-
<i>Asteraceae</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
<i>Chenopodiaceae</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1
<i>Polygonaceae</i>	1	1	-	-	-	1	1	-	3	5	-
<i>Salicaceae</i>	16	2	1	-	5	6	9	1	1	5	26
<i>Potamogetonaceae</i>	2	3	-	2	2	4	1	-	2	5	-
<i>Cyperaceae</i>	1	1	-	-	1	-	1	1	-	-	-
<i>Poaceae</i>	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Fabaceae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Всего	21	9	1	3	9	13	13	2	8	18	29

На правобережной стороне водохранилища больше всего гибридов нами было отмечено на заливных мелководьях по р. Шексне в окрестностях г. Череповца (1-й участок) и в районе посёлков Городище, Костяевка, Вычелово (6-й участок). Здесь также немало притоков, многочисленны заливчики с намытыми песчаными косами, на которых создаются оптимальные условия для закрепления гибридных форм растений. Такие местообитания, постоянно обес-

печенные влагой и достаточным количеством питательных веществ, но лишённые развитого растительного покрова, являются наиболее оптимальными для закрепления гибридов гидро- и гигрофильных растений [7].

На этой стороне Шекснинского плёса малочисленностью гибридов выделяется 3-й участок – Доро-Рощинские мелководья, где нами за все годы наблюдений была отмечена всего одна гибридная ива – *Salix x rubens* Schrank x *S.*

triandra L. Возможно, это объясняется недостаточной изученностью флоры данного участка. Вместе с тем здесь отмечается явное отсутствие большого числа свободных экологических ниш, которые могли бы быть заняты гибридами. Растительный покров участка достаточно хорошо сформирован, и в него сложно проникнуть гибридным растениям.

Анализируя полученные результаты по гибридной составляющей флоры мелководных участков Шекснинского плёса и сравнивая их с литературными данными, касающимися флоры всего водохранилища [8], отметим, что часть выявленных гибридных таксонов совпадает, но число таких совпадений невелико. Так, например, из 37 гибридов ив общими являются всего 6 (*Salix* x *alopecuroides*, *S.* x *holosericea*, *S.* *myrsinifolia* x *S.* *triandra*, *S.* x *myrtoidea*, *S.* x *rubens*, *S.* x *schumanniana*). Среди 11 рдестовых гибридов, выявленных нами, только 4 ранее уже были приведены для флоры водохранилища. Это *Potamogeton* x *angustifolius*, *P.* x *nericius*, *P.* x *nerviger*, *P.* x *torssanderii*. В результате мы получаем лишь 10 гибридов, общих для прошлого и нынешнего списков. Если учесть, что нами обнаружено 64 гибрида, а было известно всего 22 [8], то ясно, что анализируемые составы гибридов значительно отличаются. 52 гибрида, обнаруженные нами, приводятся для водохранилища впервые. В том числе впервые для флоры водоема указываются гибриды таких семейств, как *Chenopodiaceae* (*Chenopodium* x *schulzeanum*), *Polygonaceae* (*Persicaria* *brittingeri* x *P.* *lapathifolia*, *P.* *brittingeri* x *P.* *tomentosa*, *P.* *hypanica* x *P.* *tomentosa*, *P.* *lapathifolia* x *P.* *tomentosa*, *Rumex* x *fallacinus*), *Fabaceae* (*Anthyllis* x *polyphylloides*), *Asteraceae* (*Bidens* *frondosa* x *B.* *radiata*, *B.* x *polakii*), *Poaceae* (*Agrostis* x *murbeckii*, *Calamagrostis* x *rigens*).

В то же время на мелководьях Шекснинского плёса отсутствуют такие ранее отмеченные для водохранилища гибридные формы, как *Equisetum* x *litorale* Kuhl. ex Rupr (*E.* *arvense* x *fluviatile*), *Nymphaea* x *borealis* E. Camus (*N.* *alba* x *candida*), *Batrachium* x *felixii* Sob (*B.* *circinatum* x *trichophyllum*), *Rorippa* x *anceps* (*R.* *amphibian* x *sylvestris*), *Salix* x *bicolor* Sm. (*S.* *caprea* x *phylicifolia*), *S.* x *livescens* Döll (*S.* *aurita* x *starkeana*), *Potamogeton* x *falcatus* Fryer (*P.* *graminifolius* x *perfoliatus*), *P.* x *fluitans* Roth (*P.* *lucens* x *natans*), *P.* x *involutus* (Fryer) H. et J. Groves (*P.* *coriaceus* x *perfoliatus*), *P.* x *lanceolatifolius* (Tiselius) C.D. Preston (*P.* *Gramineus* x *polygonifolius*), *P.* x *pseudofriesii* Dandy et Taylor (*P.* *acutifolius* x *friesii*), *Carex* *acuta*

L. x *C. aquatilis* Wahlenb [8]. Объясняется это тем, что В.Г. Папченков [8] отмечал гибриды для всего водохранилища, включая Шекснинский, Центральный, Моложский и Волжский плёсы, в то время как мы изучали флору только в пределах одного из четырёх районов исследуемого водоёма.

Таким образом, флора Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища богата гибридами, доля которых для обводнённых и обсохших мелководий составляет 20,3 и 18,0 %, соответственно. Учитывая нестабильный уровень воды на водоёме, можно предположить дальнейшее увеличение числа гибридов, что не в последнюю очередь может быть связано с потоком растений-вселенцев, активно осваивающих территории и способствующих активизации гибридогенных процессов [3], [7].

Список литературы

1. Бобров А.А., Чемерис Е.В. Заметки о речных рдестах (*Potamogeton* L., *Potamogetonaceae*) Верхнего Поволжья // Новости систематики высших растений. - М.; СПб.: Тов-во науч. изд., 2006. - Т. 38. - С. 65.
2. Борисова М.А., Папченков В.Г. Гибридные растения и гибридная составляющая флоры транспортных путей Ярославской области // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Материалы науч. конф. (Тула, 2003). - М.: Изд-во Бот. сада МГУ; Тула: Гриф и К°, 2003. - С. 25 - 26.
3. Папченков В.Г. Гибридная составляющая флоры как показатель степени воздействия человека на природу // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: Материалы Второй научно-практ. конф. (Ярославль, июнь). - Ярославль, 2002. - Вып. 2. - Т. 2. - С. 109 - 113.
4. Папченков В.Г. Гибриды водных растений и особенности их определения // Материалы VI Всероссийской школы-конференции по водным макрофитам «Гидробиология 2005» (пос. Борок, 11 - 16 октября 2005 г.). - Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2006. - С. 49 - 58.
5. Папченков В.Г. Гибриды и малоизвестные виды водных растений. - Ярославль: Издатель Александр Рутман, 2007.
6. Папченков В.Г. Интенсивность распространения и гибридизации *Bidens frondosa* L. (*Asteraceae*) в бассейне Волги // Чужеродные виды в Голларктике (Борок-2): Тезисы докладов Второго междунар. симпозиума по изуч. инвазийных видов (Борок Ярославской обл., Россия, 27 сент. - 1 окт. 2005 г.). - Рыбинск, 2005. - С. 56 - 57.
7. Папченков В.Г. О роли гибридов во флоре водоемов и водотоков Верхнего и Среднего Поволжья // Флористические исследования в Центральной России на рубеже веков: Материалы научного совещания (Рязань, 29 - 31 января 2001 г.). - М., 2001. - С. 103 - 105.
8. Папченков В.Г. Список флоры сосудистых растений водоемов и водотоков бассейна Верхней и Средней Волги // Каталог водных организмов бассейна Волги. - Ярославль, 2000. - С. 134 - 165.

9. Юрцева О.В. Роль гибридизации в эволюции высших растений // Материалы VI Всероссийской школы-конференции по водным макрофитам «Гидроботани-

ка 2005» (пос. Борок, 11 - 16 октября 2005 г.). - Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2006. - С. 58 - 70.

УДК 615.9

А.А. Артеменков
Череповецкий государственный университет

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ КСЕНОБИОТИКОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

В настоящее время данная проблема является наиболее значимой как в целом для России, так и для Вологодчины. За последнее время значительно возросло количество отравлений спиртными напитками, фармацевтическими препаратами, продуктами питания, средствами бытовой химии, косметикой, детскими игрушками и т.д. Загрязнение среды обитания человека промышленными отходами, пестицидами и гербицидами [5], [7], [8] все чаще приводит к нарушению функций организма, к развитию злокачественных новообразований и врожденной патологии.

Воздействие токсикантов различного химического строения на организм человека приводит к тому, что в больницы различных городов России (в том числе и нашего региона) все чаще стали поступать люди с токсическим гепатитом, токсической нефропатией, аллергическими реакциями и другой химической патологией.

В условиях антропогенного воздействия на окружающую среду важнейшее значение имеет токсико-гигиеническая оценка состояния природных объектов, биологический и социально-гигиенический мониторинг [3], [11].

В связи с вышесказанным целью данной работы является анализ и оценка токсического воздействия на организм человека вредных химических соединений, выявление основных путей поступления токсикантов в организм и их содержание в атмосферном воздухе, поиск путей минимизации их токсического воздействия на здоровье населения.

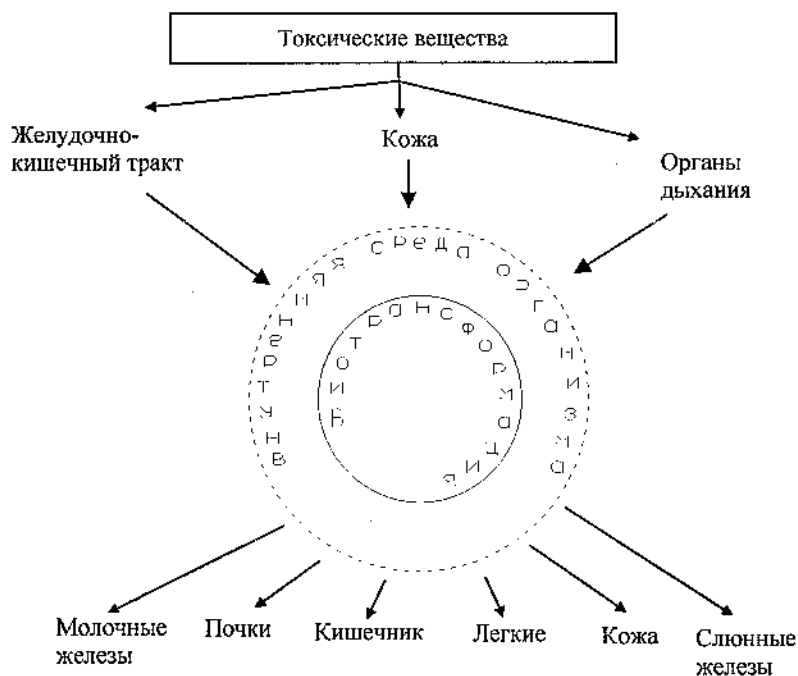
Хорошо известно, что поступление токсических химических элементов и соединений в организм осуществляется тремя основными путями: через желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожные покровы тела. Затем осуществляется их транспорт через систему кровообращения к органам и тканям организ-

ма. В органах-мишенях идет накопление токсических веществ, приводящее к нарушению структуры и функций данных органов.

Свое токсическое действие химические элементы и соединения проявляют на различных уровнях организма: молекулярном, клеточном, тканевом, органном и организменном. На молекулярном уровне отмечается ингибирование активности ферментов, необратимое повреждение биологически значимых макромолекул – белков, нуклеиновых кислот, углеводных компонентов. На клеточном уровне происходит изменение проницаемости цитоплазматических мембран. Нарушение жизнедеятельности клеток приводит к патологическим изменениям в тканях и органах организма. Изменяются метаболические процессы, активизируются процессы перекисного окисления биомолекул, развивается интоксикация организма [1], [2], [4].

По данным [6], [9], [10], [12], биотрансформация токсических веществ состоит из двух стадий. Первая стадия осуществляется за счет реакций окисления, восстановления и гидролиза. В молекулу токсического вещества с участием ферментов вводятся группы с высокой полярностью -ОН, -SH, -COOH, -NH₂. На второй стадии происходит ассоциация токсикантов с эндогенными гидрофильными соединениями, содержащими метильные, ацетильные или сульфогруппы; связывание с глюкуроновой кислотой, глутатионом, глицином. В результате увеличивается общая гидрофильность соединений, что обеспечивает быстрое выведение вещества из организма. Выведение токсических веществ или продуктов их деградации осуществляется через почки, легкие, кожу, кишечник, слюнные и молочные железы (см. схему).

Поступление, биотрансформация и выделение токсических веществ



В связи с широким использованием в различных сферах деятельности человека химических веществ, изделий и товаров, содержащих токсические компоненты, возникает определенный риск для здоровья людей. На первый план выступают мероприятия по обеспечению химической безопасности населения. Приведем результаты анкетирования 75 студентов (55 девушек и 20 юношей) Института

педагогике и психологии ЧГУ. Больше половины испытуемых - 61,54 % - подверглись воздействию вредных веществ, и лишь 38,46 % дали отрицательный ответ. Чаще всего отравления возникают вследствие проникновения в организм человека токсических веществ с пищевыми продуктами. Затем следует косметика, алкогольные напитки и лекарства (см. табл. 1).

Таблица 1

Основные источники поступления токсических веществ в организм

Источник токсических веществ	%
Атмосферный воздух	7
Лекарственные препараты	10
Табачный дым	6
Алкогольные напитки	11
Продукты питания	40
Косметика	13
Игрушки	2
Средства бытовой химии	8
Другое	3

В атмосферном воздухе содержится комплекс взвешенных веществ и соединений, оказывающих повреждающее действие на живые организмы. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в г. Череповце являются предприятия черной металлургии, химической и деревообрабатывающей промышленности, автомобильный транспорт. На пяти постах автоматизированной системы контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) осуществляется мониторинг токсических веществ, содержащихся в воздухе. На специализированных постах проводится также ручной отбор проб. Посты расположены в разных районах города, что позволяет полностью контролировать содержание вредных примесей и веществ в атмосферном воздухе. Среднегодовая динамика загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, по данным постов, представлена в табл. 2.

Как видно из табл. 2, тенденция за период 2001 - 2005 гг. следующая: уменьшились концентрации в атмосферном воздухе оксида углерода (II), сероуглерода, формальдегида, снизилось количество взвешенных частиц, возросли среднегодовые концентрации оксидов азота (II, IV), аммиака, бенз(а)пирена.

Токсические вещества, поступающие в организм, способны оказывать повреждающее действие на органы и системы организма. Наибольшую осторожность следует проявлять при употреблении пищевых продуктов, при использовании косметики, при употреблении алкогольных напитков и лекарств. Существует риск отравлений оксидами азота, аммиаком, бенз(а)пиреном. Выявление основных токсикантов позволяет разрабатывать мероприятия по предупреждению патологического воздействия химических соединений на организм человека, проводить поиск веществ, способных минимизировать их токсическое действие.

Таблица 2

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ (мг/м³) в атмосферном воздухе г. Череповца в 2001 - 2005 гг.*

Примесь	Формула	Годы					Тенденция
		2001	2002	2003	2004	2005	
Взвешенные вещества	-	0,11	0,12	0,11	0,10	0,07	-0,04
Оксид серы (IV)	SO ₂	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,0
Оксид углерода (II)	CO	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	-0,3
Оксид азота (IV)	NO ₂	0,022	0,022	0,029	0,031	0,036	0,014
Оксид азота (II)	NO	0,011	0,011	-	0,022	0,024	0,013
Сероводород	H ₂ S	0,001	0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,0
Сероуглерод	CS ₂	0,010	-	0,006	0,005	0,003	-0,007
Фенол	C ₆ H ₅ OH	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0
Аммиак	NH ₃	0,008	0,008	0,012	0,011	0,016	0,008
Формальдегид	HCHO	0,012	0,008	0,018	0,016	0,009	-0,003
Бенз(а)пирен (10 ⁻⁶)	C ₂₀ H ₁₂	1,9	2,8	4,2	3,2	2,0	0,1

* Данные представлены С.П. Малковой (Гидрометбюро г. Череповца).

Список литературы

1. Артеменков А.А. «Средние молекулы» как вероятные продукты пероксидации белков // Вестник ЧГУ. – 2005. - № 2. – С. 121 - 124.

2. Астафьева Л.С. Экологическая химия. – М.: Издат. центр «Академия», 2006.

3. Биологический мониторинг – составная часть социально-гигиенического мониторинга / Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков, И.В. Колнет, А.В. Платунин // Гигиена и санитария. – 2004. - № 5. – С. 34 - 36.

4. Занько Н.Г., Ретнев В.М. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. – М.: Издат. центр «Академия», 2004. – С. 217 - 276.
5. Колбин А.С., Шабалов Н.П., Карпов О.И. Эффективность и безопасность использования фторхинолонов в педиатрии // Педиатрия. – 2005. - № 2. – С. 70 - 74.
6. Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия. – М.: Дрофа, 2004. – С. 508 - 525.
7. Куркатов С.В., Андреева С.Г. Токсико-гигиеническая оценка отходов производства ведущих промышленных отраслей Красноярского края // Гигиена и санитария. – 2004. - № 4. – С. 22 - 24.
8. Методические особенности гигиенического нормирования пестицидов в воде / А.В. Тулакин, В.Н.Ракитский, Е.Ф. Горшкова и др. // Гигиена и санитария. – 2004. - № 1. – С. 56 - 58.
9. Могош Г. Острые отравления. – Бухарест, 1984. – С. 31 - 68.
10. Мухамбетова Л.Х. Разработка биохимических подходов к оценке влияния на организм ксенобиотиков // Гигиена и санитария. – 2004. - № 6. – С. 24 - 26.
11. Ревич Б.А. Биомониторинг токсичных веществ в организме человека // Гигиена и санитария. – 2004. - № 6. – С. 26 - 31.
12. Телитченко М.М., Остроумов С.А. Введение в проблемы биохимической экологии. – М.: Наука, 1990.
13. Фоменко А.И. Токсикологические основы управления качеством окружающей среды. – Череповец: ЧГУ, 2000.

МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.86.065

В.Г. Попов, П.Н. Кравник, П. Н. Хабарин, Д.Ф. Габтыкаев, С.М. Шатохин
Череповецкий государственный университет

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ЛИТЕЙНЫХ КРАНОВ

Рассмотрение условий работы литейных кранов в конверторном производстве ОАО «Северсталь» является предметом многих статей, из которых наиболее близкими к излагаемой ниже проблеме являются [1] и [2]. Однако кроме канатов значительным тепловым нагрузкам подвергается также металлоконструкция крана, что приводит к увеличению напряжений и снижает запас прочности. Для того чтобы количественно оценить эти воздействия, были проведены расчеты, результаты которых изложены в данной статье.

В течение времени заливки, которое обычно составляет 3-5 минут, на нижние пояса металлоконструкции крана (в основном на концевую балку со стороны заливки и вспомогательную пролетную балку) действуют тепловые нагрузки от пламени, исходящего из конвертора, и от зеркала расплавленного металла. Температура на нижних поясах балок замерена при помощи приборов и составляет 360 °С. Необходимо определить, насколько увеличивается напряжение в металлоконструкции крана от данного воздействия, и предложить способы его уменьшения.

Так как в данной задаче необходимо рассматривать одновременное действие двух типов нагрузок (силовую и тепловую), а также из-за сложности конструкции мостового крана, для решения задачи был выбран метод конечных элементов¹. Далее задача решалась в несколько этапов. Вначале был проведен расчет

с учетом только силовых нагрузок, в задачу которого входила проверка качества спроектированной математической модели. Далее был проведен тепловой расчет, в результате которого были получены температуры всех точек крана. На последнем этапе к математической модели были добавлены тепловые нагрузки, чтобы получить целостную картину напряженно-деформированного состояния металлоконструкции крана.

На рис. 1 приведено напряженно-деформированное состояние моста крана от действия только силовых нагрузок. Максимальное напряжение находится под тележкой, и его величина 77,8 МПа хорошо согласуется с данными, получаемыми с использованием стандартных методик расчета. На рис. 2 приведены данные при том же положении тележки (у самого края при заливке), но уже с учетом тепловых нагрузок. На этой эпюре значительно выше максимальное напряжение, и оно уже равняется 181 МПа, т.е. оно возросло более чем в два раза. Кроме того, на эпюре видно, что изгиб балок теперь происходит не в одной плоскости, а в двух. И последнее значительное различие в эпюрах – это переход максимального напряжения с пролетных балок на концевую балку. Теперь очевидно, насколько негативными являются тепловые нагрузки. Каким же образом избавиться от их негативного влияния или хотя бы уменьшить его?

Одним из наиболее перспективных способов защиты металлоконструкций литейного крана является огнезащитное покрытие. Оно, хоть и разработано для несколько иных целей, может помочь и в рассматриваемом случае.

¹ Был использован программный комплекс Ansys. Более подробную информацию о данном продукте вы можете найти в Интернете на сайте www.ansys.com или www.ansys.ru

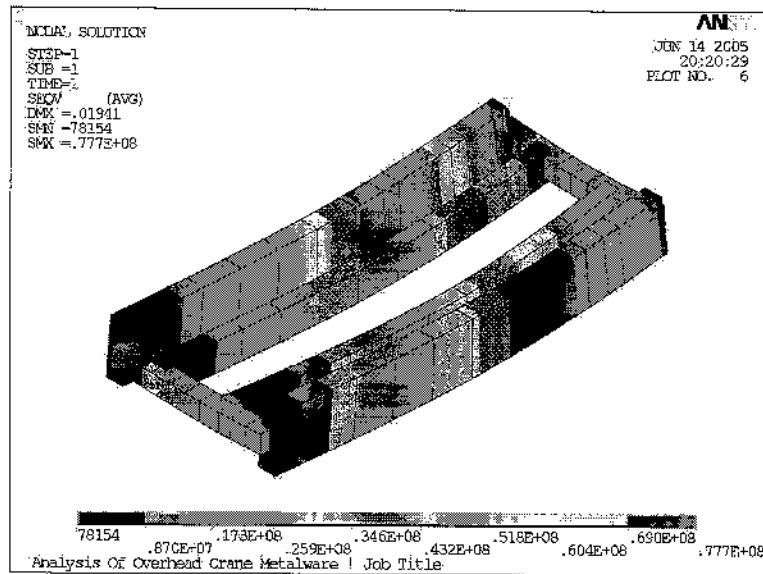


Рис. 1. Результаты расчета металлоконструкций на прочность от приложенных сил

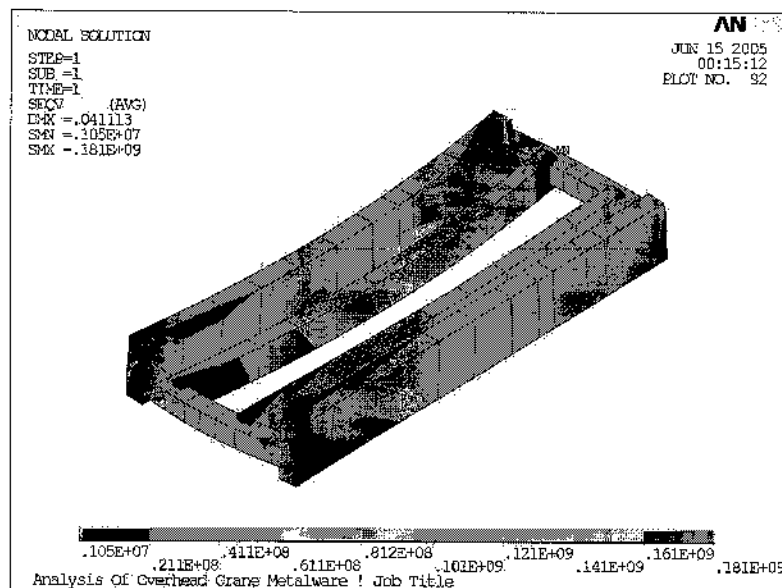


Рис. 2. Эпюра эквивалентных напряжений с учетом силовых и тепловых нагрузок на металлоконструкцию моста крана

Основное свойство огнезащитного покрытия – очень слабая передача тепла, вследствие чего при достаточно долгом (до 1 часа и более) воздействии больших температур на конструкцию передается значительно меньшая тепловая нагрузка.

Рассмотрим с этой точки зрения нагрев нижнего пояса вспомогательной балки – часть металлоконструкции, наиболее подверженной тепловому воздействию. Для этого сравним представленные на рис. 3 графики нагрева данного пояса в зависимости от времени.

Как видно из рисунков без защиты (рис. 3а), прогрев происходит очень быстро и уже через 30 с температура на внутренней поверхности листа достигает 300 °С, т.е. можно сказать, что лист прогревается полностью. Если обратиться к варианту при использовании защиты (рис. 3б), то она практически предотвращает прогрев самой металлоконструкции и за время заливки температура листа поднимается не более чем на 10 °С.

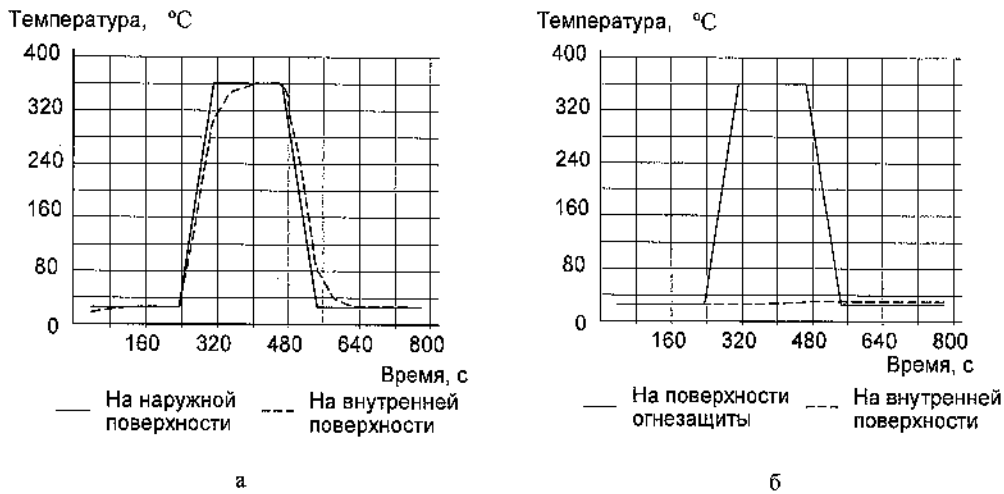


Рис. 3. Результаты теплового расчета нижнего пояса вспомогательной балки.
а – без защиты; б – при применении защиты

Выводы: 1. Вследствие тепловых нагрузок изменились максимальные напряжения всех балок металлоконструкции крана. В табл. 1 приведены для сравнения величины максимальных напряжений при учете и без учета тепловой нагрузки. Как видно, если в каноническом случае максимальное эквивалентное

напряжение находится на пролетной балке, под тележкой, то во втором случае оно уже на концевой балке. Следовательно, при осмотрах кранов необходимо внимательно обследовать состояние металлоконструкции концевых балок и места стыковок с главными и вспомогательными балками.

Таблица 1

Величины максимальных напряжений в м/к крана

Балка	Напряжение, МПа	
	Без учета теплового воздействия	С учетом теплового воздействия
Главная	77,1	105
Вспомогательная	60	90
Концевая	40	181

2. Также изменился вид напряженно-деформированного состояния. Если в классическом расчете считается, что пролетные балки изгибаются в одной вертикальной плоскости, то для случая с учетом тепловых нагрузок получится сложное напряженно-деформированное состояние, когда изгиб происходил в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной. Так как пролетные балки проектируются без учета сложного НДС, то данный фактор наряду с неравномерностью нагрева стенок балок может серьезно повлиять на устойчи-

вость балок, что будет являться темой отдельного расчета.

3. Максимальное напряжение перешло на вспомогательную балку и составляет 181 МПа.

4. Для предотвращения увеличения напряжений в металлоконструкции моста крана, вызванного воздействием выбросов из конвертора при заливке, можно применять огнезащитное покрытие. Вследствие его малой теплопроводности оно предотвращает нагрев поясов балок и таким образом исключает тепловые напряжения.

Список литературы

1. Малов В.П., Кузьминов А.Л., Попов В.Г., Тебнев С.А., Липатов А.С. Влияние термоциклических нагрузок на прочность каната литейных кранов // Безопасность труда в промышленности. – 1999. - № 9. - С. 30 - 32.

2. Попов В.Г., Кузьминов А.Л., Малов В.В. Борговая система контроля термоциклических воздействий и нагруженности элементов литейного крана: Сб. статей и тезисов докладов Всероссийского научно-практического семинара «Безопасность эксплуатации и проблемы продления срока службы подъемных сооружений». – Екатеринбург, 2000. - С. 158 - 163.

УДК 621.86.065.3

В.Г. Попов, С.М. Шатохин, Д.Ф. Габтыкаев, П.Н. Кравчик
Череповецкий государственный университет

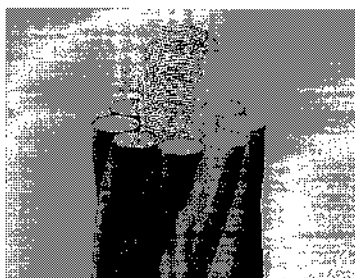
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРУЖИННОМ СЕРДЕЧНИКЕ

В статье приведены теоретические и экспериментальные исследования, которые позволяют дать рекомендации по выбору оптимального диаметра проволоки пружины для пружинного каната.

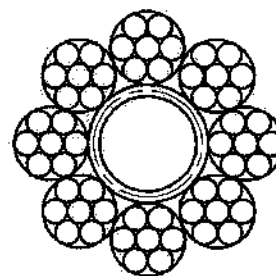
Выбор оптимальных параметров пружины (диаметра проволоки δ_0 , диаметра пружины d_{cp} , шага свивки пружины t) в значительной степени определяет надежность каната. При эксплуатации канатов с пружинным сердечником, поскольку они испытывают деформации изгиба и кручения, возможна потеря устойчивости, которая может выразиться как в ис-

кривлении оси пружинного сердечника, так и в искажении круглой формы кольца пружины. Пружинный сердечник можно рассматривать как тонкий упругий стержень с осью, очерченной по винтовой линии и нагруженной (при осевом растяжении) периодическими силами P , возникающими в местах контакта пружинного сердечника с прядями каната за счет радиального давления.

На рис. 1 показан стальной сердечник, в котором центральная прядь выполнена в виде пружины, и его сечение.



а



б

Рис. 1. Стальной пружинный сердечник:

а - общий вид (модель AutoDesk Inventor 7.0); б - сечение (Компас 8.0)

Геометрические характеристики этого сечения для заданного диаметра определены в программе Акация (синтез, анализ) с учетом технологических зазоров. Для каната $\varnothing 42$ мм параметры пружины сердечника следующие: $\delta_0 = 1,3$ мм, $d_{cp} = 9$ мм.

Необходимо определить, насколько эффективно данная пружина будет сопротивляться раздавливанию под нагрузкой.

На основании проведенных теоретических исследований получено [2], что максимальные напряжения, возникающие в местах контакта проволок прядей каната с проволокой пружинного сердечника, представляют собой функцию угла φ_0 наклона сечения выделенного участка пружины и величины отношения

$$\frac{d_{cp}}{\delta_0};$$

$$\sigma_{0 \text{ макс}} = -\frac{P}{F} \left[\operatorname{ctg} \frac{\varphi_0}{2} + 4 \frac{d_{\text{сп}}}{\delta_0} \frac{\sin \frac{\varphi_0}{2} \frac{\varphi_0}{2} \cos \frac{\varphi_0}{2}}{\frac{\varphi_0}{2} \sin \frac{\varphi_0}{2}} \right],$$

где P – равнодействующая, приложенная в центре линии контакта прядей и сердечника; F – площадь поперечного сечения проволоки пружины.

Для решения задачи принято следующее допущение: поскольку витки пружины полностью соприкасаются друг с другом, шаг свивки пружины будет равен δ_0 , а угол свивки пружины принять равным 90° , то с достаточной степенью точности можно представить пружину в виде набора колец, лежащих друг возле друга (рис. 2), нагруженных n сосредоточенными силами P (n – число прядей в канате).

Зависимость усилия P от натяжения пряди и угла свивки выражается следующим образом [1]:

$$P = S_0 \frac{\delta_0}{2} \operatorname{tg}^2 \alpha,$$

где S_0 – осевая составляющая натяжения пряди; α – угол свивки прядей в канате.

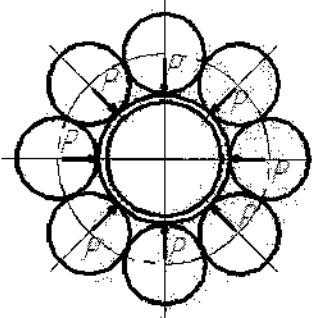


Рис. 2. Схема воздействия прядей сердечника на пружину

Определим напряжения, возникающие в пружине, методом конечных элементов с помощью программы Ansys 7.0.

Расчет проведем двумя способами:

1. Представляем пружину в виде балочного элемента (рис. 3а), которому присвоены вещественные константы, приближающие его по свойствам к реальному телу (площадь сечения, момент инерции, максимальный размер по высоте и ширине элемента и т.д.). Конечный элемент (КЭ) представляет собой цилиндр, имею-

щий 2 характерные точки – по оси в основании и при вершине цилиндра. Конечноэлементная модель с приложенными нагрузками (силы, ограничение степени свободы) показана на рис. 3б.

На рис. 3в показан результат расчета в программе, в виде эквивалентных напряжений по Мизесу, скомпилированный в графическом редакторе и наложенный на геометрическую модель. Единицы измерения в таблице изотерм – Паскаль. Максимальное значение напряжения – 113 МПа.

2. Аналогичный расчет одного витка пружинного сердечника, выполненный на трехмерной твердотельной 3D модели. Особенность данной модели – применение полного объемного конечного элемента, большее количество КЭ в сечении кольца пружины (КЭ «нарезаны» не только по оси пружины, но и в сечении).

Геометрическая модель представляет собой торообразный элемент. Никаких вещественных констант присваивать не нужно, поскольку они определяются самой геометрией модели.

Конечноэлементная модель в виде упорядоченной структуры конечных элементов показана на рис. 4а. Используем 20-узловой КЭ в форме «кирпичика» (по 4 узла при каждой вершине, кроме того, каждая связь имеет дополнительный узел в середине – итого 20 узлов).

Результат отличается от предыдущего расчета:

- максимальные напряжения в узле приложения нагрузки получились значительно большими (150 МПа);
- большой градиент напряжений по сечению;
- напряжения распределены локально в зоне приложения нагрузки.

К максимальному напряжению в узле приложения нагрузки надо относиться осторожно, поскольку большая нагрузка приложена локально в одном узле. Это приводит к высокому градиенту напряжений в зоне приложения нагрузки. В реальности, с учетом упругого и пластического сплющивания, усилие контакта с прядями представляет не точку, а площадку, поэтому напряжения в этой точке не будут такими экстремальными. В целом усредненные значения напряжений по сечению согласуются с предыдущим расчетом.

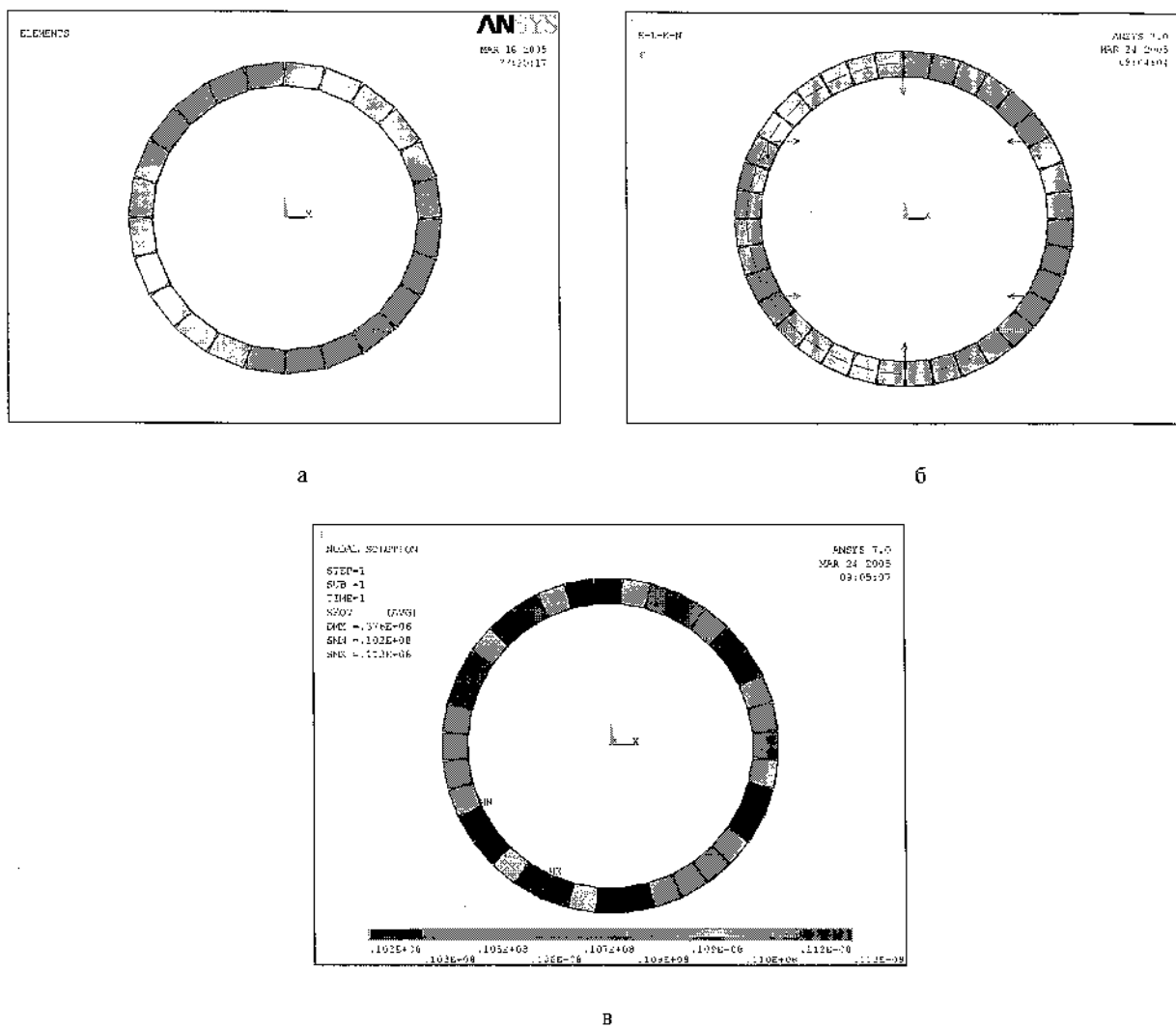


Рис. 3. Определение напряжений, возникающих в пружине

а - расчетная схема; б - конечная элементная модель с нагрузками; в - расчетные эквивалентные напряжения

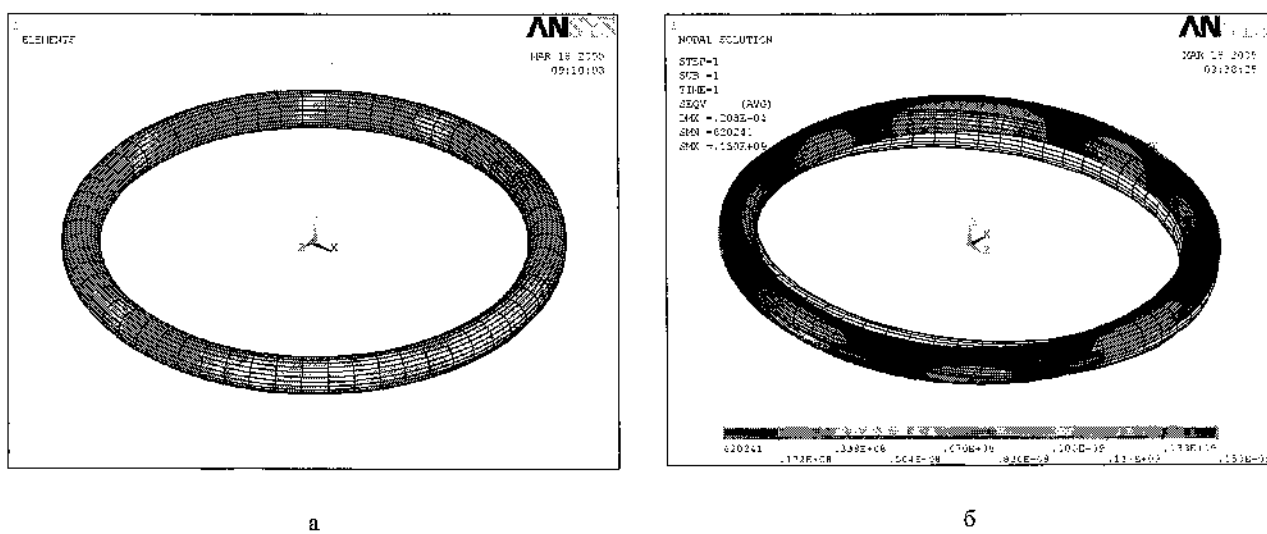


Рис. 4. Трехмерная твердотельная модель пружины сердечника:

а - конечноэлементная модель; б - Напряжения в пружине

Список литературы

1. Маркман Н.Е., Ревзина Ф.С. Определение напряжений в пружинном сердечнике стальных

канатов // Стальные канаты. – Киев: «Техника», 1969. - Вып. 5. - С. 210 - 213.

2. Ревзина Ф.С. Исследование влияния параметров пружинного сердечника на его долговечность // Стальные канаты. – Киев: «Техника», 1969. - Вып. 7. - С. 220 - 224.

УДК 621.86.065.3

В.Г. Попов, Д.Ф. Габтыкаев, П.Н. Кравчик, С.М. Шатохин
Череповецкий государственный университет
А.С. Смирнова, И.А. Якушева
ОАО «Северсталь-метиз»

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СТАЛЬНОГО КАНАТА ЛИТЕЙНОГО КРАНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ

Основным тяговым органом многих грузоподъемных машин являются стальные канаты, потребность в которых возрастает год от года. Все возрастающие потребности в стальных канатах могут быть перекрыты не только за счет увеличения их выпуска, но и во многом за счет повышения срока их службы, возможности которого еще далеко не исчерпаны.

В общем объеме потребления канатов примерно 1/5 часть составляют канаты с металлическим сердечником, из которых примерно половина используется на кранах и других подъемных механизмах.

Применение канатов с металлическим сердечником во многом ограничивается недостаточной их надежностью, склонностью к образованию различных дефектов.

Оптимальному конструктивному построению канатов с металлическим сердечником посвятили свои работы многие специалисты в области стальных канатов, однако основные положения построения таких канатов до сих пор остаются до конца не изученными. На срок службы канатов влияет наличие оптимальных зазоров между прядями и стальным сердечником при свивке каната и соотношение диаметра каната к диаметру сердечника.

Существуют два подхода к изготовлению стальных канатов: плотная свивка элементов каната и свивка с зазорами. Теоретического обоснования свивки каната с зазорами не сделано, и критерия оценки их необходимой начальной величины не найдено.

Установлено, что возникающие при эксплуатации канатов с металлическим сердечником дефекты («отслоение или выпучивание наружных прядей» или «выход металличе-

го сердечника на поверхность каната») являются следствием заниженного диаметра металлического сердечника. Многие опыты, проведенные специалистами в разное время, говорят о том, что при правильном выборе диаметра металлического сердечника долговечность канатов может быть повышена примерно на 25 %.

В научной печати в порядке критики существующих стандартов неоднократно отмечалось заниженное значение диаметров металлических сердечников и объяснялись связанные с этим вышеуказанные дефекты.

Опыт изготовления канатов с металлическим сердечником указывает на то, что установленные стандартом диаметры используемых проволок дают соотношение 1,10 - 1,12 между диаметром пряди и сердечника.

Исследовательские работы, проведенные М.Ф. Глушко и др. (ОНИОСК) [1], [2], показали, что использование в канате сердечника большего диаметра за счет увеличения диаметра проволок увеличивает время до возникновения указанных дефектов в 8 - 10 раз.

В качестве рекомендаций было установлено, что оптимальным соотношением между диаметром пряди и сердечника является 1,17 - 1,20.

Сортаментные ГОСТы по этим рекомендациям не пересматривались и официального разрешения отступать от них нет. При решении вопросов, связанных с улучшением качества канатов, возникла необходимость пересчета проволок металлического сердечника для всего диапазона изготавливаемых канатов.

В научно-исследовательском отделении ОНИОСК ООО «Стальканат» была разработа-

на компьютерная программа «Акция» для геометрического расчета канатов различных конструкций. Она явилась фундаментом для разработки концепции оптимального геометрического построения канатов, которая в общем случае формулируется следующим образом: в канате должны быть обеспечены достаточные тангенциальные зазоры между проволоками (пряжками) одного слоя и отсутствовать радиальные зазоры между проволоками (пряжками) смежных слоев.

Многочисленные опытные данные и результаты исследований свидетельствуют о том, что для увеличения технических ресурсов канатов, работающих на изгиб, их необходимо свивать с тангенциальными зазорами между проволоками в прядях и прядками в канате. Физический смысл полезности тангенциальных зазоров в канате следующий: при изгибе каната винтовые элементы на выпуклой стороне расходятся, а на вогнутой, наоборот, сближаются и при отсутствии достаточных зазоров вступают в тангенциальный контакт. Возникающие при этом контактные напряжения отрицательно влияют на работоспособность каната.

Программа «Акция» включает в себя две подпрограммы: «Синтез» и «Анализ», в которой заложены основные формулы расчета диаметров проволок или прядей при заданных диаметрах прядей или каната, конструкции, кратности свивки и необходимых зазорах. Поэтому для обеспечения гарантированных контактов между проволоками соседних слоев и зазоров между проволоками в пределах каждого слоя необходимо провести анализ базового каната и геометрического расчета опытного каната диаметром 42,0 мм, используя компьютерную программу «Акция».

Для синтеза исходными данными являются: наружный диаметр пряди или каната, конструкция пряди или каната, требуемые зазоры. Определяемыми неизвестными являются: диаметры элементов, радиусы свивки, углы свивки. Решение считается найденным, если достигнута требуемая точность.

Задача анализа более сложна. Здесь исходными данными являются: диаметры элементов, конструкция пряди или каната, кратность свивки. Определяемыми неизвестными являются: наружный диаметр пряди или каната, радиусы свивки, узлы свивки, зазоры между элементами.

В результате проведенного анализа определен диаметр пряди сердечника 5,0824 мм из проволок базового варианта. Прядь в слое имеет достаточный зазор и оценивается как хорошая. Изготовление сердечника (каната) из одинаковых прядей геометрически неправильно, и это подтверждает анализ, в результате которого определен диаметр сердечника 15,48 мм, радиальный зазор между центральной прядью сердечника и прядками в повиве в размере 0,2 мм при отсутствии зазора между прядками сердечника в слое. При введении диаметров проволок пряди базового варианта анализ устанавливает диаметр пряди 14,08 мм и показывает, что внутри пряди имеется значительный радиальный зазор (0,127 мм); в то время как между проволоками в наружном слое отсутствуют зазоры.

На рис. 1 представлены конструктивные недостатки пряди каната (базовый вариант). В результате расчета получаем диаметр базового варианта каната, который равен 43,64 мм, который имеет допуск от 42,0 мм +3,9 %. Учитывая, что проволоки каната чаще имеют плюсовой допуск, нет гарантии, что канат будет повышенной точности изготовления, как установлено в ТУ 273 (допуск по диаметру не более 4 %).

Анализом конструкции базового варианта каната установлено, что отношение между диаметром металлического сердечника 15,4752 мм и диаметром пряди 14,08 мм составляет 1,099, что явно недостаточно для нормальной работы каната под нагрузкой.

При расчете проектного варианта каната учитываем, что канат должен быть повышенной точности по диаметру, прядь должна быть улучшена по конструкции, металлический сердечник должен быть изготовлен из разных по диаметру прядей (центральная прядь и пряди в повиве).

Задаем допуск на диаметр в готовом канате не более 3 %, канат должен быть диаметром не более 43,26 мм. Для увеличения соотношения между диаметром металлического сердечника и диаметром пряди каната принимаем диаметр сердечника 15,5 мм, пряди – 13,7 мм. Соотношение диаметра сердечника к диаметру пряди при этом равно 1,14. Принятое соотношение продиктовано тем, что с увеличением этой величины уменьшается диаметр пряди, а следовательно, уменьшается диаметр проволок пряди, что в тяжелых температурных условиях работы нежелательно.

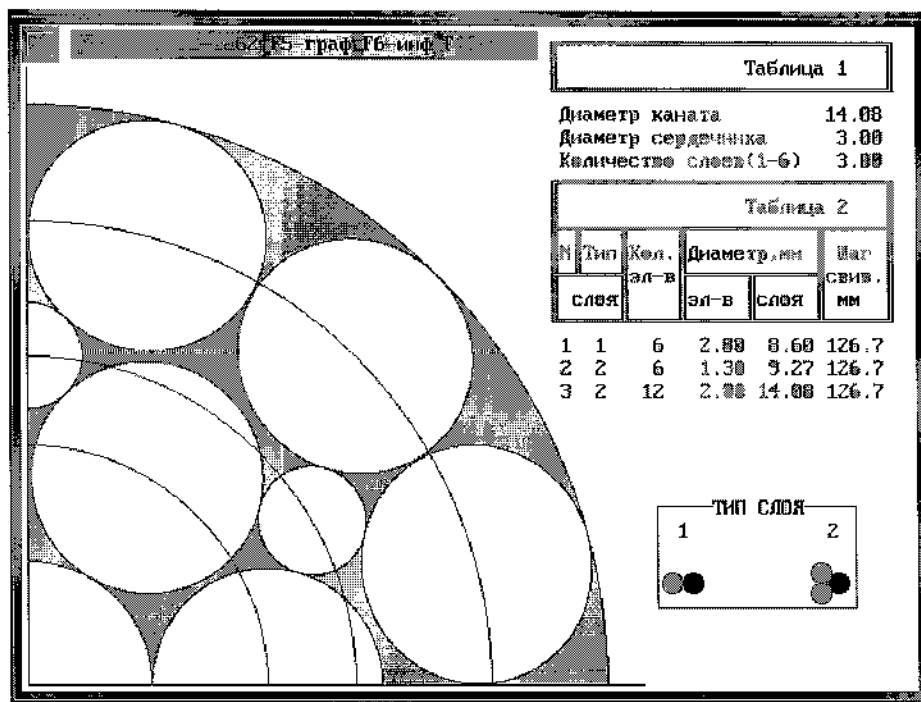


Рис.1. Фрагмент конструкции пряди каната (базовый вариант)

В результате синтеза получаем расчетный диаметр каната 42,9 мм, который дает допуск по диаметру +2,14 %. По сравнению с базовым вариантом между прядями каната увеличен тангенциальный зазор, что положительно скажется при работе каната под нагрузкой.

Принимаем диаметр центральной пряди сердечника 5,5 мм, пряди в повиве 5,0 мм ($5,5 + 2 \times 5,0 = 15,5$ мм).

По аналогичным расчетам определяем проволоки сердечника:

- центральная прядь 1,90 и 1,80 мм ($1,90 + 2 \times 1,80 = 5,5$ мм);
- прядь в повиве 1,75 и 1,60 мм ($1,75 + 2 \times 1,60 \approx 5,0$ мм).

Проволоки, выбранные для изготовления пряди, обеспечивают зазоры в слоях между проволоками, в т.ч. и в наружном; незначительной величиной зазора проволок заполнения и третьего слоя (0,0026 мм) можно пренебречь.

Поэтому для пряди выбираем диаметры проволок, полученные в результате синтеза пряди диаметром 13,7 мм.

Порядок расчета опытного образца каната:

1) синтез конструкции каната с принятыми диаметрами металлического сердечника и пряди;

2) в анализе рассчитываем диаметры центральной пряди металлического сердечника и его прядей в повиве исходя из готового диаметра сердечника 15,5 мм;

3) результат расчета диаметров проволок пряди диаметром 13,7 мм, их корректировка и анализ.

На рис. 2 видно, что у пряди каната проектного варианта отсутствуют конструктивные недостатки. Из табл. 1 следует, что изменение диаметров проволок металлического сердечника и прядей привело к уменьшению сечения всех проволок каната, которое определяет разрывное усилие каната.

В табл. 2, для сравнения, приведены значения разрывного усилия канатов, указанные в [3] (выделенные жирным шрифтом), и значения разрывного усилия по площади сечения каната после пересчета диаметров проволоки.

Минимальное разрывное усилие каната в целом уменьшилось в среднем на 0,6 - 0,9 %. Расчет минимального коэффициента использования канатов производится по фактическому суммарному разрывному усилию всех проволок каната (по сертификату) [4] и составляет 6,4.

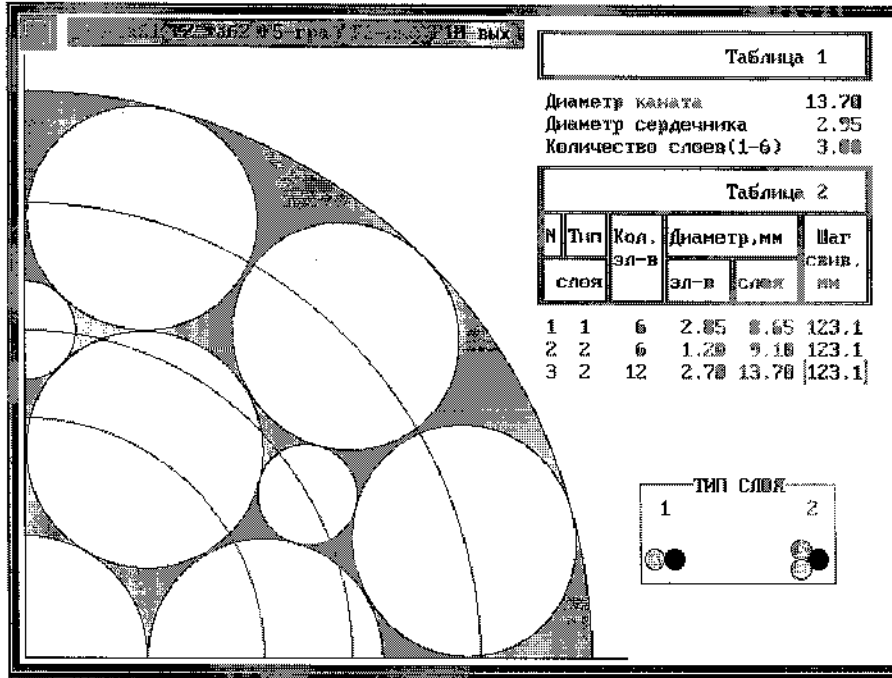


Рис. 2. Фрагмент конструкции пряди каната (проектный вариант)

Таблица 1

Результаты расчетов геометрических параметров базового и опытного каната

Наименование геометрических параметров			Базовый вариант	Проектный вариант	
Диаметр, мм	каната		42,0	42,0	
	проволок сердечника	центр. прядь	центральная (1 пр.)	1,75	1,9
			наружный слой (6 пр.)	1,65	1,8
		прядь в повиве	центральная (6 пр.)	1,75	1,75
			наружный слой (36 пр.)	1,65	1,6
	проволок в пряди	центральная (6 пр.)		3	2,95
		1-го слоя внутр. (36 пр.)		2,8	2,85
заполнения (36 пр.)		1,3	1,2		
2-го слоя наруж. (72 пр.)		2,8	2,7		
Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²			862,3	828,5	
Технологические операции	изготовление сердечника	расчетный диаметр центральной пряди, мм	5,1	5,5	
		расчетный диаметр пряди в повиве, мм	5,1	5,0	
		расчетный диаметр сердечника 7x7(1+6), мм	15,48	15,5	
	свивка пряди каната 1 + 6; 6 + 12	расчетный диаметр пряди, мм	14,08	13,7	
свивка каната 6x25 + 7x7(1 + 6)	расчетный диаметр каната, мм (отклон., %)	43,64 (+3,9%)	42,9 (+2,1%)		
	d_c/d_{np}	$d_c/d_{np} = 1,1$	$d_c/d_{np} = 1,14$		

Значения разрывного усилия канатов (базовый и опытный канат)

Диаметр каната, мм	Норм. док.	Расчетная площадь сечения всех проволок каната, мм ²	Маркировочная группа Н/мм ² (кгс/мм ²)					
			1670 (170)		1770 (180)		1860 (190)	
			Разрывное усилие, кН, не менее					
			суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом
42,0	ТУ 273	862,3	1395,0	1150,0	1475,0	1235,0	-	-
	расчетн.	828,5	1383,5	1152,9	1466,4	1222,0	-	-

Выводы: 1. При проведении геометрического расчета пряди базового каната было выявлено, что она спроектирована с рядом недостатков, а именно с неравномерными зазорами между слоями проволок и между самими проволоками. По произведенным расчетам были предложены новые диаметры проволок для изготовления прядей с учетом равномерных зазоров и определены исходные заготовки.

2. Результаты расчетов (геометрический пересчет конструкции прядей, составляющих канат) позволяют сделать вывод о целесообразности изготовления стального каната диаметром 42,0 мм по ТУ 14-4-273-2002 с зазорами между прядями в канате и между слоями проволок и между самими проволоками.

3. Применение предложенной технологии изготовления стальных канатов со стальным сердечником позволит улучшить их качество и устранить дефекты (отслоение или выпучивание наружных прядей каната, выход металлического сердечника на поверхность каната).

Список литературы

1. Малиновский В. А. Стальные канаты: Сб. науч. тр. - Одесса: Астропринт, 1999. - 180 с.
2. Стальные канаты: Сб. науч. тр. / Под ред. В. А. Малиновского. - Одесса: Астропринт, 2001. - 264 с.
3. Технические условия ТУ-14-4-273-2002.
4. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

УДК 541.43

Л.П. Тихонова, С.В. Егоренкова, О.Д. Кораблева
Череповецкий государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ

Используемый с незапамятных времен эффект качения вначале нашел сознательное применение в катках для перетаскивания тяжестей, а затем в двух гениальных изобретениях: колесе и подшипнике качения.

И в наше время сухопутный транспорт по-прежнему остается преимущественно колесным. Подшипники же качения выпускаются в широчайшем ассортименте, находя применение в самых различных технических устройствах, начиная от гигантских гидротурбин и кончая изделиями ширпотреб.

Использование качения в технике и быту сейчас настолько привычно, что мало кто из неспециалистов задумывается о природе этого удивительного и во многом таинственного явления. Действительно, а почему же все-таки катить круглое тело примерно в сто раз легче, чем волочить его по той же дороге?! Сразу скажем, что история этого вопроса насчитывает не одну сотню лет. Больше того, достаточно полного и общепризнанного ответа на поставленный вопрос нет и до сих пор.

Леонардо да Винчи был, по-видимому, первым, кто увидел в качении необычайно эффективное и к тому же универсальное средство снижения трения, а вместе с ним и износа в машинах. Об этом свидетельствуют, в частности, его удивительные изобретения в области подшипников и зубчатых передач, а также сопутствующие им пространственные комментарии. Однако первое количественное соотношение для равномерного трения качения было установлено Кулоном лишь три века спустя. Соотношение:

$$F_k = \lambda N/r,$$

найденное чисто эмпирически и связывающее сопротивление F_k свободному перекатыванию цилиндра радиусом r с его весом N , содержит коэффициент трения качения λ , имеющий размерность длины. В дальнейшем для удобства изложения мы будем пользоваться безразмерным коэффициентом трения качения, равным:

$$f_k = \lambda/r.$$

Следующей важной вехой на этом пути можно считать оживленную и порой довольно резкую дискуссию о природе трения качения, развернувшуюся в 1839 - 1841 гг. между французскими исследователями А. Мореном и А. Дюпюи. Интересно, что уже в то время Дюпюи считал потери, обусловленные несовершенством упругости тел, главной причиной сопротивления качению. Однако его работы вскоре были забыты.

Наиболее тщательное после Кулона экспериментальное исследование качения, выполненное О. Рейнольдсом в 1876 г., дало возможность установить, что реальное качение практически всегда связано с некоторым проскальзыванием, обусловленным неравномерным деформированием площадки контакта. А это, по мнению Рейнольдса, позволяло свести качение к обыкновенному трению скольжения.

Уже в нашем веке Хизкоут (1921) указал на другую причину проскальзывания, неизбежно возникающую при скольжении шарика по желобу. Однако тщательный теоретический анализ и специальные эксперименты показали, что вклад, который способны дать оба эти типа проскальзывания, слишком мал. Наиболее значительное несоответствие между теорией и опытом наблюдалось, когда тело качения или дорожка трения были выполнены из материа-

лов с несовершенной упругостью. При периодическом деформировании такие материалы способны поглощать некоторую долю упругой энергии, рассеивая ее в виде тепла. Подобное явление называют упругим гистерезисом.

Фундаментальный вклад в теорию трения качения был сделан Тейбором (1955), который, исходя из упруго-гистерезисной природы этого явления, вывел расчетные соотношения для основных случаев свободного качения. В частности, для жесткого цилиндра радиусом r , катящегося по деформируемой плоскости, им предложена формула:

$$f_k = a \sqrt[4]{3\pi} \cdot \sqrt[4]{q(1 - \nu^2)} / \pi r E, \quad (1)$$

где a , E и ν – соответственно коэффициент гистерезисных потерь, модуль упругости и коэффициент Пуассона деформируемого тела, q – нагрузка на единицу ширины цилиндра.

Мы видим, что современная формула, в основе которой, по существу, лежат забытые представления Дюпюи, дает совсем иную зависимость сопротивления качению цилиндра от его радиуса и веса по сравнению с зависимостью Кулона.

Особенно хорошее совпадение с опытом формула (1) дает для тел с высоким a , т. е. отличающихся несовершенной упругостью. Это относится в первую очередь к резине, дереву и отчасти к чугуну, в котором потери на упругий гистерезис значительно выше, чем у стали. Таким образом, давно установленная инженерами эффективность замены деревянных рельсов сначала чугунными, а затем стальными впервые получила теоретическое обоснование. Изящным подтверждением выражения (1) служит следующий опыт. По наклонной плоскости одновременно скатываются несколько цилиндров с одинаковыми радиусами и моментами инерции, но разными значениями a . При этом тела с большими a отстают, а с меньшими вырываются вперед.

Однако можно ли считать потери на упругий гистерезис исчерпывающим объяснением сопротивления качению? По-видимому, нет. Рассмотрим, например, самый обычный случай, когда жесткий цилиндр катится по столь же жесткой поверхности. Хорошим аналогом такой ситуации служит качение гладкого стального кругляша по отполированной мраморной плите. Оба тела в данном случае обладают почти идеальной упругостью. Поэтому сопротивление качению согласно (1) должно быть чрезвычайно малым ($f_k < 10^{-3}$), что и наблюдается фактически.

Представим далее, что кругляш не катится, а скользит по той же плите. В этом случае, как показывает опыт, $f_k = 0,3$, т. е. по крайней мере в сотни раз больше, чем при качении. Мы знаем далее, что основной причиной сопротивления скольжению служит обмен адгезионных связей на площадке контакта. Учитывая, что в обоих случаях энергия и число этих связей одинаковы (ведь тела трения и нагрузка на них тождественны), мы неизбежно приходим к фундаментальной проблеме: благодаря чему адгезионное взаимодействие при качении оказывается на несколько порядков слабее, чем при скольжении?

Характерно, что подобный, естественный, казалось бы, подход к качению был впервые сформулирован Томлинсоном всего лишь чуть более полувека назад. До этого качение рассматривалось обособленно от скольжения как некое трение второго рода. Томлинсон впервые понял простой факт: при скольжении все адгезионные связи в контакте рвутся одновременно, а при качении — строго последовательно.

Чтобы понять, в чем тут дело, вспомним, что для обмена (т.е. разрыва старой и образования новой) адгезионной связи нужно развести пару атомов, принадлежащих разным телам и образующих связь, на некоторую величину $2r$ или же, наоборот, сблизить их на это расстояние.

Рассмотрим участок пути трения длиной $2\pi r$, где r — радиус катка. Пусть ширина зоны контакта равна $2a$, а средняя плотность связей в этой зоне равна n . Тогда общее число адгезионных связей в момент контакта всегда, очевидно, равно $2an$. Примем далее, что в момент обмена каждой связи рассеивается некоторая энергия E . И будем считать, наконец, что элементарный путь трения равен межатомному расстоянию $2r$.

Теперь мы можем подойти к самой сути различия между двумя основными видами подвижного контакта. Нетрудно видеть, что при скольжении перемещению на $2r$ соответствует обмен всех $2an$ -связей в зоне контакта. Столь интенсивный обмен адгезионных связей при скольжении объясняется тем, что рабочим участком закрепленного катка на всем пути $2\pi r$ служит лишь очень небольшой участок его боковой поверхности, равный $2a$. В итоге получаем, что энергия, затраченная при скольжении на пути $2\pi r$, равна:

$$W_c = 2anE \cdot \pi r / p.$$

Посмотрим далее, что произойдет в случае качения. Здесь сразу бросается в глаза очень важное обстоятельство: на пути $2\pi r$ в контакте последовательно будет участвовать уже не малый участок поверхности катка, равный $2a$, а вся его поверхность, равная также $2\pi r$. Это означает, что обмен адгезионных связей будет происходить медленнее, чем при скольжении, на a/p раз. Соответственно и рассеяние энергии при качении будет во столько же раз меньше, т.е.

$$W_k = W_c \cdot p/a.$$

Из элементарных геометрических соображений следует, что $a \approx \sqrt{2pr}$, откуда

$$W_k/W_c \approx \sqrt{p/2r}. \quad (2)$$

Но величина p обычно чрезвычайно мала по сравнению с r . Например, при сухом смазывании, для которого характерны вандерваальсовы адгезионные связи, $p \approx 10^{-8}$ см. Неудивительно, что адгезионный эффект при качении в большинстве случаев пренебрежимо мал. Иными словами, переход от скольжения к качению сопровождается выключением адгезии как причины трения. Это происходит, как мы видели, только за счет специфической кинематики контакта, свойственной качению.

Следует ли отсюда, что качение можно всегда рассматривать как трение без адгезии? Отнюдь нет. Выражение (2) позволяет сделать любопытные выводы, важные как для теории, так и для практики [1].

Во-первых, с уменьшением радиуса катящегося тела влияние адгезии должно возрастать и стать вполне ощутимым для катков и шариков достаточно малых размеров. А что случится, если адгезионные связи будут возникать за счет накопления на поверхности тел электрических зарядов или же в результате возникновения в зоне контакта магнитных полей? Такие связи отличаются значительным по сравнению с атомными размерами дальним действием, т.е. большими значениями p . А это согласно (2) также будет усиливать адгезионный эффект. Поэтому в ряде случаев адгезия может играть важную роль и при качении.

Например, использование формулы (1) при качении по резине, отличающейся сильной

адгезией, дает резкое расхождение с опытом. Весьма точные измерения p маятниковым методом (проведенные во ВНИИОФИ Госстандарта) показали, что минимальное значение этого параметра, равное $2 \cdot 10^{-6}$, достигается при качении по стали стальных шаров. Это означает, что затраты энергии на чистое качение примерно в сто тысяч раз меньше, чем при скольжении! Любопытно далее, что сопротивление качению в этом случае было практически целиком связано с адгезией окисных пленок на поверхности металлов [2].

Многих продолжает интересовать такой вопрос: почему, несмотря на свои явные преимущества, качение почти не используется природой при «конструировании» живых существ путем естественного отбора? Обычно при постановке этого вопроса ссылаются на отсутствие у животных и насекомых каких-либо двигательных органов, хотя бы отдаленно напоминающих колесо. При этом предполагается, что качение может быть реализовано только круглыми телами. Но так ли это? Возьмем колесо с множеством спиц и отбросим обод. Легко убедиться, что получившееся звездообразное тело может катиться не хуже обычного колеса. При этом сразу всплывает в памяти общеизвестное выражение «ходить колесом». Действительно, аналогия с катящейся «звездой» полная. Вся разница в том, что у кувыркающегося акробата всего четыре «спицы»: две руки и две ноги. А чем, собственно, отличается «хождение колесом» от обычного хождения? В принципе ничем. Правда, при хождении человек и животные немного сгибают ноги, вызывая тем самым дополнительные потери на вертикальные перемещения своего центра тяжести, чего при обычном качении нет. Однако в наиболее экономичном, спортивном стиле ходьбы ноги спортсмена почти не сгибаются.

А хождение на ходулях и вовсе не что иное, как кинематическая копия катящейся «звезды». Разница лишь в том, что при хождении «спицы», т. е. ноги, не закреплены жестко во втулке, а имеют возможность перемещаться относительно друг друга на определенный угол. Следовательно, качение может быть реализовано не только круглыми телами, но и с помощью специальных устройств произвольной формы, содержащих опоры («ноги»), которые могут перемещаться друг относительно друга в определенной последовательности. При этом число «ног» может быть сколь угодно велико, т. е., иными словами, движение со-

роконожки является качением в той же, если не в большей мере, что и движение пешехода. Больше того, к качению с известными оговорками можно отнести также различные типы передвижения, наблюдаемые у червей, змей и других пресмыкающихся [3].

Отсюда следует, что качение или, точнее, очень похожие на него способы передвижения, вопреки сложившемуся мнению, широко распространены в живой природе. Но здесь сразу возникают новые вопросы: а что же в таком случае является характерным, общим признаком качения? На каком основании отождествляются такие столь внешне непохожие явления, как качение шара, движение пешехода и ползание змеи? И, наконец, не является ли качение в узком, обычном смысле этого слова лишь частным случаем какого-то более общего типа перемещения одного твердого тела по поверхности другого?

Для раскрытия специфики качения и кинематически еще более сложных видов трения удобно ввести новый параметр – коэффициент обмена адгезионных связей δ . Если на пути $2r$ из всех M связей, имеющих в контакте, рвется только m связей, то

$$\delta = m/M.$$

Из этого определения сразу следует, что при скольжении $\delta = 1$, т. е. это некий предельный случай трения. В то же время при качении $\delta = \sqrt{p/2r}$, т. е. обычно представляет собой величину, на несколько порядков меньшую единицы. Иными словами, качение характеризуется чрезвычайно медленным обменом адгезионных связей, и его также можно рассматривать как предельный тип трения.

Вторым признаком качения можно считать то, что разрыв и образование новых адгезионных связей происходят в направлении, перпендикулярном плоскости контакта. Напомним, что при скольжении сближение и разобщение атомов, образующих адгезионные связи, осуществляются в направлении относительного смещения тел. В какой степени это влияет на интенсивность рассеяния энергии, остается пока не ясным.

Можно показать далее, что указанными выше признаками качения обладают и другие кинематически значительно более сложные виды контактного взаимодействия твердых тел, определяемые в целом как процессы

внешнего трения второго рода. В частности, при хождении с помощью любого количества ног отрыв стопы от дороги осуществляется примерно в перпендикулярном к плоскости дороги направлении. При этом коэффициент обмена адгезионных связей всегда меньше единицы. Остается только удивляться конструкторскому гению природы, использовавшей подобный тип перемещения как основной способ передвижения живых существ по суше и создавшей при этом удивительно сложные и в то же время весьма надежные и экономичные системы.

Другое дело, что во всех практических случаях трение второго рода реализуется не в чистом виде и в той или иной степени сочетается со скольжением. Об этом свидетельствуют, в частности, подметки наших ботинок, изнашивающиеся обычно по краям, т. е. где проскальзывание при ходьбе максимально. Менее удачным примером служат шины автомобилей, износ которых, помимо проскальзывания при качении, в существенной мере связан с юзом при торможении. Очевидно также, что определенная энергия расходуется и на перемещение самих двигательных органов живых существ.

Однако качение в обычном понимании имеет и некоторые особые черты, позволяющие выделить его как предельный и наиболее простой случай внешнего трения второго рода, реализуемый только для круглых тел. Особым его признаком является постоянство коэффи-

циента обмена связей, величина которого при качении, как правило, чрезвычайно мала по сравнению с единицей и однозначно определяется дальностью действия адгезионной связи и радиусом катящегося тела. Для различных видов хождения и ползания величина δ может меняться в широких пределах в зависимости от геометрических и кинематических параметров движущегося тела, достигая в отдельных случаях значений, сравнимых с единицей.

Дальнейшим развитием идеи качения в технике служит хорошо знакомый всем гусеничный ход.

Отметим в заключение, что физическая сущность качения все еще мало изучена. Перед учеными стоят серьезные технические трудности, связанные с реализацией чистого качения в достаточно стерильных условиях. При этом усилия и перемещения, обусловленные потерями на трение качения, настолько малы, что для надежного определения их требуется разработка специальных и очень тонких методов измерений.

Список литературы

1. Андреев А. В. Передача трением. — М.: Машиностроение, 1978. — 176 с.
2. Крагельский И. В., Михин Н. М. Узлы трения машин. — М.: Машиностроение, 1984. — 280 с.
3. Трение, изнашивание и смазка. Справочник в 2 книгах / Под ред. д-ра техн. наук, проф. И. В. Крагельского. — М.: Машиностроение, 1979. — 358 с.

УДК 515 + 681.3

Н. В. Дорофеев, Л. Г. Петухова, Ю. О. Костина, И. В. Дунаева
Череповецкий государственный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ И КУЛЬТУРА ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ НА КАФЕДРЕ ИНЖЕНЕРНОЙ И МАШИННОЙ ГРАФИКИ

Качество выполнения чертежей играет важную роль в подготовке производства и изготовления изделий. Наблюдения показывают, что имеют место существенные недочеты, касающиеся в основном рационального использования изображений, а также условностей и упрощений. Качественное выполнение чертежей с минимальными затратами времени, повышение культуры рабочей документации невозможно без определенного уровня технической грамотности, высокоразвитого пространственного мышления и зрительной памяти.

Современные чертежи максимально упрощены, требования к ним строго определены государственными стандартами, но для умения создавать чертежи и их использования на практике необходима соответствующая подготовка и творческий подход каждого работника, связанного с техникой и строительством.

Оптимальный чертеж — это документ с обоснованно-экономной информативностью. Чтобы сократить время на безошибочное чтение и выполнение чертежа, необходимо выбрать оптимальный вариант работы. Это напрямую

касается повышения культуры чертежа, которая в свою очередь предусматривает:

- в соответствии с требованиями производства обеспечение четкости и удобочитаемости чертежа на всех стадиях изготовления по нему изделия, с наименьшими затратами времени на его чтение;

- рациональное изображение на чертеже формы и отдельных элементов детали (выбор главного вида, количество изображений и расположение на листе);

- обоснованный и экономный выбор формата;

- хорошую графику, которая предусматривает выполнение надписей, знаков, обозначений и линий чертежа по ГОСТам ЕСКД.

На кафедре инженерной и машинной графики при анализе чертежей с целью создания их оптимальных вариантов выявились следующие конкретные направления – резервы оптимизации выполнения и чтения конструкторской документации. Ощутимое сокращение трудозатрат на стадии проектирования можно получить, используя следующие направления:

- изображение на дополнительные плоскости. Это касается тех элементов, которые расположены под углом к основным плоскостям. Их следует выполнять на дополнительную плоскость, что позволяет видеть без искажения все элементы изображения и облегчает простановку размеров, а также дает возможность сократить трудозатраты на выполнение чертежа в 2 - 3 раза;

- соединение половины вида и разреза для симметричных деталей;

- правильный выбор и размещение главного изображения;

- правильный выбор количества изображений;

- применение местных изображений (видов, разрезов);

- четкая взаимосвязь изображений и размеров;

- правильное применение стандартизированной символики в черчении;

- правильное назначение наиболее выгодных габаритных размеров для деталей сложного контурного очертания (неправильная простановка габаритных размеров для таких деталей может привести к перерасходу материала);

- обоснованное применение половин симметричных изображений;

- поворот изделия в положение, удобное для его разметки, контроля размеров и процедирования при составлении чертежа;

- обоснованное применение изображений в развернутом виде, а также полных и частичных разверток и совмещение их с согнутым видом;

- исключение лишней информации на чертеже.

Важную роль в сокращении чертежных работ играет умелое использование условностей и упрощений в соответствии с последними изменениями в государственных стандартах (табл.).

Таблица

Условности и упрощения на чертежах

№ п/п	Условности и упрощения для сокращения количества изображений	Условности и упрощения для сокращения размера изображения (без учета масштаба)	Условности и упрощения, облегчающие выполнение изображения	Другие случаи
1	2	3	4	5
1	Применение условных знаков (□, ∅) позволяет ограничиться одним изображением цилиндрических, конических и призматических элементов	Если изображение является симметричной фигурой, то допускается вычерчивать лишь половину изображения	Если предмет имеет несколько одинаковых равномерно расположенных элементов, то разрешается вычерчивать полностью только один, два из них, а остальные - условно или упрощенно	Разрешается незначительную конусность или уклон изображать с увеличением
2	Одним видом можно выявить сферическую поверхность, если вынести перед знаком (R) знак сферы (○)	Чтобы сделать короче изображение длинной детали, не уменьшая масштаба, применяют разрыв. Разрывы деталей можно применять для изображения детали поперечного сечения	Допускается показывать часть детали с указанием количества элементов и их расположения	Допускается показывать как попавшие в разрез отверстия, расположенные в цилиндрическом элементе, даже если они не попали в секущую плоскость

1	2	3	4	5
3	Если нужно выделить на изображении детали плоскую поверхность, то ее отмечают тонкими сплошными пересекающимися линиями (диагоналями)	При вычерчивании детали с разрывом размерные линии не разрывают, проводя их сплошными	Если не требуется точного построения линии пересечения, то изображают упрощенно. Вместо лекальных кривых выполняют дуги окружности и прямые линии	При использовании повернутых изображений в их обозначении применяют специальный знак
4	Используя нанесение условного обозначения толщины ($s3$) и длины ($L300$), плоские детали и длинные предметы можно показывать одной проекцией		Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно (тонкая линия) или совсем не показывают	Использование знака развернутого при обозначении развертки или развернутого изображения
			На чертежах деталей со сплошной сеткой, рифлением и т.п. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением	
			Отверстия в ступицах зубчатых колес, а также шпоночные пазы - вместо полного изображения давать только контур отверстия паза	

Рассмотрим примеры выполнения чертежей и сравним исходные варианты с оптимальными (рис. 1). На первом примере (рис. 1а) целесообразно применить полный разрез и неполный вид сверху, имеющий две оси симметрии, экономия графической работы по сравнению с исходным вариантом составляет 30 %. Во втором примере (рис. 1б) – упорядоченный чертеж с применением правил изображения симметричных видов, многократно повторяющихся элементов и обозначения толщины плоской детали, экономия – 38 %.

Оптимизировать выполнение чертежей помогает использование компьютерной графики.

Студенты всех специальностей технического направления, изучив основы выполнения чертежа в I - II семестрах, осваивают программу автоматизированного выполнения конструкторской документации. На кафедре ИиМГ для оптимизации построения чертежей используют два программных продукта: «КОМПАС-ГРАФИК» и AutoCAD.

Основной акцент в практической части курса компьютерной графики должен быть сделан на изучение графических редакторов: программ, приспособленных для создания и ре-

дактирования компьютерных изображений. Необходимо упомянуть и о том, что работа с графическими редакторами неизбежно повышает общую компьютерную грамотность студента. Изучение программ, связанных с инженерной графикой, дает возможность увеличивать производительность труда студентов при выполнении технических чертежей, схем и т.п., увеличивать качество работы. Ведь программа автоматически выдерживает ГОСТы к линиям (тип, толщина), надписям, позволяет создать чертеж без помарок и погрешностей.

Современные редакторы предлагают различные штриховки, текстурные и узорные заливки, они снабжены развитой системой работы с цветом, что позволяет создавать разнообразные световые и цветовые эффекты. Многие графические редакторы позволяют вести работу с многослойными изображениями, что обеспечивает рациональное выполнение конструкторских документов.

Использование менеджера библиотек позволяет экономить время при выполнении схем, так как библиотеки содержат готовые изображения условных обозначений (рис. 2).

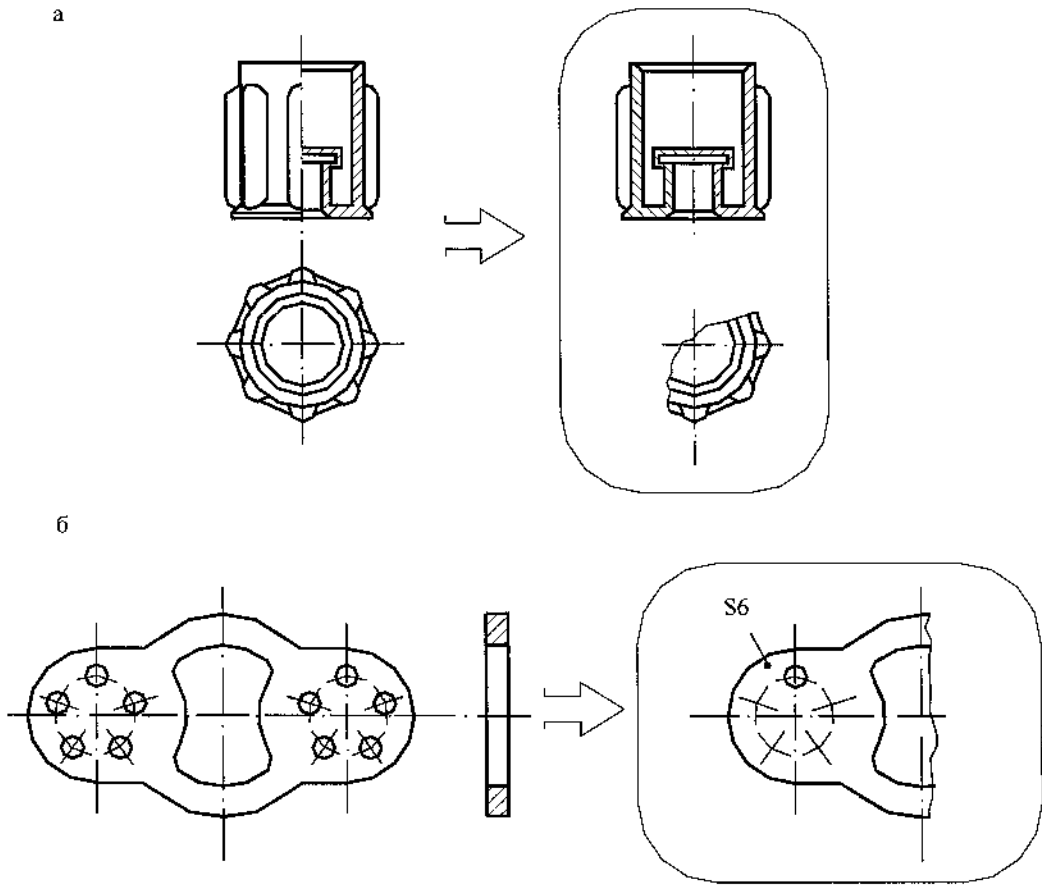


Рис. 1

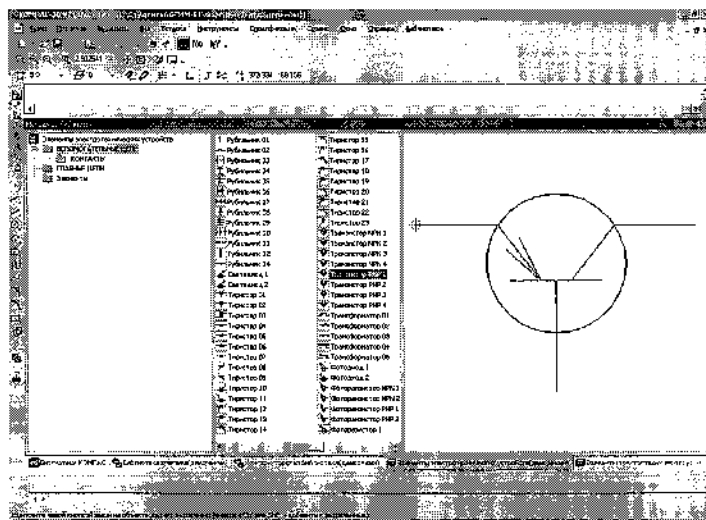


Рис. 2

При выполнении сборочных чертежей также целесообразно пользоваться менеджером библиотек, а именно - чертежами крепежных элементов (рис. 3).

Детализация сборочного чертежа также облегчается благодаря компьютерной графике. Достаточно скопировать нужную деталь из сборки (рис. 4, 5), а затем убрать лишние линии (рис. 6).

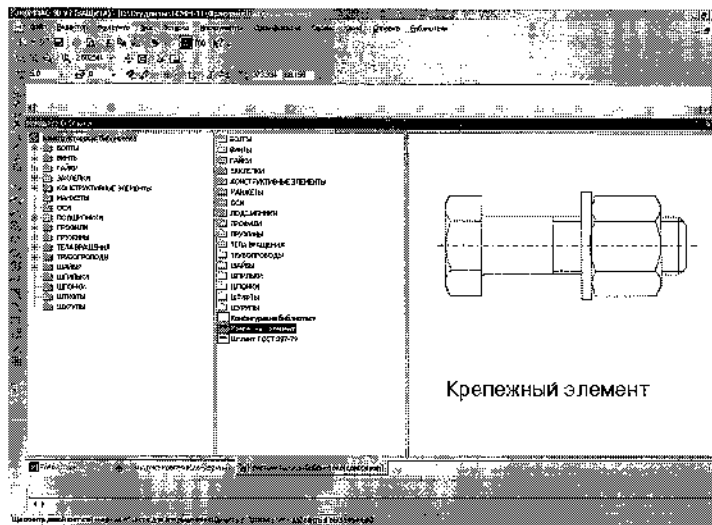


Рис. 3

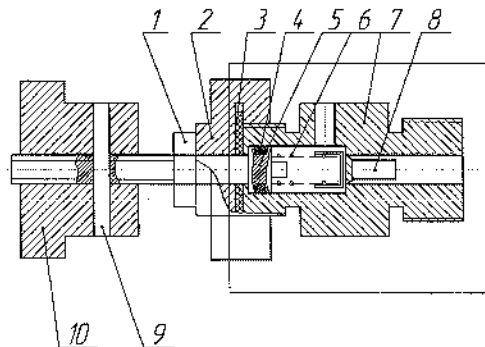


Рис. 4

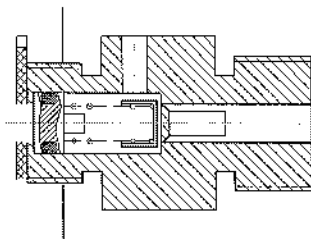


Рис. 5

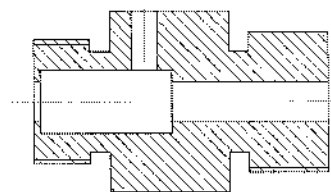


Рис. 6

На кафедре ИиМГ ЧГУ в преподавании инженерной и компьютерной графики особое внимание уделяется рассмотренным элементам оптимизации чертежей, что позволяет подготовить специалистов, способных выполнять

конструкторскую документацию в оптимальном варианте, требующем меньше затрат времени на чтение и создание чертежа.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗАЩИТЫ ДЕТАЛЕЙ ОТ ИЗНОСА ПРИ ВВЕДЕНИИ В ЗОНУ ТРЕНИЯ СЕРПЕНТИНО-МАГНИЕВОГО СОСТАВА

Износ деталей машин находится в прямой зависимости от физико-химических свойств трущихся материалов, условий работы узла трения и протекает под воздействием упруго-пластического деформирования и молекулярного взаимодействия контактирующих поверхностей. Изучение процессов, происходящих на поверхностях трения деталей под действием внешних динамических факторов, позволяет установить закономерности, влияющие на ресурс работающих деталей, и наметить пути его повышения. Рассматривая проблемы износа, следует считать, что трение в зоне контакта всегда сопровождается постоянной трансформацией механической работы в энергию внутренних процессов. Высокие температуры, генерируемые в зоне локальных контактов поверхностей, способны создавать условия для протекания окислительных, химических, электромагнитных явлений, которые при определенных граничных режимах работы механизма образуют на поверхностях деталей защитные противозносные слои [1].

Установлено [2], что при доставке смазки в зону контакта серпентино-магниевого состава (СМС) и при граничном нагрузочно-температурном режиме работы механизма на поверхностях железосодержащих материалов образуется защитный противозносный слой, получивший название серпентиномагниевого слоя (СМП). Слой образуется на атомно-молекулярном уровне и имеет более высокие механические свойства, чем материал деталей. В качестве энергетических источников образования СМП следует рассматривать процессы упругопластического деформирования работающих материалов, измельчение СМС, а также процессы избирательного переноса продуктов, носителем которых является смазка. При этом эффекты переноса тепла в микрообъемы смазки сопряжены с ударными явлениями, интенсивность которых зависит от

конструктивных особенностей и характера функционирования узла трения.

Установлено, что при ударных процессах в контакте при обработке механизмов СМС происходят следующие явления:

1) разрушение масляной пленки, вызывающей набегание одной шероховатости на другую;

2) измельчение СМС шероховатостями деталей, вызывающее вначале развитие трещины, а затем разрушение зерна. При этом создается энергия, воплощаемая в удар при входе шероховатости в контакт с другой частицей СМС.

Определяя условия, обеспечивающие процесс образования СМП, можно выделить два этапа, прописывающие образование защитного слоя. На первом этапе узел трения взаимодействует в составе трех тел: «сталь-смазка-сталь», без учета вида относительного перемещения СМС, а энергии трения недостаточно для протекания активных химических процессов с образованием СМП. На втором этапе работы процессы трения уже следует рассматривать при условии относительного перемещения частиц СМС, исходя из того, что величина «работающих» частиц СМС $10 \div 50$ мкм, толщина пленки «смазки» – $15 \div 60$ мкм, а шероховатость поверхности тел (сталь) соизмерима с этими же размерами.

Далее наблюдается рост коэффициента трения и, как следствие, рост температур с измельчением зерен СМС. При взаимном перемещении поверхностей в зонах их контактов должны быть созданы условия для протекания следующих процессов:

1) разрушение граничного слоя смазки;

2) слом пиков шероховатостей, упругопластическое деформирование, измельчение СМС и, как следствие, выделение тепловой энергии, приводящее к повышению температуры в зоне контакта ($400 \div 1100$ °С);

3) смещение фаз образований (слоев) на поверхности тела (стали) с возникновением электрических и магнитных полей;

4) механическое воздействие на частицу СМС - разрыв связей Si-O-Si; Si-O-OH-металл; Si-O-OH и др., образование в поверхностных и подповерхностных слоях контактирующих материалов продуктов химических реакций;

5) появление текучести металла, образование в надповерхностном, поверхностном и подповерхностном слоях зон для протекания химической реакции замещения с участием соединений Fe основного металла и химически активных соединений СМС, появление первых зерен СМП;

6) очистка зон контакта от продуктов предшествующего износа, утряска первичных зерен СМП в неровностях шероховатостей, образование сплошного слоя СМП;

7) нагрузочное упрочнение и выравнивание механических свойств СМП.

Для обеспечения контроля граничных условий образования СМП предлагается использовать измерительно-вычислительный комплекс ИВК 7607 «Кронверк», в котором в качестве диагностического параметра используется переходное омическое сопротивление разделяющего масляного слоя. Так как СМС обладает низким электрическим сопротивлением, а процесс наращивания защитного слоя СМП связан с уменьшением зазора в контакте, то величина электрического сопротивления позволит зарегистрировать процесс образования СМП и температуру в зоне локального контакта.

Рассмотрим процесс контроля с использованием ИВК 7607 на примере обработки подшипникового узла (рис. 1). До начала обработки амплитуда колебания электрического сопротивления R_1 в слое смазки составила 32 %, что объясняется значительной вибрацией вала в масляном зазоре (зона 1). При введении в масляный слой СМС происходит «падение» электрического сопротивления масляной пленки (рис. 1, зона 2).

Из графика видно, что амплитуда колебаний сопротивления R_2 в первоначальный период обработки повышается до 60 %, что объясняется всплесками температур в локальных зонах измельчения СМС и повышением коэффициента трения. После приработки и стаби-

лизации процесса наблюдается постепенное понижение амплитуды колебания электрического сопротивления до значения R_3 .

На поверхностях обрабатываемых деталей, при правильно выбранном режиме обработки, как правило, образуется слой СМП толщиной $10 \div 80$ мкм, что приводит к уменьшению толщины масляного слоя в контакте. Уменьшается концентрация СМС в смазке, идет процесс образования СМП, повышается электрическое сопротивление (рис. 1, зона 3).

Таким образом, из анализа графика контроля (рис. 1) следует, что повышение электрического сопротивления состава смазки с СМС и стабилизация его амплитуды колебания свидетельствуют о правильно выбранном режиме обработки, а тангенс угла наклона графика - об интенсивности процесса образования СМП. Выход графика на горизонтальный участок свидетельствует о прекращении процесса образования СМП. Как свидетельствуют результаты экспериментальных исследований, генерируемая температура должна быть ограничена предельными параметрами $873 \div 1073$ К.

Установлено, что трибохимическая реакция с образованием СМП протекает эффективно, если электрическое сопротивление слоя смазки не понижается до критической отметки, $20 \div 40$ кОм, а фракционный и дисперсный СМС соизмерим с зазорами в узле трения. В противном случае в слое смазки наблюдается эффект «туннельного» пробоя. В этом случае электромагнитные поля, созданные при измельчении СМС поверхностями работающих деталей, перестают удерживать валентные радикалы в зоне контакта, приводят к их нейтрализации в слое смазки и отложениям в фильтрующих системах.

Установлено [3], что на начальном этапе обработки деталей наблюдается интенсивное измельчение шероховатостями СМС и выделение в микрообъемы смазки импульсов энергии. Энергия, затраченная на раскол СМС, может в десятки раз превышать свободную поверхностную энергию. На короткое время температура в зоне локального контакта поверхностей (при соблюдении вышеперечисленных условий) достигает значения, превышающего точки плавления контактирующих материалов.

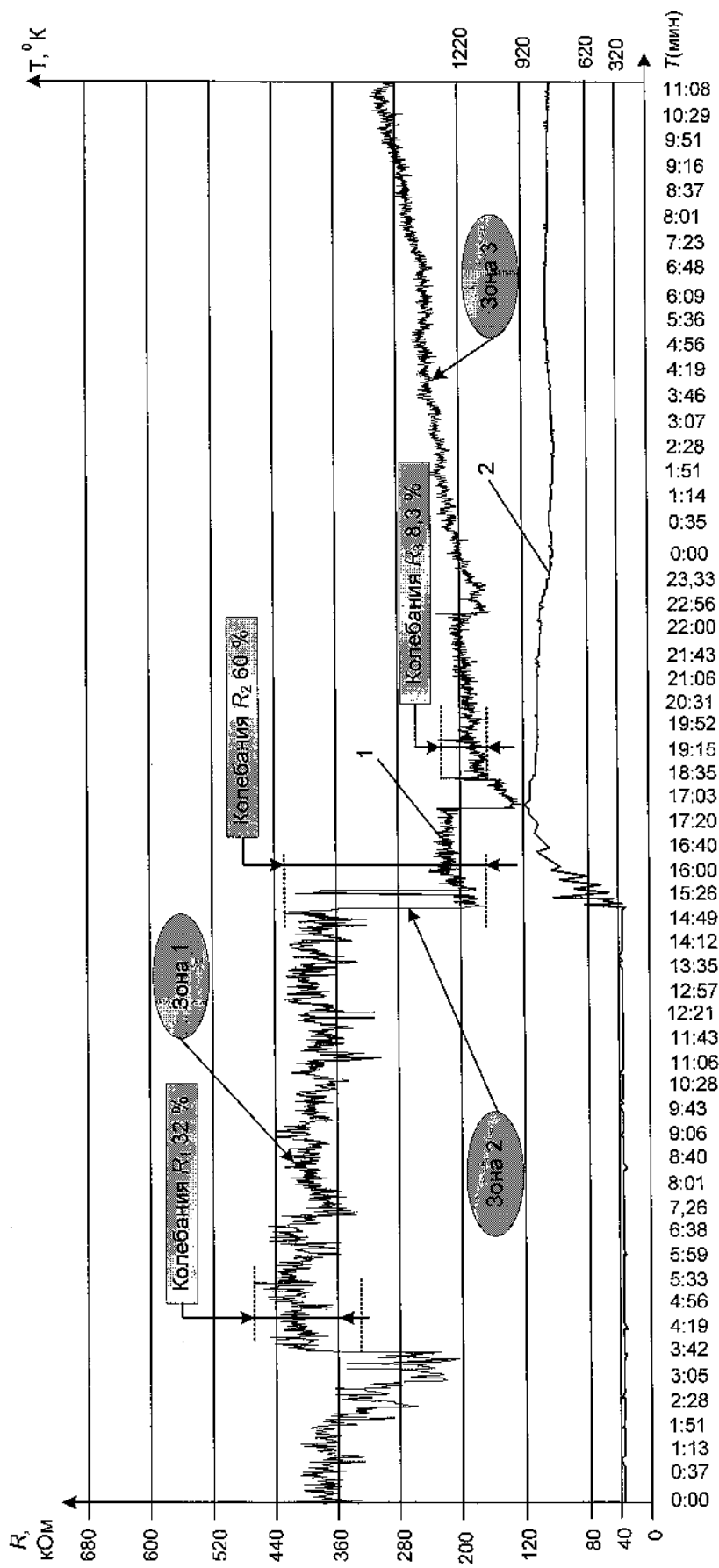


Рис. 1. График контроля режима обработки подшипникового узла СМС прибором ИВК 7607 «Кронверк»

Если предположить, что существует удельная поверхность локальных контактов твердого тела ($S_A + S_1$), определяемая внутренней и внешней поверхностью (рис. 2а) и доступная для жидкой фазы трибохимических процессов, то можно определить оптимально-предельную величину удельной поверхности контакта (S), влияющую на кинетику гетерогенных реакций, а следовательно, и на процессы образования СМП (рис. 2б) :

$$S = S_{\Pi} (1 - e^{-kt}), \quad (1)$$

где $S_{\Pi} = \frac{S_{np}}{M}$ - предельная поверхность локальных контактов; S_{np} - удельная предельная величина поверхности контакта СМС; M - масса вводимого СМС; k - константа; t - время приработки; $e = (1,6 \div 3)$ - параметр изменения зернистости за время приработки СМС.

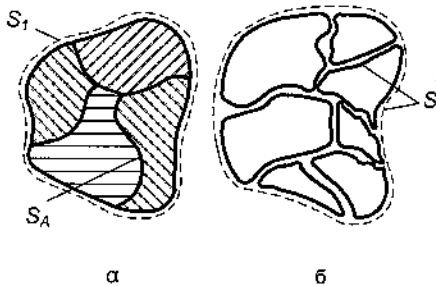


Рис. 2. Химически активная поверхность при измельчении СМС

Предельная величина поверхности контакта СМС с допустимой погрешностью может быть определена по выражению:

$$S_{\Pi} = \frac{\pi \cdot d_{cp}^2}{4n}, \quad (2)$$

где d_{cp} - средний диаметр зернистости СМС; n - коэффициент приведения поверхности контакта.

На процесс измельчения оказывают влияние толщина слоя и зернистость СМС. На основании проведенных экспериментов обработ-

ки поверхностей трения с использованием СМС был определен оптимальный размер зернистости ремонтного состава $20 \div 50$ мкм, при котором наблюдается устойчивый процесс образования СМП. Было установлено (рис. 3), что скорость измельчения снижается при увеличении толщины слоя СМС до 0,7 мм, а затем стабилизируется. Эксперимент проводился при значении удельной энергии $25,5$ Дж/м² и позволил установить - скорость измельчения СМС при фиксированном режиме обработки стабилизируется при толщине ремонтного слоя $h > 0,7 \div 1$ мм, а с увеличением зернистости - повышается. Длительность приработки, как правило, не превышает $5 \div 10$ мин.

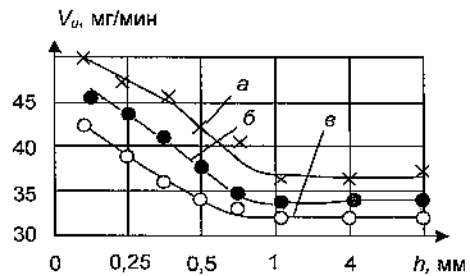


Рис. 3. Зависимость скорости измельчения состава от толщины слоя и зернистости СМС (d_{cp}): а - 50 мкм; б - 35 мкм; в - 20 мкм

Фракционный СМС определим из условия эквивалентности затраченной энергии и работы процесса измельчения СМС ($W_{уд} = L_{уд}$), а также соизмеримости толщины введенного СМС с высотой изношенного слоя узла трения ($h = h_{изн}$):

$$W_{уд} = P\Psi(h_0 - h),$$

где $W_{уд}$ - удельная энергия измельчения СМС; $P = F/S$ - давление в зоне химически активной поверхности контакта; Ψ - коэффициент вязкости состава смазки; h_0 - номинальный зазор в узле трения, м; F - внешняя нагрузка на узел трения, н.

Тогда удельная энергия с учетом выражения (1) запишется:

$$W_{уд} = \Psi \frac{F}{S_{\Pi} \cdot (1 - e^{-kt})} \cdot (h_0 - h). \quad (3)$$

Подставив выражение (2) в (3) и выразив из него $d_{\text{ср}}$, получим:

$$d_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{4\psi F(h_0 - h_{\text{сл}})}{\pi \cdot W_{\text{уд}} n (1 - e^{-kt})}}$$

В процессе трения энергия измельчения СМС и упругопластической деформации соударяющихся тел является источником контактного теплообразования при ударе.

Список литературы

1. Ребиндер П.А., Петрова Н.Н. Физико-химические основы явления износа трущихся поверхностей и смазки при высоких давлениях // Трение и износ в машинах. - М.; Л., 1939. - С. 164 - 187.
2. Шаров Г.И., Ерохин И.А., Осипенко Ю.В. Обоснование применения серпентиномагниевого состава (СМС) в узлах трения судовых ДВС: Материалы межотраслевой научно-технической конференции, посвященной 75-летию кафедры судовых ДВС и дизельных установок. - СПбГМТУ, 2005.
3. Гаркунов Д.Н. Повышение износостойкости на основе избирательного процесса. - М.: Машиностроение, 1977. - 212 с.

Раздел 5

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 661.525.66.045.5

Л.В. Кузнецов, А.А. Жулин
Череповецкий государственный университет
В.П. Самсонов
ОАО «Череповецкий «Азот»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГРАНУЛИРОВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКТА

Неблагоприятные физико-химические свойства нитрата аммония (высокие гигроскопичность, растворимость и физиологическая кислотность, наличие модификационных переходов [1]) существенно осложняют получение несслеживающейся аммиачной селитры – ценного азотного удобрения. На свойства гранулированного продукта оказывают влияние многие факторы: технологические (концентрация кондиционирующей добавки, расход воздуха на охлаждение в гранбашню и в аппарат «кипящий слой», температура гранул после аппарата КС, классификация продукта), внешние (влажность атмосферного воздуха), конструкционные (диаметр отверстий гранулятора) и другие.

Исследованы показатели качества и технологические показатели при получении аммиачной селитры марки Б в течение трех месяцев (февраль-апрель) в крупнотоннажном агрегате АС-72М ОАО «Череповецкий «Азот». Интервалы значений параметров процессов грануляции и охлаждения селитры по 315 технологическим режимам и соответствующих показателей качества приведены в табл.1 в сопоставлении с требованиями к качеству продукта по ГОСТу 2-85 [2]. Рассыпчатость всех образцов продукта была полной. Содержание магниевой добавки приведено в пересчете на

MgO. Данные по температуре, давлению и относительной влажности атмосферного воздуха за нужное время суток заимствованы на метеостанции г.Череповца.

Величину массы влаги в воздухе, поступающем в КС (т/ч), вычисляли по формуле:

$$W = \omega \cdot \gamma \cdot Q_{КС} \cdot 10^{-5},$$

где ω - абсолютная влажность воздуха при температуре T_B , г/м³ [3]; γ - относительная влажность воздуха при T_B , %; $Q_{КС}$ - расход воздуха в аппарат КС, тыс. м³/ч.

Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют о высоком качестве выпускаемой аммиачной селитры. Однако с учетом поставки продукта на экспорт и использования селитры в виде компонента тукосмесей предъявляется дополнительное повышенное требование (сверх требований ГОСТа 2-85) по содержанию фракции «2 - 4 мм»: не менее 95 % мас. В то же время в исследованный период времени содержание этой фракции в количестве не менее 95 % мас. наблюдалось только в 108 из 315 образцов. Классификация продукта позволила увеличить долю образцов, удовлетворяющих этому требованию, лишь на 3 + 4 %.

Показатели качества и технологические параметры при получении аммиачной селитры в ОАО «Череповецкий «Азот»

Наименование параметра	Обозначение и единица измерения	Интервал	Требования по ГОСТу 2-85
1. Прочность гранул	П, кг/гран	1,20 ÷ 1,71	Не менее 0,8
2. Содержание влаги (по методу сушки)	В, % мас.	0,11 ÷ 0,23	Не более 0,3
3. Содержание влаги (по методу Фишера)	F, % мас.	0,23 ÷ 0,43	-
4. Содержание магниезиальной добавки	Д, % мас.	0,29 ÷ 0,42	-
5. pH 10 %-ного раствора	pH, един.	5,5 ÷ 6,6	Не менее 5
6. Содержание фракции гранул «2 ÷ 4 мм»	Г, % мас.	88,2 ÷ 98,4	Не менее 80
7. Содержание фракции гранул «1 ÷ 4 мм»	Г*, % мас.	98,4 ÷ 99,9	Не менее 95
8. Масса влаги в воздухе, поступающем в аппарат КС	W, т/ч	0,112 ÷ 1,934	-
9. Температура атмосферного воздуха	T _в , °C	-22,5 ÷ +15,0	-
10. Расход воздуха в аппарат КС	Q _{кc} , тыс.м ³ /ч	96 ÷ 310	-
11. Расход воздуха через гранбашню	Q, тыс.м ³ /ч	267 ÷ 578	-
12. Производительность агрегата	G, т/ч	20 ÷ 50	-
13. Средний уровень плава в стояках	H, м	2,80 ÷ 4,80	-
14. Средний диаметр отверстий гранулятора	d, мм	1,20 ÷ 1,27	-
15. Температура селитры на входе в аппарат КС	T _{кc} , °C	104 ÷ 126	-
16. Температура селитры после аппарата КС	T, °C	11 ÷ 48	Не более 50

Для установления соответствия между различными показателями с целью дальнейшего повышения качества продукта были получены с помощью ЭВМ статистические модели, выражающие зависимости вида, например, $D = f(P, B, pH, G, G^*)$. По каждой зависимости выведены два эмпирических уравнения – для двух вариантов готовой селитры: I – продукт не подвергался классификации, II – продукт подвергался классификации. При выводе уравнений по варианту I массив данных включал в себя 175 режимов, а по варианту II – 140 режимов. Применимость моделей ограничивается интервалами значений параметров из табл.1. По уравнениям (1) ÷ (12) можно рассчитать показатели аммиачной селитры, не подвергавшейся классификации. Интервалы относительной погрешности расчета показателей по этим уравнениям приведены в табл. 2. Показатели селитры, подвергавшейся классификации и рассчитанные по соответствующим уравнениям (здесь не приводятся), определяются примерно с той же степенью точности.

$$P = 6,3716 - 0,5430B + 0,0188D - 0,0411pH + 0,00822G - 0,0500G^* + 0,0289W - 0,00032T_v +$$

$$+ 0,00002Q_{кc} + 0,000145Q - 0,00099G - 0,3736d - 0,00109T. \quad (1)$$

$$B = -0,0793 - 0,0666P + 0,232D - 0,0157pH + 0,00178G + 0,00209G^* + 0,00706W + 0,00015T_v + 0,000088Q_{кc} + 0,000122Q - 0,000021G - 0,094d + 0,00062T. \quad (2)$$

$$F = 0,3978 - 0,0412P + 0,3128D - 0,00977pH + 0,00202G - 0,00274G^* + 0,0185W + 0,00056T_v + 0,000089Q_{кc} + 0,000209Q + 0,00020G - 0,1197d + 0,00084T. \quad (3)$$

$$D = -1,6453 + 0,1141P^2 + 5,214B^2 + 0,0566pH^2 - 0,000248G^2 - 0,0001444G^{*2} - 0,3122P - 1,5546B - 0,6617pH + 0,0435G + 0,03795G^*. \quad (4)$$

$$pH = 7,3195 - 0,207P - 2,7089B + 2,4650D - 0,011951G - 0,001350G^*. \quad (5)$$

$$G = -178,412 + 5,959P + 10,532B - 10,3766D - 0,3208pH + 2,58522G^* - 0,1268W - 0,0493T_v + 0,00380Q_{кc} - 0,00500Q + 0,00449G + 9,609d + 0,0282T. \quad (6)$$

$$\Gamma^* = 91,791 - 1,309\Pi + 0,447B + 1,143D - 0,0105pH + 0,09330\Gamma - 0,0677W + 0,0079T_B + 0,000524Q_{кс} + 0,000032Q + 0,0022G + 0,201d - 0,0065T. \quad (7)$$

$$Q_{кс} = -839,26 + 14,843\Pi + 332,77B - 191,32D - 29,527pH + 2,281\Gamma + 9,7408\Gamma + 107,23W - 3,429T_B + 0,17515Q + 0,5386G - 7,788H - 52,33d - 1,219T. \quad (8)$$

$$Q = -278,57 + 72,567\Pi + 722,98B - 119,02D + 7,668pH - 4,5116\Gamma - 3,6766\Gamma^* - 19,195W + 0,0053T_B + 0,2916Q_{кс} + 1,433G + 52,769H + 776,89d + 0,143T. \quad (9)$$

$$d = 1,0095 - 0,00854\Pi - 0,0521B - 0,0598D - 0,02195pH + 0,000783\Gamma + 0,00454\Gamma^* - 0,00032W - 0,00032T_B - 0,000012Q_{кс} + 0,000105Q - 0,00038G - 0,0417H + 0,00026T. \quad (10)$$

$$T_{кс} = 361,275 + 0,007171\Gamma^{*2} + 5,8351W^2 + 0,00787T_B^2 - 0,0002275Q^2 - 0,01263G^2 - 13,413D + 1,385pH + 0,1795\Gamma - 3,9575\Gamma^* - 11,763W - 0,01575Q_{кс} + 0,1874Q + 1,1829G - 0,00992T. \quad (11)$$

$$T = 432,079 - 17,633\Pi + 96,587B - 10,524D - 9,265pH + 0,6704\Gamma - 4,2948\Gamma + 1,1023W + 0,1888T_B - 0,04956Q_{кс} + 0,003499Q - 0,01252G - 3,5148H + 45,784d. \quad (12)$$

Таблица 2

Относительная погрешность расчета показателей по уравнениям (1) ÷ (12)

Расчитываемый показатель	Номер уравнения	Относительная погрешность расчета, %
Π	(1)	0,1 ÷ 5
B	(2)	1 ÷ 25
F	(3)	1 ÷ 20
D	(4)	0,2 ÷ 11
pH	(5)	0,1 ÷ 0,7
Γ	(6)	0,2 ÷ 2,6
Γ*	(7)	0,01 ÷ 0,2
Q _{кс}	(8)	1 ÷ 30
Q	(9)	1 ÷ 20
d	(10)	0,2 ÷ 3,5
T _{кс}	(11)	0,4 ÷ 15
T	(12)	1 ÷ 26

Таким образом, использование на практике эмпирических моделей, полученных в результате исследования узла гранулирования и охлаждения аммиачной селитры в агрегате АС-72М, позволит выполнить анализ и оптимизацию этой химико-технологической системы с целью повышения качества продукта и улучшения технико-экономических показателей процесса.

Список литературы

1. Иванов М.Е., Олевский В.М. и др. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности. – М.: Химия, 1990. – 288 с.
2. ГОСТ 2-85. Селитра аммиачная. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов.
3. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1974. – 992 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ СВИНЦА ИЗ ОКСИДНО-КАРБОНАТНОГО КЕКА
ПУТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УГЛЕРОДОМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ**

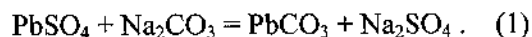
Получение цветных металлов из вторичных ресурсов является в настоящее время весьма актуальной задачей. Анализ экологической и экономической ситуации указывает на перспективность получения свинца из аккумуляторного лома, поскольку к настоящему времени нет какой-либо альтернативы применению свинцово-кислотных аккумуляторов в транспортных средствах различного назначения [1].

Современные технологические схемы переработки аккумуляторного лома предусматривают предварительную разделку батарей (после слива и обезвреживания электролита) на органическую, сульфатно-оксидную и металлическую фракции. Центральным вопросом при таком способе переработки становится извлечение свинца из оксидно-сульфатной фракции, в которую переходят активные массы положительных и отрицательных пластин. По данным работы [2], усредненный химический состав активной массы (в мас. %): Pb – 73,5; Sb – 0,3; As < 0,04; Cu – 0,1; Fe – 0,05; SO_4^{2-} – 16,7. Основными компонентами активной массы являются $PbSO_4$ и PbO_2 , в меньшей степени PbO - $PbSO_4$, Pb_2O_3 , Pb.

Оксиды свинца относятся к числу легко восстанавливающихся соединений, поскольку все оксиды, более богатые кислородом, чем глет (PbO), полностью разлагаются на PbO и O_2 при температурах выше 600 °C [3], а PbO реагирует с любыми углеродистыми восстановителями при достаточно низких температурах (700 – 750 °C). Наибольшую трудность при восстановлении сульфатно-оксидной фракции создает присутствие в системе сульфата свинца (II), так как активное восстановление $PbSO_4$ углеродом протекает при температуре более 1000 °C и одним из продуктов является весьма токсичный газ SO_2 . В связи с этим перед восстановительной плавкой целесообразно проведение операции десульфатации (обессеривания) свинецсодержащих продуктов.

В качестве десульфатирующего реагента возможно применение достаточно дешевого карбоната натрия [4] – [5], так как произведение растворимости карбоната свинца (II) значительно ниже произведения растворимости

$PbSO_4$. Оптимальными условиями проведения процесса являются: температура 50 °C, длительность взаимодействия веществ при интенсивном перемешивании 30 минут, соотношение твердого к жидкому 1 : 4, избыток десульфатирующего реагента 10 – 20 % по отношению к стехиометрически необходимому для протекания реакции



В работе [6] был изучен вопрос о влиянии степени измельчения активной массы отслуживших свой срок аккумуляторов на полноту удаления серы из твердой фазы в процессе десульфатации раствором карбоната натрия. Анализ полученных результатов показал, что содержание сульфат-ионов в сухом остатке после обработки активной массы раствором Na_2CO_3 (иначе в оксидно-карбонатном кеке) тем выше, чем больше размер частиц, и для наиболее полного удаления серы из массы рекомендовано поддерживать степень измельчения исходных материалов в пределах 0+2 мм.

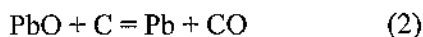
В зависимости от условий промывания и высушивания оксидно-карбонатного кека возможно образование либо гидроцеруссита $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$, либо так называемой двойной соли $NaPb_2(CO_3)_2OH$, что подтверждено результатами рентгенодифракционного анализа, приведенными в работе [7].

Таким образом, в состав оксидно-карбонатного кека входят PbO_2 (платтнерит, тетрагональная модификация), $PbCO_3$ (церуссит), $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$ (гидроцеруссит) либо двойная соль $NaPb_2(CO_3)_2OH$, а также возможно присутствие небольших количеств PbO и $PbSO_4$. Восстановление такой системы напрямую не имеет смысла, поскольку при нагревании выше 600 °C все компоненты, кроме PbO и $PbSO_4$, разлагаются и основной фазой после отжига при 600 °C в течение 2 часов становится желтая, орторомбическая модификация PbO (массикот) [7].

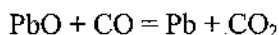
Механизм и кинетика твердофазного восстановления оксида свинца (II) изучались неоднократно. Наиболее ранними исследованиями

ми являются работы Е.Я. Роде [8] и А.Л. Цефта [9], в которых указывается, что восстановление PbO твердым углеродом в интервале температур 410 – 500 °С протекает в две стадии с образованием промежуточной фазы Pb₂O. Более поздние исследования, однако, не подтверждают этот факт.

М.М. Павлюченко и Н.А. Шелкановцевой [10] изучена кинетика восстановления PbO углеродом в интервале температур 550 – 700 °С. Авторами отмечается, что при температуре 550 °С процесс идет весьма медленно, а при 700 °С практически заканчивается за 20 минут. Зависимость скорости реакции от температуры описывается уравнением Аррениуса, средняя энергия активации реакции



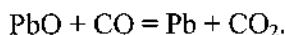
равна 278,5 кДж/моль. Авторами особенно подчеркивается решающая роль твердого углерода в процессе восстановления PbO, так как реакция



в данном температурном интервале протекает достаточно быстро и не может лимитировать скорость процесса, а реакция



при температурах ниже 800 °С не получает достаточного развития, чтобы обеспечить протекание реакции



Позднее авторы работы [11] изучали кинетику реакции (2) в интервале температур 540 – 660 °С и указали на значительное влияние степени измельчения исходных материалов на интенсивность восстановительного процесса. Так, уменьшение крупности оксида свинца от 1 – 2 мм до 0,25 – 0,50 мм повышает скорость процесса в три раза, а переход к фракции 0,07 мм вызывает дальнейшее повышение скорости реакции более чем в 10 раз. При этом измельчение восстановителя (графита) интенсифицирует процесс значительно сильнее, чем соответствующее измельчение оксида свинца (II).

А.Г. Морачевским с соавторами [12] изучено восстановление оксидов свинца (II) и (IV) твердым углеродом. Установлено, что температура начала и скорость протекания реакции

(2) зависят от количества вводимого восстановителя. Рекомендуемый температурный интервал достаточно интенсивного восстановления PbO лежит в пределах 600 – 700 °С.

В работе [13] с помощью снятия дериватографических кривых было изучено взаимодействие в системе PbO – C в присутствии характерной для аккумуляторного лома примеси оксида сурьмы (III). Автор показал, что присутствие Sb₂O₃ влияет на характер дериватографических кривых взаимодействия PbO с твердым углеродом. Процесс восстановления начинается при более низкой температуре (в среднем на 50 °С) и протекает по более сложному механизму.

Анализ литературных данных не позволяет сделать однозначный вывод об оптимальных условиях проведения восстановительной плавки оксидно-карбонатного кека, подвергнутого отжигу. Поэтому нами были предприняты дополнительные исследования, целью которых являлся подбор условий проведения процесса восстановления отожженного оксидно-карбонатного кека углеродом, которые обеспечивали бы максимальное извлечение свинца в виде металла.

Материалом для исследования служила активная масса с положительных и отрицательных пластин автомобильных аккумуляторов различных марок, измельченная до размера частиц менее 0,25 мм. Содержание сульфат-ионов, определенное турбидиметрическим методом [14], составило 16,7 мас. %, что в пересчете на PbSO₄ соответствует 52,6 мас. %.

Оксидно-сульфатную фракцию обрабатывали раствором карбоната натрия при температуре 50 °С в течение 30 минут. Навеску Na₂CO₃ марки «ч.д.а.» рассчитывали исходя из реакции (1) с учетом 20 % избытка, которую растворяли в таком объеме дистиллированной воды, чтобы соотношение «твердое : жидкое» составило 1 : 4. Все твердые и жидкие компоненты взвешивали на технических весах с точностью ±0,1 г. Процесс вели при интенсивном перемешивании с помощью магнитной мешалки. По окончании опыта твердая и жидкая фазы разделялись фильтрованием через два плотных фильтра (синяя лента). Твердый остаток промывали горячим раствором карбоната натрия (температура 60 – 70 °С) с содержанием соли 0,525 моль/кг, а затем высушивали в течение 2 часов при температуре 110 ± 10 °С.

В полученном таким способом оксидно-карбонатном кеке остаточное содержание сульфатной серы составило 1,96 мас. %. Проведенный рентгенодифракционный анализ по-

казал наличие таких фаз, как PbO_2 (тетр.), $PbCO_3$ (церуссит) и двойной соли $NaPb_2(CO_3)_2OH$. Далее рабочий материал выдерживали в муфельной печи при температуре $600\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 2 часов для разрушения всех неустойчивых соединений. Дифрактограмма отожженного оксидно-карбонатного кека показала наличие в качестве основной фазы PbO (массикот) и в незначительных количествах присутствие PbO тетрагональной модификации.

Во всех опытах восстановлению подвергали навеску массой 30 г, которую предварительно растирали в фарфоровой ступке с измельченным активированным углем (фракция менее 0,1 мм). Количество восстановителя рассчитывали исходя из реакции (2). Смесь реагентов в корундизовом тигле помещали в муфельную печь, нагретую до $740 - 750\text{ }^\circ\text{C}$. Через 30 минут смесь перемешивали для облегчения слияния корольков металла в слиток, вторичное перемешивание осуществляли через 70 минут. Общее время выдержки в печи варьировали от 80 до 140 минут. По окончании опыта свинец, присутствующий в виде компактного слитка, отделяли, а порошок с корольками переплавляли под слоем $NaOH$. Степень восстановления свинца определяли по общему количеству выплавленного свинца.

В первой серии опытов определяли оптимальное количество восстановителя. Анализ полученных данных показал, что при мольном отношении $[PbO] : [C] = 1 : 1$ количество выплавляемого свинца составляет $\approx 90\%$ от теоретически возможного. При введении избытка углерода до 10 мас. % от теоретически необходимого по реакции (2) степень извлечения металла повышается до 96 %. Дальнейшее повышение избыточного содержания восстановителя до 20 мас. % и 25 мас. % уменьшает выход металла до 94 %.

В следующей серии опытов для предотвращения выгорания восстановителя из поверхностного слоя в процессе нагревания реакционную смесь покрывали слоем угольного порошка толщиной 2 – 3 мм. При этом количество выплавленного свинца возросло до 98 %.

В заключительной серии опытов для облегчения слияния корольков металла во время плавки предварительно на дно корундизового тигля помещали небольшой свинцовый слиток (так называемую «затравку»). Анализ полученных данных показал, что эта мера позволяет повысить долю свинца, выплавляемого напрямую, а общая степень извлечения металла из оксидной фазы остается на прежнем уровне.

В каждой серии опытов варьировали время выдержки компонентов в печи от 80 до 140 минут. На основании большого числа опытов можно заключить, что 80 минут вполне достаточно для практически полного извлечения свинца из окисленного сырья.

Анализ полученных опытных данных позволяет дать следующие рекомендации относительно условий проведения процесса восстановления отожженного оксидно-карбонатного кека углеродом, которые обеспечивали бы максимальное извлечение свинца в виде металла:

- при температуре процесса $740 - 750\text{ }^\circ\text{C}$ время выдержки в печи может не превышать 80 минут;
- количество восстановителя в смеси следует брать с избытком 10 мас. % от теоретически необходимого;
- поверхностный слой реакционной смеси целесообразно укрывать тонким слоем углеродистого восстановителя;
- предварительное введение «затравки» не оказывает влияния на окончательный выход продукта.

Список литературы

1. Морачевский А.Г. Исследования в области переработки вторичного свинцового сырья: Сб. статей. - СПб., 2005. - 196 с.
2. Морачевский А.Г., Вайсгант З.И., Кореляков А.В. Экологические проблемы сбора и переработки вторичного свинецсодержащего сырья // Журнал прикладной химии. - 2000. - Т. 73. - № 7. - С. 1125 - 1130.
3. Мостович В.Я., Анисимов С.М. Металлургия свинца. - М.: Metallurgizdat, 1940. - 380 с.
4. 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.
5. Морачевский А.Г., Калько О.А., Кузнецова Ю.С. Поведение сурьмы при десульфатации активных масс лома свинцовых аккумуляторов с применением карбоната или гидроксида калия // Журнал прикладной химии. - 2004. - Т. 77. - № 6. - С. 1036 - 1037.
6. Калько О.А., Кузнецова Ю.С., Кунина Н.В. Изучение влияния степени измельчения активной массы лома свинцовых аккумуляторов на процесс десульфатации раствором карбоната натрия // Вестник ЧГУ. - 2006. - № 2 (11). - С. 42 - 44.
7. Морачевский А.Г., Вайсгант З.И., Уголков В.Л., Хабачев М.Н., Бочагина Е.В., Калько О.А., Кузнецова Ю.С. Восстановительные процессы при переработке активных масс лома свинцовых аккумуляторов // Журнал прикладной химии. - 2006. - Т. 79. - № 2. - С. 242 - 250.

8. Роде Е.Я. Термографическое исследование системы Pb - O // Журнал Русского физ.-хим. об-ва. - 1930. - Т. 62. - С. 1419 - 1434.

9. Цефт А.П. Изучение скоростей восстановления окислов цветных металлов // Труды Урал. индустр. ин-та (Свердловск). - 1944. - Вып. 18. - С.45 - 56.

10. Павлюченко М.М., Шелкановцева Н.А. Кинетика и механизм восстановления окиси свинца углеродом // Изв. АН Белорус. ССР. - Серия физ.-техн. наук. - 1962. - № 3. - С. 46 - 53.

11. Ашин А.К., Ростовцев С.Т., Костелов О.Л. Восстановление окиси свинца графитом

// Изв. вузов. - Цветная металлургия. - 1971. - № 5. - С. 50-53.

12. Морачевский А.Г., Калько О.А., Вайсгант З.И. Восстановление окислов свинца (II) и (IV) углеродом в твердой фазе // Журнал прикладной химии. - 1995. - Т. 68. - № 11. - С. 1899 - 1903.

13. Калько О.А. Изучение взаимодействия в системе PbO - C методом термогравиметрического анализа в присутствии Sb₂O₃ // Вестник ЧГУ. - 2003. - № 2 (5). - С. 67 - 69.

14. ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов. - М.: Изд-во стандартов, 1972.

УДК 66.011

Г.А. Котенко, Н.В. Левин, В.А. Котенко
Череповецкий государственный университет

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КАСКАДА РЕАКТОРОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ОТВАЛЬНОГО ФОСФОПОЛУГИДРАТА В УСЛОВИЯХ ОАО «АММОФOS»

На современном этапе развития мировой промышленности все большее значение принимают редкоземельные металлы и их соединения. В то же время объем их добычи увеличился незначительно, в результате чего разработанные месторождения в состоянии покрыть лишь 50 % спроса на редкоземельную продукцию [1]. Большая часть балансовых запасов редких земель России (до 70 %) содержится в лопарите и апатитовом концентрате Кольского полуострова. Апатитовый концентрат в основном перерабатывается по серноокислотной технологии с получением фосфорной кислоты. При этом до 85 % содержащихся в нем РЗЭ (что составляет приблизительно 30000 тонн в год) переходят в крупнотоннажный отход производства (фосфополугидрат или фосфогипс [2]), который практически не перерабатывается. Вместе с тем по содержанию и процентному составу редкоземельной продукции он богаче, чем лопарит [3], и не является радиоактивным. Извлечение редкоземельных металлов из отвального фосфополугидрата (ФПГ) позволит в значительной степени удовлетворить потребность в них российской и мировой промышленности.

Извлечение редких земель из ФПГ можно проводить выщелачиванием растворами минеральных кислот. Наиболее перспективными в этом отношении являются растворы серной кислоты средней концентрации 24 - 26 %, так как в них наблюдается наибольшее растворение РЗЭ за короткое время [2]. На основе ли-

тературных данных по извлечению РЗЭ в периодическом реакторе нами была разработана модель промышленного каскада.

При разработке модели были приняты следующие допущения.

– Интенсивное перемешивание в каждой ступени каскада обеспечивает однородный состав суспензии, который полностью соответствует ее составу на выходе.

– Время смешения пренебрежимо мало по сравнению со временем обработки.

– Объемные скорости потоков суспензии во внутренней и внешней циркуляции каждого аппарата постоянны.

Равновесное содержание солей редкоземельных металлов в растворах серной кислоты средней концентрации значительно выше содержания этих солей в фосфополугидрате [2], следовательно, можно принять, что в данных условиях они идеально и полностью растворимы. Таким образом, функция недорастворения, характеризующая долю вещества, не перешедшего в раствор, во времени будет иметь вид [4]:

$$\omega(\tau) = \left(1 - \frac{\tau}{\tau_0}\right)^3,$$

где τ – текущее время, мин; τ_0 – время полного или условно полного завершения процесса, мин.

Функция превращения соответственно:

$$\eta(\tau) = 1 - \omega(\tau) = 1 - \left(1 - \frac{\tau}{\tau_0}\right)$$

Для определения времени условно полного завершения процесса воспользуемся данными работы [2]. Согласно им максимальная концентрация солей РЗЭ в растворе при концентрации серной кислоты 26 % масс. достигается за 25 мин (рис. 1).

Общая степень превращения в каскаде реакторов идеального смешения описывается зависимостью [4]:

$$\varepsilon_N = 1 - \frac{1}{\bar{\tau}^N (N-1)!} \cdot \int_0^{\tau_0} \omega(\tau) \cdot \tau^{N-1} \cdot e^{-\frac{\tau}{\bar{\tau}}} d\tau,$$

где N – число ступеней каскада; $\bar{\tau}$ – среднее время пребывания ФПГ в реакторе, мин.

Общая степень превращения показывает, при каком среднем времени пребывания фос-

фополугидрата в реакторе и в каком количестве реакторов каскада достигается то же содержание солей редкоземельных металлов в растворе, как и в лабораторном реакторе периодического действия. Задаваясь величиной среднего времени пребывания, определяем число ступеней каскада. Среднее время пребывания фосфополугидрата в каскаде реакторов для данного процесса не должно превышать 25 минут, так как при более длительном пребывании смеси в каскаде соли редкоземельных элементов начнут самопроизвольно выпадать в осадок [2]. Так как для разделения полученной пульпы тоже необходимо определенное время (приблизительно 5 минут), то ограничим среднее время пребывания значением – 20 минут.

Зависимость общей степени превращения от среднего времени пребывания при разном количестве ступеней каскада приведена на рис. 2.

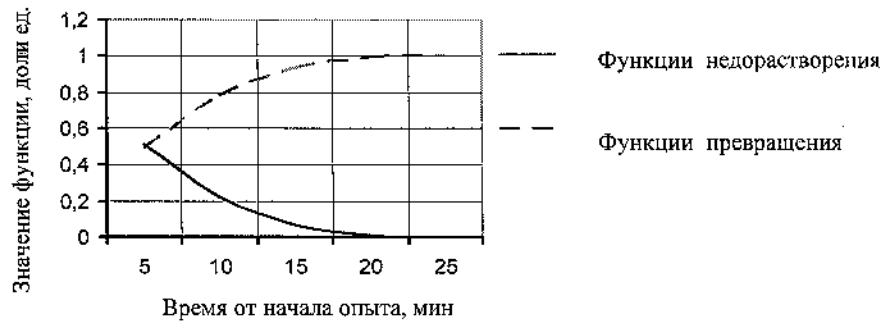


Рис. 1. Зависимость функции недорастворения и превращения от времени

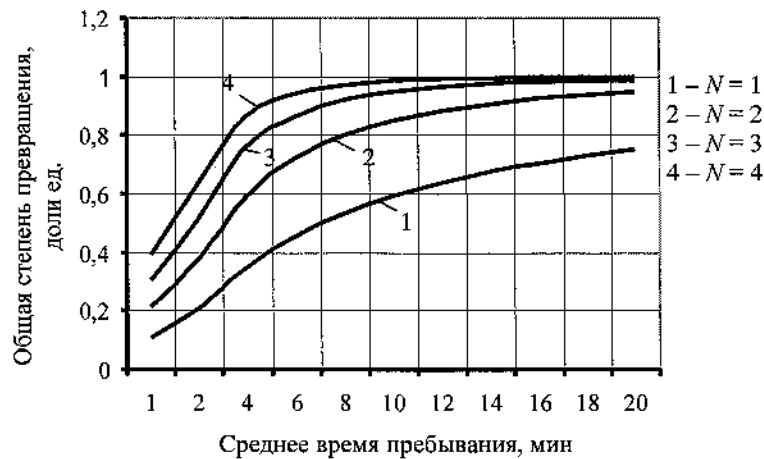


Рис. 2. Зависимость общей степени превращения от среднего времени пребывания

Из графика видно, что увеличение числа ступеней каскада позволяет достичь наиболее полного перехода солей редкоземельных металлов в раствор. Однако при значениях среднего времени пребывания, близких к максимуму, эта разница нивелируется. Так, при среднем времени пребывания в 20 минут разница в общей степени превращения для каскада, состоящего из 3 и 4 реакторов, составляет 0,8 %. Вместе с тем каскад, состоящий из большего числа реакторов, требует больших затрат на эксплуатацию.

Таким образом, согласно представленной модели наилучшим решением для промышленной схемы извлечения редкоземельных металлов из фосфополугидрата является каскад

из 3 реакторов со средним пребыванием смеси в реакторах 20 минут.

Список литературы

1. Дробот Д.В., Бушлаева Т.М. Редкие и платиновые металлы в XX–XXI вв. // Российский химический журнал. - Том XLV (2001). - № 2. <http://www.chem.msu.su>.
2. Локшин Э.П., Калинин В.Т. Физико-химическое обоснование и разработка экономически целесообразной технологии извлечения лантаноидов из фосфополугидрата. - <http://www.kolasc.net.ru>.
3. Дудкин О.Б. Комплексность минерального сырья и проблема техногенных месторождений Кольского региона. - <http://www.kolasc.net.ru>.
4. Твердофазные экстракторы: Инженерные методы расчета. – Л.: Химия, 1985. – 240 с.

УДК 66.011

В.А. Котенко, К.В. Аксентчик
Череповецкий государственный университет

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ГАЗА В ЦИКЛОННОЙ ТОПКЕ ДЛЯ СЖИГАНИЯ СЕРЫ

В химической промышленности при производстве серной кислоты первой стадией процесса является получение диоксида серы путем сжигания серосодержащего сырья, например, серы. Расплавленную серу сжигают в форсуночных, циклонных печах и котлопечных агрегатах, состоящих из топки и котла-утилизатора [1].

Важной характеристикой реактора является его объем. Уменьшение объема при сохранении или увеличении производительности приводит к повышению интенсивности работы реактора. Объем циклонных топок для сжигания серы, как правило, определяют по величине теплового напряжения топочного пространства (достигает $4,6 \text{ МВт/м}^3$) [1]. Однако в данном методе не учитываются особенности горения серы, что требует дополнительных расчетов для установления полноты выгорания серы в объеме.

Известно, что в общем случае расчет объемов аппаратов непрерывного действия производится по значению времени пребывания реакционной массы в аппарате [2]. При использовании данного метода для нахождения времени пребывания газа в циклонной топке воз-

никают трудности, связанные со сложностью процесса горения серы.

В настоящей работе предложен способ расчета времени пребывания газа в циклонной топке для сжигания серы в производстве серной кислоты. Формулы для расчета получены путем математического моделирования изучаемого процесса.

Моделирование проводилось в следующей последовательности. Вначале были проанализированы физико-химические основы сжигания серы. Установлены следующие особенности:

1) эффективность процесса горения серы определяется временем полного сгорания каждой ее капли [3];

2) процесс горения капли состоит из отдельных последовательных стадий: смешение капель жидкой серы с воздухом; прогрев этих капель и испарение; термическое расщепление паров серы; образование газовой фазы и воспламенение ее; горение газовой фазы. Причем перечисленные стадии неотделимы друг от друга и протекают почти одновременно и параллельно [3];

3) время прогрева капли $\tau_{\text{прог}}$ определяет длительность подготовки ее к горению и зави-

сит от температуры и начального диаметра каплей [1];

4) время испарения $\tau_{исп}$ существенно зависит от температуры. Для мелких каплей оно значительно меньше времени их пребывания в топочной камере [1];

5) при высоких температурах скорость химической реакции окисления серы больше скорости физических процессов [3];

6) капли диаметром менее 0,1 мм сгорают в диффузионном режиме, а более 0,1 мм – во взрывном [4].

Таким образом, общая скорость процесса горения определяется процессами массо- и теплообдачи [3].

Для определения лимитирующей стадии процесса горения серы, протекающего в диффузионном режиме, выполнено сравнение длительности массообменных (испарение) и теплообменных (прогрев каплей) стадий на основании экспериментальных данных [1]. Установлено, что для каплей с начальным диаметром от 0,01 до 0,1 мм наиболее продолжительной стадией является их прогрев.

Следовательно, время пребывания газа в топке не может быть меньше $\tau_{прог}$:

$$\tau_{преб} \geq \tau_{прог}.$$

На основании предположения, что время прогрева в N раз превышает время сгорания единичных каплей, получена следующая формула:

$$\tau_{прог} = N \cdot \tau_{сгор},$$

где N – вспомогательный коэффициент, зависящий от начального диаметра каплей и температуры; $\tau_{сгор}$ – время сгорания единичных каплей, с. Например, при 1200 °С в интервале начальных диаметров 0,01 - 0,1 мм значение N изменяется от 65,14 до 60,45.

Для аппроксимации полученных значений коэффициента N выбрана функция вида:

$$N = a \cdot \exp(-b \cdot d_H) + c,$$

где a, b, c – коэффициенты, зависящие от температуры; d_H – начальный диаметр каплей серы, мм. В интервале температур 1000 - 1300 °С средние значения a, b, c равны 47,631, -171,521 и 56,729 соответственно.

Время сгорания единичных каплей $\tau_{сгор}$ может быть рассчитано по известной зависимости [4]:

$$\tau_{сгор} = \frac{d_H^2}{K},$$

где K – константа скорости горения, мм²/с.

Далее ставилась задача проверить адекватность разработанной модели. Проверка заключалась в расчете степени выгорания серы по методике, подробно изложенной в [5], [6]. В качестве циклонной топки взята топка котла РКС 95/4,0-400. Результаты моделирования представлены на рис. 1, 2.

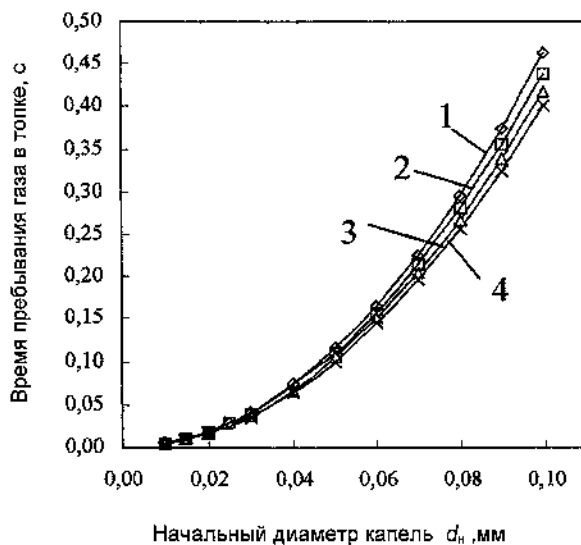


Рис. 1. Влияние начального диаметра каплей на время пребывания газа в топке при разных температурах: 1 – 1000 °С; 2 – 1100 °С; 3 – 1200 °С; 4 – 1300 °С

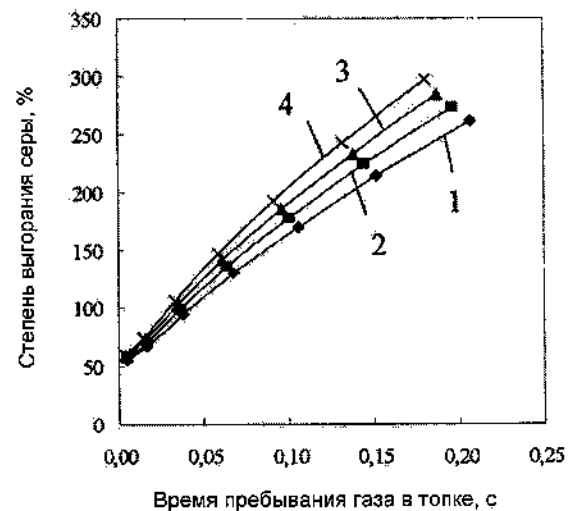


Рис. 2. Зависимости степени выгорания серы от времени пребывания газа в топке: 1 – 1000 °С; 2 – 1100 °С; 3 – 1200 °С; 4 – 1300 °С

Как видно из рис. 1, для начального диаметра капель серы $d_{\text{н}} = 0,1$ мм время пребывания газа в топке составляет 0,40 - 0,47 с в зависимости от температуры. Из рис. 2 видно, что для полного выгорания серы время пребывания газа в циклонной топке должно быть при 1000 °С – не менее 0,044 с, а при 1300 °С – не менее 0,029 с. Данные значения соответствуют $d_{\text{н}} = 0,032$ мм и $d_{\text{н}} = 0,028$ мм. В котлах РКС $d_{\text{н}} \approx 0,1$ мм, а время пребывания газа в топке в среднем составляет 0,4 - 0,5 с (рассчитано по данным [7]).

График, представленный на рис. 2, условно показывает, что в действующем агрегате полное выгорание серы происходит уже в циклонах, а переходная камера служит исключительно для смешения газовых потоков и выравниванию скоростей, т. е. существует большой запас по объему топки (примерно в 3 раза) и соответственно по длине пути частиц серы L , который связан со степенью выгорания формулой [5]:

$$n = \frac{L}{L^*} \cdot 100,$$

где L - суммарная длина пути частиц серы; L^* - длина пути потока газа, необходимого для полного выгорания серы.

Таким образом, конструкция топки при последующем проектировании может быть изменена и оптимизирована с учетом полученных результатов моделирования.

Реализация модели и проверка ее адекватности осуществлена в среде Mathcad. Разработанная математическая модель позволяет рассчитывать время пребывания газа в циклонных топках для сжигания серы при температурах 1000 - 1300 °С и давлениях, близких к атмосферному, в интервале начальных диаметров капель 0,02 - 0,1 мм.

Список литературы

1. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. – М.: Химия, 1985. – 384 с.
2. Основы проектирования химических производств: Учебник для вузов / Под ред. А. И. Михайличенко. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 332 с.
3. Шварцштейн Я.В., Кузьмин Г.А. Получение сернистого газа из элементарной серы. - М.: Химия, 1972. – 160 с.
4. Шелякин А.П. и др. Горение капель серы и переход диффузионного горения во взрывное // Журнал прикладной химии. – 1984. – № 4. – С. 919 - 921.
5. Васильев Б.Т., Шелякин А.П., Добросельская Н.П. Сера как сырье для производства серной кислоты (свойства, способы получения, подготовка серы и кинетика ее горения). - Обзор. инф. серия «Минеральные удобрения и серная кислота». – М.: НИИТЭХИМ, 1985. – 45 с.
6. Шелякин А.П., Васильев Б.Т., Воротников А.Г. Горение диспергированной жидкой серы в циклонной камере под давлением // Журнал прикладной химии. – 1980. - № 4. – С. 813 - 816.
7. Филатов Ю.В. и др. Опыт эксплуатации реконструированных сернокислотных систем на сере с использованием энерготехнологических котлов РКС-95/40 // Мир серы, N, P и K. – 2005. – № 2. – С. 9 - 17.

УДК 669.04+532.5

В.Р. Аншелес, А.С. Андреев
Череповецкий государственный университет

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Как известно, при моделировании любой технической системы ее полезно рассмотреть с позиции энергоресурсосбережения, а оценке стратегических направлений энергоресурсосбережения должна предшествовать разработка моделей с высоким уровнем формализации исследуемых технологических объектов [2].

Но на стадии формализации в число определяющих параметров энерготехнологического объекта обычно включаются параметры, характеризующие текущую конъюнктуру рын-

ка. Поэтому зачастую высокоэффективные энергетически и гуманные, с точки зрения экологии, системы считаются дорогостоящими и не реализуются в должной мере. Уже в этой связи следует говорить о том, что *изменчивость во времени конъюнктуры рынка при прогножном моделировании необходимо учитывать специальным образом.*

Характерным примером систем, иллюстрирующим сказанное, являются теплоэнергетические объекты, в которых для получения

коммерческой тепловой энергии используют невозобновляемые природные ресурсы, например природный газ, нефть и нефтепродукты. Такие системы являются крупными потребителями топлива и соответственно очень мощными источниками теплового загрязнения окружающей среды. Одновременно при сжигании даже экологически относительно чистого топлива в атмосферу в больших масштабах выводятся продукты сгорания, содержащие окислы углерода, которые, накапливаясь в атмосфере, угрожающе влияют на климат.

В традиционных котельных агрегатах количество производимой коммерческой теплоты определяется низшей теплотой сгорания используемого топлива. В конечном итоге произведенная теплота на стадии потребления полностью сбрасывается в окружающую среду, увеличивая уровень ее теплового загрязнения.

Характерно, что при таком производстве *абсолютно не используются практически неисчерпаемые запасы тепла, сосредоточенные* в самой окружающей среде. Объективно это является основным недостатком традиционной технологии получения коммерческой теплоты. Очевидный недостаток технологии рынок покрывает непрерывным ростом цен на теплоэнергию и энергоносители. Таким образом, проявляется «субъективная» составляющая в оценке эффективности теплоэнергетических объектов.

Вряд ли с учетом перспективы можно согласиться с объективностью такой оценки эффективности сжигания топлива. А значит, необходимо широко внедрять в практику такие

технологии, которые обеспечат возврат части сброшенной в окружающую среду теплоты в технологические процессы (в частности, в процессы теплофикации). Тем более что такие технологии известны и опробованы как в мировой, так и отечественной практике. Речь идет о технологии, использующей утилизацию и трансформацию теплоты, которая осуществляется, например, с использованием абсорбционных тепловых насосов.

Проведем исследование рассматриваемого объекта в соответствии с рекомендациями, изложенными в [1]. Если не учитывать денежных затрат, то для оценки эффективности технологии достаточно представить исследуемый реальный объект в виде формализованной модели – *формализованного теплового насоса*. При этом окружающая среда включается в формализованный тепловой насос в качестве системного элемента. Структура формализованного абсорбционного теплового насоса представлена на рис. 1.

Под техническим устройством понимается реальный *абсорбционный* тепловой насос с известными конструктивными элементами. Техническое устройство как системный элемент выполняет функцию суммирования теплоты горения топлива с теплотой, отбираемой от окружающей среды (холодного источника) при одновременной ее трансформации. Трансформация теплоты заключается в том, что потенциал теплоты высокотемпературного источника понижается, а потенциал теплоты холодного источника повышается до температуры, используемой, например, в сетях теплофикации.

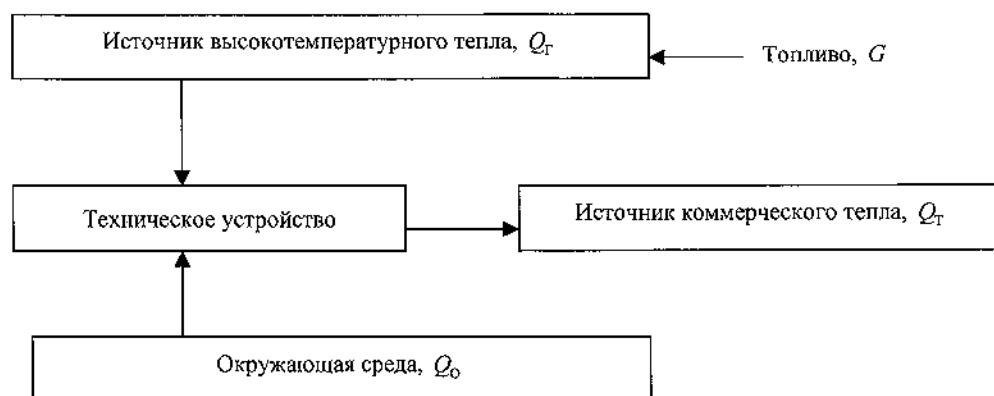


Рис. 1. Структурная схема абсорбционного теплового насоса

При разработке формализованной модели из всего многообразия параметров, характеризующих теплоэнергетический объект, в качестве объективных определяющих параметров достаточно принять:

1. Теплота горячего источника теплоты, Q_T .
2. Коэффициент трансформации теплоты, μ .
3. Используемая теплота окружающей среды, Q_O .
4. Полученная коммерческая теплота, Q_T .

Математическая модель для оценки эффективности абсорбционного теплового насоса имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} Q_T &= Q_T \cdot (1 + \mu), \\ Q_O &= Q_T \cdot (\mu - 1). \end{aligned} \right\}$$

При этом теплота горячего источника теплоты и расход топлива связаны простой зависимостью:

$$Q_T = G \cdot q,$$

где G - расход топлива; q - низшая теплота сгорания топлива.

Коэффициент трансформации μ зависит от степени термодинамической необратимости протекающих в устройстве процессов и на практике может достигать 1,7 - 2,2. Отсюда следует, что использование указанной технологии получения теплоты позволяет в 1,7 - 2,2 раза снизить расход топлива по сравнению с традиционной технологией. При этом соответственно снизится и степень теплового загрязнения окружающей среды и во столько же раз уменьшится количество вредных выбросов в атмосферу.

Несмотря на очевидные, с точки зрения объективных показателей, достоинства указанных технологий, их внедрение сдерживается не только традиционностью и субъективными факторами. Просто назрела необходимость радикальной переоценки отношения к энергоресурсосбережению и охране окружающей среды, особенно в теплоэнергетике.

Мы предлагаем при разработке формализованных моделей энергоресурсосберегающих технологических объектов проводить декомпозицию определяющих параметров на два класса - класс объективных параметров (количественных) и класс субъективных параметров (денежных).

Объективные показатели позволяют оценить эффективность технической системы с позиции энергоресурсосбережения и негативного влияния ее на окружающую среду. Субъективные показатели позволяют оценить возможность внедрения систем в существующих рыночных отношениях и сделать прогноз развития негативных последствий сброса теплоты в окружающую среду на увеличение затрат, связанных с преодолением этих последствий в будущем.

Таким образом, уже на стадии моделирования обращается внимание на противоречивость объективных и субъективных показателей. Для повышения объективности в планировании развития подобных технических систем *предлагается в первую очередь учитывать объективные показатели*, но не абстрагироваться от рынка.

Дело в том, что внедрение прогрессивных технологий, в том числе и технологий, использующих трансформацию теплоты, связано со значительными финансовыми затратами и расходами электроэнергии. Поэтому изыскание первоначальных денежных ресурсов для развития системы должно рассматриваться с использованием расширенной модели, учитывающей динамику рынка. В этой модели исследуемый энергоресурсосберегающий объект является функциональным системным элементом, который финансируется *путем изъятия необходимых средств из других системных источников*.

Представленный подход целесообразен при моделировании систем, входящих в достаточно крупные социально-экономические объекты (область, город, крупное предприятие), и требует одновременно оценки нескольких видов энергии, например, тепловой и электрической. Вместе с тем нельзя исключать его применение для моделирования технических систем хозяйствующих объектов меньших масштабов, особенно при наличии вторичных энергетических ресурсов.

Известно, что Россия и ее северные и северо-западные регионы - территории с суровыми климатическими условиями. Холодная зима требует и больших затрат на транспорт теплоты [2], удельные затраты теплоты на выпуск продукции у нас в 2 - 4 раза больше. К примеру, если считать удельное теплотребление на коммунальные нужды в России равным 100 %, то в США оно всего 34 % (при той же степени теплоизоляции), в Англии - 35 %, в Дании - 63 %.

Поэтому в 1994 г. Россия планировала до 2005 г. построить 13105 МВт современных

газотурбинных энергоблоков и энергоблоков комбинированного цикла [5], на которых можно было бы максимально реализовать идеи теплоэнергосбережения и использовать низкопотенциальную теплоту для целей теплофикации. Но практически лишь в 2000 г. был введен в строй один парогазовый энергоблок (450 МВт) на Северо-Западной ТЭЦ, в Санкт-Петербурге. Чтобы реализовать этот проект, потребовалось около 20 лет, а удельная стоимость, по некоторым источникам, оценивается в \$1600 за кВт, что не ниже зарубежных цен [6].

В мире же более 20 % электроэнергии вырабатывается с использованием газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) установок. Доля установленных в России ГТУ-ТЭЦ составляет около 1% общей мощности тепловых электростанций [7].

Теплофикация, или энергоснабжение на базе комбинированной, совместной выработки электрической и тепловой энергии в одной установке, развивается в России с начала прошлого века. Средний показатель теплофикации страны еще в советское время «застыл» на уровне 35 %, т.к. традиционное развитие энергетики на основе крупных энергоблоков не позволит распространить теплоснабжение от ТЭЦ в малые города, поселки и села, а они - основная база неосвоенного энергопотребления.

Схема отдельного электроснабжения от ТЭС и теплоснабжения от котельных, конечно, менее эффективна с точки зрения энергосбережения и экономична, чем от ТЭЦ, и поэтому выработка электроэнергии на тепловом потреблении в РАО «ЕЭС России» составляет около 50 % [10]. Однако известно, что надстройка промышленных и отопительных котельных газотурбинными и газопоршневыми энергоблоками позволяет получить коэффициент использования топлива 80 % и более.

Как известно, приближение генерирующего источника к потребителю уменьшает затраты и на строительство распределительных сетей. Это важно, так как стоимость получаемой потребителем электроэнергии в России в 2 - 2,5 раза выше, чем стоимость ее производства на электростанции, за счет затрат при передаче ее по сетям, а стоимость теплоты удваивается за счет потерь и затрат на эксплуатацию теплосети.

За последние 7 лет многие энергетики предприятий-потребителей осознали необходимость строительства автономных энергоисточников. Рост тарифов на теплоту вынудил многие промышленные предприятия к строи-

тельству собственных котельных. Такая тенденция отмечается последние 10 лет. Собственная теплота обходится в 2 - 4 раза дешевле. Это в свою очередь привело к тому, что на многих ТЭЦ на противодавленческих турбинах уменьшилось производство электроэнергии, а это серьезный удар по их экономической эффективности [3].

Так, работу по строительству собственных энергоисточников проводят крупные корпорации. Газпром еще несколько лет назад создал специальную структуру «Газпромэнерго» и планомерно развивает программу строительства газотурбинных и газопоршневых энергоустановок в основном на базе отечественных разработок. Правда, это связано с тем, что природный газ является собственностью Газпрома и указанные электростанции создаются на перекачивающих этот газ магистралах. В некоторых случаях такие агрегаты используются для привода мощных компрессорных установок, входящих в состав магистралей.

В концепции «Энергетическая стратегия России до 2010 г.», принятой в 1994 г., отмечено, что 50 % российской территории – зоны децентрализованного энергоснабжения. К таким относятся северные малонаселенные области. Россия имеет многолетний опыт строительства и эксплуатации малых дизельных и газотурбинных электростанций 0,5 - 72 МВт в северных районах страны. Но малые электростанции строятся не только там, но и на некоторых предприятиях в центральной России. Можно согласиться с выводом, сделанным автором одной из статей на эту тему [1], что Россия нуждается в тысячах малых ТЭЦ. Их строительство решит ряд проблем: обеспечит экономию топлива, будет отвечать задачам природосбережения, сэкономит инвестиции и создаст независимых энергопроизводителей — новых участников рынка электроэнергии. Кроме того, это прекрасная возможность привлечения дополнительных финансовых ресурсов. Современные автоматизированные генерирующие источники, распределенные по территории региона, повышают надежность энергоснабжения. Использование малой энергетики будет способствовать постепенному освоению современных технологий энергетики.

В то же время авторы другой статьи [13] считают, что собственные электростанции предприятий вряд ли создадут полноценный рынок электроэнергии, но издержки предприятия уменьшить все-таки смогут.

Все согласны с тем, что рынок электроэнергии нужно демонополизировать, хотя бы в области генерации электроэнергии. Однако рест-

руктуризация РАО «ЕЭС России», предназначенная в том числе и для этого, еще только начинается. Между тем монополизация энергетического рынка идет в стране стихийно. В разных городах Северо-Запада, в том числе в Петербурге и Череповце, крупные предприятия строят, собираются построить или уже построили собственные электростанции.

Практически все директора, проявляющие подобную инициативу, уверены, что при собственном производстве электроэнергии им обойдется дешевле по сравнению с тарифами монополиста. И это подтверждается на практике. Например, на ОАО «Звезда» свое электричество стоит примерно на 30 - 40 % ниже тарифов «Ленэнерго», а себестоимость производства энергии на Кировском заводе, по словам генерального директора предприятия Петра Семеновича, - ниже в 3,5 раза [13].

Относительная дороговизна электроэнергии «Ленэнерго» объясняется, по мнению некоторых авторов [13], сохраняющимся в компании внутренним перекрестным субсидированием - огромные затраты на содержание городских тепловых сетей частично перекладываются на производство электроэнергии. Что касается огромного (почти в два раза!) различия между показателями «Звезды» и Кировского завода, то оно объясняется использованием собственного тепла, выделяющегося в сталеплавильном производстве.

Естественно, строительство собственных электростанций - предприятий «с нуля» - наталкивается на большие проблемы. Цена установленного киловатта, по словам начальника лаборатории НИИ постоянного тока Михаила Мазурова, обходится в 600 - 1000 долларов, а за всю парогазовую установку мощностью 100 МВт надо выложить примерно 50 - 60 млн. долларов [3]. К тому же окупаемость проекта сильно зависит от разницы в ценах собственного энергопроизводства и тарифов монополиста, а эта разница может непредсказуемо сокращаться или расти из-за политики властей. Повышение цен на газ сразу увеличивает себестоимость собственного производства, тогда как тарифы РАО ЕЭС и его энергокомпаний власти меняют с учетом политических интересов, зачастую медленнее роста себестоимости энергопроизводства. По его мнению, при нынешних условиях строить электростанции будут за редчайшими исключениями лишь те предприятия, индустриальный и «тепловой» потенциал которых позволяет им это делать. Большинство же пойдет по пути энергосбережения - снижать энергозатраты будут не соз-

данием собственного энергопроизводства, а внедрением энергосберегающих технологий в основном производстве.

Прогнозы западных и отечественных экономистов показывают, что вступление России в ВТО приведет к расширению международного разделения труда, увеличению объема и сферы инвестиционной деятельности, в частности с использованием иностранных инвестиций. Всё это приведет к резкому росту энергопотребления не только в столице страны, Санкт-Петербурге и других крупных промышленных центрах, о проблемах которых в этой области широко известно, но в некоторых регионах, например, Вологодской области, где уже наметился и прогнозируется рост промышленного производства с созданием новых мощных энергопотребляющих комплексов. Так, например, холдинг «ФосАгро», которому принадлежат крупнейшие химические заводы области - ОАО «Череповецкий «Азот» и ОАО «Аммофос», - уже начал работы по созданию нового промышленного производства карбамида, расширяет и модернизирует основные производства аммиака, фосфорной и серной кислоты. Существенно реконструируется и наращивает свои мощности металлургический гигант - транснациональный холдинг «Северсталь-групп», в который помимо собственно ОАО «Северсталь» входят крупнейшие холдинги «Северсталь-метиз», «Северсталь-транс» (расположенные частично в Череповце), Ульяновский автозавод, Нижегородский моторный завод, металлургические предприятия в США, Венгрии и других странах. Поэтому череповецкий промышленный узел является и будет крупнейшим потребителем электро- и теплоэнергии в Вологодской области. Это связано с тем, что на его территории находятся крупнейшие предприятия этой области, но известно, что Вологодская область лишь наполовину способна удовлетворить свои потребности в электроэнергии собственными силами, остальную половину она покупает на стороне. Две линии электропередачи на 500 кВ, по которым осуществляется транспортировка электричества, давно не обеспечивают в полной мере запросы производственной и социальной сфер [14]. Более того, существует прямая угроза остановки промышленных предприятий Вологды и Череповца, если вдруг одна из линий выйдет из строя. Однако, по данным [14], возможно скорое решение проблемы с нехваткой электрической энергии. С пуском 3-го энергетического блока Калининской АЭС стало возможным не только осуществить давние планы, но и рассчитывать на

дальнейший рост производственных мощностей Северной Магнитки.

Уже в 2004 - 2005 гг. сдан в эксплуатацию комплекс ВЛ 750 кВ «Калининская АЭС – Череповец». Напомним, что строительство этой высоковольтной линии было начато еще в 1993-м, но в 1999 году из-за недостаточного финансирования его приостанавливали. Эта высоковольтная линия расположена в 26 км севернее Череповца, в 3 км от деревни Малые Углы Череповецкого района. Общая протяженность линии электропередачи составляет 269,5 км, в том числе по территории Вологодской области - 128 км.

Если строители и энергетики вовремя построят ответвления от этой высоковольтной линии, то этим будет дан новый заряд всему промышленному узлу Вологодчины [14]. Однако строительство таких ответвлений потребует миллионных капиталовложений.

Эти данные дали основание председателю комитета энергетики департамента строительства и ЖКХ Вологодского областного правительства Игорю Воробьеву заявить в интервью информационному агентству «Regnum», что в области достаточно энерго мощностей для развития экономики [15]. Поэтому руководитель комитета считает, что в случае получения дешевой электроэнергии с Калининской АЭС строить свою атомную электростанцию или другие ЭС, работающие на альтернативных топливах, не имеет смысла, тем более что в 2006 году планировалось создание мини-ТЭЦ «Белый ручей» в Вытегорском районе, которая будет работать на отходах лесопроизводства. Последний проект пока не реализуется, и, на наш взгляд, оптимизм одного из руководителей энергетики Вологодской области не оправдан, тем более что нет уверенности, что введенные мощности Калининской АЭС будут использованы на нужды промышленности Вологодской области, а не будут применены для снижения дефицита электроэнергии в других областях Северо-Запада России или после вступления России в ВТО для продажи ее в Финляндию, страны Скандинавии и Балтии.

Более эффективной с энергосберегающей точки зрения является политика ОАО «Северсталь» [13], которая давно производит электроэнергию из выделяемой в металлургических процессах теплоты на собственной ТЭЦ. При общем потреблении комбинатом более 1400 МВт электроэнергии, 41 % металлургии производят собственными силами (теплом они обеспечивают себя на 100 %). Не называя точных сумм, на комбинате сообщили автору [13], что себестоимость производства своей элек-

тро-, теплоэнергии в два раза ниже тарифов монополиста, которым в Вологодской области является ОАО «Вологодская сбытовая компания». Поэтому производство электроэнергии из выбросов теплоты составляет на «Северстали» важнейший аспект программы энергосбережения. Сейчас внедрение соответствующих технологий сокращает энергопотребление на 7 - 8 % в год, а перспектива оценивается в 30 - 35 % [13].

Аналогичные мероприятия планируется провести и на крупных химических предприятиях региона: ОАО «Череповецкий «Азот» и ОАО «Аммофос». Причем на ОАО «Череповецкий «Азот» планируется создать собственную электростанцию на базе газотурбинных установок или парогазового цикла.

Известно, что на современном этапе развития общественного производства такие прогрессивные нововведения реализуются только в сложных, наукоемких продуктах и высоких технологиях, которые требуют корректной оценки степени оптимальности процесса. Наиболее эффективным методом такой оценки является технико-экономическая оценка, которая может быть выполнена на основе предлагаемой современной методологии, включающей в себя как эксергетическую, так и экономическую составляющие. Корректная оценка этих показателей занимает центральное место в процессе обоснования и выбора возможных вариантов инноваций в области усовершенствования и реконструкции существующих производств, т.е. требуется разработка таких методик оценки, которые не вызвали бы сомнений ни у отечественных, ни у западных инвесторов.

Такую методику для случая производства нового химического продукта мы разработали и опубликовали в виде монографии и используем ее для научных и учебных работ [19]. Ее модификация применена при оценке вариантов энергосберегающей технологии по модернизации и реконструкции установки по переработке газового конденсата в товарные продукты: нефрас, дизельное топливо и мазут.

Для решения проблем энергосбережения Вологодской области нами совместно с работниками ОАО «Череповецкий «Азот» и ЗАО «АгроЧереповец» разрабатываются на основе модификации этих расчетных методик ТЭО строительства собственной газотурбинной электростанции для этих предприятий и линий электропередач на ответвлениях от высоковольтных линий методом резонансной волновой передачи электрической энергии на повышенной частоте по однопроводной сети,

впервые предложенным Тесла. В обоих случаях показана высокая экономическая эффективность проектов за счет снижения себестоимости производства электро- и теплоэнергии и её потерь в подводящих и распределительных сетях, а также уменьшения капиталовложений. Все это свидетельствует о перспективности такого направления развития энергосбережения Вологодской области и может существенно повысить ее энергобезопасность.

Список литературы

1. Андреев А.С., Аншелес В.Р. Некоторые подходы при построении матричной модели производственных систем // Материалы II Междунар. науч.-техн. конф. «Автоматизация машиностроительных производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования». – Вологда, 2006. – Т. 2. – С. 10 - 13.
2. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. – М.: Химия, 1988. – 280 с.
3. Грицына А.В. Энергетика может стать тормозом развития России // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2006. – № 4.
4. Коган Ю.М. Барьеры на пути энергосбережения в России и возможности их преодоления (на примере электроэнергетики) // Вестник МРАИ ПРЕМИР. – 2004. – № 1.
5. Хрилев Л.С., Воробьев М.С., Кутовой Г.П. Развитие теплофикации в рыночных условиях с учетом формирования электрического и топливно-энергетического балансов страны // Теплоэнергетика. – 1994. – № 12.
6. Особов В., Особов И. Инвестиционная привлекательность проектов газотурбинных и парогазовых энергетических установок // Газотурбинные технологии. – 2000. – Янв.-февр.
7. Дьяков А.Ф. Перспективы использования газовых турбин в электроэнергетике России // Энергетик. – 2003. – № 2.
8. Кучеров Ю.Н. Развитие электроэнергетики России // Перспективы энергетики. – 2002. – Т. 6. – № 2. – С. 105 - 220.
9. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года // Постановление Правительства России № 1234-р, 2003.
10. Сергеев В. Энергетический невод // Газета «Тверская 13». – 2004. – № 22 - 32.
11. Национальная энергетическая политика США // Промышленная энергетика. – 2004. – № 5.
12. Philippe Dunsky. 1920–1995 AND BEYOND trending downwards. Cogeneration and On-Syte Power Production. nov-dec, 2000.
13. Собственные электростанции предприятий вряд ли создадут полноценный рынок электроэнергии // Эксперт. Северо-Запад. – 2002. – № 5.
14. Москалева Е.В. Регион ждет третий блок АЭС // Экспо-Новости. – 2005. – № 2-2.
15. В Вологодской области достаточно энерго мощностей для развития экономики - комитет энергетики // ИА REGNUM, <http://www.regnum.ru/news/653909.html>, 2006.
16. Агатъев В.В. Лебейш В.Г., Беловусов В.П. Менеджмент в природопользовании: Монография. – Вологда: ВОГТУ, 2003. – 320 с.
17. Вологодские предприятия и население стали больше потреблять электроэнергии // ИА «СеверИнформ». – 2006. – Январь.
18. Вологодская сбытовая компания – Официальный сайт ОАО «Вологодская сбытовая компания» // 25.07.06.
19. Аншелес В.Р., Бачина Т.В. Инвестиции на промышленном предприятии (оптимизация решений по реальным проектам). – Череповец: НОУ ВПО ЧФ ИБП, 2006. – 132 с.

УДК 669.04+532.5

В.Р. Аншелес,
Череповецкий государственный университет
М.В. Волков
ОАО «Череповецкий «Азот»

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ОСНОВНОЙ ПУТЬ ВЫХОДА ИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Судя по анализу энергетической системы России, энергетика может стать тормозом развития экономики нашей страны, т.к. развитие большой энергетики начинает отставать от роста экономики, а процессы старения оборудования энергосистем опережают темпы модернизации. Изменение политических и экономических условий и новые технологии в отрасли энергоснабжения диктуют, на взгляд авторов [1], необходимость модернизации

большой энергетики путем строительства энергоблоков средней и малой мощности на промышленных предприятиях и районных котельных вместо принятой в советской экономике концепции по созданию энергоблоков большой мощности на ТЭС. Другим очень важным направлением технического прогресса в этой области должно стать развитие энергосбережения в промышленном производстве.

Можно согласиться с выводом, сделанным автором [1], что Россия нуждается в тысячах малых ТЭЦ. Их строительство решит ряд проблем: обеспечит экономию топлива, будет отвечать задачам природосбережения, сэкономит инвестиции и создаст независимых энергопроизводителей — новых участников рынка электроэнергии, но не менее важной задачей является развитие энергосберегающих технологий. Экономия топливно-энергетических ресурсов относится к важнейшим задачам современной техники и технологии, а развитие энергосберегающей технологии определяет главное направление научно-технического прогресса и в теплоэнергетике, и в химической промышленности.

Известно, что на первом этапе развития теплоэнергетической и нефтехимической отраслей главной задачей является разработка методов производства теплоты и продуктов. На следующих этапах решаются задачи улучшения их потенциала и качества, экономного расходования материалов, увеличения производительности аппаратуры. По мере решения этих задач возникает проблема экономного расходования энергетических ресурсов и, в конечном счете, оптимизации процесса в целом по экономическим критериям [2], [3].

Но на современном этапе развития общественного производства прогрессивные нововведения (инновации), в том числе и в области энергосбережения, реализуются в сложных, наукоемких продуктах и высоких технологиях.

При всем разнообразии рынка инноваций сегодня определяющим условием для успешной реализации нововведений является обеспечение снижения энергопотребления, а в процессе обоснования и выбора возможных вариантов инноваций в этой области корректная оценка эффективности занимает центральное место, т.е. требуется разработка таких методик оценки, которые не вызвали бы сомнений ни у отечественных, ни у западных инвесторов.

Описанные проблемы развития возникают и в технологии первичной переработки нефти и особенно газового конденсата, представляющего собой сложнейшую смесь не менее 150 индивидуальных углеводородов, т.к. основные энергетические затраты в этих процессах связаны непосредственно с технологией. Попытка решить такие проблемы предпринята нами в [4], где разработана усовершенствованная энергосберегающая технология тепло-, массообменной переработки газового конденсата, обеспечивающей выделения целевых продуктов: нефраса, дизельного топлива и мазута высокого качества с минимальным потреблением энергоресурсов. Созданную энергосберегающую систему (расчетная схема — рис. 1) тепло-, массообменной переработки газового конденсата северных месторождений рекомендуется использовать при реконструкции существующей трехколонной неэффективной схемы, созданной на основе многоколонного (в составе 10 колонн) блока установки этилбензола ОАО «Череповецкий «Азот».

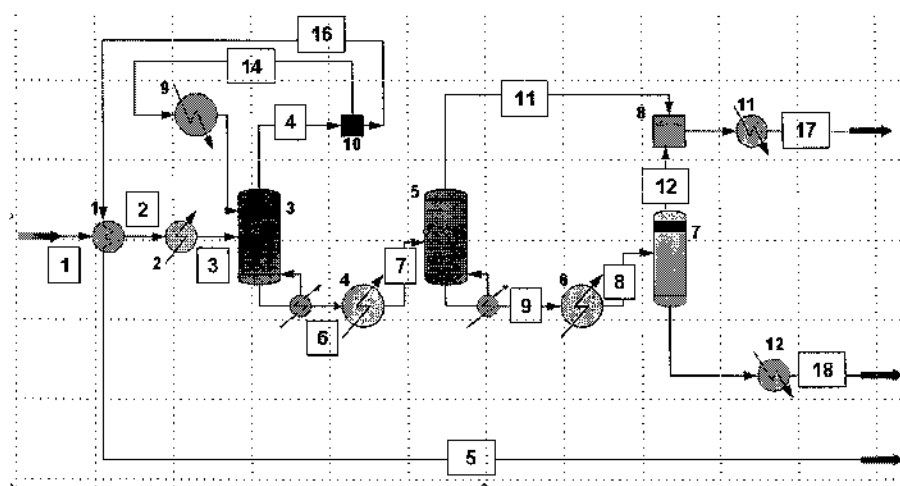


Рис 1. Расчетная энергосберегающая схема переработки газового конденсата

1 — теплообменник-рекуператор; 2, 4, 6 — подогреватели сырья с давлением пара 0,3 МПа, 2,0 МПа и 4,0 МПа; 3, 5 — ректификационные колонны с ребойлерами; 9, 11, 12 — холодильники; 7 — скоростной испаритель; 8, 10 — смесители; 1 — 18 — потоки сырья промежуточных и целевых продуктов

Для решения вопроса о технико-экономической эффективности этой схемы переработки газового конденсата для конкретного предприятия необходимо разработать более развернутую технолого-экономико-математическую модель и реализовать ее в виде компьютерного расчетного программного комплекса. Создание такого компьютерного комплекса проведено в [4] на основе принципа агрегирования, когда сложную систему для адекватного математического описания представляют состоящей из агрегатов (подсистем). В рассматриваемом случае в качестве таких подсистем использованы: интеллектуальная экспертная система определения корректной методики расчета термодинамических свойств индивидуальных веществ и их смесей, «промышленная» компьютерная система «ChemCad» и методика факторно-стоимостного анализа процессов в промышленных энергосберегающих схемах.

Необходимость создания такого компьютерного комплекса показал прежде всего анализ методик расчета термодинамических свойств индивидуальных веществ и их смесей (проведенный нами на примере нескольких потоков разрабатываемой энергосберегающей схемы). Он продемонстрировал существенное

отклонение величины таких свойств, как энтропия и объем потока, от принятой методологии расчета (табл.).

В то же время известно, что существенная погрешность в тепловом расчете, основанном на нереальных термодинамических данных, может привести к серьезным ошибкам при определении экономической целесообразности использования таких энергосберегающих схем. Поиск удовлетворительных формул и методик для расчета этих свойств по имеющимся справочникам при определении расходных показателей природных ресурсов (особенно таких быстро растущих в цене, как энергоносители), а также их проверка и выбор оптимального метода расчета носит рутинный характер и требует значительных затрат времени. Автоматизация такой работы, несомненно, повысит эффективность и качество разработок, позволит разработчикам расширить свой кругозор в области методик расчета свойств веществ и упростит их использование. Применение в этих случаях специально подготовленных экспертных систем позволит решить указанную задачу надежно, с использованием самого эффективного алгоритма и интеллекта высококвалифицированных экспертов.

Таблица

Сравнительная таблица результатов различных методов расчета термодинамических свойств потоков энергосберегающей схемы

№	Параметры	МЕТОДЫ РАСЧЕТА				
		Ideal Vapor Pressure (Идеальная модель испарения под давлением)	Модель ACTX	Модель <i>Peng-Robinson</i>	Модель SRK	Модель Gragson Streed
Линия 3	Энтальпия, Ккал/ч	-1205,9	-1289,6	-1489	-1526	-1681,5
	Температура, °С	140	140	140	140	140
	Объемный поток по газу, м ³ /ч	25,67	25,67	25,67	25,67	25,67
Линия 7	Энтальпия, Ккал/ч	-209,64	-353,14	-629,02	-692,21	-743,68
	Температура, °С	160	160	160	160	160
	Объемный поток по газу, м ³ /ч	8,84	8,84	8,84	8,32	8,32
Линия 8	Энтальпия, Ккал/ч	1020,9	1019,6	1019,4	997,62	960,02
	Температура, °С	225	225	225	225	225
	Объемный поток по газу, м ³ /ч	1,62	1,62	1,61	1,62	1,6
Линия 11	Энтальпия, Ккал/ч	1389,7	1390,7	1367,1	1313,5	1320,7
	Температура, °С	136,3566	136,3566	134,7134	136,5724	136,6947
	Объемный поток по газу, м ³ /ч	7,22	7,22	7,23	6,7	6,72
Линия 17	Энтальпия, Ккал/ч	-3136,6	-3145,7	-3422,3	-3361,4	-3262,9
	Температура, °С	40	40	40	40	40
	Объемный поток по газу, м ³ /ч	8,42	8,42	8,48	7,92	7,88
Линия 18	Энтальпия, Ккал/ч	-282,35	-282,35	-267,41	-301,9	-333,62
	Температура, °С	40	40	40	40	40
	Объемный поток по газу, м ³ /ч	0,42	0,42	0,37	0,4	0,45

Введение в расчетный компьютерный комплекс методики факторно-стоимостного анализа процессов в промышленных энергосберегающих схемах тепло-, массообменной переработки сложных смесей (таких, как газовый конденсат) позволяет практически обеспечить объективную экономическую оценку предлагаемых инноваций.

Применение «промышленной» программной системы «ChemCad» объясняется тем обстоятельством, что в современных комплексных многостадийных химических производствах применяются энерготехнологические схемы, в которых на многих стадиях используются продукты и вторичная энергия, произведенные на других стадиях. Даже в простейшем случае, когда производится один вид продукции и тратится один вид энергии, размер удельных затрат не полностью характеризует степень совершенства процесса.

Из всего сказанного следует, что для объективной оценки степени энергетического совершенства процесса необходимо в общем случае применять второй закон термодинамики и конкретно – эксергетический метод, а для конкретных случаев, таких, как рассмотрен в [4], технолого-экономико-математический метод с разработкой соответствующей математической модели, реализованной в виде компьютерного комплекса, объединяющего «промышленную» компьютерную программу расчета теплотехнических параметров создаваемой энергосберегающей схемы (например, интегральную программу расчетов типа «ChemCad»), интеллектуальную компьютерную экспертную систему для определения корректной методики расчета термодинамических свойств сырьевых, товарных и промежуточных веществ и их смесей и компьютерную программу расчета современных экономических показателей оценки инвестиционного проекта (в [7] реализованную в табличном процессоре Microsoft Excel). Реализация последнего блока в указанном табличном процессоре позволяет автоматизировать перевод результатов расчетов в технологическом блоке в экономический блок комплекса.

Алгоритм реализации математической модели может быть представлен в виде следую-

щих этапов преобразования системы графов, матриц и уравнений:

а) разработка расчетной схемы тепло-, массообменной переработки газового конденсата, в которой рассмотрены только те элементы, где происходит тепло-, массообмен, а потоки представлены смесью псевдокомпонентов, названных по температуре начала их кипения;

б) преобразование расчетной схемы в графы материальных и энергетических потоков;

в) разработка на основе графов матриц инцидентности материальных и энергетических потоков, а также векторов этих потоков;

г) дополнение результатов этапов «а», «б» и «в» данными расчета термодинамических свойств псевдокомпонентов потоков и после алгебраических преобразований с учетом первого закона Кирхгофа превращение их в систему неоднородных линейных уравнений;

д) решение указанной системы уравнений итерационным методом с пересчетом при каждой итерации термодинамических свойств псевдокомпонентов потоков;

е) передача корней системы уравнений в экономико-математический блок, преобразование их в расходные показатели и расчет на их основе экономических критериев инвестиционной привлекательности реконструкции на основе разработанной энергосберегающей схемы.

Для разработки системы уравнений, описывающих закономерности протекания тепло-, массообменных превращений веществ в процессе переработки газового конденсата, этот граф преобразуется в матрицу.

Полное описание материальных потоков выполнено по формуле:

$$\mathbf{M}_1(G_1) \cdot \mathbf{P}_1 \cdot \kappa_1 = \mathbf{A}_1, \quad (1)$$

где $\mathbf{M}_1(G_1)$ – матрица инцидентности материальных потоков, разработанная на основе графа (рис. 2); \mathbf{P}_1 – вектор материальных расходов; κ_1 – коэффициент, нивелирующий разницу в размерностях.

Граф энергетических потоков энергосберегающей схемы тепло-, массообменной переработки газового конденсата представлен на рис. 3.

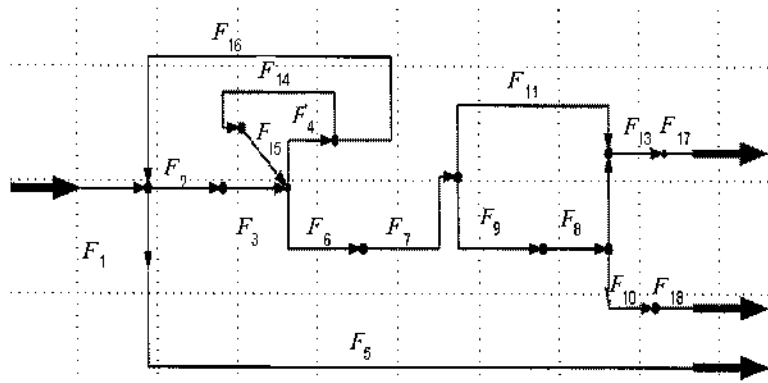


Рис. 2. Граф материальных потоков энергосберегающей схемы переработки газового конденсата

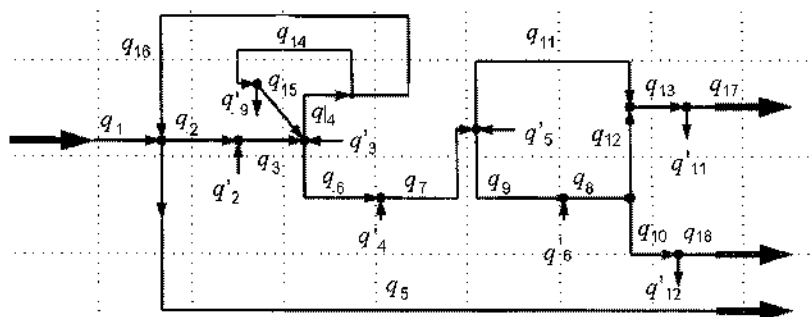


Рис. 3. Граф энергетических потоков энергосберегающей схемы переработки газового конденсата

Для дополнения системы уравнений, описывающих материальные потоки, возникающие при протекании тепло-, массообменных превращений веществ в процессе переработки газового конденсата, этот граф преобразуется в матрицу энергетических потоков. Указанная матрица используется в формуле полного описания энергетических потоков разрабатываемой схемы:

$$M_2(G_2) \cdot P_2 \cdot \kappa_2 = A_2, \quad (2)$$

где $M_2(G_2)$ – матрица инцидентности энергетических потоков, разработанная на основе графа (рис. 3); P_2 – вектор энергетических потоков; κ_2 – коэффициент, нивелирующий разницу в размерностях.

В результате сложения (1) и (2) получим результирующую матрицу материальных и энергетических потоков.

$$A_1 + \kappa_3 \cdot A_2 = A,$$

где κ_3 – коэффициент, нивелирующий разницу в размерностях.

После ее алгебраических преобразований с учетом первого закона Кирхгофа (алгебраическая сумма потоков равна нулю):

$$\sum F = 0 \text{ и } \sum q = 0$$

получим систему неоднородных линейных уравнений, которую необходимо решать:

$$A \cdot X = B,$$

где A – матрица коэффициентов, характеризующая направления и значения материальных и энергетических потоков схемы; X – матрица-вектор неизвестных значений материальных и энергетических потоков; B – матрица-вектор

коэффициентов, получившихся при подстановке в систему исходных данных.

Исходные данные по термодинамическим свойствам системы и ее элементов (потоков) рассчитываются и пересчитываются в процессе итераций, исходя из рекомендованной экспертной системой методики Пенга-Робинсона (для данной энергосберегающей схемы):

$$P + \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V(V+b)+b(V-b)} Z^3 - (1-B)Z^2 + (A-2B-3B^2)Z - (AB-B^2-B^3) = 0,$$

где $b = \sum_i x_i b_i$

$$b_i = 0,08664 \frac{RTc_i}{Pc_i};$$

$$a = \sum_i \sum_j x_i x_j \cdot (a_i a_j)^{0.5} (1 - k_{ij}); a_i = ac_i \alpha_i;$$

$$ac_i = 0,42748 \frac{(RTc_i)^2}{Pc_i}; \quad \alpha_i^{0.5} = 1 + m_i (1 - T_{ri}^{0.5});$$

$$m_i = 0,48505 + 1,55171w_i - 0,15613w_i^2.$$

Коэффициент фугитивности:

$$\ln \phi_i = \frac{-\ln(Z-B) + (Z-1)B_i - A}{B[A_i - B_i]} \times \ln\left(1 + \frac{B}{Z}\right),$$

где $A = \frac{aP}{(RT)^2}; B = \frac{bP}{RT}; A_i = \left(\frac{1}{A}\right) [2 \times a_i^{0.5} \times \sum x_i \times a_j^{0.5} \times (1 - k_{ij})]; B_i = \frac{b_i}{b}.$

Константа равновесия: $K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{\phi_{ij}}{\phi_{iv}}.$

Значения расходных показателей в виде корней X_i системы алгебраических неоднородных линейных уравнений, вычисленных с помощью программы «ChemCad», передаются автоматически в таблицы себестоимости переработки газового конденсата и движения денежных потоков (кеш – флоус), реализованных в табличном процессоре «Microsoft Excel», где вычисляются критерии экономической эффективности энергосберегающей схемы:

$$\text{ЧДД} = NPV = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+d)^i} - IC;$$

$$\text{ВНД} = IRR = d, \text{ при } \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+d)^i} = IC$$

$$\text{и } T_{ок} = DPP = \min i, \text{ при } \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(1+d)^i} > IC,$$

где ЧДД = NPV – чистый дисконтированный доход, руб.; d – норма дисконтирования, в долях единицы (%), ВНД = IRR – внутренняя норма доходности, в долях единицы (%); IC – инвестиционные затраты, руб.; $T_{ок} = DPP$ – дисконтированный срок окупаемости инвестиций, лет; i – год реализации проекта; P_i – чистый текущий положительный денежный поток в i -й год реализации проекта, руб.

$$P_i = \sum_{i=1}^k C_i R_i - \sum_{j=1}^n Z_j r_j R_j - \sum_{l=1}^m H_l,$$

где C_i – цена товарного продукта, руб./т; R_i – объем реализации товарного продукта, т/год; Z_j – удельные затраты на приобретение сырья, материалов, энерго- и трудовых ресурсов, общефирменные и цеховые (по калькуляции) руб./ед. изм.; H_l – налоги, ден. ед.

Проведенные в [4] расчеты энергосберегающей схемы тепло-, массообменной переработки газового конденсата на неиспользуемом оборудовании цеха этилбензола ОАО «Череповецкий «Азот» на основе разработанного технолого-экономико-математического метода (в соответствии с упрощенной блок-схемой - рис. 1) показали, что реализация этого энергосберегающего проекта обеспечит повышение выхода наиболее дорогого и ценного продукта переработки – дизельного топлива – на 10 - 15 % за счет роста температуры конца кипения фракции (рис. 4), рост производительности производства до 78 тыс. тонн в год, но потребует 50 млн. рублей инвестиционных вложений в течение года. При этом чистый приведенный эффект проекта (NPV) составит за 5 лет около 8 млн. рублей, показатель рентабельности (PI) – 1,14, а срок окупаемости – около 2 лет. Расчеты показали, что общие удельные затраты на тепловую энергию, необходимую для переработки 1 тонны газового конденсата, снизятся на 12,5 % по сравнению с расходами 2005 года.

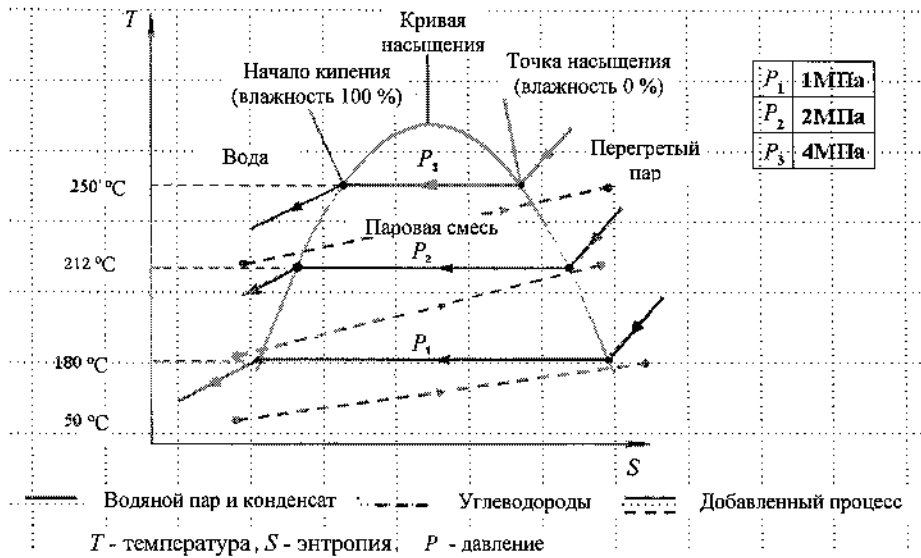


Рис. 4. Расчетная T/S диаграмма теплопередачи от греющего пара к продуктам разделения газового конденсата по предлагаемой схеме

Список литературы

1. Грицына А. В. Энергетика может стать тормозом развития России // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». - 2006. - № 4.
2. Коган Ю. М. Барьеры на пути энергосбережения в России и возможности их преодоления // Вестник МРАИ ПРЕМИР. - 2004. - № 1.

3. Лейтес И. Л., Сосна М. Х., Семенов В. П. Теория и практика химической энерготехнологии. - М.: Химия, 1988. - 280 с.
4. Волков М. В. Разработка энергосберегающей технологии тепло-, массообменной переработки газового конденсата на основе ее математического моделирования: Дис... на соискание ученой степени канд. техн. наук. - Череповец: ГОУ ВПО ЧГУ, 2006. - 149 с.

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 666.89

Т.В. Туева, О.Ю. Пужинина
Череповецкий государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНИШЛАКА В ГИПЕРПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

На сегодняшний день одной из наиболее важных проблем современного строительного материаловедения является ресурсо- и энерго-сбережение при производстве строительных материалов. Перспективным направлением решения этой проблемы при изготовлении штучных стеновых материалов представляется использование отходов промышленности в технологии гиперпрессования.

Технология гиперпрессования не имеет ничего общего с традиционными обжиговой и силикатной технологиями. Не используется глина, не обжигается сформованный кирпич, как в технологии производства керамического кирпича; не используются песок и известь, не пропаривается сформованный кирпич в автоклаве, как в технологии производства силикатного кирпича.

Технология гиперпрессования основывается на процессе «холодной сварки», происходящем при прессовании вяжущего, измельченного минерального наполнителя под высоким давлением.

В качестве минерального сырья, применяемого для производства гиперпрессованных изделий, используют:

- природные горные породы;
- попутно добываемые вскрышные и вмещающие породы;
- шлаки (доменные, сталеплавильные, цветной металлургии);

- отходы при добыче и переработке каменных пород (известняка, песчаника, базальта, гранита, мрамора и т.п.).

В качестве вяжущих используют портландцемент или шлакопортландцемент марок 300, 400, 500.

Для получения цветного кирпича в состав массы вводят различные пигменты.

В Череповце изготавливали гиперпрессованные кирпичи из известняковой муки и цемента. Данные изделия применяли в качестве лицевого кирпича для наружной отделки зданий, так как они имели высокую плотность и теплопроводность (коэффициент теплопроводности – $1,15 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$, плотность – 2360 кг/м^3).

Для того чтобы материал можно было использовать не только в лицевой кладке, но и для возведения наружных стен, необходимо уменьшать плотность и теплопроводность изделия. Для этой цели в состав из известняковой муки и цемента был введен гранулированный доменный шлак. Предварительные исследования были проведены с заменой известняковой муки на 30, 40 и 50 % граншлаком. Полученные образцы испытывались на сжатие на следующие сутки после тепловой обработки и на 28-е сутки твердения.

Результаты испытаний представлены на рис. 1 и 2.

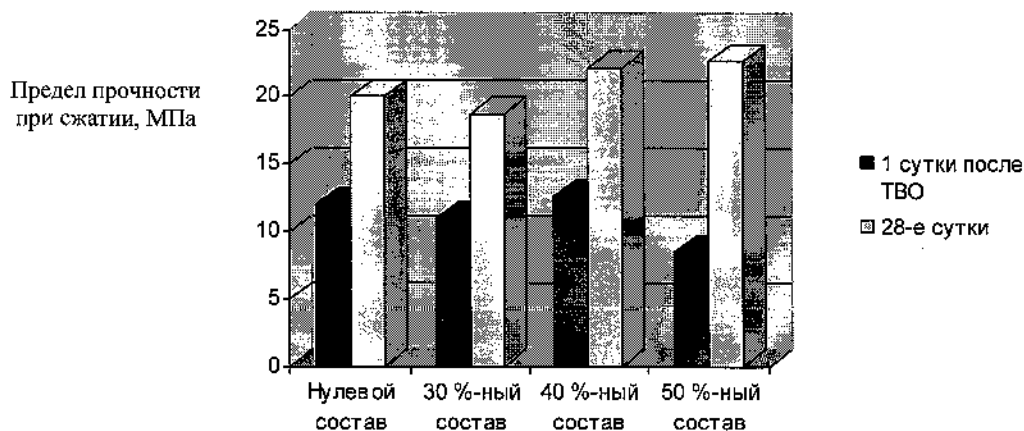


Рис. 1. Зависимость прочности изделий от содержания граншлака

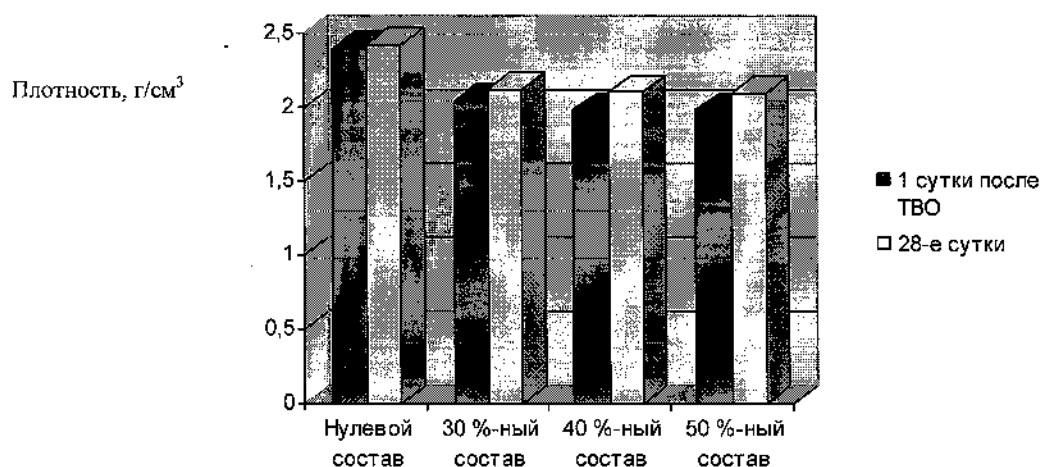


Рис. 2. Зависимость плотности изделий от содержания граншлака

На рис. 1 видно, что самый высокий предел прочности при сжатии на первые сутки после тепловлажностной обработки показали образец с 40 %-ным содержанием шлака и образец нулевого состава. На 28-е сутки образцы с 40 %-ным и 50 %-ным содержанием граншлака показали почти одинаковые прочностные характеристики. Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение количества граншлака положительно влияет на прочность изделия.

На рис. 2 видно, что плотность образца, изготовленного на основе вяжущего и известняковой муки, значительно превышает плотность образцов с различным процентным содержанием граншлака.

Проведенные исследования доказали, что введение граншлака в состав из известняковой муки и цемента снижает плотность и улучшает прочностные характеристики изделий.

Таким образом, изготовление кирпича на промышленных отходах методом гиперпрессования целесообразно с экономической, технической и экологической точек зрения.

Список литературы

1. Комар А.Г. Опыт использования отходов промышленности в строительстве // Известия вузов. Строительство. - 1997. - № 9. - С. 49 - 51.
2. Павлов В.Ф. Способ вовлечения в производство строительных материалов промышленных отходов // Строительные материалы. - 2004. - № 8. - С. 28 - 30.
3. Фомин Н.А. Промышленные отходы - ценное сырье для стройматериалов // Строительная газета. - 2005. - № 13. - С. 6.
4. Щукина В.Г. Использование гиперпрессования в технологии безобжигового кирпича // Строительные материалы. - 2005. - № 4. - С. 30 - 32.

ОДНОРОДНОСТЬ СВОЙСТВ БЕТОНА НА КОМБИНИРОВАННЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Однородность бетона является важнейшим фактором надежности бетонных и железобетонных конструкций.

Значительное влияние на однородность свойств бетона оказывают характеристики компонентов его структуры, в том числе применяемых заполнителей. Так, однородность свойств легких бетонов помимо общих технологических факторов зависит от того, насколько рационально выбрана область применения того или иного заполнителя.

Особенный интерес представляет исследование однородности свойств бетонов на комбинированных заполнителях, т.е. смеси плотных и пористых. Такие бетоны обладают повышенными значениями прочности, улучшенными деформативными характеристиками по сравнению с обычными бетонами на пористых заполнителях [1], [2]. Однако качество бетона определяется не только его средней прочностью или плотностью, но и однородностью свойств, которая оценивается по коэффициенту вариации.

Исследования были проведены на примере бетона класса В20 на смеси шлаковой пемзы, природного щебня и гранулированного доменного шлака. Состав бетона рассчитан по [2]. Планируемый расход материалов на 1 м³ бетонной смеси: цемент М400 – 385 кг; шлаковая пемза фракции 10-20 мм – 550 л; щебень природный фракции 5-10 мм – 365 л; гранулированный доменный шлак фракции 0-5 мм – 535 л; вода – 206 л; ЛСТ ($\rho = 1,055 \text{ г/см}^3$) – 6,43 л. Фактические составы бетона были близки к планируемому (отклонение не превышало 1-2 %). Испытывали образцы, прошедшие тепловлажностную обработку, в возрасте 1 и 28 суток.

Средний внутрисерийный коэффициент вариации прочности бетона определяли по результатам испытания 30 серий образцов бетона. Для этого по методике ГОСТ 10180 определяли размах прочности в каждой серии, а

также средний размах и среднюю прочность по всем 30 сериям по формулам

$$W_{sj} = R_{j, \max} - R_{j, \min};$$

$$\overline{W}_s = \frac{\sum_{j=1}^{30} W_{sj}}{30};$$

$$R_s = \frac{\sum_{j=1}^{30} R_{sj}}{30};$$

$$\overline{V}_s = \frac{\overline{W}_s}{dR_s},$$

где $R_{j, \max}$ и $R_{j, \min}$ – максимальное и минимальное значения прочности бетона в каждой серии образцов, МПа; R_{sj} , W_{sj} – средняя прочность и размах прочности бетона в каждой серии образцов, МПа; d – коэффициент, принимаемый в зависимости от числа образцов n в каждой серии (при $n = 3$ $d = 1,69$); \overline{V}_s – средний внутрисерийный коэффициент вариации прочности бетона, %; \overline{W}_s – размах прочности по всем 30 сериям, МПа; R_s – средняя прочность по всем 30 сериям, МПа.

Коэффициент вариации плотности определяли аналогично. Результаты определения коэффициентов вариации прочности и плотности представлены в табл.

Полученные значения коэффициентов вариации прочности и плотности не превышают нормативных значений, составляющих 5 %, что свидетельствует об удовлетворительных показателях однородности свойств бетона на комбинированных заполнителях и подтверждает возможность его эффективного использования.

Результаты определения коэффициента вариации

Наименование показателей	Значения показателей при определении коэффициента вариации					
	прочности			плотности		
	ед. изм.	возраст образцов		ед. изм.	возраст образцов	
		1 сут.	28 сут.		1 сут.	28 сут.
Средний размах	МПа	1,73	2,23	кг/м ³	49,7	50,3
Средняя прочность (плотность)	МПа	20,8	27,3	кг/м ³	1907	1903
Коэффициент вариации	%	4,9	4,8	%	1,55	1,55

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 / С.-Петербургский гос. ун-т путей сообщения. - Санкт-Петербург, 1999. – 150 с.

УДК 666.973.6

О.А. Залипаева, М.Ю. Белозор, Н.Н. Иванова
Череповецкий государственный университет

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
НА ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЕНОБЕТОНА**

Основными факторами, оказывающими влияние на формирование структуры и свойств пенобетона, являются состав и применяемая технология.

Следовательно, чтобы получить высококачественный материал, удовлетворяющий заданным требованиям, необходимо применять эффективные пенообразователи, высокодисперсный цемент и заполнители оптимального зернового состава (с учетом средней плотности пенобетона), также для улучшения структуры и свойств пенобетона применяют химические и минеральные модификаторы. Помимо рецептуры на свойства пенобетона влияет технология приготовления.

Одним из основных требований к технологии приготовления пенобетона высокого качества является получение устойчивой пены при минимальном расходе и максимальном коэффициенте использования пенообразователя, замедляющего схватывание и твердение це-

ментных систем на ранней стадии. Приготовление пенобетона осуществляют по двух- и одностадийной технологиям.

При двухстадийной технологии пена приготавливается с помощью пеногенератора. В этом случае качество пены зависит от скорости подачи компонентов и она представлена крупными и мелкими пузырьками. Крупные пузырьки воздуха размером более 2 мм повышают коэффициент теплопроводности за счет конвективного теплообмена, снижают прочность, уменьшают коэффициент использования пенообразователя, что ухудшает качество пенобетона за счет образования микрообъемов, содержащих повышенное количество неиспользованного пенообразователя, являющихся зародышами разрушения. Исследования показали, что повысить устойчивость пены представляется возможным путем установки сетки размером ячейки 20 - 40 мкм, перекрывающей выходное отверстие сопла. В этом

случае образуется однородная высокодисперсная пена, приводящая к повышению прочности на 15 - 20 % [1].

Приготовленную пену смешивают с цементным тестом или мелкозернистой бетонной смесью или осуществляют «сухую минерализацию» пены вяжущим веществом, применяемым индивидуально или с мелким заполнителем. В первом случае наблюдается повышенное водотвердое отношение, во втором случае водосодержание пенобетонной смеси снижается на 10 - 15 %.

Значение коэффициента использования пенообразователя в случае «сухой минерализации» уменьшается в большей степени за счет разрушения пузырьков пены в начальный момент введения твердой фазы. Поэтому вяжущее вещество наиболее целесообразно вводить в бетоносмеситель в две стадии: медленно малую порцию, а затем через 5 - 10 с тоже медленно оставшуюся часть.

Исследования показали, что продолжительное (6 - 8 мин) приготовление пенобетонной смеси обеспечивает более высокое качество пенобетона. Это связано с тем, что в начальный период образуются крупные и мелкие пузырьки воздуха, крупные в процессе приготовления пенобетонной смеси разрушаются в большей степени, а затем ввиду высокой вязкости смеси образуется новая тонкодисперсная пена, коэффициент использования которой повышается на 10 - 15 % [1].

Фактором, влияющим на качество пенобетона, является продолжительность выгрузки пенобетонной смеси из бетоносмесителя, особенно высокоскоростного. При продолжительной выгрузке пенобетонной смеси из бетоносмесителя ее плотность в начальный и конечный периоды может различаться на 100 - 200 кг/м³. Поэтому выгрузочное отверстие должно иметь максимально большой размер, обеспечивающий выгрузку бетонной смеси из бетоносмесителя за 3 - 5 с.

Укладка и уплотнение пенобетонной смеси осуществляется в основном литьевым способом под действием силы тяжести.

Твердение пенобетона осуществляется в большинстве случаев в естественных условиях или условиях прогрева теплым воздухом при температуре 40 - 60 °С. В целях повышения качества пенобетона и увеличения оборачиваемости форм целесообразно использовать цементы с повышенным тепловыделением, затворитель с температурой 50 - 60 °С, ускорители твердения и добавки ПАВ I группы по ГОСТу 24211-91, установки по гидромехано-

химической активации твердой фазы в виде стержневых и вибрационных мельниц и др. Такие технологические приемы обеспечат более высокую степень гидратации минералов клинкера, повысят тепловыделение на ранней стадии, которое ввиду поровой структуры будет аккумулироваться в пенобетоне, снижая расход тепловой энергии на интенсификацию его твердения.

В лаборатории кафедры строительных материалов и технологий Инженерно-экономического института ГОУ ВПО «Череповецкий государственный университет» были проведены исследования свойств пенобетона, приготовленного с применением двух типов смесителей: СБ-142 (бетоносмеситель принудительного перемешивания) и СБ-133 (турбулентный бетонорастворосмеситель) и разных последовательностей загрузки сырьевых компонентов. Выполнены пробные замесы по четырем вариантам технологии изготовления пенобетона. Состав пенобетона рассчитывался по методикам, описанным в технической литературе [2].

Приготовление пенобетонной смеси производилось механическим путем. При приготовлении первого замеса использовался передвижной циклический турбулентный бетонорастворосмеситель СБ-133.

Загрузка составляющих смеси производилась отдельными порциями через отверстие в крышке. Материалы были загружены при работающем смесителе в следующей последовательности: вода, пенообразователь, цемент, кремнеземистый компонент. Длительность перемешивания составила 8 мин. Визуальный контроль показал, что бетон плотный, со структурой, нехарактерной для пенобетона.

При приготовлении второго замеса также использовался смеситель СБ-133, последовательность подачи материалов была следующей: сначала подавалась вода с температурой 45 - 65 °С и порообразователь (продолжительность перемешивания порообразователя с водой составила 0,5 - 1 минуту), затем вводился портландцемент (продолжительность перемешивания цемента и воды с порообразователем - 1,5 - 2 минуты), в последнюю очередь добавлялся песок (продолжительность перемешивания поризованного цементного шлама с песком - 3 - 5 минуты).

При приготовлении третьего пробного замеса использовался лабораторный бетоносмеситель принудительного перемешивания СБ-142 (объем готового замеса бетона 33 л, частота вращения рабочего органа 36 об/мин).

Третий замес был изготовлен по двухстадийной технологии. Предварительно в отдельной емкости в течение 5 мин получали пену. В бетоносмеситель СБ-142 загрузили требуемое количество воды с температурой 45 - 65 °С, кремнеземистый компонент, вяжущее и в течение 2 мин готовили раствор. Затем в смеситель загружали предварительно приготовленную пену, и в течение 2 мин готовилась пенобетонная смесь, которая затем подавалась в формы. Перед заливкой формы были собраны, очищены, смазаны и уплотнены во избежание вытекания смеси во время заливки.

Четвертый замес осуществлялся с использованием последовательности загрузки материалов, принятой для третьего пробного замеса и передвижного циклического турбулентного бетонорастворосмесителя СБ-133.

При формовании изделий соблюдали следующие требования:

- заливка форм пенобетонной смесью должна производиться не позднее чем через 20 мин после ее приготовления;

- высота падения струи должна быть не более 40 см;

- заливку пенобетонной смесью следует производить за один прием в виде ленты по всей ширине форм.

При визуальном и измерительном контроле полученных пенобетонных смесей был сделан вывод, что образцы пенобетона первого и второго замесов плотные и имеют структуру, нехарактерную для пенобетона, образцы третьего замеса по плотности соответствуют пенобетону. Данные, полученные по результатам исследования основных физико-механических параметров образцов, сведены в таблицу.

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что наилучшее сочетание плотности и прочности получено для образцов четвертого пробного замеса. Для дальнейших исследований будет принята двухстадийная технология приготовления пенобетона с применением турбулентного бетонорастворосмесителя СБ-133.

Таблица

Результаты исследований основных физико-механических параметров образцов пенобетона

Параметры	Значения			
	1-й замес	2-й замес	3-й замес	4-й замес
Плотность пенобетона в естественном состоянии, кг/м ³	1505	1680	1300	1326
Влажность, %	17	15	15	15
Плотность пенобетона в сухом состоянии, кг/м ³	1249,5	1428	1105	1127,1
Марка по плотности	D1200	-	D1100	D1100
Фактические значения прочности на сжатие на 14 сут, МПа	6,3	18,7	-	6,2
Фактические значения прочности на сжатие на 28 сут, МПа	12,3	21	1,2	8,2
Нормативные значения прочности на сжатие на 28 сут, МПа	10-12,5	-	7,5-10	7,5-10
Класс прочности	B 7,5	-	B 0,35	B5

Список литературы

1. Величко Е.Г., Комар А.Г. Рецептурно-технологические проблемы пенобетона // Строительные материалы. - 2004. - № 3.

2. Чехов А.П., Сергеев А.М. Справочник по бетонам и растворам. – Киев: «Будівельник», 1972. – 192 с.

МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

В процессе развития геологических исследований было обнаружено, что верхняя часть горных пород, находящихся на поверхности, в большей или меньшей степени изменена. На месте массивных горных пород образуется толща рыхлого элювия – *кора выветривания*. Этот элювий и продукты его переотложения геологи называют *почвой*.

Почву нельзя отнести ни к минералам, ни к животным или растительным организмам. Но минерал, растение и животное – это определенные природные тела. Следовательно, почва является самостоятельным природным (естественно-историческим) телом, подобно растению, животному или минералу. Сложность понятия почвы заключается в том, что это природное тело состоит из многих составных частей и может существовать только в процессе взаимодействия агентов – почвообразователей – *факторов почвообразования*.

Одним из главных диагностических признаков, определяющих многие свойства почв,

является их *механический состав*. В связи с особой важностью этого свойства почв для производственных и сельскохозяйственных целей полное наименование почвы всегда содержит в себе и название по механическому составу. Достаточно точно механический состав почв можно установить в лабораторных или даже в полевых условиях по методу Н.А. Качинского.

Твердая фаза почв неоднородна и состоит из агрегатов или структурных отдельностей, которые представляют совокупность механических элементов. Различают первичные механические элементарные частицы почвы, которые образуются в процессе физического выветривания горных пород и минералов, и вторичные, образующиеся путем синтеза конечных продуктов выветривания, процессов коагуляции и биохимическим путем.

Образцы почвы отобраны на ул. Набережной в г. Череповце (табл. 1, 2).

Таблица 1

Степень каменности дерново-подзолистой почвы

Степень каменности	Содержание частиц диаметром > 3 мм, %
Некаменистая	<0,2
Слабокаменистая	0,2-3
Среднекаменистая	3-7
Сильнокаменистая	>7

Таблица 2

Гранулометрический состав почв

Почва, горизонт, глубина отбора образца	Размер механических элементов (мм) и их содержание (%)					Название почвы по гранулометрическому составу
	3-1	1-0,5	0,5-0,05	0,05-0,001	<0,001	
Дерново-подзолистая, А 0-25 см	4,3	29,9	27,6	21,5	16,7	Легкий суглинок, песок крупный, средний, мелкий, пылеватый
Чернозем типичный, А 0-25 см	1,5	17,7	36,6	14,2	30	Суглинок, ил глинистый, пыль крупная

Основное наименование гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы (подзолистый тип почвообразования) при содержании физической глины 38,2 % (21,5 + 16,7) – суглинок. Дополнительное, уточняющее название – крупно-пылеватопесчаный. В этом определении главная по величине фракция ставится на последнее место, тем самым подчеркивается ее ведущее значение. Дерново-подзолистые почвы являются одними из самых распространенных на территории Вологодской области. Они малоплодородны, так как содержат немного питательных веществ, особенно азота и фосфора. Они бесструктурны и характеризуются кислой реакцией, неблагоприятной для большинства культурных растений. В черноземе ил состоит из вторичных (глинистых) минералов, количество которых преобладает над первичными минералами. Илистая фракция обладает минимальной водопроницаемостью, но максимальной влагоемкостью.

Рекомендации для дорожного строительства – при строительстве усовершенствованных дорог с искусственным покрытием важно, чтобы нижний суглинистый слой отделялся от покрытия промежуточным слоем песка достаточной толщины. В противном случае после дождя вода проникнет в нижний суглинистый слой и вызовет его размокание, в результате чего могут произойти деформации дорожной одежды.

Список литературы

1. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: Учебник для вузов. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999.
2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. - Л.: «Недра», 1970.
3. Долматов О.А. Практикум по дисциплине «Науки о Земле». Методические указания: Учеб.-метод. пособие. – Казань: Экоцентр, 2002.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.82

Е.Н. Бирюков, Е.В. Ершов
Череповецкий государственный университет

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ЖИДКОСТНОЙ СМАЗКИ, НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОРЕЗИСТИВНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА

В настоящее время интенсивное развитие получили электропараметрические методы диагностирования подшипниковых опор. Они основаны на влиянии характера и параметров фрикционного взаимодействия, обусловленных техническим состоянием объекта, на электрические параметры зон трения и подшипника в целом (электрическую проводимость, емкость, магнитное сопротивление). Наиболее универсальными и простыми в реализации являются методы контроля и диагностики, основанные на использовании характеристик флуктуаций активного сопротивления (проводимости). Их сущность заключается в том, что фактическое состояние смазки, определяемое реальной комбинацией большого числа различных параметров, характеризует как сам подшипник с совокупностью его внутренних параметров, так и качество сборки изделия и эффективность системы смазывания. При этом ухудшение состояния подшипника независимо от конкретной причины (дефекты, погрешности сборки, ухудшение свойств смазочного материала и т.п.) приводит к ухудшению смазки, которое определяет измеряемое электрическое сопротивление трибосопряжения [1].

В данной статье приводится описание характеристик информационного электрорези-

стивного сигнала при наличии различных типовых дефектов в гидродинамических крупногабаритных подшипниках скольжения.

В общем случае процесс нагружения и выхода на стационарный режим работы опоры скольжения состоит из двух этапов. Вначале при первых оборотах ротора происходит всплытие и перемещение шейки вала в сторону равновесного положения (переходной режим). Затем происходит упругая деформация трущихся поверхностей, и точка равновесного положения изменяется. Возникают дополнительные радиальные перемещения вала и поворот линии центров [2]. При дальнейшем смещении в сторону равновесия процесс повторяется, поэтому даже идеально сбалансированный вал при стационарной нагрузке совершает прецессию вокруг какой-то точки. В реальном случае даже «постоянная» действующая нагрузка нестационарна, сильное влияние оказывают дисбаланс и отклонения от идеальных расчетных геометрических форм подшипника. Поэтому толщина пленки в зоне трения, определяющая электрическое сопротивление смазочного слоя («масляного клина»), будет постоянно флуктуировать.

Рассмотрим первый этап – первичное перемещение шейки к точке равновесия (конец этапа характеризуется стабилизацией скорости

вращения ротора). Орбита движения центра шейки вала в конкретном случае будет индивидуальна, и поэтому расчет кривой разгона для каждого исследуемого подшипника потребует значительных затрат. Однако с точки зрения задачи определения технического состояния подшипника и возможности вовремя остановить агрегат в случае работы подшипника в аварийном режиме не требуется точно знать форму данной кривой. Для этого достаточно лишь иметь численные характеристики количества касаний шейки вала поверхности вкладыша за один оборот, поскольку основной износ в данном режиме обусловлен абразивной и гидроабразивной природой и сопровождается непременными разрывами смазочной пленки с контактированием поверхностей. Эту информацию передает параметр, в литературе получивший название НИВ - нормированное интегральное время (безразмерный, интервал значений 0-1 или выражающийся в процентах, т.е. 1 или 100 % соответствуют непрерывному контакту, а 0 – отсутствию каких-либо контактов за оборот вала) [3]. График его изменения с ростом скорости в исправном подшипнике обычно носит ярко выраженный убывающий характер (рис. 1).

При этом возможны ситуации, когда в подшипнике образуется неразрывный слой смазочной пленки уже к концу первого оборота. Аномальным является выброс хаотических значений в зоне 0,6 – 1. Обычно это говорит о перекачивании вала по поверхности вкладыша либо недостаточной нагрузочной способности

масляного слоя, сопровождающегося временными отрывами и последующими прижатиями шейки к вкладышу. Отдельно стоит упомянуть новые либо только что отремонтированные подшипники. Поскольку в начальный момент сразу после запуска идет интенсивный процесс приработки рабочих поверхностей, неизбежны постоянные микроконтакты. Это характеризуется значением НИВ на уровне 0,5 - 0,95. Если в тренде НИВ за период обкатки подшипника нет четкой тенденции к уменьшению, нецелесообразно выводить подшипник в рабочий режим. В любом режиме при НИВ > 0,95 может произойти задир вкладыша, поэтому в этом случае следует остановить агрегат.

Перейдем к рассмотрению второго этапа – установившемуся движению вала. Как было описано выше, у реальных подшипников скольжения толщина смазочной пленки всегда флуктуирует. По результатам исследований, проведенных как с помощью математического аппарата, так и подтвержденных экспериментально, спектральная картина электрорезистивного сигнала, отфильтрованного от помех, исправного круглоцилиндрического гидродинамического подшипника скольжения с постоянной нагрузкой должна выглядеть следующим образом (рис. 2). Основная гармоника располагается на частоте вращения вала. Амплитудные величины субгармоник убывают по экспоненциальному закону. Гармонические составляющие на некратных частоте вращения частотах отсутствуют.

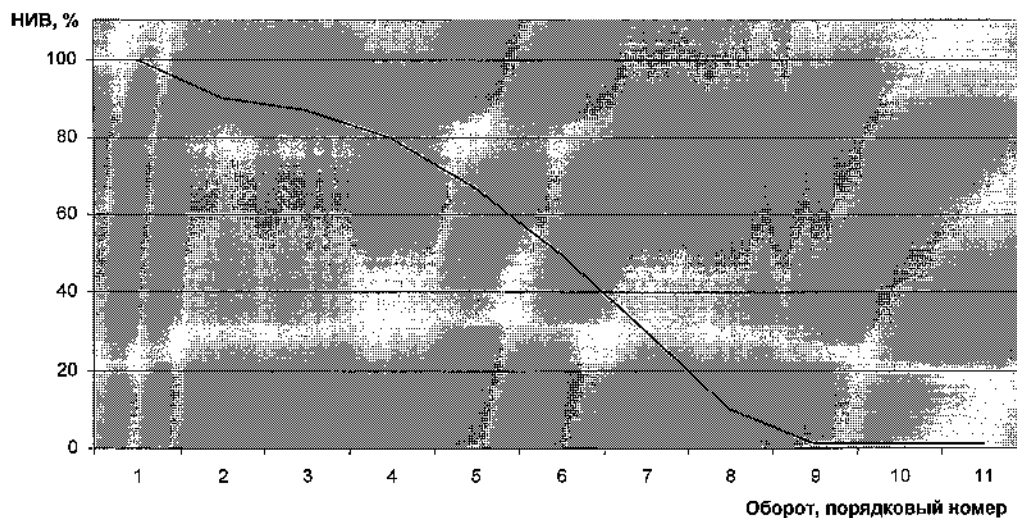


Рис. 1. Типовое поведение нормированного интегрального времени контактирования с ростом оборотов

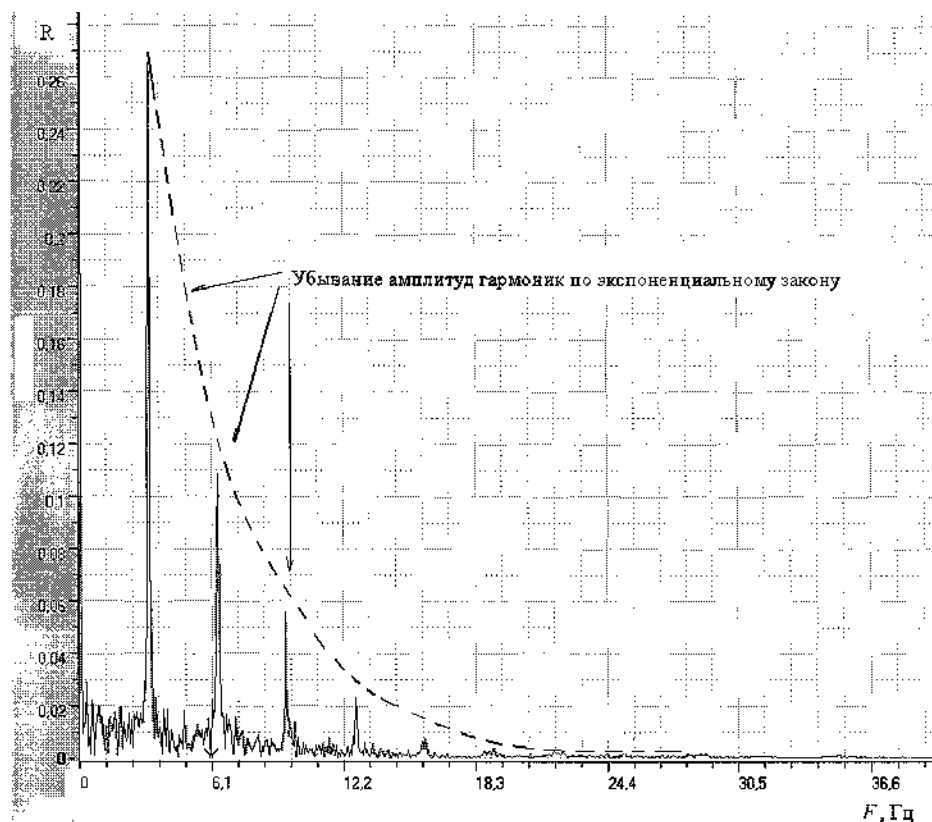


Рис. 2. Спектральная характеристика электрорезистивного сигнала исправного подшипника

Существующее многообразие видов изнашивания на практике приводит к возникновению ограниченного числа регламентированных в научно-технической документации дефектов, среди которых выделяют [1]:

- общие геометрические отклонения формы рабочих поверхностей от номинальной:

- шероховатость – совокупность микронеровностей с относительно малым шагом, образующих рельеф поверхности и рассматриваемых в границах участка, длина которого равна длине базовой линии, используемой для выделения неровностей;

- макроотклонения – совокупность повторяющихся одинаковых по размерам выступов и впадин, расстояние между которыми превышает базовую длину, используемую для оценки шероховатости. Это может быть овальность или огранка различных порядков шейки вала и поверхности вкладыша, вызванная как эксплуатационным износом, так и ошибками механической обработки при изготовлении, нарушении при монтаже или вследствие гибкости ротора соосности шейки вала и рабочей поверхности вкладыша. Граница между макроотклонениями и шероховатостью условно проведена отношением шага к высоте неров-

ности (к макроотклонениям относят неровности со значениями, большими 40).

- локальные дефекты:

- повреждения типа «впадина» - раковина, лунка (вмятина), риска, трещина;
- повреждения типа «выступ» - вспучивание, наволакивание материала.

При появлении дефектов любого вида спектральная картина меняется. Рассмотрим наиболее типичные случаи.

Изменение макрогеометрических характеристик поверхности вкладыша или шейки вала. Данному дефекту соответствует рост амплитуды одной из гармоник, соответствующей порядку отклонения (2 - овальность, 3 - трехвершинная огранка и т.д.). Пример овальности вала, подтвержденный данными геодезических измерений, приведен на рис. 3.

Увеличение шероховатости приводит к росту высокочастотных составляющих в спектре обычно на частотах свыше 5 КГц.

Автоколебания ротора (недостаточная нагрузка, низкая нагрузочная способность смазочного слоя) вызывают появление гармонической составляющей на частотах 0,42 - 0,48 от частоты вращения (рис. 4).

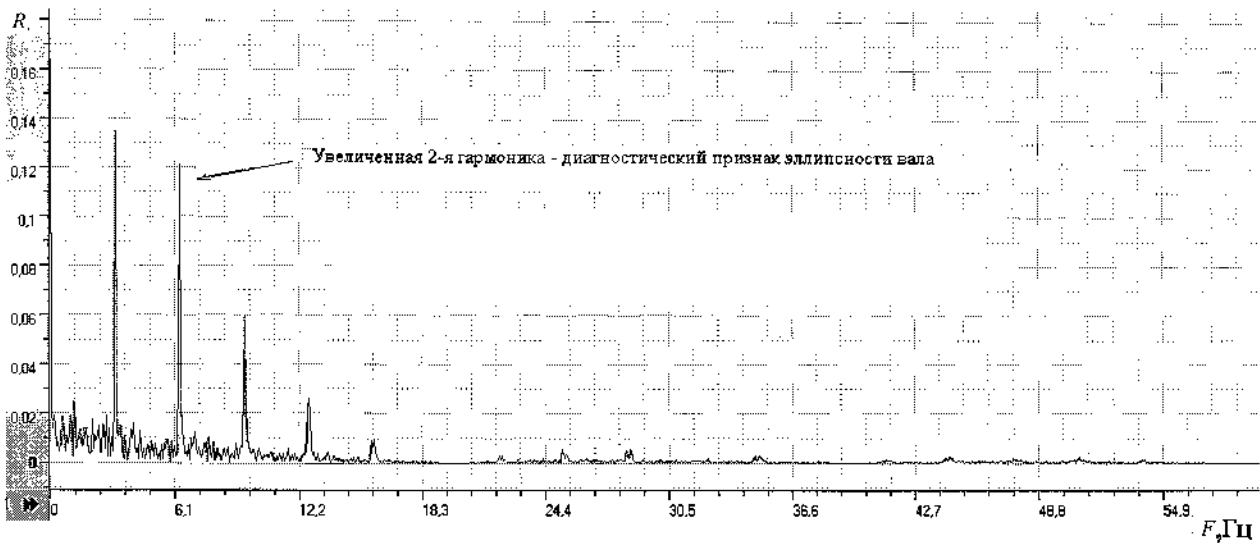


Рис. 3. Спектральная характеристика дефекта «эллипсность вала»

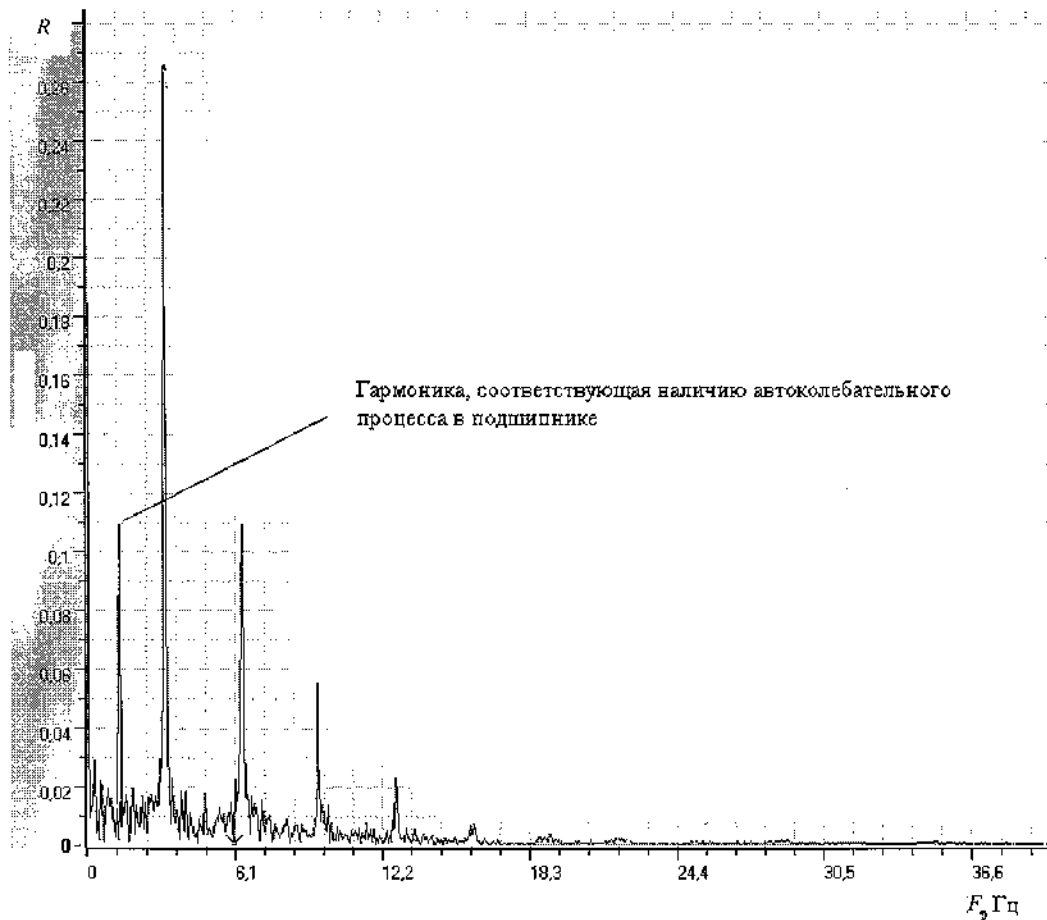


Рис. 4. Спектральная характеристика дефекта «автоколебания вала»

Дисбаланс ротора вызывает рост амплитуды основной гармоники (рис. 5).

Влияние локальных дефектов также приводит к изменению спектральной картины, однако в настоящий момент данный процесс

подробно не исследован. Но в любом случае отклонение спектральной характеристики, приведенной на рис. 2, говорит о присутствии какого-либо дефекта.

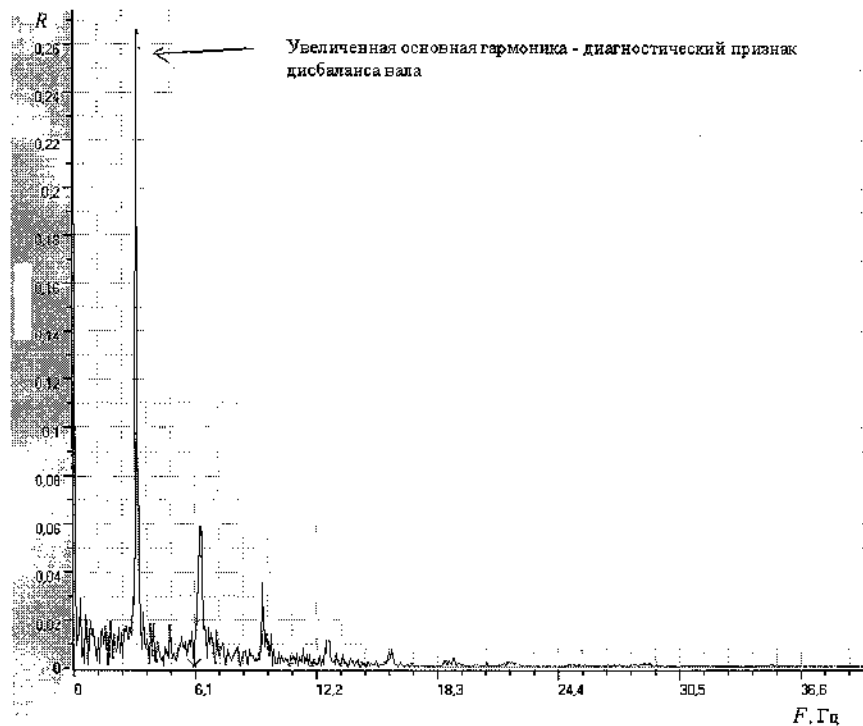


Рис. 5. Спектральная характеристика дефекта «дисбаланс вала»

В режиме реального времени удобно наблюдать за временным представлением сигнала. Его типовой вид приведен на рис. 6. Верхний график – необработанный электрорезистивный сигнал с частотой дискретизации АЦП – 1 кГц. Средний график – выделенный с помощью частотного фильтра для устранения помех электромагнитной системы сигнал.

Нижний – сигнал, усредненный по 20000 точек. По усредненному значению можно ориентироваться для оценки средней толщины смазочной пленки, а мгновенное значение дает информацию о наличии и степени флуктуации масляного клина, контактированию поверхностей шейки вала и вкладыша.

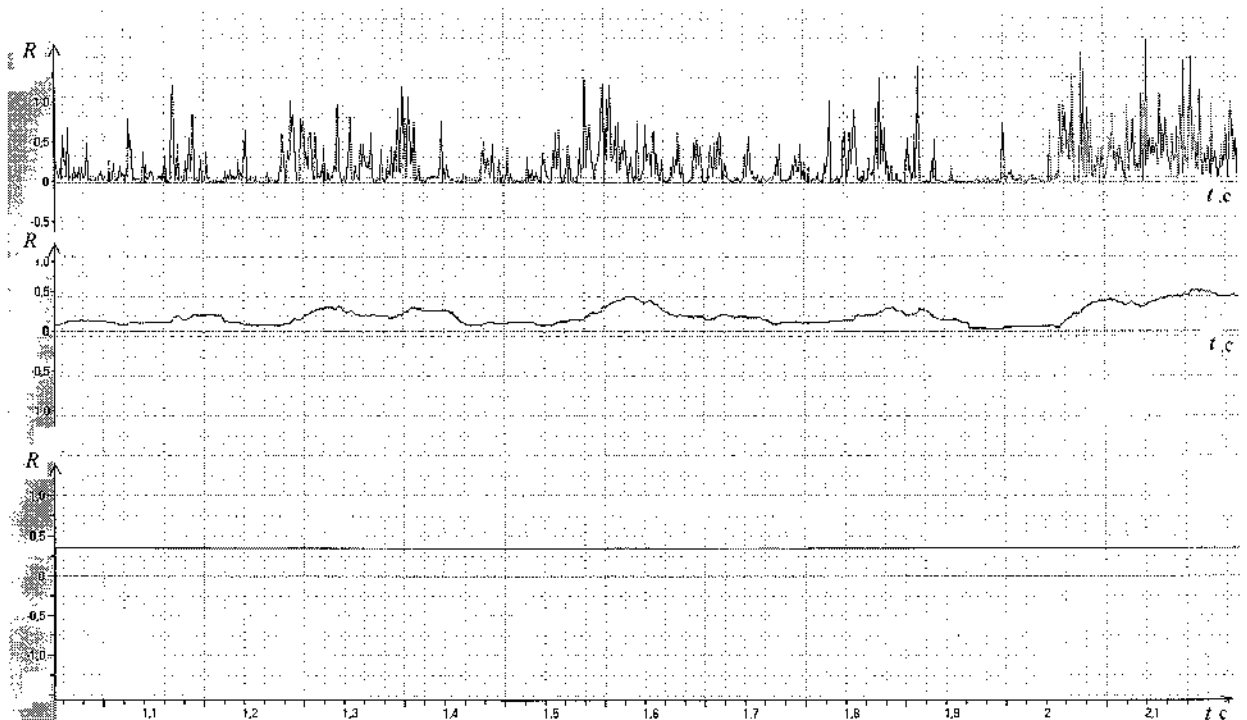


Рис. 6. Временное представление электрорезистивного сигнала

Приведенные результаты были получены путем математического моделирования электрического сопротивления подшипника с учетом влияния параметров и режимов его эксплуатации. Они подтверждены реальными испытаниями с последующей разборкой и дефектовкой опор скольжения на металлургических предприятиях ОАО «Северсталь», ОАО «Северсталь-метиз», ОАО «ТагМет». Полученные данные могут использоваться для выделения информационных дескрипторов электрорезистивного сигнала в оборудовании для диагностирования подшипников скольжения.

УДК 681.3.06

Список литературы

1. Подмастерьев К.В. Электропараметрические методы комплексного диагностирования опор качения. – М.: Машиностроение-1, 2001. - 376 с.
2. Коднир Д.С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин. - М.: Машиностроение, 1976. - 304 с.
3. Ключев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. и др. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. – М.: Машиностроение, 2005. - 656 с.

Р.А. Юдин, А.Г. Ершов
Череповецкий государственный университет

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТУРОВ УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДОМ ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ СРЕД В СОВРЕМЕННЫХ САУ. ВЫБОР И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Современный подход к построению САУ предполагает использование средств микропроцессорной техники. В этом случае за управление процессом аппаратно отвечает программируемый логический контроллер (ПЛК). ПЛК имеет в большинстве случаев модульную структуру. В его задачи как элемента САУ входят:

- 1) *получение информации* с датчиков, установленных на объекте, а также с операторского интерфейса (в автоматизированной системе управления);
- 2) *обработка информации* по заданной программе (управляющему программному алгоритму);
- 3) *выработка управляющих воздействий* для исполнительных устройств (ИУ).

Разумеется, вся информация в этом случае представляется в виде унифицированных электрических или цифровых сигналов.

На рис. 1 представлен один из возможных вариантов организации контура управления для реального промышленного объекта.

Объект для определенности аппроксимирован апериодическим звеном первого порядка с запаздыванием, параметры которого зависят от времени t и действующих на объект возмущений $\{Z\}$.

Программный регулятор реализуется в управляющей программе, которая загружается в СР-модуль ПЛК. Законы регулирования (алгоритмы, по которым происходит вычисление

СО*) при этом могут быть весьма разнообразными: от классических ПИД до организации адаптивных гибридных сетей с нейронечетким выводом [1]. Все зависит от перечня функций и программных блоков, поддерживаемых данной моделью ПЛК, а также рациональности разработчиков, свойств рассматриваемого объекта и целей управления. Следует также отметить, что САУ на базе ПЛК отличаются высоким быстродействием и точностью. Даже при организации сложных идентификационных и адаптивных программных процедур цикл работы современных ПЛК составляет миллисекунды. Таким образом, появляется вполне реальная возможность синтеза интеллектуальных адаптивных САУ, отвечающих самым жестким требованиям к управлению промышленными объектами. Проблемы при создании таких САУ носят больше методологический характер, нежели отсутствие аппаратной базы [2] - [4].

ИУ, в случае управления расходом жидкости или газа, можно представить как некий блок, на вход которого подается управляющий (командный) сигнал, а выходом служит перемещение подвижной механической части, устанавливающее площадь проходного сечения на трубопроводе. Большое применение в промышленности нашли ИУ, состоящие из позиционера и клапана. На рис. 1 показан позиционер двухстороннего действия. Его преимуществом является наличие обратной связи со

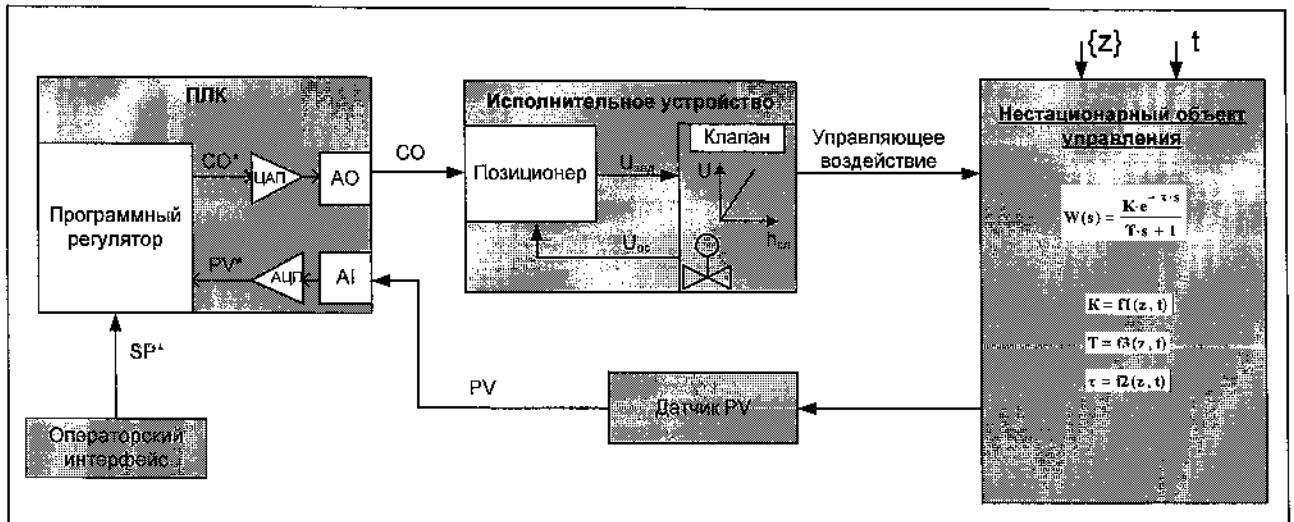


Рис. 1. Организация контура управления реального объекта с использованием современных средств микропроцессорной техники

- SP^* , CO^* , PV^* - цифровые значения задания, выхода с регулятора и переменной процесса соответственно;
 PV , CO - эквивалентные аналоговые унифицированные токовые сигналы;
 $\{Z\}$ - вектор внешних возмущений;
 t - время;
 $U_{зад}$ - управляющее воздействие на клапан;
 $U_{об}$ - сигнал обратной связи;
 $h_{кл}$ - положение штока клапана;
 AI , AO - представляют собой электронные модули аналогового входа и выхода соответственно, входящие в состав ПЛК

штоком клапана, которая позволяет добиться инвариантности характеристики клапана $U_{зад} = f(h_{кл})$ к изменению физических свойств среды и силы трения подвижной части клапана (например, вследствие износа). Что касается самого регулирующего клапана, то предпочтительнее применять сегментные, втулчатые или же двухседельные клапана. Наиболее совершенны, по мнению авторов, клапана с эксцентрически вращающимся сегментным плунжером, где объединены преимущества исполнительных механизмов (ИМ) вращательного и поступательного типов. В отличие от односедельных перемещающее шток усилие в таких клапанах не зависит от направления перемещения, перепада давления на клапане и диаметра прохода [6]. С точки зрения организации управления, наличие обратной связи в ИУ позволяет не только разгрузить ПЛК и уменьшить число задействованных каналов модулей ввода, но и избежать негативного действия гистерезисов, статических ошибок обработки ИМ, не прибегая к программной коррекции CO^* . Это, в свою очередь, позволяет более качественно организовать процесс регулирования расходом.

На этапе проектирования предварительный прогноз работы САУ расходом позволяет сделать математическая модель. Обязательным условием при создании модели является ее адекватность реальному объекту. Поэтому при моделировании часто возникает необходимость учитывать характеристики ИУ (тип ИМ, время полного хода, площадь проходного сечения, люфт, рабочая характеристика, минимальное рабочее значение командного сигнала). Кроме того, анализ возможной динамики канала управления может сыграть решающую роль при выборе самого ИМ и его рабочей характеристики. На рис. 2 представлен один из возможных вариантов реализации математической модели канала регулирования расхода в программе Simulink. Данная модель составлена в соответствии с методикой выбора регулирующих клапанов, представленной в [6]. Модель позволяет учитывать влияние изменения параметров рабочей среды и характеристик клапана на переходный процесс.

Блоки 1-8 представляют ИУ. Краткое описание и назначение их представлено в табл. 1.

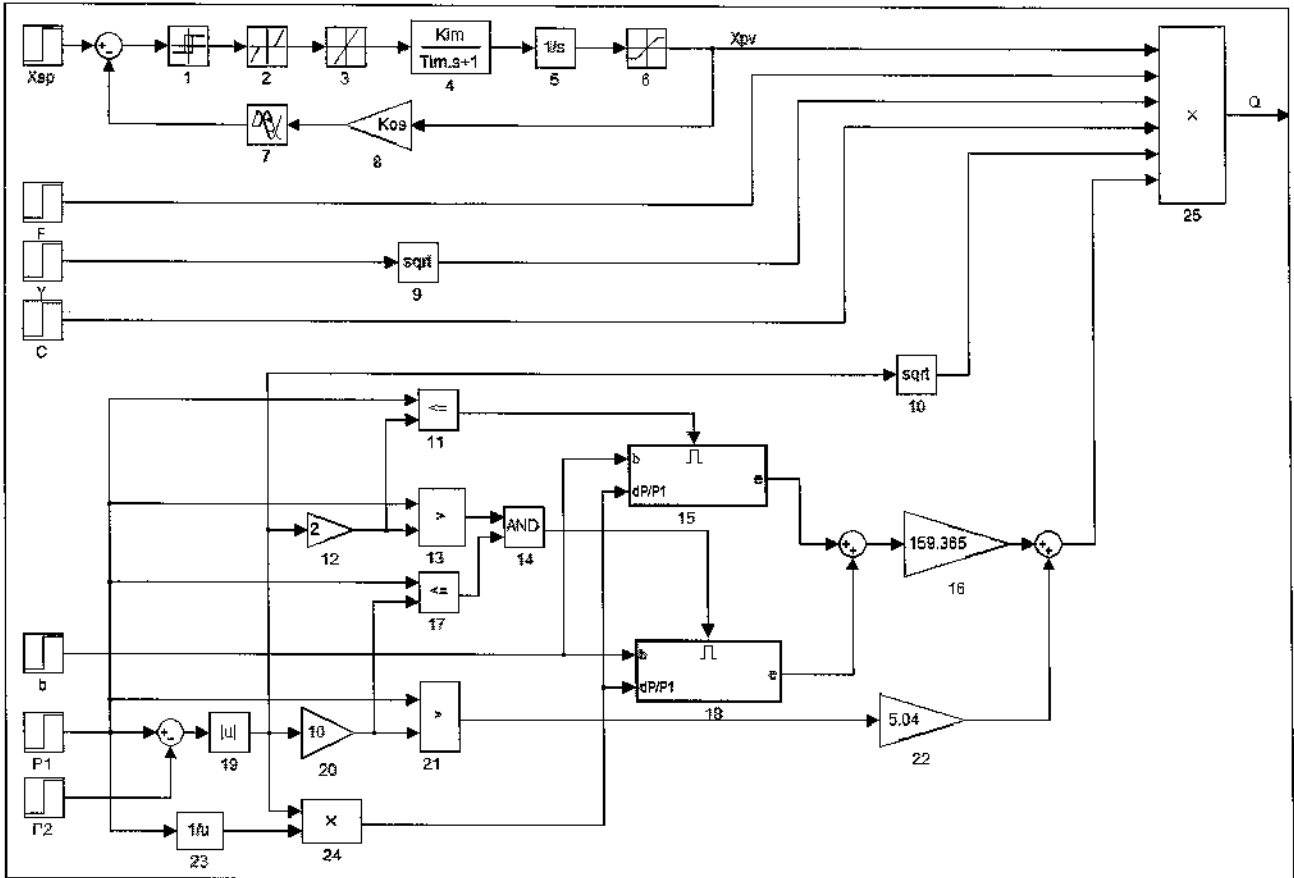


Рис. 2. Структура модели канала регулирования расхода в программе Simulink

- X_{sp}, X_{pv} – задание и текущее положение регулирующего органа ИУ соответственно (единицы измерения задаются пользователем);
- F – площадь проходного сечения клапана, $см^2$;
- Y – плотность среды, $т/м^3$;
- C – коэффициент пропорциональности (зависит от выбора единиц измерения X_{sp} и X_{pv});
- b – коэффициент среды;
- $P1, P2$ – давление до и после регулирующего органа соответственно, $кгс/см^2$;
- Q – массовый расход среды, $т/ч$

Таблица 1

№ блока	Описание	Назначение
1	Гистерезис	Моделирует люфт в ИМ
2	Зона нечувствительности	Устанавливает минимальное значение командного сигнала, которое приводит к изменению положения регулирующего органа
3	Ограничитель скорости	Устанавливает скорость перемещения регулирующего органа при скачкообразном изменении командного сигнала
4	Электродвигатель	Моделирует динамику изменения скорости вращения электродвигателя
5	Интегратор	Моделирует переход от скорости к перемещению регулирующего органа
6	Ограничитель перемещения	Устанавливает физические пределы на перемещение регулирующего органа, соответствующие крайним положениям
7	Транспортное запаздывание	Устанавливает запаздывание в цепи обратной связи
8	Пропорциональное звено обратной связи	Моделирует безынерционный датчик положения регулирующего органа

Модель ИУ можно свести к достаточно простой структуре, если обнулить соответствующие значения параметров блоков 1, 2, 7. Кроме того, моделирование работы ИУ может быть выполнено в относительных единицах: $X_{pv} = 0$ – проходное сечение полностью закрыто; $X_{pv} = 1$ – полностью открыто), в этом случае коэффициент преобразования в цепи обратной связи будет равен единице ($K_{os} = 1$). Данные упрощения целесообразно применять на этапе выбора ИУ, отвечающего общим требованиям, предъявляемым к пропускной способности.

Блоки 9-25 организуют логику вычисления расхода среды через клапан, в зависимости от соотношения $P1$ и $P2$ (см. [6]). Блоки 11, 13, 17, 21 в модели формируют разрешающий сигнал на использование нужной формульной зависимости. Блоки 15 и 18 представляют подсистемы, служащие для вычисления коэффициента расширения:

$$\varepsilon = f(P1, P2).$$

Коэффициент среды b (иногда обозначают β) можно найти в справочной литературе (например, в [5]).

Общую формулу для вычисления расхода среды через клапан можно представить в следующем виде:

$$Q = K \cdot X_{pv} \cdot F \cdot \varepsilon \cdot C \cdot \sqrt{(|P2 - P1|) \cdot Y}.$$

Назначение переменных в формуле описано выше. Выбор значения коэффициента K и формулы расчета ε , в зависимости от соотношения давлений $P1$ и $P2$, представлены в табл. 2.

Модель, представленная на рис. 2, подразумевает, что в качестве ИМ выбран клапан. Для

поворотных заслонок в модель необходимо внести незначительные изменения, в соответствии с формулой:

$$Q = 1,594 \cdot X_{pv} \cdot F \cdot C \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{|P2 - P1|}{Y}}.$$

Назначение переменных то же.

Выводы: 1. Современные САУ, построенные на базе средств микропроцессорной техники, позволяют формировать эффективные алгоритмы управления. Отличительной чертой таких САУ является высокая скорость обработки входящей информации и точность вычислений управляющих воздействий (их цифровых эквивалентов).

2. Качество регулирования расхода рабочей среды во многом определяет выбор ИУ.

3. Правильный выбор ИУ представляет в общем случае сложную, многофакторную задачу.

4. При выборе ИУ, входящего в состав контура регулирования, необходимо учитывать возможные отклонения его рабочей характеристики в ходе эксплуатации. Поэтому по возможности изначально следует выбирать более совершенные с конструктивной точки зрения ИУ.

5. При анализе работы ИУ в контуре регулирования по его математической модели необходимо целенаправленно вводить в последнюю «вредные» нелинейности, появление которых характерно при эксплуатации данных ИУ.

6. При большом отрицательном влиянии нелинейностей ИУ на переходный процесс, а также в случаях, когда это влияние принципиально недопустимо, необходимо предусматривать адаптационные программные процедуры коррекции управляющих воздействий.

Таблица 2

Условие	Значение коэффициента, K	Формула расчета коэффициента расширения
$P1 > 10 \cdot (P2 - P1)$	5.04	$\varepsilon = 1$
$2 \cdot (P2 - P1) < P1 \leq 10 \cdot (P2 - P1)$	159.365	$\varepsilon = 1 - b \cdot \frac{(P2 - P1)}{P1}$
$P1 \leq 2 \cdot (P2 - P1)$	159.365	$\varepsilon = 0.95 - (b - 0.1) \cdot \frac{(P2 - P1)}{P1}$

Список литературы

1. Таскаев Д. М. Динамическая модель адаптивных регуляторов в среде SIMULINK MATLAB для проведения сравнительного анализа. – Томск: Томский политехнический университет, 2004.
 2. Юдин Р. А., Ершов А. Г. Требования к адаптивной системе автоматического управления (САУ) парогенератором // Приборы + автоматизация. – М.: СОО «Международное НТО приборостроителей и метрологов». – 2007. – № 1. – С. 24 – 27.
 3. Юдин Р. А., Ершов А. Г. Проблемы синтеза адаптивных систем автоматического управления (САУ) для нестационарных объектов // Автоматизация

машиностроительного производства, технология и надежность машин, приборов и оборудования. Материалы II Междунар. науч.-техн. конф. Т 1. – Вологда: ФА по образованию, ВГТУ, 2006. – С. 224 – 228.

4. Штейнберг Ш. Е., Залуцкий И. Е. Адаптация стандартных регуляторов к условиям эксплуатации в промышленных системах регулирования // Промышленные АСУ и контроллеры. – М.: «Научтехлитиздат», 2003. – № 4.
 5. Теплотехнический справочник // Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. – М.: Изд-во «Энергия», 1975.
 6. Барласов Б. З., Ильин В. И. Наладка приборов и средств автоматизации. – М.: Высш. шк., 1985. – 350 с.

УДК 681.3.06

Р.А. Юдин, А.Г. Ершов
 Череповецкий государственный университет

**СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ.
 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ НАСТРОЕК**

В статье рассматривается задача синтеза оптимальных линейных регуляторов для нестационарных объектов регулирования с чистым запаздыванием. Показано, что адаптивная настройка параметров может достаточно просто осуществляться методами математической теории оптимизации, если известен измеряемый косвенный параметр объекта, характеризующий изменение свойств объекта с течением времени.

В работе [1] показано, что принципиально невозможно обеспечить оптимальное управление нестационарным объектом на всем рабочем диапазоне, используя лишь одни постоянные настройки регуляторов. Рассмотрим один из возможных подходов к реализации процедур программной автоподстройки регуляторов, для случаев, когда изменение параметров объекта вызвано известными причинами. При этом об изменении свойств объекта можно судить по изменению косвенно зависимых параметров, значения которых можно отслеживать по постоянно измеряемым величинам (сигналам с датчиков). Сразу отметим, что вопросы надежности, контроля точности и достоверности каналов измерения – предмет отдельного разговора и выходят за рамки этой статьи.

Рассмотрим парогенератор средней мощности, барабанного типа. В качестве примера объекта возьмем участок: расход топлива B_T , кг/с – тепловосприятие испарительных поверхностей $Q_{ин}$, кДж/с.

Для дальнейших выкладок будем полагать, что влияние прочих факторов, определяющих стабилизируемую величину, отсутствует. Также следует отметить, что часть параметров, характеризующих процессы теплообмена, в формулах ниже представляют свои средние значения. Нестационарность объекта вызвана влиянием роста слоя загрязнений на экранных трубах в топке парогенератора.

Из [2] известно, что указанный участок можно аппроксимировать апериодическим звеном первого порядка с запаздыванием:

$$W_{B_T-Q_{ин}}(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{T_0 \cdot p + 1}, \quad (1)$$

где τ_0 – величина чистого транспортного запаздывания, с; определяется в зависимости от конкретного типа топливоподающего устройства; K_0 , T_0 – коэффициент усиления и постоянная времени объекта, соответственно.

Коэффициент усиления объекта определяется:

$$K_0 = \frac{H_n \cdot k_r \cdot k_Q}{\varepsilon \cdot k_r \cdot k_3}, \quad (2)$$

где H_n – лучевоспринимающая поверхность трубных экранов, м²; ε – приведенный коэффициент термического сопротивления слоя загрязнений, м² · с · °С/кДж; k_r , k_Q , k_3 – коэффици-

циенты, рассчитываемые по следующим формулам:

$$k_r = \frac{4 \cdot a \cdot K^4 \cdot (T_n)^3}{\frac{H_n}{\varepsilon} + 4 \cdot a \cdot (T_{3,n})^3}, \quad (3)$$

$$k_Q = \frac{\frac{Q_{лн}}{B_n}}{(B_n \cdot V_r \cdot C_r \cdot \rho_r) + 4 \cdot a \cdot K^4 \cdot (T_n)^3}, \quad (4)$$

$$k_3 = \frac{4 \cdot a \cdot (T_{3,n})^3}{(B_n \cdot V_r \cdot C_r \cdot \rho_r) + 4 \cdot a \cdot K^4 \cdot (T_n)^3}, \quad (5)$$

где a – коэффициент, учитывающий степень излучения топки; K – коэффициент, учитывающий вид топлива, способ его сжигания и угол наклона горелочного устройства к горизонту; T_n – температура газов на выходе из топки, К; $T_{3,n}$ – средняя температура загрязнений (зола, шлака, обмазки) на наружной поверхности, К; $Q_{лн}$ – лучистая теплота, воспринимаемая поверхностями нагрева топки, кДж/°С; B_n – расчетный расход топлива, при текущей паровой нагрузке, кг/с; V_r – объем продуктов сгорания на единицу топлива приведенный к нормальным условиям, м³/кг; C_r – удельная теплоемкость продуктов сгорания, кДж/кг · °С; ρ_r – плотность продуктов сгорания, кг/м³;

Подставляя (3) – (5) в выражение (2), после преобразований получим:

$$K_o = \left(4 \cdot H_n \cdot Q_{лн} \cdot a \cdot K^4 \cdot (T_n)^3 \right) : \left((B_n)^2 \cdot V_r \cdot C_r \times \right. \\ \left. \times \rho_r \cdot H_n + 4 \cdot V_r \cdot C_r \cdot \rho_r \cdot a \cdot (T_{3,n})^3 \cdot \varepsilon + \right. \\ \left. + 4 \cdot B_n \cdot a \cdot K^4 \cdot (T_n)^3 \cdot H_n \right). \quad (6)$$

Контролируемым параметром в выражении (6) является температура газов на выходе из топки T_n . Она определяет количество теплоты, поглощенное топкой, а также передаваемое далее по газовому тракту к другим поверхностям нагрева.

Поэтому можно записать:

$$K_o = f_1(T_n). \quad (7)$$

Постоянная времени объекта определяется по формуле:

$$T_o = \frac{G_3 \cdot C_3}{\frac{H_n}{\varepsilon} + 4 \cdot a \cdot (T_{3,n})^3}, \quad (8)$$

где G_3 – масса слоя загрязнений, кг; C_3 – удельная теплоемкость слоя загрязнений, кДж/кг · °С.

Будем рассматривать постоянную времени как функцию от G_3 :

$$T_o = f(G_3). \quad (9)$$

С увеличением массы слоя загрязнений будет снижаться интенсивность тепловосприятия экранов. Последнее, в свою очередь, приведет к некоторому увеличению температуры уходящих газов на выходе из топки (теплопроводность загрязненных экранов при увеличении средней толщины слоя загрязнений становится меньше).

Таким образом,

$$G_3 = f_2(T_n). \quad (10)$$

Последнее выражение показывает, что при неизменных внешних факторах (качество и расход топлива, температура подогретого воздуха, коэффициент избытка воздуха, температура окружающей среды и пр.) можно найти некоторую зависимость массы слоя загрязнений от температуры газов на выходе из топки. Эту зависимость можно найти путем пассивного эксперимента, обработав статистику за некоторый период эксплуатации парогенератора.

С учетом (7), (9), (10) выражение аппроксимирующей передаточной функции (1) можно переписать в следующем виде:

$$W_{B_r-Q_{лн}}(p) = \frac{f_1(T_n) \cdot e^{-\tau_o \cdot p}}{f_2(T_n) \cdot p + 1}. \quad (11)$$

В выражении (11) параметры объекта зависят от параметра T_n , который при оговоренных ранее условиях косвенно характеризует изменение динамических свойств объекта в ходе эксплуатации.

Вопросам отыскания оптимальных настроек ПИД-регуляторов посвящено много работ (см., напр. [3] – [5]). Очевидно, что если удастся отыскать, с приемлемой для практики точностью, аппроксимирующую линейную мо-

дель объекта, а также вид аналитической зависимости ее параметров от некоторой измеряемой величины, характеризующей явление нестационарности, то отсутствует необходимость синтеза адаптационных процедур с активной идентификацией.

Современные САУ промышленными объектами включают в свой состав программируемые контроллеры (PLC). Регуляторы в таких САУ представляют собой программные блоки, обрабатываемые с заданной периодичностью модулем центрального процессора PLC. В этом случае для рассматриваемого объекта более простым способом поддержания оптимальных настроек в регуляторе является программная реализация аналитической управляющей структуры.

Примером такой структуры может служить реализация оптимального ПИ-управления в виде:

$$W_{\text{Фопт}}(p) = \frac{f_2(T_H)}{f_1(T_H) \cdot m \cdot \tau_o} \cdot \left[1 + \frac{1}{f_2(T_H) \cdot p} \right], \quad (12)$$

где m – параметр, характеризующий запас устойчивости системы.

Он выбирается по требованиям к прямым показателям качества переходного процесса и может настраиваться при пусконаладке.

Передаточная функция регулятора (12) является «зеркальным отображением» минимально-фазовой части непостоянной передаточной функции объекта регулирования, а звено чистого запаздывания корректируется интегральной компонентой.

Список литературы

1. Юдин Р.А., Ершов А.Г. Требования к адаптивной системе автоматического управления парогенератором // Приборы + автоматизация. - М.: СОО «Международное НТО приборостроителей и метрологов». - 2007. - № 1. - С. 24.
2. Теплотехнический справочник: В 2 т. Т. 2 / Под ред. В.Н. Юренева, П.Д. Лебедева. - Изд. 2-е, перераб. - М.: «Энергия», 1976.
3. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
4. Ровенский Д.Я. Оптимальные регуляторы для технологических объектов. - М.: ЗАО «ТЭКМА». - www.tecam.ru
5. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплотехническими процессами. - М.: «Энергоатомиздат», 1985.

УДК 621.771.002

В.Н. Мочалин, Д.Н. Перов, М.К. Харашнина
Череповецкий государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАМОТКИ РУЛОНА В ЗАДАЧЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МАССЫ МЕТАЛЛА

В настоящее время на станах горячего и холодного проката отгрузка металла осуществляется по теоретической массе. Теоретической (сдаточной массой) считается масса, вычисленная по геометрическим размерам проката в соответствии с ГОСТом 19904-74. Сдача металла по теоретической массе предусмотрена с целью обеспечения экономии металла. Эффективность прокатки металла «на минус» в значительной мере обуславливается точностью и надежностью работы систем и устройств, измеряющих длину и толщину проката [1].

На станах холодной прокатки широко используются измерители длины полосового металла, основанные на применении мерительного ролика, приводимого во вращение движущейся полосой [1]:

где L – измеряемая длина, м; r – радиус мерительного ролика, м; k – угол поворота, принятый за единицу дискретности, рад; m – метрический масштаб одного импульса, м/имп; $\sum Z$ – сумма импульсов на измеряемой длине.

$$L = \frac{2\pi r}{k} \cdot \sum Z = m \sum Z,$$

В рассмотренных измерителях [1], [2], [3] весьма существенны погрешности при измерении длины в результате проскальзывания мерительного ролика относительно движущейся полосы, особенно в переходных режимах и от

изменения радиуса ролика в связи с его износом.

Одним из решений этой проблемы является измерение длины полосы при помощи датчика угла поворота барабана моталки с учетом начального радиуса барабана.

Разработаем математическую модель процесса намотки рулона, считая, что отсутствует разнотолщинность полосы, виток к витку в рулоне ложится плотно без зазора между ними, натяжение и плотность намотки постоянны. В этом случае длина полосы металла будет определяться суммированием длин дуг, наматываемых на барабан. Если за единицу дискретности принять полный оборот барабана (360°), то длина первого витка определится как:

$$L_1 = 2\pi(r_6 + h_1),$$

где r_6 – радиус барабана моталки; h_1 – толщина полосы на первом обороте.

Длина второго витка соответственно определится по выражению:

$$L_2 = 2\pi(r_6 + h_1 + h_2),$$

где h_2 – толщина полосы на втором обороте.

Таким образом, в процессе намотки текущий радиус рулона на n -м обороте вычисляется как:

$$r_n = r_6 + \sum_{i=1}^n h_i,$$

где $\sum_{i=1}^n h_i$ – сумма толщин за n оборотов; h_i – текущая толщина витка на i -м обороте.

Длина текущего витка определяется по формуле:

$$L_i = 2\pi(r_6 + \sum_{i=1}^n h_i) = 2\pi r_n. \quad (1)$$

Зная ширину B , текущую толщину h_i и плотность металла ρ , можно вычислить массу полосы i -го витка:

$$m_i = L_i B h_i \rho = 2\pi r_n B h_i \rho. \quad (2)$$

Суммарная длина и масса полосы в рулоне соответственно:

$$L_p = \sum_{i=1}^n 2\pi r_n = \sum_{i=1}^n L_i,$$

$$M_p = \sum_{i=1}^n L_i B h_i \rho = \sum_{i=1}^n m_i. \quad (3)$$

Вычисляя длину и массу витков по ходу наматывания в рулон с учетом переменной толщины и суммируя общую длину и массу, можно с достаточной точностью вычислять теоретическую массу и длину полосы, которые намотаны в процессе прокатки на моталку.

Проанализируем изменение рассмотренных параметров рулона при следующих технологических и конструктивных величинах:

- текущая толщина проката $h_i = 0,001$ м;
- ширина полосы $B = 1$ м;
- плотность металла $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³;
- начальный радиус барабана моталки $r_6 = 0,32$ м.

Допустим, что необходимо отрезать 15 тонн проката, тогда графики зависимости, построенные по формулам (1), (2) и (3), будут иметь вид (рис. 1, 2).

Анализ графиков показывает, что рулон представляет собой тело переменной массы цилиндрической формы, при этом за каждый оборот происходит дискретное увеличение длины витка и его массы. Длина последнего витка и его масса увеличиваются в 2,66 раза по отношению к первому витку. Изменение массы рулона имеет нелинейный характер, так как с ростом числа витков увеличивается приращение массы витка в рулоне (рис. 3). Формирование рулона заданной массы при указанных параметрах процесса происходит за 523 оборота моталки.

По ходу реального процесса прокатки толщина полосы является не постоянной и может колебаться в суженном поле допусков в соответствии с ГОСТом 19904-74. При толщине проката выше номинальной происходит перерасход, а когда толщина меньше номинальной – экономия металла. Поэтому для повышения точности необходимо контролировать не только теоретическую массу, но и разницу между ней и фактической массой, причем не только по окончании процесса наматывания рулона, но и по ходу его формирования.

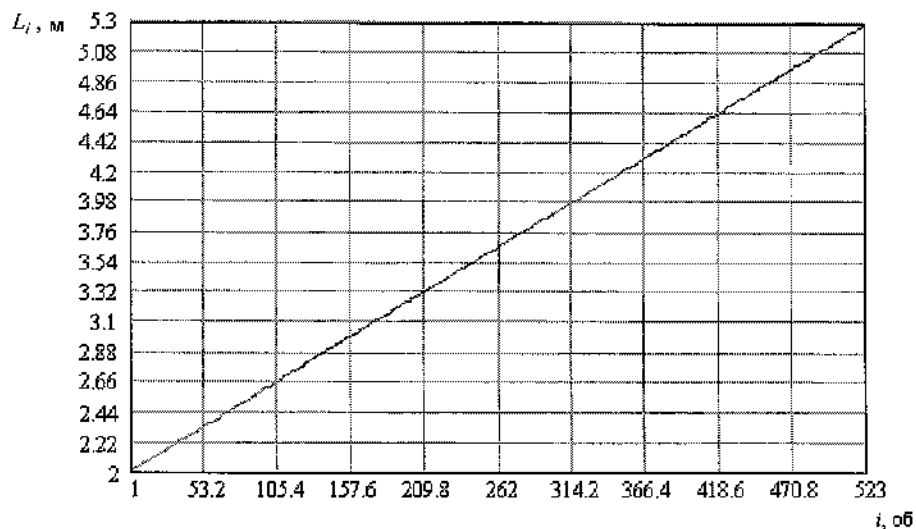


Рис. 1. Зависимость длины витка от числа оборотов

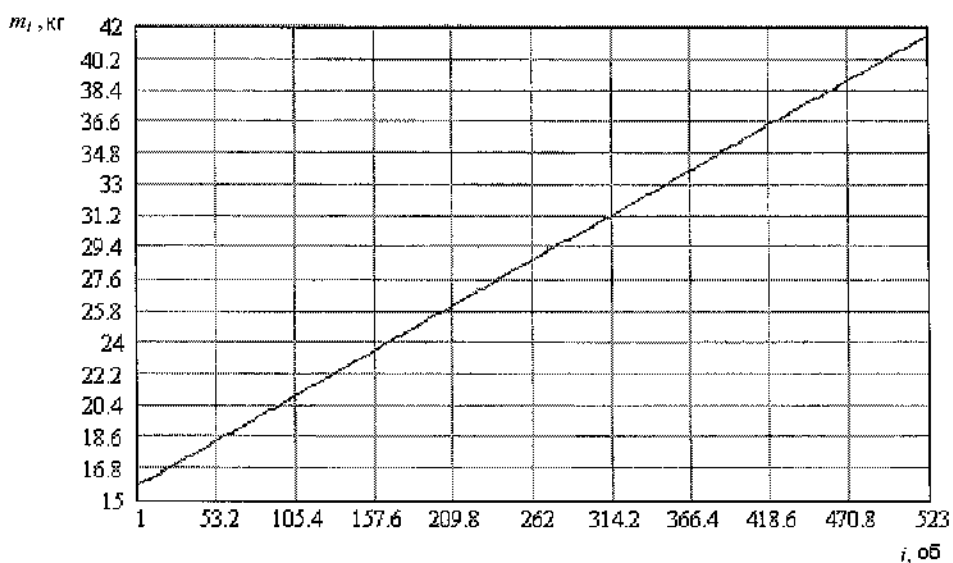


Рис. 2. Зависимость массы витка от числа оборотов

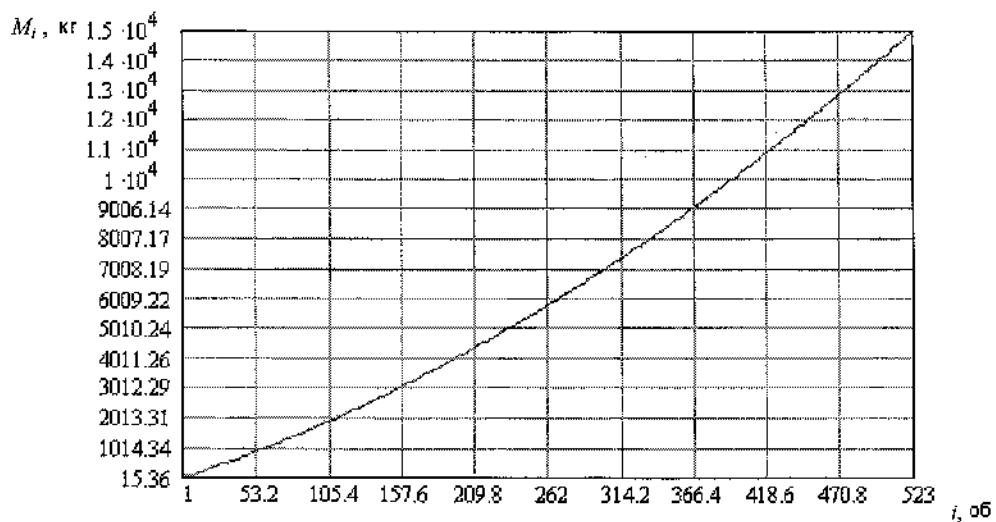


Рис. 3. Зависимость массы рулона от числа оборотов

Для обеспечения этого необходимо рассчитывать отклонение в толщине на каждом обороте моталки по формуле:

$$\Delta h = h_{\text{ном}} - h_i, \quad (4)$$

где $h_{\text{ном}}$ – номинальное (заданное) значение толщины; Δh – отклонение номинальной толщины полосы от текущей.

По разнице толщин можно вычислить приращение массы металла ΔM_i на i -м обороте, которое в зависимости от знака Δh представляет либо экономию, либо затраты металла:

$$\Delta M_i = \Delta h \cdot B \cdot L_i \cdot \rho. \quad (5)$$

Суммируя значения ΔM_i на каждом обороте, мы получим суммарное значение массы по отклонению толщины от номинального значения:

$$\Delta M_p = \sum_{i=1}^n \Delta M_i. \quad (6)$$

Заданная теоретическая масса, которую необходимо отгрузить потребителю, с учетом ΔM_p будет вычисляться по формуле:

$$M_{\text{зад}} = M_p + \Delta M_p.$$

Если ΔM_p будет иметь положительный знак (это означает, что прокатка в целом велась на «минус»), то при той же длине проката масса рулона M_p теоретическая, которую необходимо отгрузить меньше на ту же величину ΔM_p , что будет являться экономией металла.

Рассмотрим пример расчета теоретической массы M_p полосы при заданном значении $M_{\text{зад}} = 15$ тонн и номинальной толщине проката $h_{\text{ном}} = 0,001$ м, с использованием формул (4) - (6) в системе Mathcad. При расчете зададимся постоянной шириной полосы $B = 1$ м, а также примем текущую толщину полосы на выходе стана $h_i = 0,00099$ м и постоянной на протяжении формирования рулона. В результате расчета получили: $\Delta h = 0,00001$ м, $M_p = 14848,9$ кг, $\Delta M_p = 150$ кг, длина полосы в рулоне $L_p = 1910$ м.

Таким образом, при отклонении текущего значения толщины от заданного на $0,00001$ м в меньшую сторону (что допускается по ГОСТу) при той же длине рулона имеет место экономия металла в размере 150 кг.

Нами разработан алгоритм работы контроллера подсистемы вычисления теоретиче-

ской массы металла, представленный на рисунке 4.

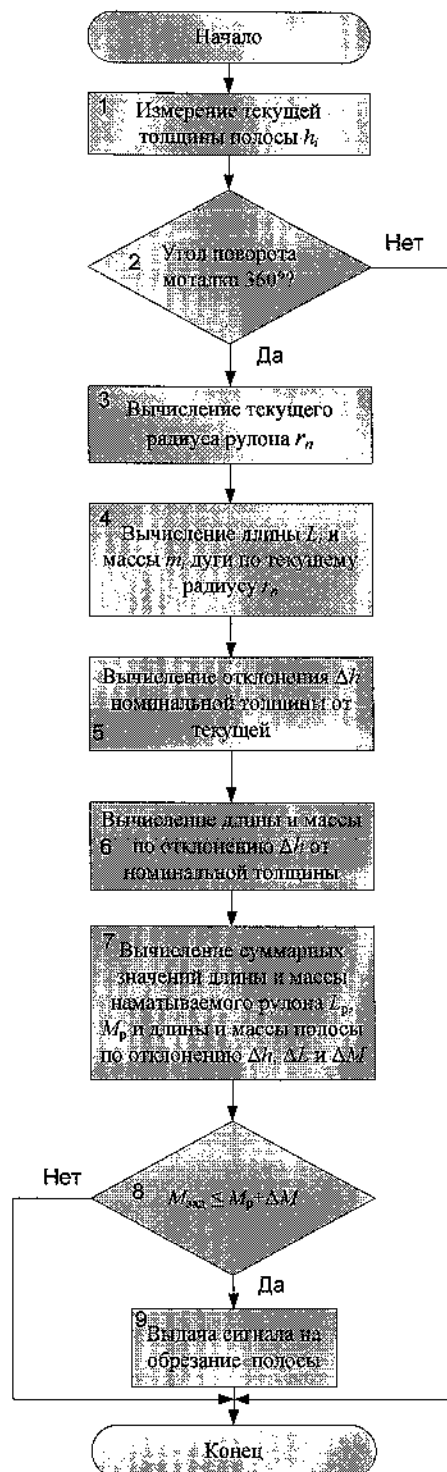


Рис. 4. Алгоритм вычисления теоретической массы полосы

Вначале осуществляется измерение текущей толщины полосы (блок 2), при этом проверяется, совершила ли моталка оборот или

нет. Если оборот не совершен, то осуществляется выход из цикла вычисления. Если оборот совершен, то производится вычисление текущего радиуса рулона, длины и массы i -го витка (блоки 3, 4 и 5). Далее рассчитываются отклонение толщины и соответственно отклонения длины и массы на каждом витке (блоки 5 и 6). В блоке 7 вычисляются суммарные значения длины и массы витков наматываемого рулона. В блоке 8 происходит проверка неравенства - заданная теоретическая масса набрана, если нет, то осуществляется выход из цикла, если да, то выдается сигнал на рез полосы.

Выводы: 1. Разработана математическая модель процесса намотки рулона, позволяющая вычислять теоретический вес металла с возможным отклонением толщины проката от номинального значения в суженном поле допусков.

2. Изменение массы рулона имеет нелинейный характер, за счет увеличения прираще-

ния массы витка в рулоне с ростом числа оборотов.

3. Расчет теоретической массы и приращения массы, обусловленной отклонением толщины полосы от номинального значения, позволяет определить необходимую длину полосы в рулоне.

Список литературы

1. Коновалов Ю. В. Повышение точности листовой прокатки // *Металлургия*. – М., 1978.
2. А.с. № 1235575. Система вычисления теоретической массы движущейся полосы. – Бюл. № 21 // *Открытия. Изобретения*. - 1986. - № 21.
3. Быков И. Н. Разработка и внедрение двухуровневых систем управления процессами измерения длины, скорости и массы движущейся полосы для агрегатов прокатного производства: Автореф. дис... – М., 1987.

А.В. Полянский
Череповецкий государственный университет
А.А. Юрков
ОАО «Северсталь»

УДК 621.867:681.5

ДВУХПОЗИЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАКТОМ ПОДАЧИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ НА ОДНОСЛОЙНОСТЬ ЗАГРУЗКИ

В технологических процессах металлургического или химического производств [1] широко используют технические звенья «загрузочные бункеры - система управления – конвейер» для формирования многокомпонентных сыпучих смесей и подачи их в рабочий агрегат (рис. 1). При значительной протяженности конвейера и большом числе бункеров в тракте подачи, вводимых в работу по технологическим требованиям оператором или автоматически в релейных двухпозиционных режимах «включено-выключено», возникает задача контроля и устранения неравномерности загрузки смеси (шихты) по уровню и массе в продольном сечении конвейерной ленты. Наслоения компонентов требуют увеличения ширины ленты, мощности приводов конвейера, габаритов конструкций при ухудшении показателей потерь и экологических загрязнений, либо следует дополнять тракт устройствами разравнивания или заменой двухпозиционной системы регулирования на совокупность регу-

ляторов интенсивности питателей по каждому бункеру. Последнее существенно усложнит систему управления трактом и понизит его эксплуатационную надежность.

В [2] авторами предложена модель процесса в среде математического пакета Mathcad [3] с целью использования ее для автоматического предсказания наслоений при задании комбинаций смесей. Разработанная матрица состояния на произвольную комбинацию компонентов в смеси, питаемых заданными бункерами из общего их количества в линии M , имела вид:

$$\begin{pmatrix} m_{j,i+1} \\ q_{j,i+1} \\ S_{j,i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{if} (m_{j,i} > 0, m_{j,i} - Q_v \cdot dt, 0) \\ \text{if} \left(i > \frac{L_j + L_0}{dt} \wedge m_{j,i-z_j} > 0, Q_v \cdot dt, 0 \right) \\ \sum_{j=1}^M q_{j,i} \end{pmatrix}, (1)$$

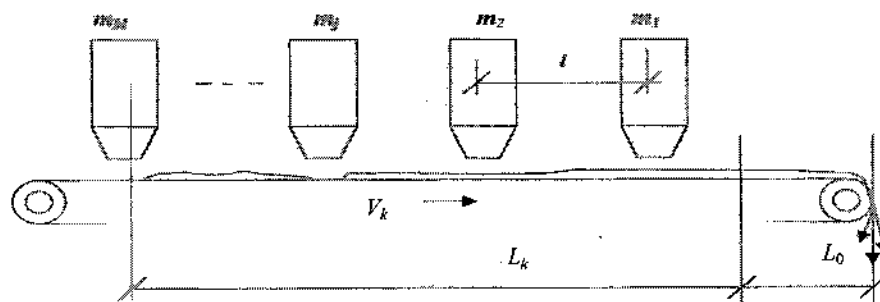


Рис. 1. Схема технологической компоновки «бункеры – конвейер»

где $j := 1..M$ – дискретная переменная для задания питающих бункеров с требуемыми массами выгрузки компонентов m_j ; $i := 1..N$ – дискретная переменная времени с шагом dt ; V_k – скорость конвейера; Q_v – скорость (интенсивность) выгрузки питателя; L_0 – расстояние от рабочих границ первого бункера до выгрузочного края конвейера; L_j – расстояние от j -го питательного бункера до конца конвейера с учетом расстояния между бункерами $l_j := l = \text{const}$; $q_{j,i}$ – текущая скорость выгрузки, $S_{j,i}$ – суммарная текущая интенсивность загрузки конвейера (в т.ч. наложение) и z_j – отстояние (запаздывание) от конца конвейера j -го питателя в дискретных единицах

$$z_j := \text{trunc} \left(\frac{L_j + L_0}{dt} \right).$$

Так, при параметрах системы

$$\begin{aligned} m_1 &:= 200 \text{ [кг]}, m_3 := 200 \text{ [кг]}, m_5 := 500 \text{ [кг]}, \\ m_{15} &:= 50 \text{ [кг]}, N := (l \cdot M + L_0)/dt = 720, \\ l &:= 4 \text{ [м]}, Q_v := 20 \text{ [кг/с]}, M := 18, L_0 := 0 \text{ [м]} \\ &\text{и } V_k := 1 \text{ [м/с]} \end{aligned}$$

получаемое по (1) временное продольное сечение загрузки ленты будет определено, как на рис. 2 (сплошные секторы 1). Предполагается также, что границы сыпучих сред остаются вертикальными и не влияют на принцип моделирования или существенные показатели.

Анализ показывает, что для устранения наслоений в (1) необходимо ввести управляемое время прекращения выгрузки из бункеров к началу наслоений на движущиеся компоненты, т.е. ввести в модель дискретные функции двух переменных, соотносящихся в текущем j -м цикле вычислений (контроля) и предшествующем $(j - 1)$ -м.

Введем условные функции:

$$tb_j := \text{if}(m_j > 0, \frac{L_j + L_0}{V_k}, 0) - \text{момент начала}$$

выгрузки j -го компонента в смеситель на конце конвейера;

$$te_j := \text{if}(m_j > 0, T_j + \frac{L_j + L_0}{V_k}, 0) - \text{момент}$$

окончания выгрузки j -го компонента в смеситель;

$$T_j := \frac{m_j}{Q_v} - \text{время выгрузки из } j\text{-го бункера}$$

на конвейер.

Перед вводом значений масс компонентов по бункерам, как и ранее, обнулим вектор $m_j := 0$, т.е.

$$m := (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0)^T,$$

с последующим заданием конкретных компонентов (для сравнения работы моделей оставим их прежними) и исключим суммарную интенсивность загрузки конвейера по сечению $S_{j,i}$, т.к. она планируется однослойной (Q_v или 0). Предлагается также исключить из модели незадействованные бункеры, требующие при моделировании тех же операций сравнения, но усложненных многозвенностью условий находить и сопоставлять работу с ненулевыми массами. Устранение нулевых векторов, в свою очередь, потребует изменений в длинах сопутствующих векторов и ввода новой дискретной переменной (аналога j), например, s . Предлагается это выполнять в пакете Mathcad режимом *Programming* [3]. Тогда общее число рассматриваемых бункеров уменьшится от M до s (их активное число), автоматически определяемое как

$$s := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{for } c \in 1..M \\ s \leftarrow \begin{cases} (s+1) \text{ if } m_c > 0 \\ s \leftarrow s \text{ otherwise.} \end{cases} \end{cases}$$

Для выбранной схемы загрузки компонентов с приведенными выше данными получаем $s := 4 < M$ и $c := j..s$. Соответственно требуется переформатировать все используемые векторы. Так, для m_j получим новый вектор $m1$ как

$$m1 := \begin{cases} c \leftarrow 0 \\ \text{for } j \in 1..M \\ s \leftarrow \begin{cases} c+c+1 \text{ if } m_j > 0 \\ m1_c \leftarrow m_j \text{ if } m_j > 0 \end{cases} \\ m1 \end{cases} \quad (2)$$

По цикличной программе (2) переформируются также векторы te, tb, L, T и q в укороченные аналоги ($j \rightarrow c$) $te1, tb1, L1, T1$ и $q1$.

Вводя начальные количественные условия работы системы

$$\begin{pmatrix} m1_{c,1} \\ q1_{c,1} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} m1_c \\ 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} me1_{c,1} \\ tb1_{c,1} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} tel_c \\ tb1_c \end{pmatrix},$$

требуемое условие несовпадений компонентов загрузки во времени

$$\text{if}(c > 1, tb1_c - te_{c-1}, 0) \geq 0 \quad (3)$$

и векторы подвижных фронтов $te1$ и $tb1$, перестроим матрицу состояния (1) в виде

$$\begin{pmatrix} m1_{c,i+1} \\ te1_{c,i+1} \\ tb1_{c,i+1} \\ q1_{c,i+1} \end{pmatrix} := \begin{cases} \text{if } (m1_{c,i} > 0, m1_{c,i} - Q_v \cdot dt, 0) \\ \text{if } [(s > c > 1) \wedge (te1_{c-1,i} > tb1_{c,i}), te1_{c,i} + dt, te1_{c,i}] \\ \text{if } [(s > c > 1) \wedge (te1_{c-1,i} > tb1_{c,i}), tb1_{c,i} + dt, tb1_{c,i}] \\ Q_v \text{ if } tb1_{c,i} \leq i \cdot dt \leq te1_{c,i} \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

На рис. 2 решение (4) по уровню загрузки конвейера $q1$ на любой i -й временной момент (контурные секторы типа 2) совмещено графически с решением (1) по неуправляемым уровням S (затемненные секторы типа 1). Однослойный контур 2 показывает устранение наслоений.

Наличие возможных наслоений при заданной комбинации рабочей смеси, устраняемых по (3), выявится невыполнением условия (2). Для рассматриваемого примера они ожидалась, так как

$$\text{if}(c > 1, tb1_c - te_{c-1}, 0) = (0 \quad -2 \quad -2 \quad 15)^T,$$

т.е. имелись отрицательные разности от работы во времени второго и третьего активных бункеров.

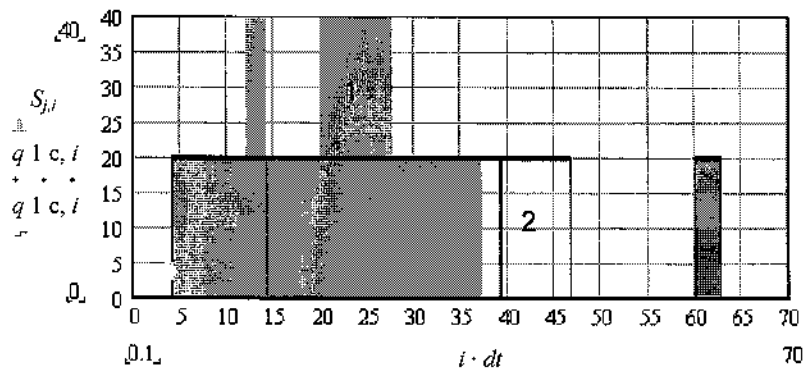


Рис. 2. Продольное сечение загрузки конвейера во времени:

- 1- нерегулируемый процесс с наслоениями (сплошные секторы),
- 2- управляемая загрузка (контурные секторы)

Полученная математическая модель и алгоритм обеспечения однослойности процесса загрузки позволяют анализировать и синтезировать варианты управления загрузкой конвейера с использованием удобных в реализации двухпозиционных воздействий. К этому можно отнести, например, минимизацию неравномерности загрузки во времени, учет фронтов сыпучих сред в функции скорости конвейера и сыпучести каждого компонента, а также оптимизацию скорости движения или общую интенсивность работы вибропитателей при заданной комбинации m_j .

Список литературы

1. Липухин Ю.В., Булатов Ю.И., Адельман К., Кнорр М. Автоматизация металлургических агрегатов. - М.: Металлургия, 1992. - 303 с.
2. Полянский А.В., Юрков А.А., Полянский Т.А. Моделирование процессов дискретно-непрерывной подачи сыпучих материалов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы междунар. науч.-техн. конф. - Вологда: ВоГТУ, 2006. - 143 с.
3. Кудрявцев Е.М. Mathcad 2000 Pro. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 576 с.

Содержание

Раздел 1. Экономика

<i>Магруппова З.М., Маконков С.В.</i> Оценка альтернативных издержек реорганизации бизнес-процесса	3
<i>Магруппова З.М., Юсова А.В.</i> Особенности оценки производственного потенциала промышленных предприятий ..	8
<i>Утюгов А.Е.</i> Перспективы применения профессиональных пенсионных систем в регионах. Зарубежный опыт	11
<i>Плашиенков В.В.</i> Проблемы проектирования логистики на промышленных предприятиях	16
<i>Нерובה В.А.</i> Особенности финансово-экономического анализа деятельности туристской фирмы	21
<i>Ковряков Д.В.</i> Личностно-ориентированный и функциональный аспекты системы мотивации персонала	24
<i>Пома А.Ю.</i> Мотивационные аспекты управления инновационной деятельностью	29
<i>Беляева П.А., Летавин М.И.</i> Статистические свойства оттока наличности из региональной сети банкоматов	34
<i>Васильцова В.М., Васильцов В.С.</i> Экономические инновации в производство горного оборудования	42
<i>Клец С.А., Дороговцев А.П.</i> Проблемы воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду	44
<i>Моронова О.Г., Дороговцев А.П.</i> Проблемы обеспечения продовольственной безопасности Вологодской области	48

Раздел 2. Математика

<i>Егоров В.П.</i> Об обратной спектральной задаче для положительных симметричных матриц	54
<i>Мухин В.В., Головикина А.П.</i> Топологии на полугруппах, порождаемые отклонениями	59
<i>Головиков М.И.</i> Распределение числа ладей при случайном выборе расстановки ладей на доске	61
<i>Данилов А.Н.</i> Системы дивизоров поля алгебраических чисел. III	65
<i>Волкова С.Б., Козиоров Ю.Н.</i> Гиперкомплексные системы 4-го ранга, содержащие элементы с отрицательными квадратами	70

Раздел 3. Биология

<i>Пакляшова Н.А.</i> Гибридные растения и их роль в растительном покрове Рыбинского водохранилища (на примере Шекснинского плеса)	75
<i>Артеменков А.А.</i> Токсикологическая оценка воздействия ксенобиотиков на организм человека	82

Раздел 4. Машиноведение

<i>Попов В.Г., Кравник П.Н., Хабарин П.Н., Габтыкаев Д.Ф., Шатохин С.М.</i> Влияние термических воздействий на металлоконструкции литейных кранов	86
<i>Попов В.Г., Шатохин С.М., Габтыкаев Д.Ф., Кравник П.Н.</i> Определение напряжений в пружинном сердечнике ...	89
<i>Попов В.Г., Габтыкаев Д.Ф., Кравник П.Н., Шатохин С.М., Смирнова А.С., Якушева И.А.</i> Повышение надежности стального каната литейного крана при проектировании и изготовлении	92
<i>Тихонова Л.П., Егоренкова С.В., Кораблева О.Д.</i> Исследование свойств трения качения	96
<i>Дорофеев Н.В., Петухова Л.Г., Костина Ю.О., Дунаева И.В.</i> Оптимизация и культура выполнения учебных чертежей на кафедре инженерной и машинной графики	100
<i>Быков П.М., Шаров Г.И.</i> Теплотехнические условия защиты деталей от износа при введении в зону трения серпентино-магнетитового состава	105

Раздел 5. Химическая технология

<i>Кузнецов Л.В., Жулин А.А., Самсонов В.П.</i> Исследование процессов гранулирования и охлаждения аммиачной селитры и расчет показателей качества продукта	110
<i>Калько О.А., Кузнецова Ю.С.</i> Получение свинца из оксидно-карбонатного кека путем восстановления углеродом в твердой фазе	113

<i>Котенко Г.А., Левин Н.В., Котенко В.А.</i> Разработка математической модели каскада реакторов для выделения редкоземельных элементов из отвального фосфолугидрата в условиях ОАО «Аммофос»	116
<i>Котенко В.А., Аксенчик К.В.</i> Расчет времени пребывания газа в циклонной топке для сжигания серы	118
<i>Анцелес В.Р., Андреев А.С.</i> Некоторые подходы к моделированию энергоресурсосберегающих технологических объектов	120
<i>Анцелес В.Р., Волков М.В.</i> Энергосбережение – основной путь выхода из энергетического кризиса	126

Раздел 6. Строительное материаловедение

<i>Туева Т.В., Пужинина О.Ю.</i> Применение граншлака в гиперпрессованных изделиях	133
<i>Белозор М.Ю., Залипаева О.А., Туева Т.В.</i> Однородность свойств бетона на комбинированных заполнителях	135
<i>Залипаева О.А., Белозор М.Ю., Иванова Н.Н.</i> Влияние технологии изготовления на формирование свойств пенобетона	136
<i>Черная Т.Н.</i> Механический состав почв	139

Раздел 7. Информатика, вычислительная техника и системы управления

<i>Бирюков Е.Н., Еришов Е.В.</i> Влияние дефектов подшипников скольжения, работающих в условиях жидкостной смазки, на характеристики электрорезистивного информационного сигнала	141
<i>Юдин Р.А., Еришов А.Г.</i> Организация контуров управления расходом газообразных и жидких сред в современных САУ. Выбор и математическое моделирование исполнительных устройств	146
<i>Юдин Р.А., Еришов А.Г.</i> Синтез регуляторов для нестационарных объектов. Определение оптимальных настроек ...	150
<i>Мочалин В.Н., Перов Д.Н., Харахнина М.К.</i> Математическая модель процесса намотки рулона в задаче вычисления теоретической массы металла	152
<i>Полянский А.В., Юрков А.А.</i> Двухпозиционное управление трактом подачи сыпучих материалов при ограничении на однослойность загрузки	156