

2' 2008

**ИЗВЕСТИЯ
СПБГЭТУ "ЛЭТИ"**

Ежемесячный журнал

**Содержание****Редакционная коллегия:**

Пузанков Д. В.
(председатель)
Афанасьев В. П.
(заместитель председателя)
Кутузов В. М.
(заместитель председателя)
Мейев В. А.
(ответственный секретарь)
Мальшев В. Н.
("Радиоэлектроника
и телекоммуникации")
Соломонов А. В.
("Физика твердого тела
и электроника")
Герасимов И. В.
("Информатика, управление
и компьютерные технологии")
Путов В. В.
("Автоматизация
и управление")
Прокофьев Г. И.
("Электротехника")
Филатов Ю. В.
("Приборостроение
и информационные
технологии")
Попечителей Е. П.
("Биотехнические системы
в медицине и экологии")
Степанов С. А.
("Экономика и менеджмент")
Маркова О. Ю.
("Гуманитарные науки")
Вендик О. Г.
("История науки,
образования и техники")
Лысенко Н. В.
("Современные технологии
в образовании")

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА И ЭЛЕКТРОНИКА

Голубченко Н. В., Иошт М. А., Коцеев С. В., Мошников В. А.
Изменение поверхности стеклянных подложек в процессе синтеза
фоточувствительных структур на основе селенида свинца 3

Кузнецова А. Н., Кучерова О. В., Зубков В. И., Соломонов А. В.
Характеризация квантоворазмерных структур нанoeлектроники
неразрушающими методами адмиттанса 7

Иркаев С. М., Мамыкин А. И., Морозов В. В. Форма линии
в спектрах резонансного поглощения и рассеяния
в мессбауэровской спектроскопии 13

**ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЕНИЕ
И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Миронов С. Э., Сафьянников Н. М. Построение технологически
инвариантных эскизов топологии на основе описания топологии
в конкретных проектных нормах 19

Свентусов С. В. Методы снижения загрузки
серверов аудиоконференций 25

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Прокофьев Г. И. Проектирование процесса
формообразования оптимальных конструкций из композитов 31

Белов М. П. Инжиниринговые средства электромеханических
систем и комплексов 40

**БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ**

Смирнова М. Ю. Методика предоперационного
прогнозирования состояния левого желудочка сердца
с постинфарктными осложнениями 47

Завгородний А. В. Биотехническая система
для контроля популяции микроорганизмов 55

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Лидванова Л. И., Чигирь М. В. Деловое общение
как составляющая компетентности современного менеджера 63

Силин Г. Н. Определение оптимального срока замены машин,
оборудования и транспортных средств 67

Мардас А. Н., Кадиев И. Г. Организационные основы
управления инновационной деятельностью в регионе 71

* * *

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
СПБГЭТУ "ЛЭТИ"
тел.: 346-28-57

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

- Елькина Е. Е.* Диалектика развития парадигм:
от философии техники к философии технической реальности 75
- Строгеецкая Е. В.* Организационная реальность
современного университета 85

ИСТОРИЯ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНИКИ

- Северинова В. П.* Первые лауреаты премии имени
профессора А. С. Попова 91

Учредитель:

Государственное
образовательное учреждение
высшего профессионального
образования
«Санкт-Петербургский
государственный
электротехнический
университет "ЛЭТИ"
им. В. И. Ульянова (Ленина)»
197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
Тел.: (812) 346-44-87
Факс: (812) 346-27-58

Свидетельство о регистрации

ПИН № ФС2-8390
от 04.12.2006 г. выдано
Управлением Федеральной
службы по надзору
за соблюдением
законодательства в сфере
массовых коммуникаций
и охране культурного наследия
по Северо-Западному
федеральному округу

* * *

Редакторы:

*Э. К. Долгатов, Н. В. Лукина,
Н. В. Рощина, И. Г. Скачек*
Комп. верстка:
*Е. Н. Паздниковой,
Е. В. Карасевой, А. П. Бартош*

Подписано в печать 05.02.08 г.

Формат 60 × 84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура "Times New Roman".

Печ. л. 12,25.

Тираж 300 экз. Заказ 8.

Издательство СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, 5
Тел.: (812) 346-45-23
Факс: (812) 346-28-56

Уважаемые авторы!

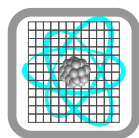
При подготовке материалов к изданию пользуйтесь
требованиями, предъявляемыми к оригиналам работ,
публикуемых в Издательстве СПбГЭТУ "ЛЭТИ".

С требованиями вы можете ознакомиться
в Издательстве СПбГЭТУ "ЛЭТИ", а также на сайте
www.eltech.ru/information/publishers/index.htm
файл Требования НТЛ.doc

Издание входит в перечень изданий ВАК России

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 45821 ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ
"ПРЕССА РОССИИ". ТОМ 1 "ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ"**

Подписка производится в любом почтовом отделении России



УДК 621.315.592

*Н. В. Голубченко, М. А. Иошт,
С. В. Кощеев, В. А. Мошников*

ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛЯННЫХ ПОДЛОЖЕК В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ СЕЛЕНИДА СВИНЦА

Исследовано влияние стеклянных подложек на свойства фоточувствительных слоев на основе селенида свинца в процессе их синтеза. Показано, что кристаллизационные процессы в подложке исключают возможность формирования на ней фоточувствительного слоя. Кроме того, определено образование оксидных фаз на интерфейсе стекло–слой.

Поликристаллические слои, стеклянные подложки, селенид свинца, растровая электронная микроскопия, рентгеновский фазовый анализ, температурное окисление

Поликристаллические слои селенида свинца широко используются в качестве фотоприемников и излучателей для среднего ИК-диапазона. В качестве подложек при массовом выпуске приборов используют недорогие и практичные силикатные стекла. Свойства фотоэлектрических приборов во многом зависят от состава стекла, а также модификации поверхности подложки.

В настоящее время найден подход к решению проблемы получения стекол с заданными свойствами путем термохимического модифицирования их поверхности растворами и расплавами полифункционального назначения [1]. Для увеличения количества центров кристаллизации и обеспечения однородности зерен по размеру в процессе получения слоев необходимо создать матрицу дефектов на поверхности стекла. Изменение рельефа поверхности стекол возможно пескоструйным способом либо при обработке во фтористых соединениях. Поскольку для получения фоточувствительных структур исходные слои подвергаются термической обработке (при этом температуры отжига приближаются к температурам плавления стекла), важным является изучение модификации интерфейса слой–стекло. Данных по этому вопросу в мировой литературе найти не удалось.

Целью настоящей статьи является изучение изменения рельефа поверхности стекол и влияния подложки на свойства слоев селенида свинца в процессе синтеза фоточувствительных слоев.

В качестве подложек использовалось оксидное силикатное стекло (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , BaO). Для получения необходимой матрицы дефектов на поверхности стекол применялся метод химического травления. Как следует из различных литературных данных, для травления стекол используются: водные растворы кислот (HF , H_2SO_4 , HCl , HNO_3) – отдельно или в виде смеси; водные растворы щелочей (NaOH , KOH); вода; спирты; растворы солей. Смеси кислот применяют в случае, когда обработка раствором одной кислоты сопровождается образованием на поверхности нерастворимых продуктов реакции, которые загрязняют поверхность. В качестве травителя был использован раствор плавиковой кислоты с добавками фторидов металлов. Дефекты на поверхности стекла влияют на процессы зародышеобразования кристаллической фазы при формировании исходных слоев и процессы рекристаллизации при их последующей термообработке. Фигуры травления имели пирамидальную форму с четко выраженными гранями. Размеры этих дефектов и их распределение варьировали, изменяя время обработки и концентрацию травителя. Режим травления был подобран таким, чтобы рельеф получился достаточно четким, но не слишком глубоким (0,05...0,1 мкм).

Слой PbSe на обработанные стеклянные подложки наносили путем термического испарения поликристаллического селенида свинца. Толщина слоев составляла 0,6...0,8 мкм. Для определения структуры и фазового состава слоев на стеклянных подложках проводили рентгеновский фазовый анализ (РФА) на аппарате ДРОН-2 с использованием $\text{Ni-K}\alpha$ -излучения и графитового монохроматора. Строение слоев и морфологию поверхности подложек определяли с помощью оптической микроскопии и сканирующей растровой электронной микроскопии (РЭМ). Окисление слоев проводили на воздухе в диапазоне температур 200...600 °С.

При изготовлении фотоприемника подложка подвергалась термическим воздействиям в процессе вакуумного напыления слоев селенида свинца и их термического очувствления в кислородосодержащей атмосфере. Данные оптической микроскопии и РЭМ показали, что при синтезе фоточувствительных слоев матрица дефектов, созданная при травлении стекла, выдерживала длительную высокотемпературную обработку. Подробно технология получения фоточувствительных слоев на основе поликристаллических слоев селенида свинца описана в [2].

Размеры зерен, природа, состав и концентрация оксидных фаз зависят не только от температурно-временных режимов синтеза фоточувствительных слоев [2], но и от состава и подготовки стеклянной подложки. Так, при увеличении содержания некоторых компонентов в составе стекла возрастает вероятность процессов кристаллизации в подложке при температурной обработке ($t > 500$ °С). На рис. 1, а представлено изображение исходного слоя стекла селенида свинца на стеклянной подложке, полученное с помощью РЭМ. В стекле заметны кристаллические декоридные области, которые представляют собой фракталы с определенно развитой фрактальностью. Появление этих неоднородностей можно объяснить следующим образом. Тепловая обработка стекла в процессе его получения проводится при температуре от 861 до 960 °С, в результате чего в его поверхностном слое образуются кристаллы β -эвкритита ($\text{Li}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), окруженные остаточным стеклом [3].

Поверхность даже может быть покрыта паутиной прозрачных нитей. Авторы [3], наблюдавшие процессы кристаллизации в стекле, связывают их образование с тем, что алюмосиликатные стекла сравнительно легко кристаллизуются, если суммарное содержание щелочных оксидов превышает содержание Al_2O_3 .

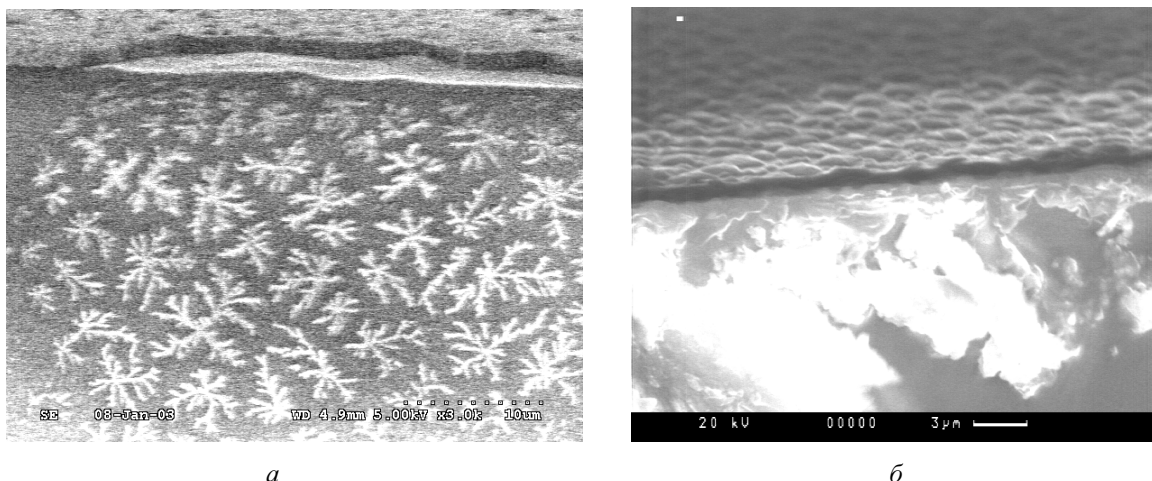


Рис. 1

В такой стеклянной подложке при высоких температурах окисления ($t \geq 500$ °С) происходят физико-химические процессы, результаты которых можно видеть на РЭМ-изображениях отожженных слоев (рис. 1, б). Эти кристаллизационные процессы в стеклах существенно влияют на кинетику физико-химических процессов окисления в процессе температурных обработок. Получить фоточувствительные структуры на таких подложках не представляется возможным, поскольку на поверхности подложки не образуется необходимая архитектура слоя.

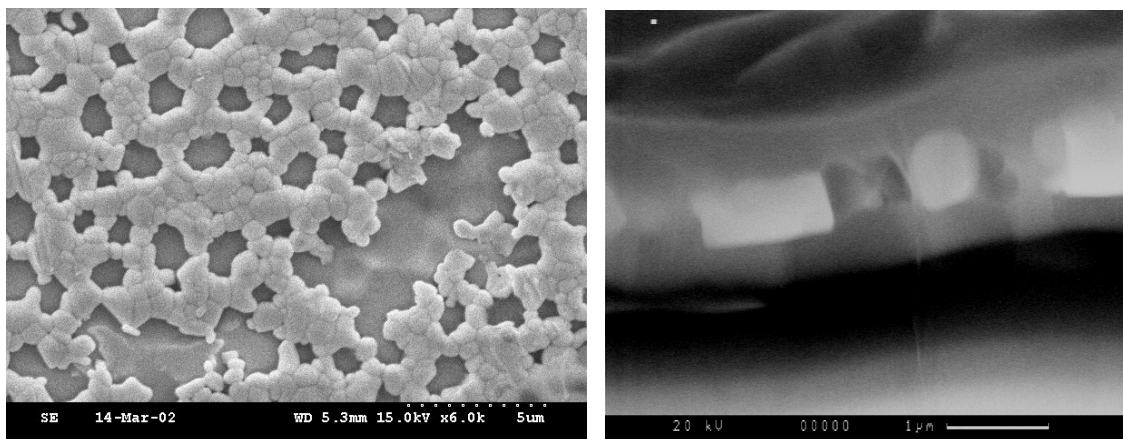


Рис. 2

Рис. 3

Слои с максимальной фоточувствительностью имеют структуру, представленную на рис. 2 [2]. Как видно, такая структура состоит из сетки зерен с приблизительно одинаковым размером ячеек и одинаковым числом зерен, составляющих эти цепочки. Как показали многочисленные эксперименты, создать такую структуру проводящих сеток, с заданным размером составляющих их ячеек и цепей, только с помощью технологических режимов невозможно. Для этих целей подложку необходимо подвергнуть предварительной химической обработке. При этом на сколах стеклянные подложки должны быть абсолютно однородны.

Комплексные исследования по изучению изменения свойств фоточувствительных слоев в процессе их формирования показали, что при высокотемпературной обработке ($t \geq 500$ °С) между слоем селенида свинца и подложкой происходит взаимодействие. На изображении отожженного слоя, полученного с помощью растрового электронного микроскопа (рис. 3), со стороны подложки заметна светлая область. По всей видимости, повышение проводимости поверхностных слоев стекол проявляется в стекании заряда при исследовании на электронном микроскопе. В ряде случаев это служит причиной общего снижения сопротивления слоя.

Из литературы известно, что при высоких температурах значительно интенсифицируется выделение кислорода из стеклянных подложек [4], [5]. Таким образом, логично предположить, что на интерфейсе стеклянная подложка–слой также протекают физико-химические процессы, связанные с возможной диффузией кислорода внутрь слоя и образованием оксидных фаз.

О взаимодействии подложки и слоя селенида свинца в процессе отжига свидетельствуют и данные РФА. На рентгенограмме слоя, отожженного при температуре 600 °С, кроме рефлексов, относящихся к селениду свинца и его оксидным фазам, присутствуют и другие пики, к таковым не относящиеся. Идентифицировать природу этих рефлексов довольно сложно. Аналогичные рефлексы имели место и на рентгенограммах слоев, отожженных при более высоких температурах.

Таким образом, определено влияние стеклянной подложки на процесс формирования фоточувствительных структур. Показано, что для формирования архитектуры фоточувствительного слоя на поверхности подложки необходимо создавать матрицу дефектов. Дефекты в строении и составе стеклянных подложек не позволяют формировать фоточувствительные структуры. Кроме того, показано, что образование оксидных фаз происходит не только на поверхности слоя селенида свинца, но и на интерфейсе стекло–слой.

Работа выполнялась при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых кандидатов наук и их научных руководителей (код проекта МК-7842.2006.8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сытник Р. Д. Модифицирование поверхности силикатных стекол расплавами и растворами. Харьков: Майдан, 1997. 188 с.
2. Голубченко Н. В., Иошт М. А., Мошников В. А., Чеснокова Д. Б. Фоточувствительные структуры на основе поликристаллических слоев селенида свинца // Перспективные материалы. 2005. № 3. С. 31–35.
3. Бокин П. Я. О связи некоторых механических свойств с микроструктурой закристаллизованных литиевоалюмосиликатных стекол // Структурные превращения в стеклах при повышенных температурах. М.: Наука, 1965. С. 158–176.
4. Евстропьев К. К. Диффузионные процессы в стекле. Л.: Стройиздат, 1970. 168 с.
5. Семенов Н. Н. Электрохимическая обработка стекла. М.: Наука, 1973. 43 с.

N. V. Golubchenko, M. A. Iosht, S. V. Kostcheev, V. A. Moshnikov

GLASS SUBSTRATE MODIFICATION WHILE FORMING OF PBSE PHOTORESISTIVE STRUCTURES

The influence of glass wafers on the properties of photoresistive structures on the basis of PbSe is investigated. It is shown that crystallization processes prevent the formation of the photosensitive structures. The formation of oxide layer on the interface wafer-photosensitive layer is observed.

Glass substrates, lead selenide, polycrystalline layers, oxides, high temperature oxidation, scanning electron microscopy

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ СТРУКТУР НАНОЭЛЕКТРОНИКИ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ АДМИТТАНСА

Развивается метод характеристики гетероструктур с квантовыми ямами и квантовыми точками, которые в настоящее время широко применяются в устройствах нанoeлектроники. Исследованы экспериментальные спектры проводимости для структур с InAs/GaAs и InGaN/GaN квантовыми ямами в широком диапазоне температур при различных частотах тестового сигнала и напряжениях обратного смещения. По графикам Аррениуса рассчитаны энергии активации носителей заряда с уровней квантования в квантовых ямах.

Спектроскопия адмиттанса, гетероструктуры InAs/GaAs и InGaN/GaN, квантовые ямы, квантовые точки, энергия активации, применение гетероструктур с квантовыми ямами и квантовыми точками

Элементы микро- и нанoeлектроники с каждым годом становятся все более сложными и высокотехнологичными. На протяжении многих лет принципиальное строение структурных элементов и применяемые материалы оставались практически неизменными и в достаточной мере предоставляли возможности для дальнейшего уменьшения размеров элементов микросхем. Однако для продолжения столь же успешного развития микроэлектроника, а точнее уже нанoeлектроника, нуждается в расширении применения совершенно новых видов материалов и структур.

Впервые о возможности работы с отдельными атомами заговорил американский физик Ричард Фейнман. В своей знаменитой лекции «Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики» [1], прочитанной в 1959 г., он показал, что законы квантовой механики не препятствуют созданию нужных людям структур из совсем небольшого числа атомов. В те годы, когда практически единственным инструментом работы в наномасштабе был электронный микроскоп, идеи Фейнмана казались фантастикой.

С конца пятидесятых годов и по сегодняшний день микроэлектроника переживает бурное динамичное развитие. В 1974 г. японский физик Норио Танигучи ввел в обиход термин «нанотехника». Сегодня многие связывают рождение новой эпохи с 1981 г., когда немецкие физики Герд Биннинг и Генрих Рорер создали зондовый туннельный микроскоп, позволяющий не только видеть, но и переносить отдельные атомы. В 1989 г. сканирующий туннельный микроскоп удалось использовать для работы с нанообъектами, сложив с его помощью регулярную структуру из атомов: сотрудники ИВМ Дональд Эйглер и Эрхард Швейцер выложили название своей компании 35 атомами ксенона на поверхности кристалла никеля.

Миниатюризация основных структурных элементов и повышение их быстродействия – два важных, жестко взаимосвязанных процесса. Именно уменьшение размеров элементной базы обеспечивает поразительный рост быстродействия и снижение стоимости электронных компонентов, устройств, приборов, вычислительных машин и т. д. Дело в том, что любая микросхема содержит не только транзисторы и резисторы, размеры которых постоянно требуется уменьшать, но и множество полезных и паразитных емкостей, которые периодически заряжаются и разряжаются, на что расходуется не только энергия, но и время. Чем меньше

геометрические размеры активных элементов, тем меньше оказываются паразитные емкости и тем меньшими токами и за более короткое время можно перевести микросхему из одного логического состояния в другое.

Кардинально перейти от микроэлектроники к нанoeлектронике позволит важная группа новых материалов и структурных элементов, которую составляют полупроводниковые гетероструктуры [2], представляющие собой последовательность из различных полупроводников с отличающимися значениями ширины запрещенной зоны. Широкий спектр подобных структур открывает практически неограниченные перспективы в плане регулирования важнейших оптических и электронных свойств [3], [4]. Наличие размерного квантования в гетероструктурах является причиной возникновения уникальных явлений и свойств, которые положены в основу принципа работы современных устройств нанoeлектроники. В таблице представлены примеры применения в устройствах нанoeлектроники наиболее распространенных гетероструктур с квантовыми ямами (КЯ) и квантовыми точками (КТ).

Нанообъект	Устройство	Явление, эффект	Преимущества	Недостатки	Перспективы развития
КЯ	Модулятор светового излучения	Резкие линии экситонного поглощения. Зависимость энергетического спектра от приложенного поля	Сильная зависимость коэффициента оптического поглощения от приложенного поля	Необходимость прикладывать сильные поля	Использование в системах оптической передачи информации
КЯ	Фотоприемник	Наличие как непрерывного спектра носителей заряда, так и размерного квантования	Стабильность. Меньший разброс параметров. Возможность менять положение максимума и ширину полосы фоточувствительности	Необходимость в специальных приспособлениях для поляризации света	Выращивание структур с анизотропным энергетическим спектром
КЯ	Транзистор на горячих электронах	Термоэмиссия электронов за счет роста температуры при увеличении поля	Возможность реализации быстродействующих режимов работы. Низкие шумовые характеристики	Большая масса дырок ограничивает быстродействие. Большие напряжения переключения	Повышение быстродействия за счет снижения толщины базы
Система КЯ (сверхрешетки)	Лавинные фотодиоды	Ударная ионизация на разрывах энергетических зон	Высокая чувствительность	Дополнительный шум	Улучшение характеристик
Множественные КЯ	Светодиоды	Излучательная рекомбинация, инжекция и размерное квантование	Высокая эффективность	Рассогласование параметров слоев	Полноцветные источники света
КТ	Резонансно-туннельный транзистор	Резонансное туннелирование. Участок отрицательного дифференциального сопротивления	Возможность менять положение энергетических уровней. Малая мощность переключения	Наличие неконтролируемых примесей и дефектов. Разброс характеристик транзисторов	Улучшение характеристик за счет решения технологических проблем
КТ	Одноэлектронный транзистор. Ячейки памяти	Кулоновская блокада	Высокое быстродействие. Низкая потребляемая мощность. Малые размеры	Сотуннелирование, макроскопическое квантовое туннелирование приводят к конечной проводимости транзистора. Могут работать только при низких температурах	Улучшение характеристик решением проблем с уменьшением размеров КТ и уменьшением емкости затвора

Нанообъект	Устройство	Явление, эффект	Преимущества	Недостатки	Перспективы развития
Массивы КТ	Беспроводная логика. Квантовоточечные клеточные автоматы	Два устойчивых состояния с различной поляризацией в заряженной ячейке при введении двух избыточных электронов	Высокая плотность логических элементов. Низкое потребление энергии при переключении. Возможность реализации логических функций. Передача логического сигнала без перемещения заряда. Малый объем активной области	Возможность возникновения ошибок из-за наличия различных способов минимизации энергии. Высокая чувствительность к внешним воздействиям. Распространение сигнала от входа к выходу и наоборот	Создание нанокomпьютера при решении ряда технологических проблем
КЯ/КТ	Лазер	Эффект размерного квантования. Возможность создания инверсной заселенности	Непрерывная генерация при комнатной температуре. Низкий пороговый ток. Возможность частотной перестройки. Низкие потери энергии	Проблемы при создании когерентных источников на КТ из-за наличия геометрических неоднородностей КТ	Увеличение КПД. Снижение пороговой плотности. Добиться отсутствия температурной восприимчивости. Контролировать энергию кванта

Столь широкое применение и богатые перспективы дальнейшего развития устройств наноэлектроники требуют детального изучения и исследования свойств нанообъектов, а, следовательно, разработки современных методов анализа и диагностики наноразмерных структур.

В настоящее время для исследования полупроводниковых гетероструктур, которые успешно используются в качестве активной области, эффективно применяются электронно-зондовые, оптические, а также неразрушающие электрические методы [5], [6]. Среди последних наиболее привлекательными представляются методы адмиттансной спектроскопии, к которым относятся: емкостная спектроскопия, спектроскопия проводимости, нестационарная спектроскопия глубоких уровней DLTS, интенсивно разрабатываемые авторами настоящей статьи в течение ряда лет [6]–[10]. Спектроскопия адмиттанса (полной проводимости) на сегодняшний день является одним из наиболее эффективных, неразрушающих экспериментальных методов исследования энергетических и динамических параметров как объемных полупроводников, так и гетероструктур с квантовыми точками, ямами, нитями, сверхрешетками и т. д. На основе анализа спектров проводимости может быть получена информация об энергии активации, разрывах зон, сечении захвата, скорости эмиссии и захвата и т. д. [8], [11].

С помощью спектроскопии полной проводимости были исследованы две группы образцов с множественными квантовыми ямами (МКЯ): InAs/GaAs и InGaN/GaN.

Первая группа исследуемых образцов представляла собой диодные p – n -структуры, выращенные методом газофазной эпитаксии из паров металлоорганических соединений (MOCVD) на подложке n^+ -GaAs, содержащие три тонких смачивающих слоя InAs, разделенных барьером GaAs толщиной 2,8 нм [12]. По сути, данные ямы являются туннельно-

связанными. Данные структуры формировались в результате быстрого зарастивания осажденного слоя InAs толщиной 1,2 монослоя слоем GaAs, что препятствовало формированию трехмерных островков InAs.

Вторая группа образцов представляла собой готовые светодиодные $p-n$ -структуры с набором МКЯ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{GaN}$. Структуры выращивались на сапфировых подложках методом MOCVD. Толщина квантовых ям составляла 3 нм, толщина барьеров от 5 до 25 нм в зависимости от структуры [13].

В основе метода спектроскопии полной проводимости лежит сканирование образца по температуре с непрерывным измерением емкости и проводимости. При этом структура представляется в виде эквивалентной схемы, состоящей из параллельно или последовательно включенных резисторов и конденсаторов. Измеряется полная проводимость такой схемы – адмиттанс, которая является комплексной величиной и обратно пропорциональна полному сопротивлению – импедансу. Измерительный прибор – RLC -метр – позволяет регистрировать активную и реактивную составляющие полной проводимости. Активная составляющая – проводимость, реактивная составляющая имеет смысл емкости. Измерения полной проводимости исследуемых структур проводились в широком температурном диапазоне 10...300 К с шагом 1 К. К образцам прикладывалось различное напряжение обратного смещения от 0 до 10 В с шагом по напряжению 0,1 В и тестовый сигнал 50 мВ частотой от 1 кГц до 1 МГц. Диапазон смещений выбирался на основе анализа CV -зависимостей. При приложении постоянного смещения и тестового сигнала циклической частотой $\omega = 2\pi f$ таким образом, чтобы исследуемая квантовая яма находилась на границе области объемного заряда, уровни квантования начинают колебаться относительно уровня Ферми, при этом происходит эмиссия носителей заряда в зону проводимости, а измеритель регистрирует сигнал проводимости.

По концентрационным профилям носителей заряда, полученным путем дифференцирования вольт-фарадных характеристик при $f = 1$ МГц, измеренных в диапазоне +2,5...–10 В, видно, что в InGaN/GaN -структурах каждой КЯ соответствует пик на концентрационном профиле (рис. 1). При этом высота пиков для соседних ям зависит от толщины барьеров между ямами. Чем меньше барьеры между ямами, тем сильнее соседние ямы «чувствуют» друг друга, т. е. у них выше доля туннельной связи. Крайние квантовые ямы собирают носители из прилегающих областей (спейсеров), а до квантовых ям, находящихся в середине, доходит очень мало носителей заряда.

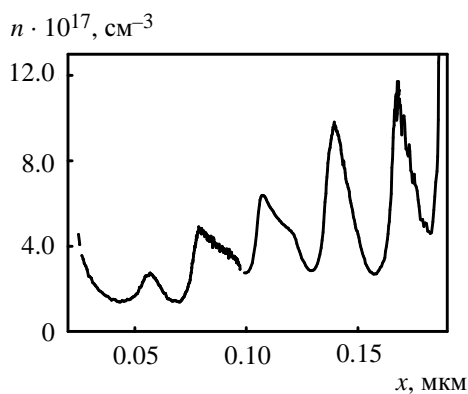


Рис. 1

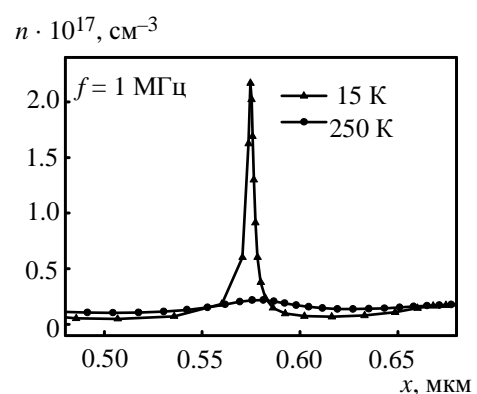


Рис. 2

В отличие от МКЯ InGaN/GaN, в системе со смачивающими слоями InAs/GaAs расстояние между отдельными ямами настолько мало, что при существующем в структуре уровне легирования они не разрешаются данной методикой. На концентрационном профиле (рис. 2) виден один пик от трех тонких КЯ.

Кардинально отличная ситуация наблюдается в спектрах проводимости. Полученные при измерении образцов с InAs/GaAs КЯ спектры проводимости демонстрировали несколько пиков (рис. 3), соответствующих отдельным уровням квантования в квантовых ямах с энергиями активации 29, 43 и 148 мэВ. В зависимости от приложенного смещения для структур с InAs/GaAs КЯ наблюдаются 1, 2 или 3 максимума проводимости.

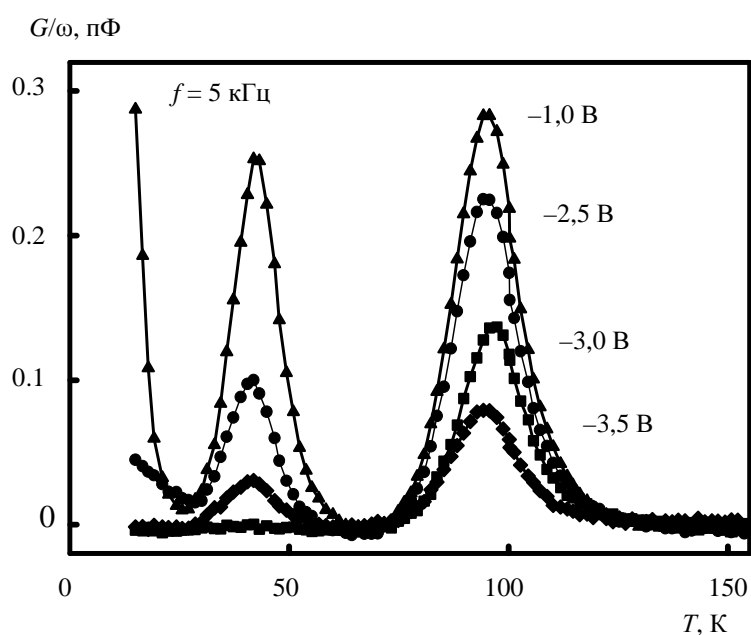


Рис. 3

Объяснение происхождения уровней следующее: узкие идентичные квантовые ямы, расположенные далеко друг от друга, имеют одинаковое положение уровней квантования. При уменьшении расстояния между ними происходит перекрытие волновых функций носителей заряда, ямы становятся взаимодействующими. Вследствие этого уровни квантования раздвигаются.

Для смачивающих слоев наблюдалось смещение пиков в спектрах проводимости в область более высоких температур при увеличении частоты тестового сигнала, при этом амплитуда пика возрастала (рис. 4).

Для нитридных структур при любых частотах и смещениях на спектрах проводимости наблюдался только один сильно уширенный пик с энергией активации 75 мэВ. Разрешить его на отдельные пики не удалось (рис. 5).

При фиксированной частоте тестового сигнала для систем с любыми квантовыми ямами температурное положение пиков проводимости практически не меняется при изменении обратного смещения (рис. 3). Для образцов как первой, так и второй групп амплитуда максимумов проводимости сильно меняется от напряжения.

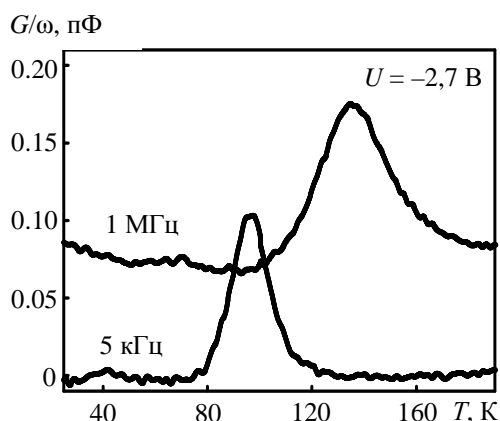


Рис. 4

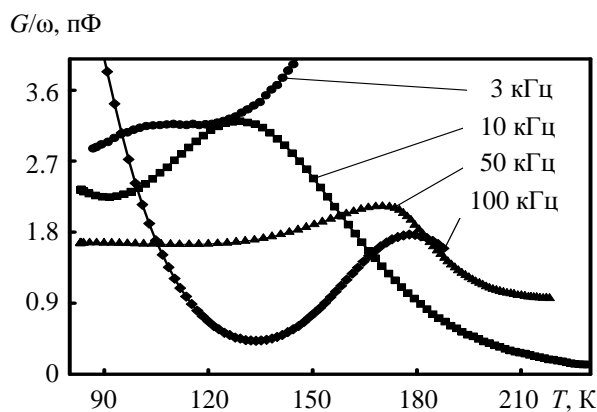


Рис. 5

Пики в спектрах проводимости можно интерпретировать как отклики от энергетических уровней, с которых происходит эмиссия носителей заряда. Тот факт, что обратное смещение не влияет на температурное положение пиков проводимости от структур с квантовыми ямами, говорит о том, что уровни не уширены.

В противоположность этому в ранее исследованных авторами структурах с квантовыми точками [8], энергия активации зависела от приложенного обратного смещения, что говорило о размазанной функции плотности состояний массива квантовых точек.

Методами адмиттанса проведена характеристика InAs/GaAs- и InGaN/GaN-гетероструктур. Показано, что методика позволяет четко зафиксировать особенности электронного спектра в системах тонких квантовых ям InAs/GaAs смачивающих слоев и множественных КЯ в системе InGaN/GaN. Квантовые ямы являлись туннельно-связанными. Зафиксирован различный вид спектров проводимости: в ультратонких КЯ смачивающих слоев InGaN/GaN зарегистрированы пики в спектрах проводимости, в то же время в МКЯ InGaN/GaN наблюдается широкий спектр без тонкой структуры. Ее отсутствие в последнем случае может быть объяснено наличием нескольких энергетических подзон, расщепленных вследствие неидеальности квантовых ям и флуктуации состава их твердого раствора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фейнман Р. Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики / Пер. с англ. А. В. Хачояна // Рос. хим. журн. 2002. Т. XLVI, № 5. С. 4–6.
2. Алфёров Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур // ФТП. 1998. Т. 32, № 1. С. 3–18.
3. Физика низкоразмерных систем / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуева, С. Ф. Мусихин, С. А. Рыков. СПб.: Наука, 2001. 160 с.
4. Оптические свойства наноструктур / Л. Е. Воробьев, Е. Л. Ивченко, Д. А. Фирсов, В. А. Шалыгин. СПб.: Наука, 2001. 188 с.
5. Зубков В. И., Соломонов А. В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Диагностика наногетероструктур методами емкостной спектроскопии. Разд. 3.4. СПб.: Физматлит, 2006. С. 389–412.
6. Соломонов А. В. Емкостная спектроскопия полупроводниковых твердых растворов. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000. 134 с.
7. Зубков В. И. Моделирование вольт-фарадных характеристик гетероструктур с квантовыми ямами с помощью самосогласованного решения уравнений Шредингера и Пуассона // ФТП. 2006. Т. 40, № 10. С. 1236–1240.
8. Voltage-capacitance and admittance investigations of electron states in self-organized InAs/GaAs quantum dots/ V. I. Zubkov, S. M. A. Karteyn, A. V. Solomonov and D. Bimberg // J. of Physics: Condens. Matter. 2005. Vol. 17. P. 2435–2442.
9. Зубков В. И. Емкостная спектроскопия – эффективный метод нанодиагностики квантово-размерных структур // Петерб. журн. электроники. 2006. № 4. С. 52–61.

10. Зубков В. И. Диагностика гетероструктур с квантовыми ямами $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ методом вольт-фарадных характеристик: разрывы зон, уровни квантования, волновые функции // ФТП. 2007. Т. 41, № 3. С. 331–337.

11. Analysis of capacitance-voltage characteristics of $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ quantum-well structures/ J. B. Wang, F. Lu, S. K. Zhang et al. // Phys. Rev. B. 1996. № 54. P. 7979.

12. Electron escape from InAs quantum dots/ C. M. A. Kapteyn, F. Heinrichsdorff, O. Stier et al.// Phys. Rev. B. 1999. № 60. P. 14256.

13. Кучерова О. В., Зубков В. И. Комплексное исследование гетероструктур с множественными квантовыми ямами InGaN/GaN емкостными методами // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Физика твердого тела и электроника. 2006. № 2. С. 36–40.

A. N. Kuznetsova, O. V. Kucherova, V. I. Zubkov, A. V. Solomonov

CHARACTERIZATION OF QUANTUM SIZE STRUCTURES OF NANOELECTRONICS BY NONDESTRUCTIVE ADMITTANCE METHODS

A method for characterization of heterostructures with quantum wells and quantum dots, which are widely used in nanoelectronics devices, is developed. Experimental admittance spectra of samples with InAs/GaAs-quantum wells and InGaN/GaN-quantum wells have been investigated in broad temperature range, at various frequencies and reverse biases. Activation energies for carrier escape from confined levels in quantum wells were obtained from Arrhenius plots.

Admittance spectroscopy, InAs/GaAs- and InGaN/GaN-heterostructure, quantum wells, quantum dots, activation energies, application of heterostructures with quantum wells and quantum dots

УДК 539.08: 539.172.3: 539.2

С. М. Иркаев, А. И. Мамыкин, В. В. Морозов

**ФОРМА ЛИНИИ В СПЕКТРАХ
РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ
В МЕССБАУЭРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

Рассмотрено вычисление интеграла, описывающего спектры поглощения и рассеяния в мессбауэровской спектроскопии. Результаты исследования могут быть использованы для вычисления контура, интенсивности и площади спектральных линий, наблюдаемых в экспериментах по резонансному поглощению и рассеянию излучения.

Мессбауэровская и оптическая спектроскопия, резонансное поглощение и рассеяние излучения, контур, площадь и интенсивность спектральной линии

Спектры резонансного поглощения тонкого образца, регистрируемые с помощью источника с самопоглощением мессбауэровского излучения [1], [2], а также спектры резонансного рассеяния, регистрируемые источником без самопоглощения излучения, в случае образцов, имеющих одиночную линию поглощения или рассеяния либо хорошо разрешенную сверхтонкую структуру, при условии, что излучение источника не поляризовано, а спектр регистрируется детектором с постоянной функцией отклика [3]–[12], описываются интегралами вида

$$\bar{M}(y, z, a, b, \zeta) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1 - \exp(-(\zeta - 1)z) \exp\left(-\frac{2z}{\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1}\right)}{\left(\left(\frac{x+y}{b}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)} dx, \quad (1)$$

где x и y – энергия и доплеровское смещение энергии безотрадного гамма-излучения источника; $2z$ – эффективная толщина источника либо рассеивателя; a – ширина линии поглощения излучения источника самим источником либо ширина линии рассеивателя; b – ширина линии испускания излучения источника либо поглотителя при регистрации, соответственно, спектров рассеяния либо поглощения образца; $c = a\sqrt{\frac{\zeta+1}{\zeta-1}}$; ζ – параметр, характеризующий электронное ослабление излучения источника матрицей источника либо рассеивателя. Все параметры в формуле (1) безразмерные.

Интеграл (1) можно вычислить, разложив, например, экспоненту в подынтегральной функции в степенной ряд по параметру z :

$$\bar{M}(y, z, a, b, \zeta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-2z)^n}{n!} \bar{M}_n(y, a, b, \zeta). \quad (2)$$

Коэффициенты этого разложения даются интегралом

$$\bar{M}_n(y, a, b, \zeta) = - \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\zeta-1}{2} + \frac{1}{\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1} \right)^n \frac{dx}{\left(\left(\frac{x+y}{b}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)}, \quad (3)$$

который может быть представлен в виде суммы

$$\bar{M}_n(y, a, b, \zeta) = - \sum_{m=0}^n \binom{n}{m} \left(\frac{\zeta-1}{2}\right)^{n-m} M_m(y, a, b, \zeta) \quad (4)$$

с коэффициентами

$$M_m(y, a, b, \zeta) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{\left(\left(\frac{x+y}{b}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1\right)^m},$$

которые вычислены в работах [12]–[15].

Можно предложить другой способ вычисления интеграла (1). Для этого запишем его в виде

$$\bar{M}(y, z, a, b, \zeta) = M_0(y, b, c) - \exp(-(\zeta-1)z) M(y, z, a, b, c), \quad (5)$$

где

$$M_0(y, b, c) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{\left(\left(\frac{x+y}{b}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)} = \frac{\pi bc(b+c)}{y^2 + (b+c)^2},$$

а функцию $M(y, z, a, b, c)$ в формуле (5) согласно работе [15] при условии $c = a\sqrt{\frac{\zeta+1}{\zeta-1}}$ можно представить в виде

$$M(y, z, a, b, c) = \exp((\zeta-1)z) M_0(y, b, c) - \tilde{M}(y, z, a, b, \zeta). \quad (6)$$

Тогда, подставив формулу (6) в (5), получим:

$$\bar{M}(y, z, a, b, \varsigma) = \exp(-(\varsigma-1)z) \tilde{M}(y, z, a, b, \varsigma) = \exp(-(\varsigma-1)z) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-2z)^n}{n!} \tilde{M}_n(y, a, b, \varsigma), \quad (7)$$

где согласно формуле (1)

$$\tilde{M}(y, z, a, b, \varsigma) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\exp((\varsigma-1)z) - \exp\left(-\frac{2z}{\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1}\right)}{\left(\left(\frac{x+y}{b}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)} dx,$$

а коэффициенты степенного разложения этого интеграла равны

$$\tilde{M}_n(y, a, b, \varsigma) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\left(-\frac{\varsigma-1}{2}\right)^n - \frac{1}{\left(\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1\right)^n} \right] \frac{dx}{\left(\left(\frac{x+y}{b}\right)^2 + 1\right) \left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)} \quad (8)$$

и могут быть записаны в виде

$$\tilde{M}_n(y, a, b, \varsigma) = \left(-\frac{\varsigma-1}{2}\right)^n M_0(y, b, c) - M_n(y, a, b, c). \quad (9)$$

Подставив в формулу (9) результат вычисления функции $M_n(y, a, b, c)$ из работы [15]

при условии $c = a \sqrt{\frac{\varsigma+1}{\varsigma-1}}$, получим:

$$\tilde{M}_n(y, a, b, \varsigma) = \frac{\pi b}{2^{2n+1}} \sqrt{\frac{\varsigma+1}{\varsigma-1}} \sum_{k=1}^n (2\rho_\alpha(y, a, b))^k \cos k\alpha(y, a, b) \sum_{m=1}^{n-k+1} (-1)^m \binom{2n-k-m}{n-1} \gamma_m(\varsigma), \quad (10)$$

где

$$\rho_\alpha(y, a, b) = \frac{a}{\sqrt{y^2 + (a+b)^2}}, \quad \alpha(y, a, b) = \arccos \frac{a+b}{\sqrt{y^2 + (a+b)^2}},$$

$$\gamma_m(\varsigma) = \left(\varsigma-1 + \sqrt{\varsigma^2-1}\right)^m - \left(\varsigma-1 - \sqrt{\varsigma^2-1}\right)^m.$$

Вклад в интенсивность спектральной линии в её максимуме дается коэффициентами (10) при $y = 0$, которые имеют вид

$$\tilde{M}_n(0, a, b, \varsigma) = \frac{\pi b}{2^{2n+1}} \sqrt{\frac{\varsigma+1}{\varsigma-1}} \sum_{k=1}^n \left(\frac{2a}{a+b}\right)^k \sum_{m=1}^{n-k+1} (-1)^m \binom{2n-k-m}{n-1} \gamma_m(\varsigma).$$

Выражение для коэффициентов $\bar{M}_n(y, a, b, \varsigma)$ степенного разложения (2) можно получить, разложив экспоненту в формуле (7) в степенной ряд и перемножив два степенных ряда. В результате получим:

$$\bar{M}_n(y, a, b, \varsigma) = \sum_{m=1}^n \binom{n}{m} \left(\frac{\varsigma-1}{2}\right)^{n-m} \tilde{M}_m(y, a, b, \varsigma). \quad (11)$$

Тождественность представлений (4) и (11) для коэффициентов $\bar{M}_n(y, a, b, \varsigma)$ можно проверить, используя уравнение связи (9) и тождество $\sum_{m=0}^n (-1)^m \binom{n}{m} = 0$ при $m > 0$.

Площадь под контуром спектральной линии дается интегралом

$$\bar{S}_M(z, a, b, \varsigma) = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{M}(y, z, a, b, \varsigma) dy = \exp(-(\varsigma-1)z) \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{M}(y, z, a, b, \varsigma) dy. \quad (12)$$

Согласно уравнению связи (5)

$$\bar{S}_M(z, a, b, \varsigma) = S_0(b, c) - \exp(-(\varsigma-1)z) S_M(z, a, b, c),$$

где $S_0(b, c) = \pi^2 bc$ и $S_M(z, a, b, c) = \pi b K_c(0, z, a, c)$, а интегралы $K_c(0, z, a, c)$ вычислены в работах [13] и [14].

Интегралы (12) можно также вычислить, используя степенные разложения (5) и (7), согласно которым

$$\bar{S}_M(z, a, b, \varsigma) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-2z)^n}{n!} \bar{S}_n(a, b, \varsigma) = \exp(-(\varsigma-1)z) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-2z)^n}{n!} \tilde{S}_n(a, b, \varsigma),$$

где согласно формулам (3) и (8)

$$\bar{S}_n(a, b, \varsigma) = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{M}_n(y, a, b, \varsigma) dy = -\pi b \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\frac{\varsigma-1}{2} + \frac{1}{\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1} \right)^n \frac{dx}{\left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)}, \quad (13)$$

$$\tilde{S}_n(a, b, \varsigma) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{M}_n(y, a, b, \varsigma) dy = \int_{-\infty}^{+\infty} \left(\left(-\frac{\varsigma-1}{2} \right)^n - \frac{1}{\left(\left(\frac{x}{a}\right)^2 + 1\right)^n} \right) \frac{dx}{\left(\left(\frac{x}{c}\right)^2 + 1\right)}. \quad (14)$$

Коэффициенты $\tilde{S}_n(a, b, \varsigma)$, определяемые интегралом (14), можно вычислить, например, исходя из уравнения связи (9), согласно которому

$$\tilde{S}_n(a, b, \varsigma) = \left(-\frac{\varsigma-1}{2} \right)^n S_0(b, c) - S_n(a, b, \varsigma), \quad (15)$$

где $S_n(a, b, \varsigma) = \pi b K_{cn}(0, a, \varsigma)$, а коэффициенты $K_{cn}(0, a, \varsigma) = K_{cn}(0, a, c)$ вычислены в работах [13] и [14]. Тогда с учетом $c = a \sqrt{\frac{\varsigma+1}{\varsigma-1}}$ и обозначения $\rho(\varsigma) = \varsigma - \sqrt{\varsigma^2 - 1}$ получим

$$\begin{aligned} S_n(a, b, \varsigma) &= \int_{-\infty}^{\infty} M_n(y, a, b, \varsigma) dy = \frac{2\pi^2 ab}{2^{2n}} \sqrt{\frac{\varsigma+1}{\varsigma-1}} \sum_{k=1}^n \binom{2n-k-1}{n-1} (1-\rho(\varsigma))^k = \\ &= \frac{\pi^2 ab}{2^{2n}} \sqrt{\frac{\varsigma+1}{\varsigma-1}} 2 \sum_{k=0}^n (-1)^k \binom{2n}{n-k} \rho(\varsigma)^k. \end{aligned} \quad (16)$$

Смысл штриха у суммы (\sum') пояснен в работе [13].

Коэффициенты $\tilde{S}_n(a, b, \zeta)$ можно также вычислить прямым интегрированием соотношения (10) по параметру u . В результате получим

$$\tilde{S}_n(a, b, \zeta) = \frac{\pi^2 ab}{2^{2n}} \sqrt{\frac{\zeta+1}{\zeta-1}} \sum_{k=1}^n (-1)^k \binom{2n-k-1}{n-1} \gamma_k(\zeta). \quad (17)$$

Коэффициенты $\bar{S}_n(a, b, \zeta)$, определяемые интегралом (13), можно вычислить, интегрируя по u соотношения (4) и (11), согласно которым

$$\bar{S}_n(a, b, \zeta) = - \sum_{m=0}^n \binom{n}{m} \left(\frac{\zeta-1}{2}\right)^{n-m} S_m(a, b, \zeta) = \sum_{m=1}^n \binom{n}{m} \left(\frac{\zeta-1}{2}\right)^{n-m} \tilde{S}_m(a, b, \zeta),$$

где коэффициенты $S_m(a, b, \zeta)$ даются формулой (16), а коэффициенты $\tilde{S}_m(a, b, \zeta)$ – формулой (15) либо (17).

Все интегралы, вычисленные в этой статье, не содержатся в хорошо известных таблицах интегралов [16]–[19].

Описание процесса резонансного рассеяния не зависит от природы дискретных энергетических уровней (электронные или ядерные), на которых происходит процесс резонансного рассеяния. Поэтому результаты исследования могут быть использованы как в мессбауэровской, так и в оптической спектроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Margulies S., Ehrman J. R. Transmission and Line Broadening of Resonance Radiation Incident on a Resonance Absorber // Nucl. Instrum. Meth. 1961. Vol. 12, № 1. P. 131–137.
2. Margulies S., Debrunner P., Frauenfelder H. Transmission and Line Broadening in the Mossbauer Effect // Nucl. Instrum. Meth. 1963. Vol. 21, № 2. P. 217–231.
3. Major J. K. Recoil-free Resonant and Non-resonant Scattering from Fe^{57} // Nucl. Phys. 1962. Vol. 33, № 2. P. 323–335.
4. Debrunner P., Morrison R. J. Determination of Recoilless Fractions from Mossbauer Spectroscopy // Rev. Sci. Instrum. 1965. Vol. 36, № 2. P. 145–149.
5. Balco B., Hoy G. R. Thickness Effects in Mossbauer Scattering Experiments // Phys. Rev. B. 1974. Vol. 10, № 11. P. 4523–4530.
6. Bara J. J. Analysis of Mossbauer Scattering Spectra // Phys. stat. sol. (a). 1980. Vol. A58, № 2. P. 349–359.
7. Bara J. J., Bogacz B. F. Unusual Shape of the Mossbauer Spectral Line // Nucl. Instrum. Meth. 1981. Vol. 184, № 3. P. 561–568.
8. Wagner F. E. Applications of Mossbauer Scattering Techniques // J. de Phys. 1976. Vol. 37. P. C6–673 – C6–689.
9. Bui C., Milazzo M., Monichino M. Use of Low-Energy Gamma Ray Scattering and X-ray Fluorescence in Quantitative Analysis // Nucl. Instrum. Meth., Section B. 1987. Vol. B28. P. 88–92.
10. Mei Z., Fultz B., Morris J. W. Intensities of Backscatter Mossbauer Spectra // J. Appl. Phys. 1988. Vol. 64, № 5. P. 2550–2555.
11. Grazing Incidence Mossbauer Spectroscopy. New Method for Surface Layers Analysis II. Theory of Grazing Incidence Mossbauer Spectra / S. M. Irkaev, M. A. Andreeva, G. N. Beloserskii et al. // Nucl. Instrum. Meth. in Physics Research. 1993. Vol. B95. P. 554–564.
12. Morosov V. V. Mossbauer Scattering Spectroscopy // Hyperfine Interactions. 1990. Vol. 52. P. 351–365.
13. Морозов В. В. Спектроскопические интегралы // Изв. высш. учеб. завед. России. Сер. Радиоэлектроника. 2004. № 4. С. 3–15.
14. Мамыкин А. И., Морозов В. В. Резонансное рассеяние в мессбауэровской спектроскопии // Изв. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. Сер. Физика твердого тела и радиоэлектроника. 2006. № 2. С. 6–11.

15. Иркаев С. М., Мамыкин А. И., Морозов В. В. Вклад в интенсивность и площадь спектральной линии от процессов резонансного рассеяния в мессбауэровской спектроскопии // Изв. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. Сер. Физика твердого тела и радиоэлектроника. 2007. № 1. С. 3–7.

16. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Наука, 1971.

17. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. М.: Наука, 1981.

18. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Специальные функции. М.: Наука, 1983.

19. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Дополнительные главы. М.: Наука, 1986.

S. M. Irkaev, A. I. Mamykin, V. V. Morosov

THE CONTOUR OF THE SPECTRAL LINE IN THE RESONANCE ABSORPTION AND SCATTERING SPECTRA IN MOSSBAUER SPECTROSCOPY

The calculation of the integral describing the resonance absorption and scattering of recoilless radiation of the source by the sample in Mossbauer spectroscopy is considered. The results of investigation can be used for the calculation of the contour, intensity and area of the spectral lines, observed in the experiments on the resonance scattering and absorption of radiation.

Mossbauer and optical spectroscopy, resonance scattering of radiation, contour, area and intensity of the spectral line



УДК 621.3.049.77.001.2

С. Э. Миронов, Н. М. Сафьянников

ПОСТРОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНЫХ ЭСКИЗОВ ТОПОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ОПИСАНИЯ ТОПОЛОГИИ В КОНКРЕТНЫХ ПРОЕКТНЫХ НОРМАХ

Рассматриваются средства описания конструктива в системах проектирования топологии, предлагаются методика и средства трансляции, упрощающие перевод из жесткого описания реальной топологии в конкретных проектных нормах в технологически инвариантную виртуальную форму описания, обеспечивающую сохранение существующих проектов, возможность их быстрой адаптации к новым проектным нормам и существенное уменьшение их размеров и времен задержек благодаря сжатию.

Средства описания топологии, конструктив, сжатие топологии, технологически инвариантное проектирование, адаптация к новым проектным нормам, трансляция описания топологии

Технологически инвариантное проектирование топологии. Основными требованиями, предъявляемыми к микроэлектронным проектам, являются малая площадь кристалла и высокое быстродействие. В конце прошлого века к ним добавилась технологическая инвариантность – возможность настройки проекта на любые проектные нормы. Она достигается с помощью так называемых систем сжатия топологии, минимизирующих расстояние между элементами в соответствии с проектными нормами и задаваемыми разработчиком ограничениями на расположение отдельных частей топологии. Топология фрагментов БИС описывается с помощью системы виртуальных координат, отражающих лишь взаимное (выше или ниже, левее или правее) расположение элементов топологии, а их точные реальные координаты определяются в процессе сжатия топологии в конкретных проектных нормах.

Транслятор топологии из реального описания в виртуальное. Проектирование топологии традиционными методами, состоящими в кодировании топологии средствами языков описания топологии в жестко заданных конкретных проектных нормах, ведется уже несколько десятков лет. В связи с этим при переходе на новые передовые методы технологически инвариантного проектирования на основе виртуальной сетки и алгоритмов сжатия топологии может быть утрачено очень большое количество топологических разработок. С целью сохра-

нения существующих проектов, выполнявшихся с учетом различных конструкторско-технологических требований (КТТ), необходима разработка транслятора из жесткого описания топологии в конкретных проектных нормах в технологически инвариантную форму описания, позволяющую настраивать проект на любые проектные нормы.

Поскольку основная доля аппаратных затрат приходится на нерегулярные схемы, строящиеся методом размещения и трассировки из ячеек, входящих в состав библиотек стандартных фрагментов, помимо накопления проектной информации может быть получен еще один результат, особенно важный для отечественной микроэлектроники, отстающей от передовых стран по уровню технологии, выражающемуся как в проектных нормах, так и в проценте выхода годных изделий. Использование систем сжатия топологии позволит не только сохранить прежние разработки, адаптируя их к новым проектным нормам, но и существенно улучшить их основные характеристики, сократив благодаря сжатию и их размеры, и времена задержек вследствие уменьшения паразитных емкостей шин межсоединений и стоковых/истоковых областей транзисторов.

Проектирование топологии с использованием библиотек стандартных фрагментов КМОП БИС. В соответствии со схемой проектируемого макрофрагмента программы размещения и трассировки объединяют стандартные библиотечные фрагменты (пример топологической организации которых приведен на рис. 1, а) в полосы, называемые “пеналами” (рис. 1, б). Пеналы компонуются из ячеек, “нанизываемых” на шины “земли” (\perp) и “питания” (E), проходящие через каждый из пеналов. Связи между ячейками схемы проводятся в разделяющих пеналы трассировочных каналах.

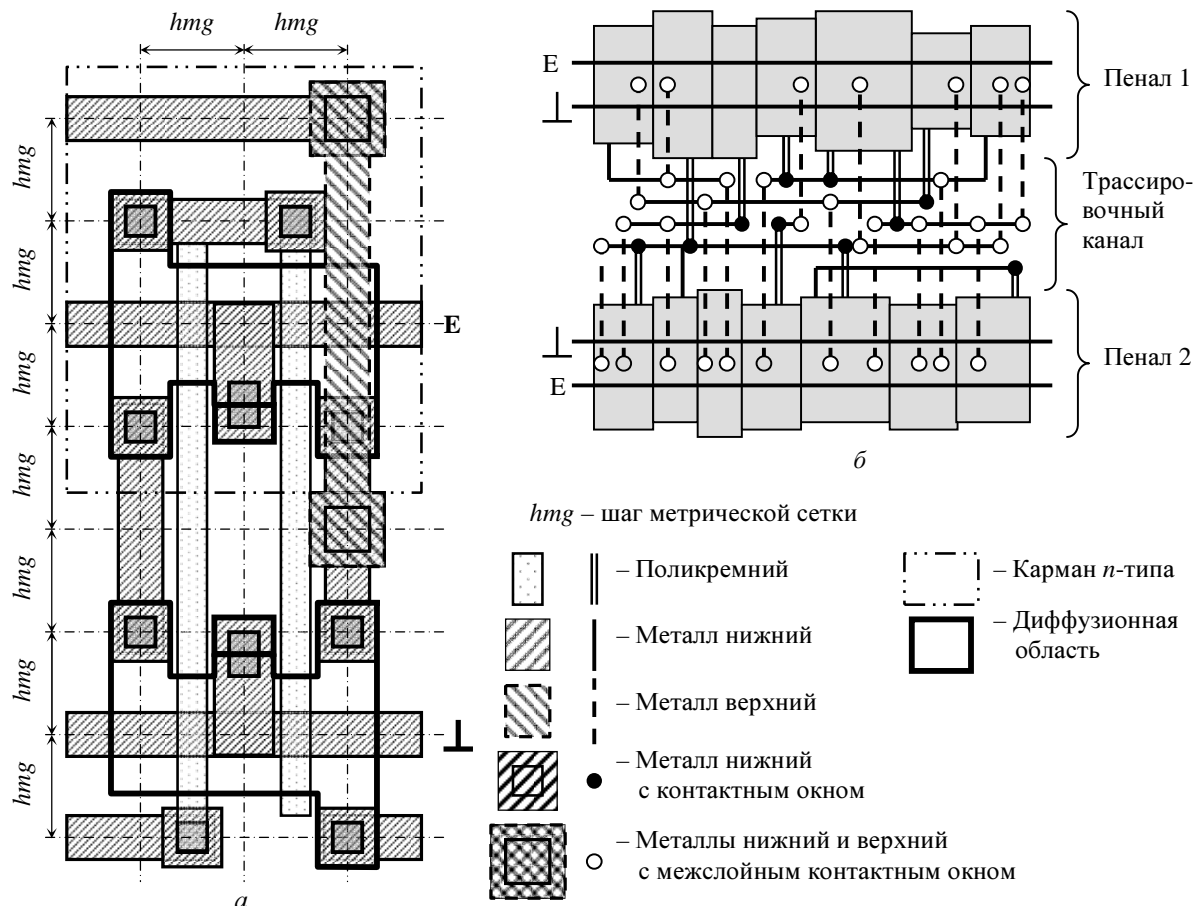


Рис. 1

Позиционирование элементов топологии в ячейках, ячеек в пеналах, пеналов и коммутационных элементов (шин и контактов) трассировочных каналов в пределах макрофрагмента осуществляется в координатном поле с постоянным шагом сетки hmg (h metric g reed – шаг метрической сетки). Шаг определяется как максимальное из минимально допустимых проектными нормами расстояний между осями соседних элементов топологии.

Таким образом, топологии макроблоков из стандартных фрагментов обладают избыточной площадью, уменьшить которую можно лишь с помощью систем технологически инвариантного проектирования топологии на основе алгоритмов сжатия [1].

Подходы к решению задачи трансляции описания топологии. Задача трансляции топологии, состоящая в переводе ее описания с одного языка на другой, не сводится к формальной замене условных обозначений и простому масштабированию топологии. При ее решении возникает ряд проблем, связанных с различием языковых конструкций, используемых для описания одних и тех же элементов в языках описания реальной топологии и языках описания виртуальной топологии.

Существует 2 подхода к решению этой задачи. Один предполагает создание более сложного транслятора, неформально модифицирующего описание реальной топологии в процессе его преобразования в виртуальное описание. Другой – переход на принципиально иные, качественно новые способы описания виртуальной топологии, более близкие к традиционным языкам описания реальной топологии.

В рамках *первого подхода* необходимо проводить анализ топологического описания схемы (рис. 2, а) для выделения комбинаций топологических примитивов в разных топологических слоях (рис. 2, б) и замены обнаруженных послойных описаний частей топологии на операторы позиционирования технологически инвариантных символов “транзистор” (рис. 2, в) или “контакт” соответствующего типа. Однако после этих преобразований (уже в системе сжатия) полученное символьное описание топологии (рис. 2, г) опять преобразуется в послойное описание (рис. 2, д), подобное исходному (рис. 2, а), но с существенно большим числом объектов (рис. 2, е), подвергающихся при сжатии обработке. Это происходит вследствие того, что общие для сборки транзисторов элементы топологии (такие, как контуры диффузионной области и области подзатворного легирования на рис. 2, а) заменяются индивидуальными для каждого из транзисторов элементами (рис. 2, д, е).

Во *втором подходе* анализ топологического описания для выделения комбинаций топологических примитивов в разных топологических слоях также необходим, но целью его является лишь переход от топологических слоев к слоям конструктивным. Примером может служить разделение топологического слоя “поликремний” на слои соединительных шин и шины затворов транзисторов соответствующего типа. Таким образом, во втором подходе из процесса перевода проекта на новые нормы исключаются операции по переводу реальной топологии в символьную и из символьной в реальную, не только в известной степени “компенсирующие” друг друга, но и приводящие к увеличению числа объектов сжатия.

Конструктив и средства его описания. Исследования показали, что уменьшение числа объектов сжатия достигается при отказе от символьного описания топологии в традиционном его понимании [2]. Примечательно, что при этом и алгоритмы сжатия (в том числе и сжатия с изменением формы элементов) получают наиболее эффективными и простыми.

Уменьшить число объектов сжатия можно лишь в результате перехода к принципиально иной организации конструктива, базовым элементом которой будет не микрофрагмент “транзистор”, а элементы конструктива более низкого уровня, такие, как шины и контуры. Они представляются элементарными операторами языка описания топологии, а не сложными языковыми конструкциями, описывающими микрофрагмент с помощью совокупности операторов, а затем позиционирующими его.

Упрощение сжатия при этом связано с тем, что в топологических конструкциях, описываемых с помощью шин и контуров, транзисторы будут представляться затворами, а активные области – контурами, но не индивидуальными для каждого транзистора (рис. 2, *е*), а общими для всей сборки (рис. 2, *а*), как это обычно и делается топологами при проектировании в реальных проектных нормах. Причем здесь, в отличие от позиционирования символа “транзистор”, можно описывать сборки, состоящие из транзисторов произвольной формы.

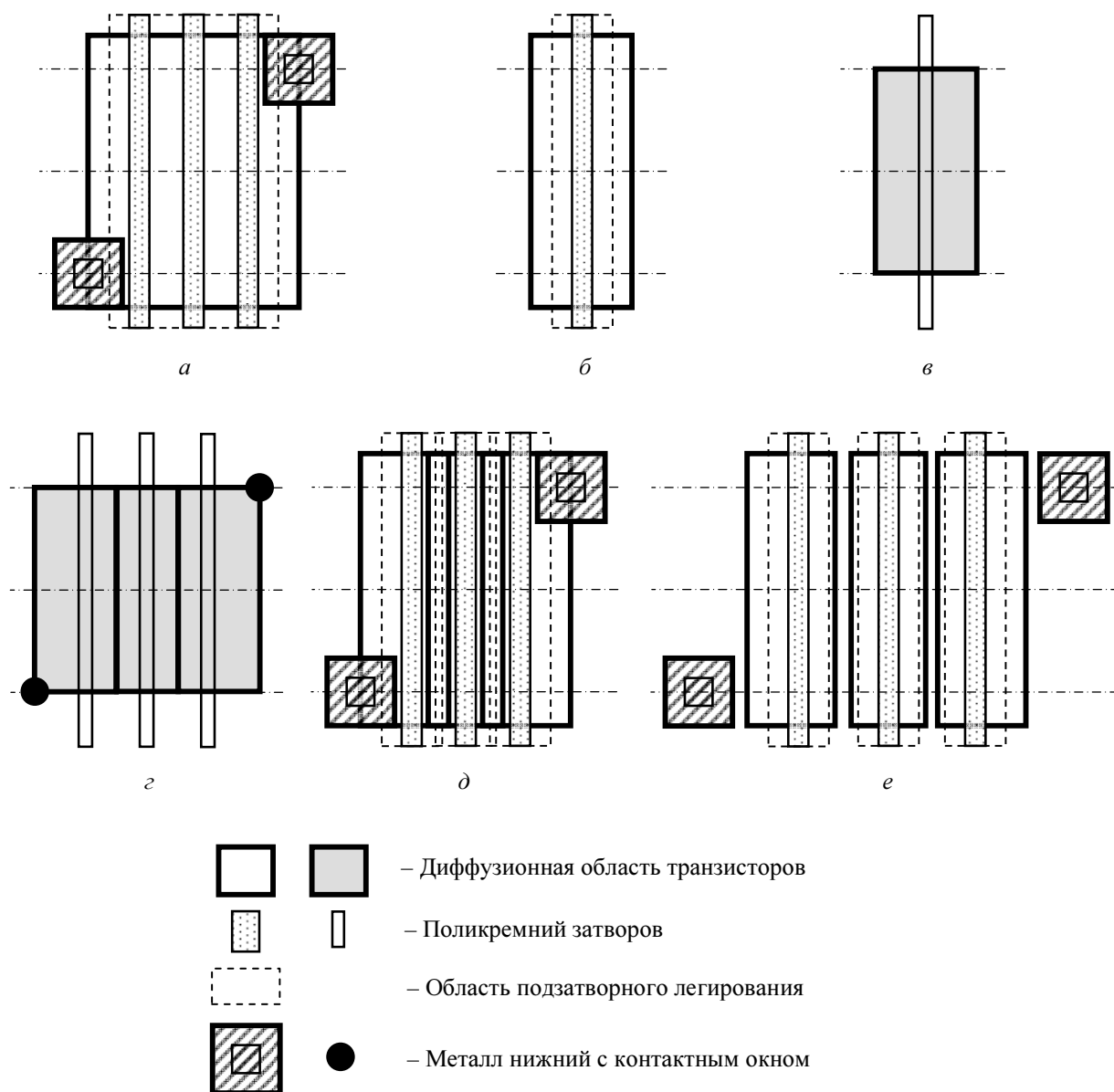


Рис. 2

В этом случае и переход от метрической системы реальных координат к системе технологически инвариантных виртуальных координат будет более прост и удобен, что наглядно иллюстрирует рис. 3, на котором представлены реальная (рис. 3, а) и виртуальная (рис. 3, б) топологии стандартного библиотечного фрагмента.

Таким образом, исходя из особенностей предложенной организации конструктива сжатие топологии с изменением формы транзисторов можно реализовать с помощью средств, которые должны быть отнесены скорее к традиционным языкам описания топологии, чем к более поздним средствам систем символического проектирования, представляя собой своеобразный “новый виток” в развитии средств описания топологии и систем ее проектирования.

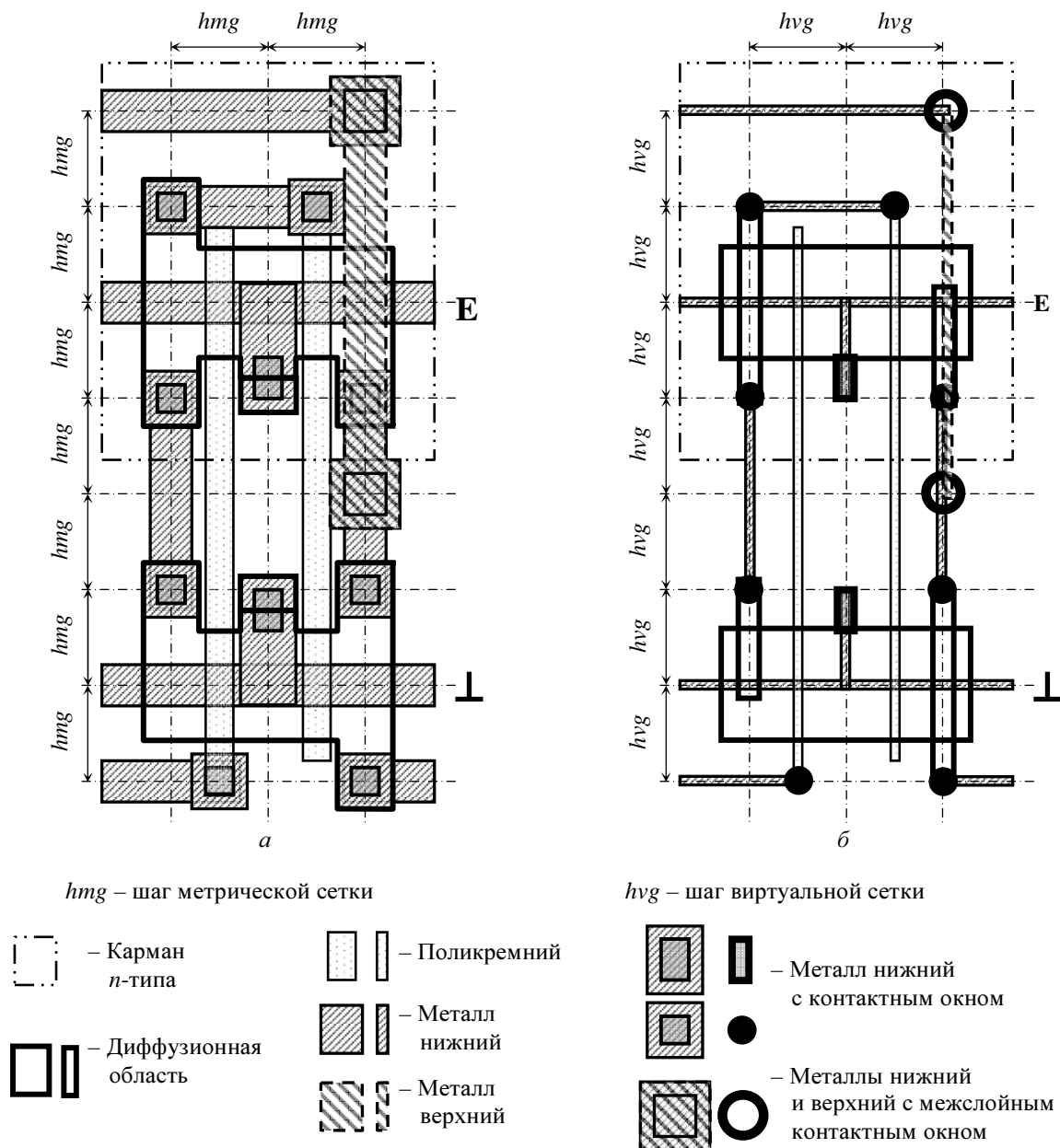


Рис. 3

Трансляция с языка описания реальной топологии на язык описания виртуальной топологии. Как уже отмечалось, трансляция топологии не сводится к формальной замене условных обозначений и простому масштабированию топологии. При трансляции

необходимо решить ряд технических задач по преобразованию реальной топологии, реализованной в реальных топологических слоях в метрической координатной сетке с постоянным шагом, в технологически инвариантную форму описания в виртуальной системе координат. Для этого нужно осуществить:

- пересчет параметров (нормирование ширин шин и каналов транзисторов);
- замену операторов описания топологических примитивов с учетом принадлежности элементов топологии определенным ее областям (требующую решения задачи принадлежности элементов топологии определенным ее областям):
 - преобразование прямоугольников контактных окон в операторы позиционирования контактов соответствующего типа;
 - преобразование диффузий в активные области транзисторов соответствующего типа с учетом типа проводимости, определяемого или типом диффузии, или наличием соответствующей области легирования диффузии, или типом кармана, в котором она располагается;
 - преобразование поликремния в соединительные шины и шины затворов транзисторов соответствующего типа;
- преобразование поликремниевых и металлических многоугольников в трассы переменной ширины.

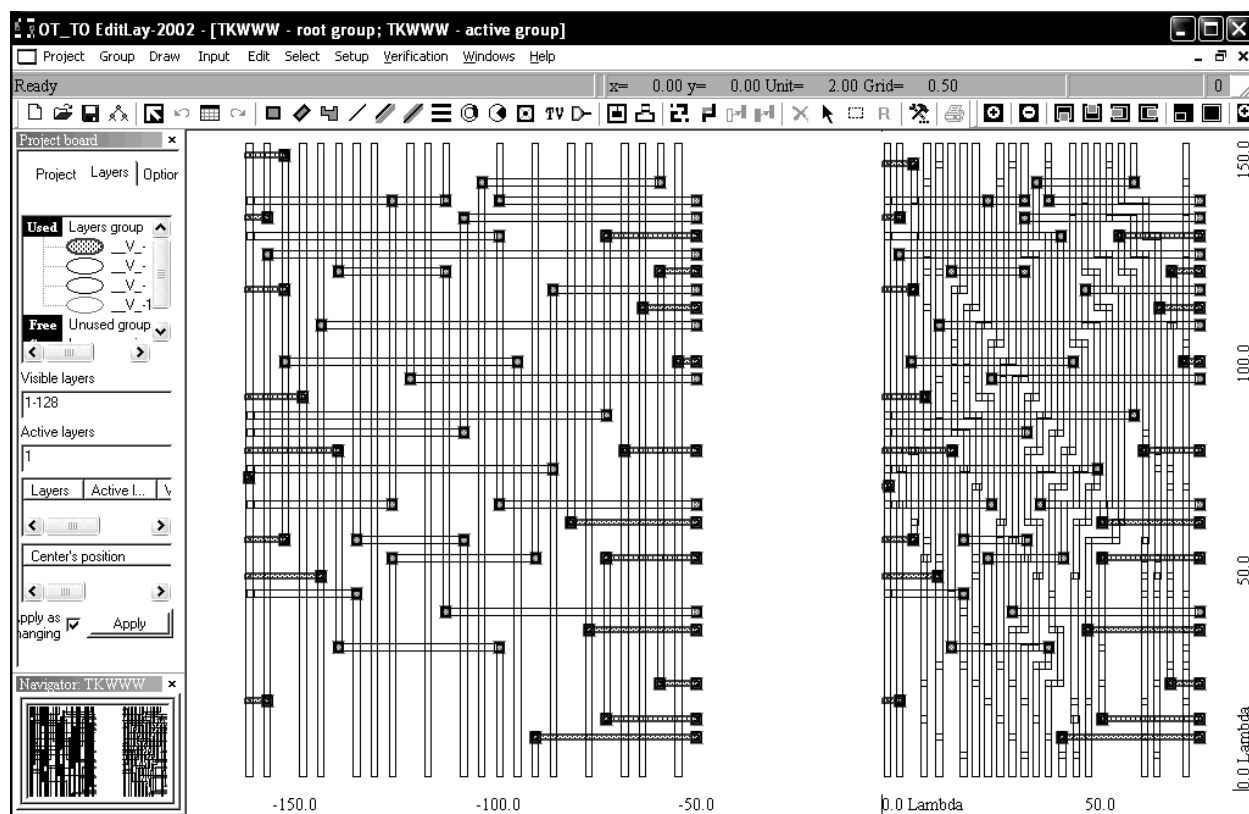


Рис. 4

Предварительные исследования, полученные при выполнении научного проекта по гранту № 06-07-81001 Бел_а “Топологическое проектирование устройств управления СБИС”, осуществляемого при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках Международного конкурса российско-белорусских проектов 2006 г., показали перспективность построения технологически инвариантных эскизов топологии на основе опи-

сания ее в конкретных проектных нормах. Это иллюстрируется примером уплотнения топологии трассировочного канала макроблока БИС [3], приведенным на рис. 4 (слева – исходная топология, справа – результат уплотнения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глухих А. И., Миронов С. Э. Уплотнение топологии макроблоков на основе стандартных фрагментов КМОП БИС // Изв. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. Сер. “Информатика, управление и компьютерные технологии”. – 2004. – Вып. 2. – С. 47–51.

2. Миронов С. Э. Уменьшение сложности алгоритма сжатия топологии с изменением формы элементов путем сокращения числа объектов сжатия // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD’2001: Материалы 4-й междунар. конф., Минск, 14–16 нояб. 2001 / Объединенный ин-т проблем информатики. – Минск, 2001. – Т. 2. – С. 182–187.

3. Миронов С. Э. Технологически инвариантные методы в проектировании топологии иерархических макроблоков интегральных схем // Автоматизация проектирования дискретных систем. CAD DD’2001: Материалы 6-й междунар. конф., Минск, 14–15 нояб. 2007 / Объединенный ин-т проблем информатики. – Минск, 2007. – Т. 2. – С. 165–172.

S. E. Mironov, N. M. Safyannikov

CONSTRUCTION OF PROCESS-TOLERANT TOPOLOGICAL DRAFTS BASED ON THE TOPOLOGY DESCRIPTION IN CONCRETE PROJECT NORMS

In the article the description means of topological primitives in topology design systems are considered and methods and means of translation are proposed that simplify the translation from rigid description of real topology in concrete project norms to process-tolerant virtual form of description ensuring retaining of existing projects, possibility of their quick adaptation to new project norms and essential diminishing of their size and delay times due to compaction.

Topology description means, topological primitives, topology compaction, process-tolerant design, adaptation to new project norms, translation of topology description

УДК 004.716

С. В. Свентусов

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЗАГРУЗКИ СЕРВЕРОВ АУДИОКОНФЕРЕНЦИЙ

Описаны методы снижения загрузки серверов аудиоконференций. Предлагаемые методы позволяют обеспечить требуемое качество речевых коммуникаций в условиях высокой нагрузки на серверы.

Аудиоконференция, загрузка, качество речи, распределение нагрузки, сервер

Несмотря на постоянное увеличение производительности оборудования сетей связи, массовость использования разнородных информационных и связных услуг приводит к перегрузкам сети. Для борьбы с перегрузками сетей связи на уровне сетевого трафика применяются различные методы обеспечения качества обслуживания (QoS). Решение проблемы перегрузки сети на уровне сетевого трафика не решает проблем, связанных с перегрузкой серверов. Так, массовость услуги аудиоконференций (АУКС) приводит к перегрузкам серверов, что заметно снижает качество предоставляемой услуги АУКС или приводит к отказам. Такие перегрузки вызваны большим объемом обрабатываемой информации и большим объемом математических операций, выполняемых при транскодинге и смешивании входных потоков от различных участников конференции.

Перегрузки также наблюдаются и в сетях мобильной связи GSM, использование услуг которых носит еще более массовый характер, чем услуги АУКС в IP-сетях. Однако перегрузки в сетях мобильной связи, работающих по принципу частотного и временного разделения, возникают преимущественно из-за недостаточности пропускной способности сети при большой концентрации абонентов в пределах одной передающей станции или одного центра коммутации мобильной связи. При этом методы QoS, используемые в IP-сетях, в данном случае неприменимы.

Хотя существующие нормы качества речевых услуг и качества самой речи сегодня уже недостаточны, даже их современные сети связи не в состоянии обеспечить.

Существуют различные классы качества для речевых услуг [1], [2]. При этом каждый класс имеет свой диапазон отклонений. Например, для наивысшего класса качества, при тестах слоговой разборчивости для кодеков с кодированием волны речевого сигнала, «люфт» в пределах наивысшего класса качества составляет 20 % [1].

Для повышения качества речи может быть применен подход увеличения частоты дискретизации* речевого сигнала, однако при существующих методах качества обслуживания он только ухудшит ситуацию. Рост частоты дискретизации увеличивает объем обрабатываемых сервером данных, при этом снижается время ожидания речевых пакетов в сети и увеличивается объем сетевого трафика.

В коммерческих сетях при перегрузке сервера используются методы зеркалирования серверов для выравнивания или равномерного распределения нагрузки и каскадирования серверов. При большом числе абонентов каскадирование приводит к перегрузкам коммутатора локальной вычислительной сети поставщика услуг. Также возможен обмен информацией (аудио и видео) между абонентами минуя серверы службы (режим точка-точка).

Применяемые сегодня подходы для организации многоточечных АУКС схематично показаны на рис. 1, причем текущая организация коммуникаций для коммерческих систем при небольшом (не более четырех) числе абонентов представлена на рис. 1, а, а при числе абонентов более четырех – на рис. 1, б.

Организованные таким образом АУКС приводят к перегрузкам либо серверов АУКС, либо терминалов, выступающих в роли серверов. В случае с терминалами растет вероятность перегрузки сети, так как терминал-инициатор конференции может быть подключен к сети через низкоскоростной канал.

В схеме качества обслуживания для сетей IP-телефонии и АУКС одним из показателей качества является задержка речевых пакетов в сети [3]. Задержка может быть вызвана состоянием самой сети и неспособностью сервера услуг своевременно обрабатывать и передавать в сеть речевые пакеты. Однако в рекомендациях, описывающих QoS, не представлены методы борьбы с задержками и их дисперсией, вызванными неспособностью серверов услуг своевременно выполнять свои функции.

Следует отметить, что рост производительности серверного оборудования не устраняет проблему в принципе, поэтому задача обеспечения минимальной и равномерной задержки на уровне серверов АУКС является актуальной и нерешенной. Она может решаться двумя путями:

* Ворсано Д. Кодирование речи в цифровой телефонии // Сети и системы связи. 1996. № 1. http://www.ccc.ru/magazine/depot/96_01/read.html?0301.htm.

- 1) снижением нагрузки на серверы за счет преднамеренного уменьшения частоты дискретизации речевого сигнала;
- 2) равномерным распределением нагрузки между терминалами или серверами АУКС.

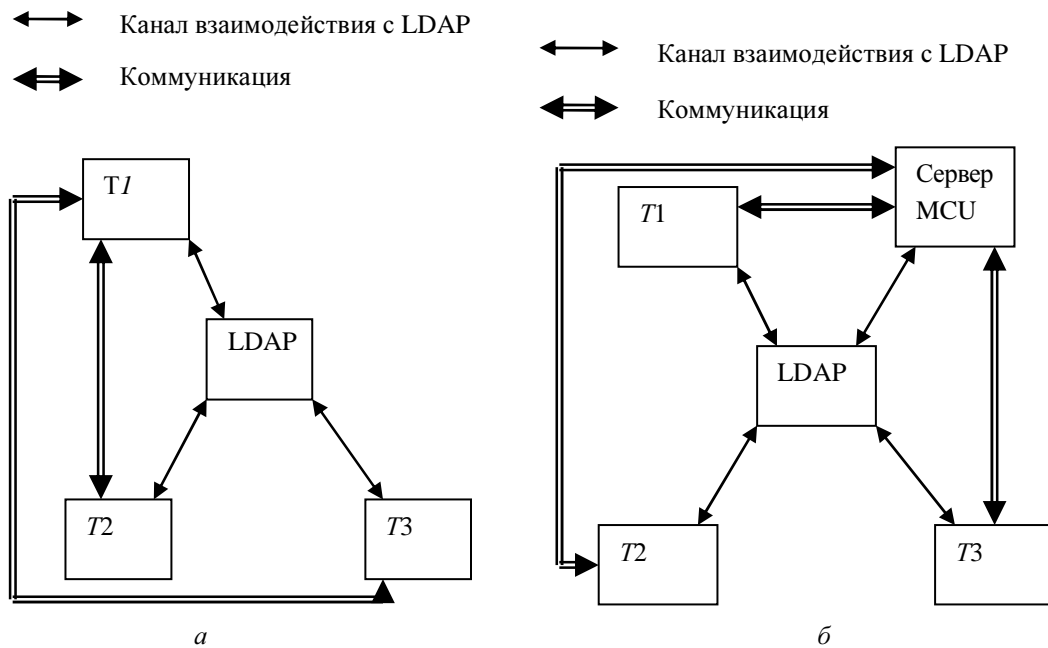


Рис. 1

Снижение нагрузки на серверы за счет преднамеренного уменьшения частоты дискретизации на терминалах должно выполняться в пределах допустимого диапазона, оговоренного в стандартах на качество служб передачи речевой информации.

Рекомендуемая частота дискретизации для терминалов IP-сетей, работающих в стандартах H.323 и SIP, составляет 8 кГц.

Однако частотный диапазон речевого сигнала, обеспечивающий для традиционной телефонии наивысшее качество, находится в пределах от 300 Гц до 3,4 кГц. Тогда, в соответствии с теоремой Котельникова оцифровку необходимо выполнять с частотой дискретизации не ниже 6,8 кГц, т. е. частота дискретизации 8 кГц является избыточной и появляется свободное пространство в 1,2 кГц для оцифровки сигнала или 600 Гц для записи и воспроизведения сигнала.

Важно заметить, что уменьшение частоты дискретизации на 500 Гц снизит качество сигнала всего на 250 Гц и значительно снизит загрузку сервера, не повлияв существенно на качество речевого сигнала.

Уменьшение частоты дискретизации речевого сигнала на терминалах приводит к снижению скорости битового потока в сети и увеличению задержки между сетевыми пакетами со стороны терминала.

Тогда для синхронизации терминалов и сервера на сервере АУКС необходимо увеличить задержку приема и передачи речевых пакетов. Это позволит повысить время обработки речевых пакетов и снизить требования к задержкам пакетов в сети. Исследования показали, что в некоторых предельных случаях снижение частоты дискретизации на 500 Гц позволяет уменьшить загрузку сервера до 30 %.

Такой подход позволяет сохранить качество речи на источнике речевого сигнала не хуже телефонного, а класс качества для служб передачи речевой информации в соответствии с оценками MoS не изменится (рис. 2).

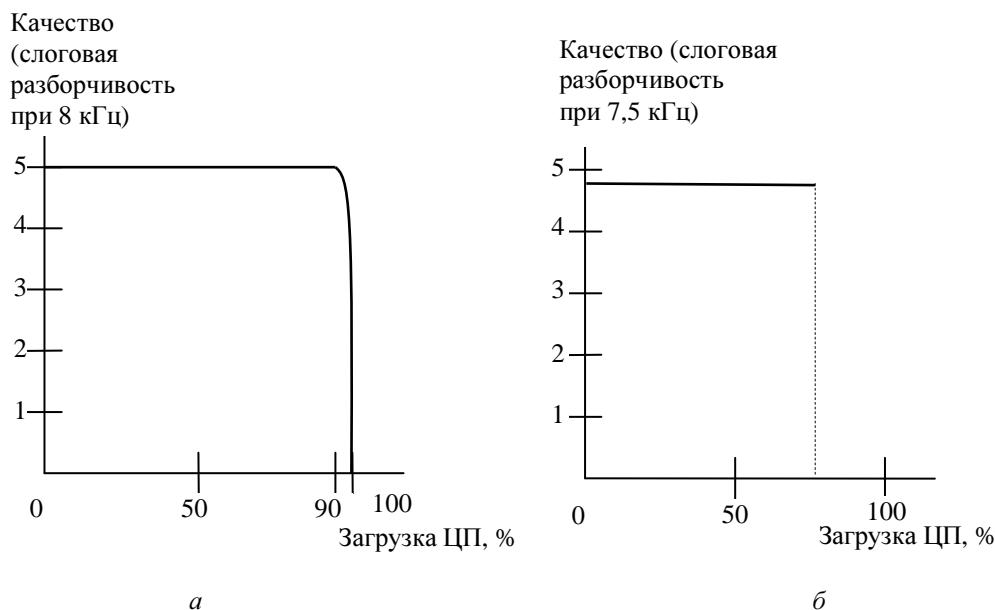


Рис. 2

Подход к решению задачи обеспечения качества АУКС на уровне сервера за счет равномерного распределения нагрузки (рис. 3) между абонентами возможен по той причине, что суммарный поток на выходе коммуникации равен объему каждого из входных потоков.

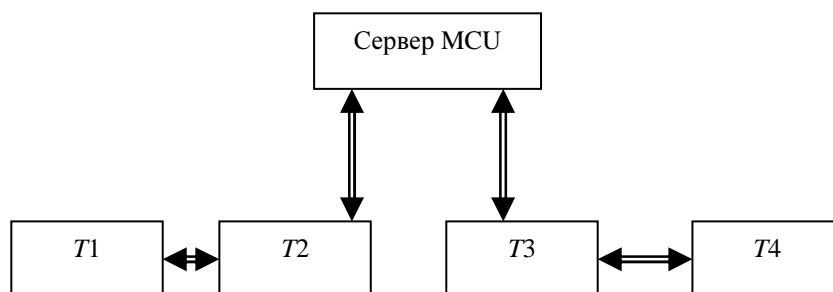


Рис. 3

Схема организации многоточечных АУКС (рис. 3) вдвое снижает объем обрабатываемой сервером информации и интенсивность ее поступления. Однако при этом увеличиваются задержки сетевых пакетов и ухудшается качество речи за счет многочисленных операций транскодинга, выполняемых T2, Сервером MCU и T3.

В случае использования кодека G.711 со временем накопления 30 мс задержка между T2 и Сервером MCU составит 30 мс, между T1 и Сервером MCU – 60 мс, между T1 и T3 – 90 мс, между T1 и T4 – 120 мс. В процессе многоточечной АУКС такие задержки очень заметны и недопустимы.

Для снижения задержек необходимо уменьшить время накопления пакетов и их доставки. Этого можно добиться, повысив частоту дискретизации исходного сигнала.

При повышении частоты дискретизации до 16 кГц задержки речевых пакетов снизятся вдвое и значительно улучшится качество самой речи, однако нагрузка на сервер также возрастет.

В связи с этим данный подход целесообразен при объеме коммуникации более 5 и обслуживании терминалами более одного участника АУКС (рис. 4).

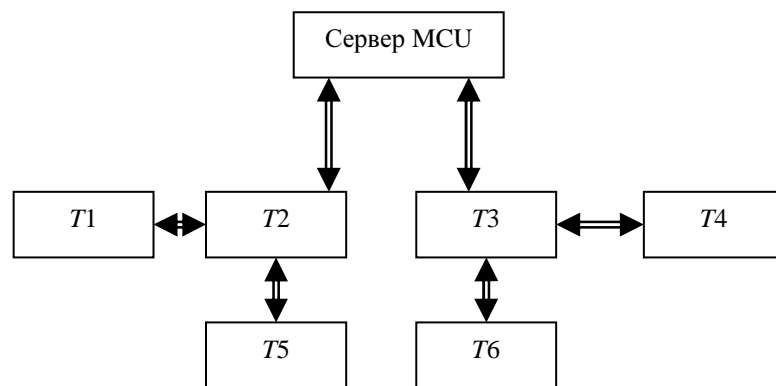


Рис. 4

Из рис. 4 видно, что суммарный объем информации, обрабатываемой сервером MCU, для данного случая снижается в 3 раза по отношению к классической схеме организации АУКС того же объема. Увеличение частоты дискретизации до 16 кГц позволит значительно повысить качество речи, а загрузка сервера (в данном случае) снизится в 1,5 раза.

Зная объем N групповой коммуникации (число терминалов) и планируя, что терминал может обслужить часть коммуникации объемом G , получаем:

$K1 = N : G$ – число терминалов с объемом G коммуникаций;

$K2 = N \pmod{K1 \cdot G}$ – объем недостающей коммуникации.

Тогда число терминалов C , обслуживаемых сервером, для групповой коммуникации объемом N составит:

$$C = K1 + S(K2), \text{ где } S(K2) = \begin{cases} 0 & \text{при } K2 = 0, \\ 1 & \text{при } K2 \neq 0. \end{cases}$$

Т. е. для сервера АУКС объем групповой коммуникации будет снижен с N до C или в N/C раз.

Суммарный объем информации, обрабатываемой сервером, зависит не только от распределения коммуникации между терминалами, но и от частоты дискретизации.

Так, для звукового кодека G.711 со временем накопления 30 мс изменение частоты дискретизации сигнала на 500 Гц изменяет битовую скорость на 5,6 кбит/с.

Показано, что для кодека G.711 при частоте дискретизации F_0 сигнала 8 кГц скорость одного битового потока B_0 составляет 92,4 кбит/с, а при частоте дискретизации $F_C = 16$ кГц $B_C = 184,8$ кбит/с.

Тогда снижение нагрузки на сервер за счет распределения групповой коммуникации объема N между C терминалами определяется по формуле

$$Z = \frac{B_0 N}{B_C C}.$$

В данном случае

$$Z = \frac{B_0 N}{B_C C} = \frac{92,4 \cdot 6}{184,8 \cdot 2} = 1,5.$$

Выбор одного из предложенных методов обеспечения качества услуг в сетях АУКС предполагает компромисс между качеством коммуникаций, загрузкой сети и сервера АУКС. Однако необходимо учитывать назначения АУКС и требования к качеству конкретной аудиоконференции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50840–95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. М.: Изд-во стандартов, 1997.
2. ГОСТ Р 51061–97. Системы низкоскоростной передачи речи по цифровым каналам. Параметры качества речи и методы измерений. М.: Изд-во стандартов, 1997.
3. Росляков А. В., Самсонов М. Ю., Шibaева И. В. IP-телефония. М.: Эко-Трендз, 2003.

S. V. Sventusov

METHODS OF DECREASE IN LOADING OF SERVERS AUDIOCONFERENCES

Methods of decrease in loading of servers of audioconferences are offered. Suggested methods allow to provide quality of speech communications in conditions of high loading on servers.

Audioconference, loading, quality of speech, distribution of loading, the server



УДК 539.22:678.067

Г. И. Прокофьев

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ

Рассматривается выделение и декомпозиция проблем при технологическом проектировании процессов формообразования оптимальных конструкций из волокнистых композиционных материалов.

Конструкции из армированных композитов, схемы армирования, процессы, методы IDEF, среды программирования САПР

Процесс формообразования анизотропной армированной конструкции похож на процесс сборки изделий машиностроения и представляет собой нанесение рабочим органом (РО) робота на формообразующую поверхность (ФП) полос постоянной ширины и толщины, армированных в продольном направлении волокнами армирующего материала (АМ) и пропитанных связующим материалом (СМ) [1]–[5], вдоль заданной совокупности траекторий армирования (схемы армирования – СА). Его отличительной особенностью является то, что изготовление «деталей» конструкции (полос конечной длины, уложенных на поверхность укладки) происходит непосредственно в процессе сборки (рис. 1), а поверхность укладки изменяется в процессе сборки конструкции (конструкция «выращивается» на ФП).

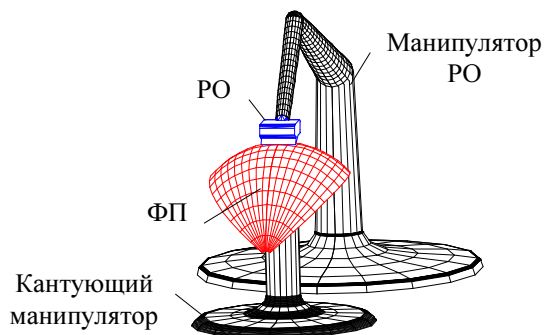


Рис. 1

Создание оптимальных анизотропных конструкций сложной формы из волокнистых композиционных материалов (ВКМ) связано с исследованием процессов формообразования конструкции, а также с разработкой соответствующих методик, методов и средств.

Изготовление оптимальной конструкции предполагает предварительное построение ее модели, содержащей необходимую и достаточную технологическую информацию для проектирования процесса формообразования. Адекватную модель конкретной конструк-

ции можно получить, лишь детально изучив процесс ее формообразования, реализуемый конкретной исполнительской системой (ИС), так как различные ИС могут иметь неодинаковые ограничения. Для рассмотрения основных вопросов, связанных с процессом формообразования, можно воспользоваться обобщенной геометрической моделью конструкции, возникающей в процессе укладки. Ее можно представить объемом, ограниченным наружной и формообразующей поверхностями, заполненным уложенными вдоль траекторий армирования и друг на друга «детальками».

Если известны СА, ширина и законы формирования краев «деталей», а также очередность их укладки, то можно спроектировать управляющие программы (УП) робота. Формообразование конструкции может быть выполнено конкретной ИС под управлением УП, если ее технические и технологические ограничения позволяют уложить все «детали». Чтобы установить возможность формообразования конструкции с заданными траекториями укладки «деталей», необходимо иметь ИС, позволяющую реализовать все траектории укладки. В противном случае необходимо синтезировать СА конструкции, которая может быть реализована имеющейся ИС.

Схема армирования конструкции является параметром ее оптимизации, а задание СА представляет самостоятельную задачу конструирования. Заданная СА и геометрическая форма конструкции являются источником информации для синтеза траекторий армирования, расчета «деталей», разработки плана укладки «деталей» и УП. Знание траекторий армирования необходимо также при эксплуатации и ремонте конструкций, их экспериментальном исследовании в итерационном процессе оптимизации.

Однако заданная конструктором СА должна быть реализуема в технологической системе. Поэтому нужно уметь строить реализуемую модель процесса формообразования конструкции с заданной геометрической формой и СА с учетом ограничений ИС. Эта задача должна решаться с учетом особенностей технологической системы.

Схема армирования, порождаемая конструктором, должна описать его требования и выдать в технологическую систему необходимую и достаточную информацию для моделирования процесса формообразования. В то же время, заданная конструктором СА должна предоставлять технологической системе некоторую свободу формирования траекторий укладки, в результате чего могут быть получены разные модели процесса формообразования для заданной конструктором СА. Это позволяет синтезировать оптимальные процессы формообразования. В противном случае уменьшается вероятность не только оптимизации процессов формообразования, но и возможности реализации заданной конструктором СА. Некоторая свобода формирования траекторий укладки необходима также для адаптации к характеристикам ИС, состоящей в возможности реализации одной и той же СА совокупностью различных по геометрической форме и расположению «деталей» конструкции. Эта ограниченная свобода определяется допустимым выбором в технологической подсистеме части заданной информации о СА либо добавлением информации. Например, вместо траектории СА, заданной конструктором пространственной кривой, в технологической системе допускается использовать заданное конечное множество точек этой

кривой и направления укладки АМ в них. Такое допущение позволяет синтезировать траектории укладки деталей, проходящие через заданные точки в заданных направлениях, отличные от траекторий СА, заданных конструктором.

Задачей системы технологической подготовки процессов формообразования является проектирование «деталей», процессов их укладки и сборки конструкции, а задачей ИС – их выполнение. Для эффективной технологической подготовки на начальных стадиях ее проектирования следует описать структуру*, логико-временной аспект и данные процесса формообразования.

Далее рассмотрена функциональная модель задачи, описывающей аспект структуры. Ее целью являются ответы на вопросы: что должен делать процесс формообразования, каковы его границы и внешние связи, внутренняя структура – функции и их взаимосвязи. На рис. 2–5 приведено описание (диаграммы) функциональной модели в стандарте IDEF0 с низкой степенью детальности.

Описание в стандарте IDEF0 выделяет проблемы, подсистемы и их взаимосвязи, что позволяет детализировать их на нужную глубину различным авторам моделей, а также разрабатывать и создавать подсистемы автономно с гарантированным их сопряжением в систему (в силу установленных ранее взаимосвязей) (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Краткая характеристика некоторых процессов

Имя процесса (работы)	Определение	Примечание
Образовать геометрическую форму конструкции	Подготовить необходимую информацию и рассчитать «детали» конструкции. Уложить «детали» в конструкцию	Геометрическая форма конструкции образуется «детальями», уложенными друг на друга и на формообразующую поверхность. Материал конструкции, ее «детали», внутренняя структура, ее геометрическая форма рождаются одновременно
Управлять технологической подготовкой процесса формообразования	Формировать критерии поиска и запуска методов поиска выполнимых и оптимальных процессов формообразования	Процессы 2 и 3 могут выполняться независимо или в цикле. Это зависит от особенностей конструкции или концепции управления процессом технологической подготовки
Преобразовать требуемую схему армирования в реализуемую	Преобразовать заданную схему в универсальный формат, удобный для технологической подготовки процесса формообразования	Например, преобразовать к совокупности множеств точек и векторов направлений армирующих волокон в них, количества волокон, уложенных вдоль заданного вектора
Сформировать исходную схему армирования конструкции	Исходная схема армирования (ИСА) – схема, полученная для использования в технологическом проектировании из схемы армирования, заданной в результате конструирования	ИСА имеет формализованный вид и совокупность информации, обеспечивающие реализуемость в имеющейся технологической системе
Выбрать стартовую точку траектории укладки	Точка ИСА внутри конструкции и направление армирования в ней, выбранные для синтеза траектории армирования	Результат синтеза зависит от выбора стартовой точки синтеза траектории

* IDEF0 – Sadt Business Process & Enterprise Modelling. Marca D. A., McGowan C. L. Eclectic Solutions Corp; ASIN: 0963875000; (October 1993), [tp://interface.ru/fset.asp?Url=/ca/bpwin.htm](http://interface.ru/fset.asp?Url=/ca/bpwin.htm). См. также [6], [7].

Имя процесса (работы)	Определение	Примечание
Синтезировать геометрическую модель сборки конструкции	Определить «детали» конструкции и очередность ее сборки, удовлетворяющие требованиям формализованной схемы армирования – геометрический «портрет» конструкции	Определить всю геометрическую информацию относительно «деталей» конструкции и поверхностях, ограничивающих ее объем
Установить требуемые компоненты и измеряемые характеристики «детали»	Определить используемый метод геометрического моделирования в САПР. Установить контролируемые значения дифференциальных характеристик траекторий укладки и «деталей»	Поверхностное или объемное моделирование. Например, кривизна кривых и поверхностей, геодезическая кривизна траекторий укладки
Автоматизировать процесс построения «детали»	Установить алгоритмы автоматизации и функции САПР, используемые при геометрическом моделировании	
Вести геометрической портрет конструкции как сборки	Сохранять, изменять и выдавать геометрическую информацию, необходимую при создании, эксплуатации и ремонте конструкции	
Сформировать управляющие программы процесса формообразования	Программы на входных языках подсистем управления процессом формообразования, генерируемых постпроцессорами. Постпроцессоры следует создать	Программы для устройств подсистем управления – УЧПУ роботов, программно-логических устройств



Рис. 2

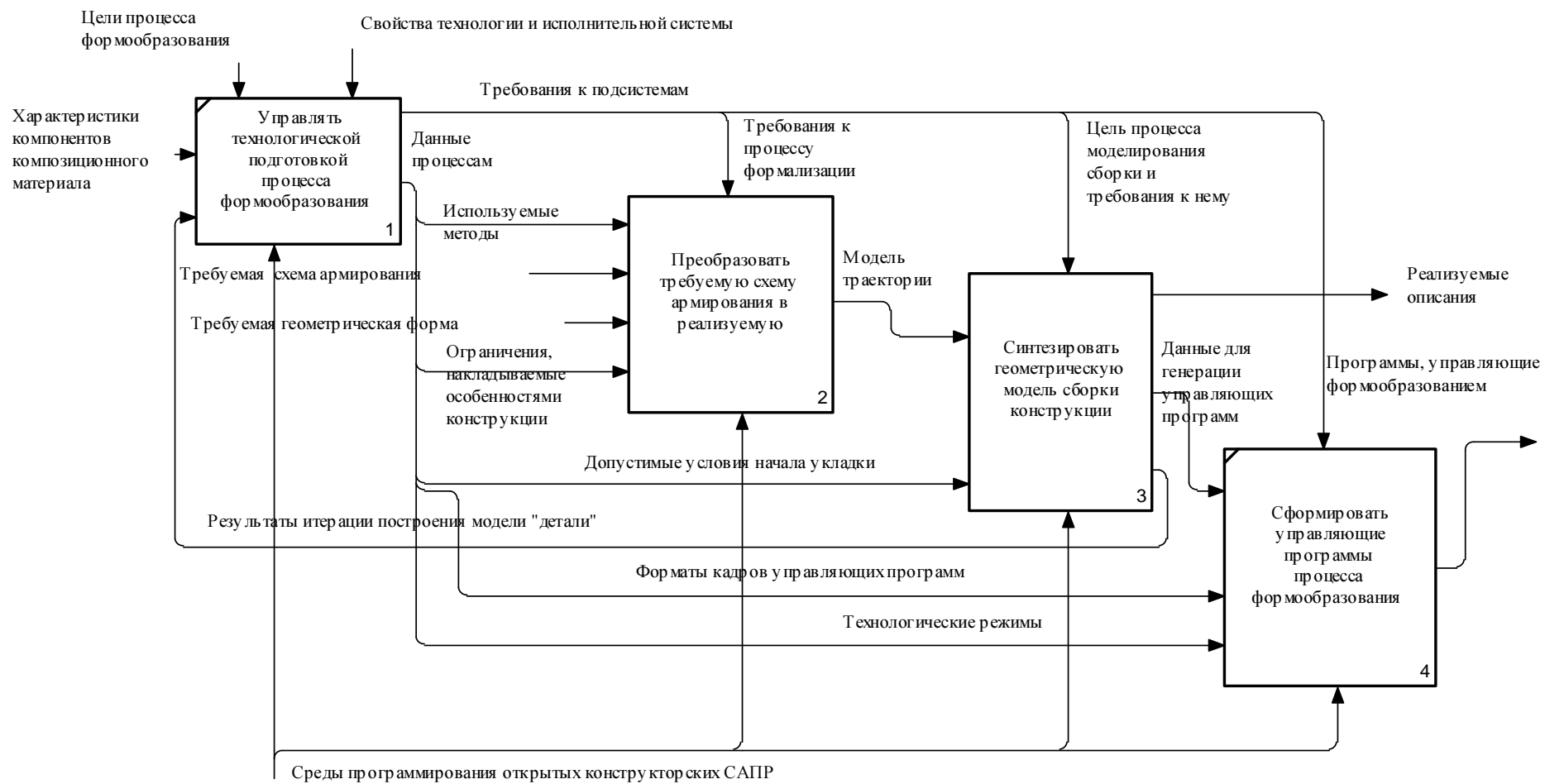


Рис. 3

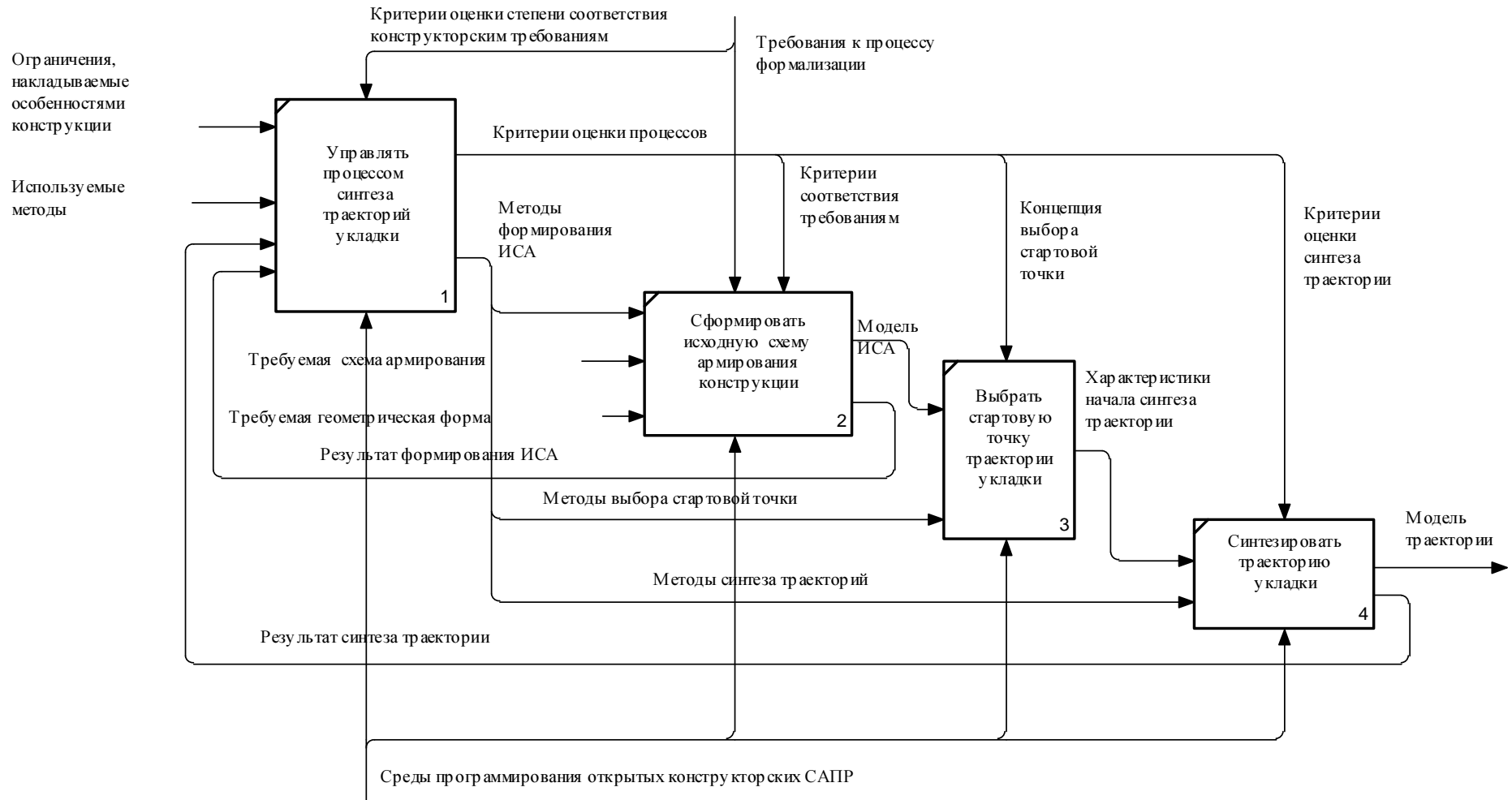


Рис. 4

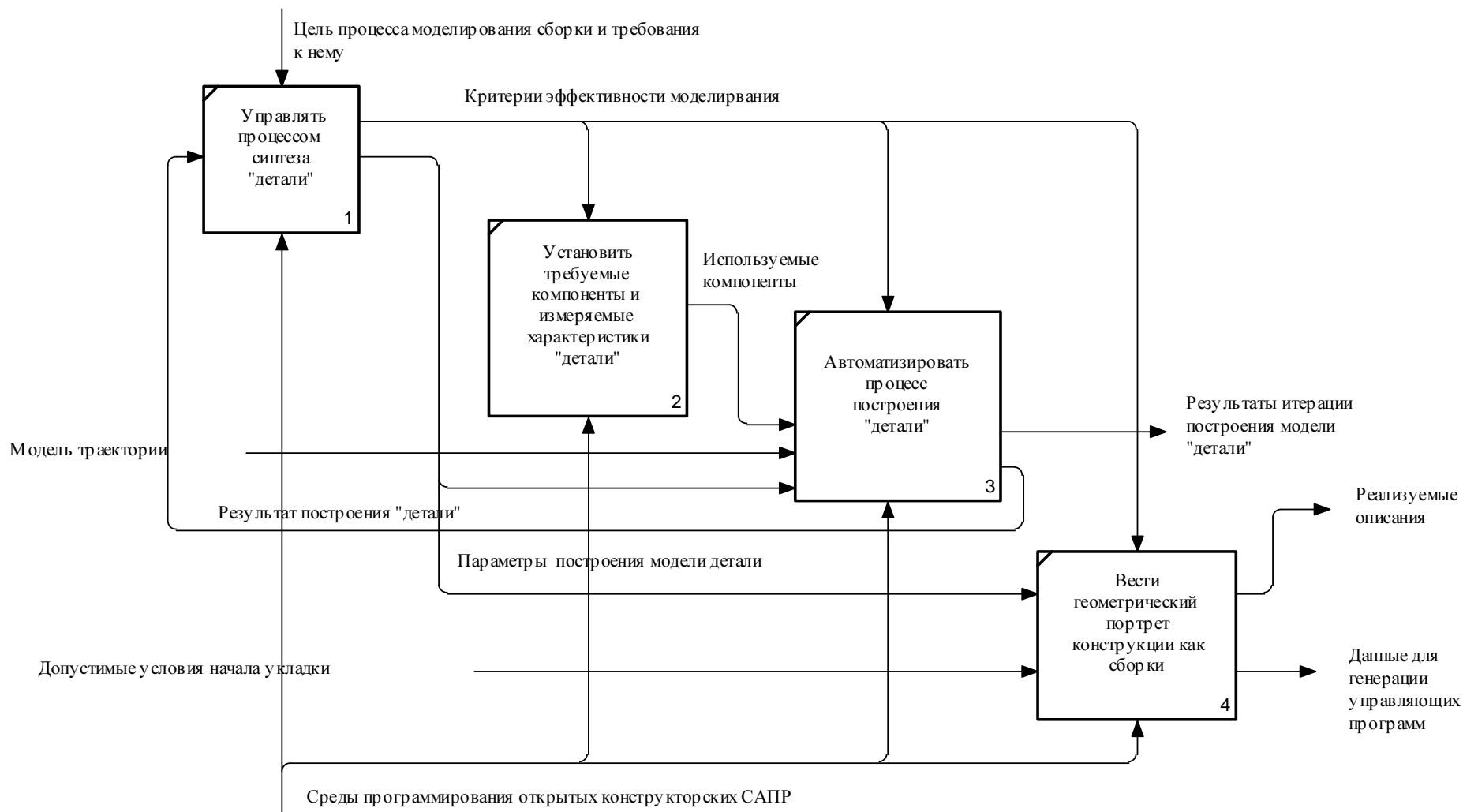


Рис. 5

Краткая характеристика некоторых связей процессов

Имя связи	Определение	Примечание
Данные для генерации управляющих программ	Данные, позволяющие производить процесс формообразования	Траектории укладки, очередность сборки конструкции, данные о требуемых объемах накопителей материала и их перезарядке
Допустимые условия начала укладки	Условия, при которых возможно закрепление края ленты на текущей поверхности укладки	Условия зависят от рельефа поверхности укладки и конструкции рабочего органа исполнительной системы
Используемые методы	Методы, используемые на очередной итерации формализации и формирования схемы армирования	Например, очередной метод поиска траектории укладки «детали» при неудачном применении предыдущего метода
Концепция выбора стартовой точки		Требуется разработать
Критерии оценки синтеза траектории		Требуется разработать
Критерии соответствия требованиям	Определяет степень соответствия процесса и его результата требованиям	Должен иметь количественную оценку
Методы синтеза траекторий		Требуется разработать
Методы формирования ИСА	Следует разработать формат представления ИСА, к которому можно свести любые способы задания схем армирования полученных в результате конструирования	С данными ИСА представленном в этом формате, должна работать система технологической подготовки процесса формообразования
Модель траектории	Траектории, вдоль которых укладываются «детали» конструкции. Очередность укладки связана с траекториями укладки	Детали укладываются на текущую поверхность укладки вдоль траекторий укладки. При плотной упаковке «деталей» в конструкции внутренняя поверхность «детали» принимает форму поверхности укладки
Ограничения, накладываемые особенностями конструкции	Максимальная геодезическая кривизна, «время жизни» связующего материала	Ограничения связаны со свойствами применяемых материалов, дифференциальными характеристиками поверхностей укладки, деформационными свойствами укладываемого материала
Программы, управляющие формообразованием	Программы работы исполнительной системы с устройствами числового программного управления	УЧПУ роботов программируемых логических контроллеров
Реализуемые описания	Совокупность различных аспектов моделей конструкции, разработанных в процессе технологической подготовки и реализуемых исполнительной системой	Реализуемая модель конструкции информация, которую можно использовать для формообразования конструкции в конкретной исполнительной системе
Результат синтеза траектории	Модель траектории, проходящая через точки множества в заданных направлениях	Результат может быть отрицательным
Свойства технологии и исполнительной системы	Свойства (ограничения) характеризуют используемую технологию автоматизированного формообразования и соответствующие исполнительные системы. Ограничения вызваны свойствами применяемых компонентов композиции, исполнительной системы	Примеры технологических ограничений: "время жизни" связующего материала, ограниченная скорость качественной пропитки армирующего материала связующим. Примеры ограничений исполнительной системы: ограничения перемещений по степеням свободы рабочего органа, ограниченная производительность

Имя связи	Определение	Примечание
Среды программирования открытых конструкторских САПР	Программные среды, обеспечивающие возможность автоматизации технологического проектирования процессов формообразования. Следует создать программные приложения, автоматизирующие выполнение процессов в средах программирования САПР	Открытые среды, допускающие программный анализ дифференциальных характеристик кривых, поверхностей и кривых, принадлежащих поверхностям, их синтез
Требования к подсистемам	Детализированные по подпроцессам общие цели и ограничения	
Требуемая схема армирования	Информация о расположении волокон армирующего материала внутри конструкции и их количестве. Может быть задана различными способами, например, геометрической моделью в конструкторской САПР	Создается в процессе конструкторского проектирования. Требуемая геометрическая форма и схема армирования – результат оптимизации конструкции в процессах ее конструирования
Форматы кадров управляющих программ	Правила записи управляющей информации для систем программного управления	
Характеристики компонентов композиционного материала	Характеристики, влияющие на геометрическую модель конструкции	Например, клейкие свойства пропитанной ленты влияют на допустимые отклонения траекторий армирования от геодезических траекторий. Вид армирующего материала (ровинг, нить) влияет на деформационные свойства армирующего материала и, как следствие, на допустимые траектории армирования
Цели процесса формообразования	Максимальная производительность при заданном качестве композиционного материала	Соблюдение требуемой точности укладки «деталей»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокофьев Г. И. Концепция создания автоматизированной технологии формообразования оптимальных конструкций из ВКМ. Состояние и проблемы // Автоматизация и современные технологии. 1999. № 5.
2. Концепция создания автоматизированной технологии формообразования оптимальных конструкций из ВКМ. Анализ процессов выкладки лент // Автоматизация и современные технологии. 1999. № 6.
3. Прокофьев Г. И. Концепция создания автоматизированной технологии формообразования оптимальных конструкций из ВКМ. Система автоматического формирования // Автоматизация и современные технологии. 1999. № 9.
4. Прокофьев Г. И. Концепция создания автоматизированной технологии формообразования оптимальных конструкций из ВКМ. Модель процесса формообразования // Автоматизация и современные технологии. 2000. № 4.
5. Прокофьев Г. И. Концепция создания автоматизированной технологии формообразования оптимальных конструкций из волокнистых композиционных материалов. Инструментальная среда технологического проектирования, этапы и процедуры процесса формообразования // Автоматизация и современные технологии. 2000. № 5.
6. Марка Д. А., МакГоуэн К. SADT – методология структурного анализа и проектирования. М.: Метатехнология, 1993.
7. Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. М.: Финансы и статистика, 2001. 208 с.

G. I. Prokofiev

DESIGNING CREATION OF SHAPING PROCESS OPTIMUM PRODUCTS FROM COMPOSITES

The topic of problem allocation and decomposition within technological design creation of shaping process for optimum products from fibrous composite materials is considered.

Designs from the reinforced composites, schemes of reinforcing, processes, methods IDEF, environments of programming CAD

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ

В статье рассмотрены инженеринговые средства, используемые при проектировании, исследовании и эксплуатации сложных автоматизированных электромеханических систем и комплексов.

Инженеринговые средства, автоматизированные технологические комплексы, электроприводы

Современные автоматизированные технологические комплексы (АТК), технологический процесс в которых осуществляется через регулируемые движения механизмов, машин и агрегатов (прокатные станы, бумаго- и картоноделательные машины, кордные линии и др.), независимо от отраслевого применения выполняются по типовой структуре с широким использованием комплектных электроприводов, компьютерных средств автоматизации и информационных средств (рис. 1).

В соответствии с идеологией блочно-модульного исполнения комплектных электроприводов как правило предусматривается возможность широкого варьирования средств, входящих в состав комплектного электропривода, с целью их адаптации к режимам и условиям работы механизмов в технологических агрегатах.

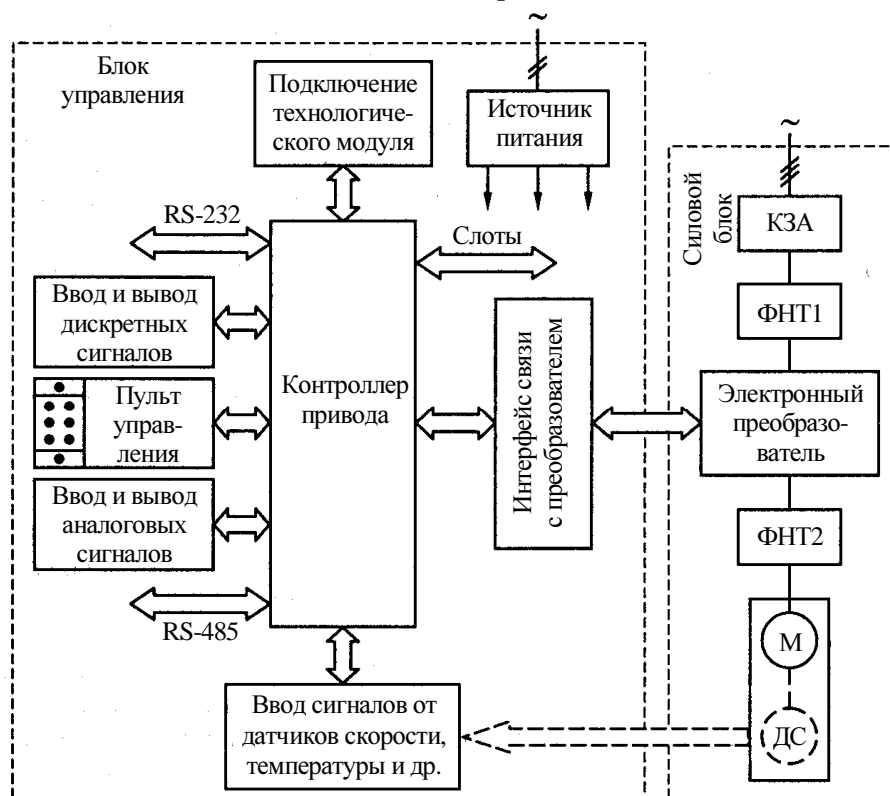


Рис. 1

Основой АТК являются высокоавтоматизированные электромеханические системы и комплексы (ЭМК), имеющие разнообразные взаимосвязи по электромагнитным, механическим и технологическим переменным [1].

Инжиниринговые средства, используемые при создании новых и модернизации действующих технологических комплексов весьма разнообразны и охватывают широкий круг решаемых задач. Эти средства используются на стадиях проектирования, наладки и эксплуатации оборудования.

Инжиниринговые средства проектирования автоматизированных электроприводов включают в себя компьютерные средства: для расчета режимов работы приводов и механизмов, выбора силовых модулей (питающих, приводных, тормозных, фильтрующих, защитных и др.) и модулей управления (процессорных, интерфейсных, информационных, технологических и др.), образующих конфигурацию комплектного электропривода или комбинацию комплектных электроприводов, адаптированных к объекту. Такие средства инжиниринга разрабатываются производителями и формализованы до стадии получения спецификации на заказ электрооборудования. Они являются частью маркетинга, обеспечивающего рынок сбыта продукции.

К иным инжиниринговым средствам относятся средства автоматизации проектирования электротехнического оборудования, находящегося в составе машин и комплексов. Имеются пакеты программных средств для автоматизации проектирования: AutoCAD, ElectricS и др. Они предназначены для создания и редактирования электрических схем и текстовой документации с соблюдением требований ГОСТ ЕСКД. В их состав, как правило, входят: графический редактор схем, модуль логической обработки, система управления базой электрических устройств, базы данных, библиотеки расчетов, генератор отчетов и система управления проектом. Системы проектирования позволяют вводить и редактировать принципиальные электрические схемы, создавать, редактировать и использовать базу электрических устройств, осуществлять трассировку проводов, определять внешние трассы, подбирать клеммные блоки, создавать схемы подключений и соединений, настраивать и создавать формы отчетов и формировать по ним конструкторскую документацию.

Особое место в проектировании автоматизированных ЭМК занимает исследование и обоснование принимаемых решений в части взаимодействия оборудования в составе комплекса. Это касается взаимосвязанных электромагнитной, механической и функциональной подсистем комплекса [1].

Базой для математического описания электромагнитных подсистем являются теоретическая электротехника, и в частности уравнения Кирхгофа и Максвелла, а при наличии эквивалентных схем, адекватных физическим процессам – теория линейных и нелинейных электрических цепей.

Агрегаты и комплексы, предназначенные для обработки и перемещений ленточных материалов, роботы, манипуляторы, металлообрабатывающие станки, прессы и другие объекты имеют взаимосвязанные многомассовые механические подсистемы, управление которыми осуществляется многодвигательными электроприводами. Если исходить из предположения, что взаимосвязь механической и электромагнитной подсистем оказывает слабой (а по существу, это предположение связано с оценкой влияния обратных связей по ЭДС двигателей на динамику сепаратных систем управления), то механическая подсистема может рассматриваться независимо от электромагнитной подсистемы.

Базой для математического описания механической подсистемы является теоретическая механика, и в частности уравнения Лагранжа и Ньютона. Для механической подсистемы произвольного вида через уравнения Лагранжа можно получить систему дифференциальных уравнений и механические модели. В соответствии с этим можно определить динамические свойства подсистемы с учетом обратных связей по механическим переменным.

В сложных многомассовых механических подсистемах применением электроприводных узлов добиваются новых соотношений параметров и обеспечивают активное влияние на колебания звеньев системы. На базе этого в настоящее время сложилось новое направление в теоретической и прикладной механике, называемое активной или адаптивной механикой.

Математическое описание функциональных подсистем содержит описания физических процессов, характерных для той или иной технологии. Как правило, в составе этих описаний используются эмпирические зависимости регулируемых переменных от многих переменных, характеризующих вид исполнительного органа (инструмента), обрабатываемого вещества, особенности технологии.

В теории и практике управления взаимосвязанными электромеханическими системами сложилось направление [1], в котором формальные процедуры оптимального синтеза одномерных или многомерных регуляторов по тем или иным критериям используются редко. Чаще стремятся получить нормированные динамические процессы на основе типовых алгоритмов управления при малых и больших изменениях переменных, учитывая всю совокупность физических особенностей технических средств, на базе которых реализуется электромеханическая система.

Для этого, используя декомпозицию [1], взаимосвязанная система управления разделяется на отдельные системы, которые при определенных условиях можно рассматривать как квазиавтономные. В этом случае для расчета регуляторов можно использовать традиционные подходы.

При выборе того или иного программного продукта для исследования и обоснования принимаемых решений в части взаимного согласования оборудования в ЭМК необходимо учитывать:

- вид математического описания исследуемой электромеханической системы;
- особенности представления данных модели;
- каким порядком дифференциальных уравнений, или каким порядком и видом матрицы (симметричная, избыточная, вырожденная и т. д.), или каким количеством структурных элементов графа описывается электромеханическая система;
- вид представления результатов расчета;
- количество и вид нелинейных характеристик, описывающих управляющие и возмущающие воздействия;
- возможность гибкого изменения математической модели.

Для решения задач исследования и синтеза систем автоматизированных электроприводов применяют следующие программные средства: MATLAB («MathWorks, Inc»), GPSS (компания Minuteman Software (США)), SCILAB, MATHCAD («Mathsoft, Inc»), DERIVE («Soft Warehouse»), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) или DCS (Distributed Control Systems – распределенная система управления) системы, реализующие в том числе и функции схематического отображения

технологических процессов, а также Case-средства (Computer-Aided Software/System Engineering) и др. Они отличаются друг от друга формой представления данных, характером решаемых задач, графическими возможностями, способностью взаимодействия.

В настоящее время для задач исследования и синтеза шире всего применяются MATLAB и GPSS.

Инжиниринговые средства электроприводов и компьютерных систем автоматизации (в виде программаторов, ПК с пакетами специальных программных средств, инжиниринговых станций) обеспечивают разработку программ управления движением машин и механизмов, отвечающих задачам выполнения технологического процесса и его визуализации (симуляции).

Программы управления разрабатываются в соответствии со следующими подходами: по времени, по состоянию объекта, по готовности определенной последовательности работы, по шаблону.

Для создания прикладных программ для контроллеров на практике используется стандарт Международной электротехнической комиссии IEC-1131, который специфицирует пять языков программирования.

Имеются наборы программных средств для типовых задач управления механизмами: последовательное, параллельное и смешанное управление скоростями и соотношением скоростей; слежение, позиционирование, синхронизированное перемещение; регулирование нагрузок механически связанных приводов; регулирование натяжений, усилий; управление намоткой и др. Для таких задач предусматриваются также средства разработки нестандартных программ управления, отражающих специфику конкретной задачи. Для этой цели применяются специальные программные средства. Так например, фирма Siemens применяет пакет программ STEP 7.

В электроприводах применяются инжиниринговые средства, реализующие гибкую систему настройки и диагностики под конкретный объект и технологический процесс как при наладке, так и при работе на производственном объекте. Эти средства предусматривают: 1) настройку привода в полном объеме с местного, дистанционного пульта или с ПК с помощью редактирования соответствующих параметров, сведенных в функциональные группы; 2) постоянное отслеживание приводом до n различных заданий (задание ручного режима от пульта, задание автоматического режима от пульта и т. д.); 3) гибкую систему установки значения задания; 4) гибкую систему выбора одного из двух источников технологического параметра (обратной связи) или режима вычисления значения обратной связи как математической функции значений двух источников; 5) гибкую систему управления значением обратной связи; 6) динамическое изменение темпа разгона-торможения; 7) управление выходными реле; 8) управление аналоговыми выходами; 9) доступность информации о состоянии выбранного привода, об авариях и предупреждениях и др.

С появлением вычислительной техники новых поколений и совершенствованием методов ее использования наметился новый системный подход к организации процесса проектирования на ПК, заключающийся в создании крупных программных комплексов построенных по модульному принципу с универсальными информационными и управляющими связями между модулями. При решении задач данного класса используются единые информационные массивы, организованные в банки данных.

Ведущие производители средств автоматизации, такие как Siemens, ABB, Omron, Schneider Electric и др. разрабатывают современные программные продукты (Siemens – Drive ES, ABB – Drive Ware™, Schneider Electric – PowerSuite, Omron – CX-Server) позволяющие: проектировать системы управления; выбирать средства автоматизации; производить пусконаладочные работы; оптимизировать режимы работы компьютеризированных электроприводных систем; выполнять диагностирование.

Например, фирма ABB для привода переменного тока ACS 800 разработала пакет программ Drive Ware, позволяющий производить адаптивное программирование модулей (DriveAP), оптимально подбирать двигатель, электронный преобразователь и силовой трансформатор, особенно в тех случаях, когда непосредственный выбор из каталога невозможен (DriveSize). Кроме того, программа может использоваться для вычисления токов, гармонических составляющих тока сети и для разработки технической документации на основе фактической нагрузки. С помощью программы DriveWindow пользователь имеет возможность одновременно следить за работой нескольких приводов, выводя текущие параметры приводов на один дисплей. Пакет DriveOPC обеспечивает дистанционное соединение через локальные сети.

Эффективность проектирования и проведения пуско-наладочных работ повышается, если при исследовании ЭМК применяется визуализация динамических процессов в нем.

Независимо от разбиения конкретной автоматизированной системы управления на подсистемы при проектировании каждой из них выполняется внешнее и внутреннее проектирование (макро- и микропроектирование). На стадии макропроектирования разрабатывается обобщенная модель процесса функционирования, позволяющая разработчику получить ответы на вопросы об эффективности различных алгоритмов управления объектом при его взаимодействии с внешней средой.

Для работы на этапе макропроектирования разрабатываемая программная система должна иметь библиотеку модулей, отражающих конфигурацию и свойства типовых элементов ЭМК, и эмулятор программируемого контроллера, функциональным назначением которого является непосредственно реализация алгоритма управления.

Библиотека математических моделей типовых элементов ЭМК может быть сформирована исходя из классификации оборудования, а также унифицированных модулей, входящих в состав этих элементов.

В развитии блочно-модульной идеологии построения средств и систем управления до уровня механизмов, агрегатов и комплексов выделены группы оборудования, для которых характерны общие функциональные задачи управления в технологическом процессе (функциональные модули), и в соответствии с этим подготовлены программные модели модулей и программные блоки, этими модулями управлять. Из таких модулей можно формировать блоки-комплексы и в соответствии с этой идеологией обеспечить экономичную технологию проектирования компьютерных систем управления любыми ЭМК.

В АТК разного производственного назначения могут использоваться любые сочетания типовых функциональных модулей. В соответствии с этим создана база программных моделей типовых механизмов и технологических агрегатов, программных блоков, реализующих алгоритмы управления механизмами и агрегатами, и разработана методика визуализации (симуляции) технологических процессов.

Предлагаемая методика визуализации [2] динамических процессов, происходящих в ЭМК, основывается на эквивалентной компьютерной модели и динамическом изменении в пространстве или плоскости положения графических примитивов (точек, линий, окружностей, прямоугольников и др.), отображающих движения механизмов оборудования, входящего в состав ЭМК.

Программа для реализации визуализации динамических режимов сложных электроприводных систем является многомодульной. Разделение кода существенно расширяет возможности его повторного использования. Большая часть нового приложения получается подбором подходящих модулей и заданием настроек пользователя.

При анализе предметной области можно выделить основные объекты: точки, отрезки, различные типы линий, плоских фигур и т. п. Объекты класса точка должны предоставлять доступ к ее координатам, ломаной линии – количество узлов и доступ к каждому из них. Классы группируются в дерево, в корне которого находится абстрактный геометрический объект, далее идут объекты размерности 0, 1, 2, а листьями являются окружности, квадраты, точки и пр. В результате создается библиотека (модуль): геометрических объектов, содержащих соответствующие классы.

Многомодульная структура системы имеет следующие преимущества:

1. Расширяемость. Добавление новых классов и их взаимодействий осуществляется не переписыванием уже имеющегося кода, а разработкой новых модулей.

2. Возможность повторного использования кода. Например, модуль геометрические объекты можно включить в любое приложение.

3. Возможность поэтапной реализации программ. Так, первый релиз может включать геометрические объекты, демонстрационные окна и визуализацию, во втором добавятся вычисления и т. д.

4. Возможность применения конвейерного метода процесса разработки ПО.

Включение в систему новых модулей должно удовлетворять нескольким требованиям. Во-первых, при этом не должны переписываться уже существующие модули. Во-вторых, при объединении нескольких независимо разработанных расширений не должно возникать фатальных последствий для всей системы.

Новые объекты и возможности их использования могут быть реализованы в отдельных модулях (рис. 2).

Визуализация более сложных технологических объектов производится с использованием совокупности простейших графических примитивов. Основная проблема, которая возникает при этом, – определение времени решения и объема информации о перемещении. Время решения зависит от порядка дифференциальных уравнений, которыми описывается технологический объект. Но если учесть, что этот объект на первой стадии проектирования отлажен, т. е. настроены все его контуры (рассчитаны регуляторы), то все описание можно свести в этом случае к упрощенному эквивалентному виду и математическому описанию свойств обрабатываемого материала.

Это дает возможность повысить быстродействие в получении выходной координаты, характеризующей исполнительный орган, и, как следствие, уменьшить объем информации о перемещении. Тогда основной задачей станет формирование графических примитивов и их динамическое отображение в зависимости от результатов математического моделирования.



Рис. 2

На этапе анализа предметной области определены объектно-ориентированная модель программного обеспечения и все основные объекты, включая данные и основные операции, требуемые для выполнения системных функций. В результате анализа предметной области сформированы следующие компоненты программы: 1) диаграммы классов, содержащие ключевые классы предметной области; 2) спецификации классов, описывающие семантику классов, их отношения, атрибуты и ключевые операции; 3) диаграммы взаимодействий, которые отражают взаимодействие объектов при выполнении системных функций; 4) схемы организации функционирования электроприводных систем комплексов, классификации-детализации и схемы потоков данных, использующие связи родитель–потомок с различными основаниями классификации; 5) словарь данных, в котором перечислены все основные сущности, относящиеся к предметной области, включая классы, отношения и атрибуты. Организационная структура отображает сложившуюся модель функционирования комплекса. Для визуализации динамических процессов при синтезе ЭК выбрана система программирования Visual C++, которая является одной из систем программирования для разработок, ориентированных на перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М: Изд. центр «Академия», 2004.
2. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М. П. Белов, О. И. Зементов, А. Е. Козярук и др.; Под ред. В. А. Новикова, Л. М. Чернигова. М.: Изд. центр «Академия», 2006.

M. P. Belov

ENGINEERING THE MEANS ELECTROMECHANICAL SYSTEMS AND COMPLEXES

In the report are considered engineering the means used at designing, research and operation of the complex automated electromechanical systems and complexes.

Engineering the means, the automated technological complexes, electric drives



УДК 531/534:57.089.+007:57+077:53

М. Ю. Смирнова

МЕТОДИКА ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА С ПОСТИНФАРКТНЫМИ ОСЛОЖНЕНИЯМИ

Разработана интегральная компьютерная методика оценки состояния левого желудочка сердца. Методика представляет собой симбиоз биомеханического и клинического исследований и позволяет проводить предоперационное прогнозирование критического состояния левого желудочка с постинфарктными осложнениями.

Сердце, желудочек, патология, операция, прогнозирование, методика, анализ

В работе рассмотрены вопросы связанные с важной диагностической проблемой в кардиологии – оценкой критического состояния левого желудочка с постинфарктными осложнениями: локальными участками некроза мышечной ткани, разрывами стенки миокарда и аневризматическими образованиями.

Сердечно-сосудистые заболевания являются причиной более 55 % всех случаев смерти в России. Не снижающиеся показатели сердечно-сосудистой заболеваемости определяют социально-экономическую значимость этой проблемы. На рис. 1 приведены схемы миокарда с патологическими изменениями (*a* – разрыв в стенке миокарда, *б* – хроническая аневризма ЛЖ, *в* – аневризма межжелудочковой перегородки). К ранним и чрезвычайно тяжелым осложнениям инфаркта миокарда относятся разрывы сердца (рис. 1, *a*). В 10...35 % случаев инфаркт миокарда осложняется развитием постинфарктной аневризмы левого желудочка (ЛЖ) [1]. Анатомически аневризма сердца представляет собой выпячивание истонченной стенки одной из камер сердца (рис. 1), развившееся в результате обширного некроза мышечной ткани. Ограниченное выпячивание некротизированной стенки желудочка во время его систолы (дискинезия) наблюдается в остром периоде заболевания – это динамическая аневризма ЛЖ. В данный период может произойти разрыв аневризмы. Со временем в этой области происходит формирование полноценного плотного рубца, локальное систолическое выпячивание стенки желудочка (дискинезия) у большинства больных исчезает, и в этой зоне остаются лишь признаки локальной акинезии (отсутствия движения стенки желудочка). По развитию различают острую аневризму сердца (рис. 1, *б*), возникающую после инфаркта миокарда, и хроническую (рис. 1, *в*), являющуюся результатом рубцовых изменений стенки сердца.

Образование постинфарктной аневризмы ЛЖ связано с выраженным изменением геометрии ЛЖ, увеличением его объемов, массы миокарда, нарушением насосной функции ЛЖ, то есть изменением всех параметров, характеризующих желудочковое ремоделирование. Единственный путь предотвращения развития аневризмы до критического состояния, приводящего к смертельному исходу, – хирургическое вмешательство.

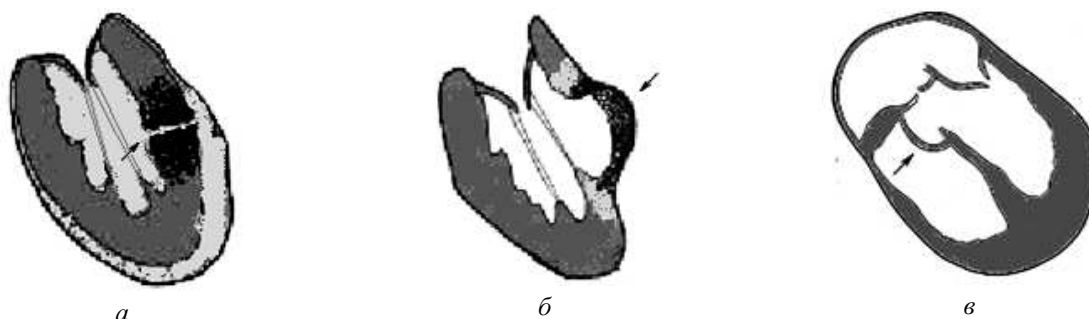


Рис. 1

В [2] обобщены исследования по оценке состояния аневризм на основе функциональных особенностей и структурно-геометрических параметров ремоделированного миокарда. Показания к операции до настоящего времени носят качественный характер, так как не разработаны методики предоперационного прогнозирования. Биомеханический анализ напряженно-деформированного состояния ЛЖ при патологии и коррекции является важнейшей составляющей этого прогноза.

От напряжения в стенке левого желудочка зависят компенсаторные и патологические процессы в нем. Напряженно-деформированное состояние определяет особенности внутриполостного потока крови. Поэтому определение напряженно-деформированного состояния в миокарде с патологическими образованиями имеет как диагностическое, так и тактическое значение при определении объема хирургического вмешательства.

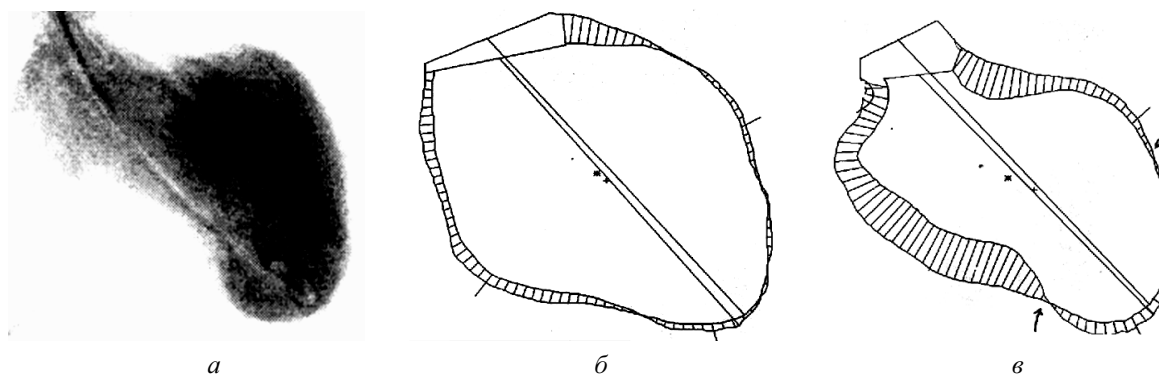


Рис. 2

Современные клинические методы визуализации сердца (рис. 2) позволяют с хорошей разрешающей способностью измерить кривизну полости миокарда и задать геометрические параметры миокарда конкретного пациента. На рис. 2 приведены схемы клинической визуализации сердца (*a* – венстрикулограмма ЛЖ сердца; *б, в* – схематизация венстрикулограммы ЛЖ во время диастолы и систолы; стрелками обозначено основание аневризмы).

Механические свойства биологических структур вводятся по данным экспериментальных исследований биологических структур *in vitro*. Для вычисления напряженно-деформированного состояния в аневризматически измененной сердечной мышце приняты следующие

допущения: 1) материалы желудочка и аневризмы однородные, изотропные, упругие; 2) модуль нормальной упругости миокарда в диастолу 1,85 кПа, в систолу 180 кПа (на рис. 3 приведен график изменения модуля упругости стенки миокарда E во время сердечного цикла t_0) [3]; 3) толщина стенки аневризмы и ее модуль упругости могут изменяться по произвольному закону и определяются характером изменения ее структуры (фиброзно-мышечная и фиброзная аневризмы).

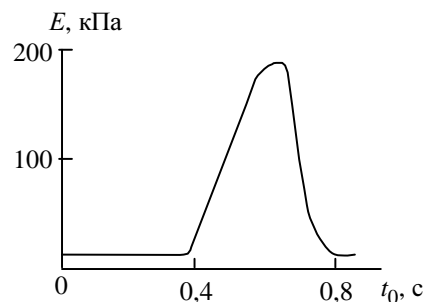


Рис. 3

На основе компьютерных клинических данных разработан биомеханический метод расчета напряжений в стенке ЛЖ в норме и при различных патологиях. На рис. 4 приведены схемы ЛЖ в норме ($a, б$) и в патологии ($в$), а также график изменения объема V секторов ЛЖ в норме ($г$): 1 – аневризма, 2 – некротизированный участок, 3 – разрыв; t – временной промежуток сердечного цикла, t_0 – время сердечного цикла.

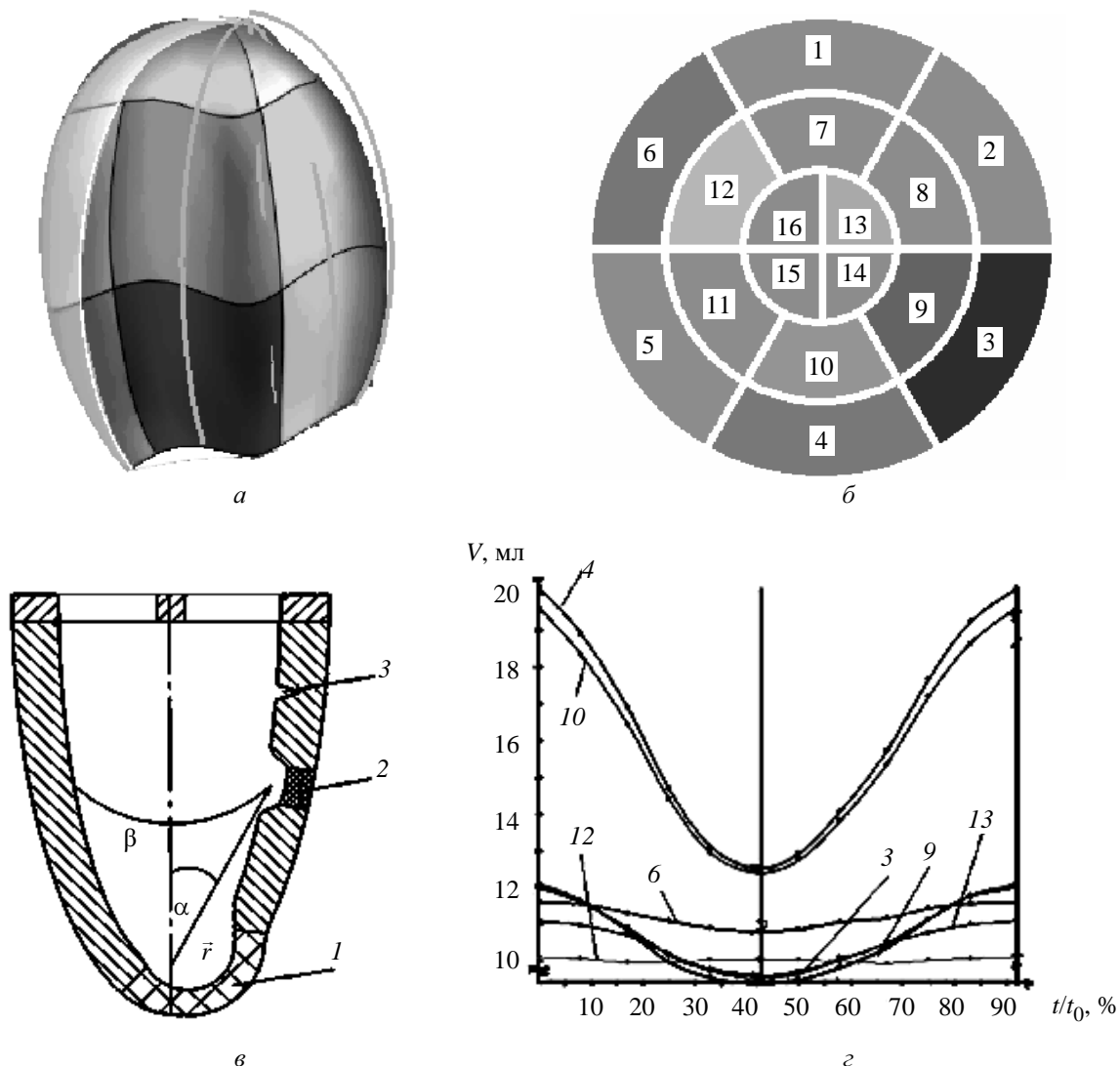


Рис. 4

Место расположения патологии определяют параметры: \bar{r} – радиус-вектор от места пересечения в норме оси ЛЖ с его верхушкой до центра патологического образования: аневризмы, разрыва, некротизированного участка; β – угловая координата радиуса-век-

тора \vec{r} в окружном направлении, отсчитываемая от пересечения переднего края межжелудочковой перегородки со стенкой ЛЖ; α – угловая координата радиуса-вектора \vec{r} в меридианальном направлении, отсчитываемая от оси ЛЖ (рис. 4, в).

Алгоритм расчета напряжений в стенке ЛЖ построен на основе зависимостей от фазы систолы i :

- 1) объема 16 секторов миокарда, полученных по томографическим срезам (рис. 4, з);
- 2) конструктивного модуля упругости материала стенки миокарда E_i [4];
- 3) толщины стенки миокарда h_i .

Изменение давления при сжатии разбито на 5 шагов нагружения. На каждом i -м шаге нагружения при приращении давления Δp_i обеспечение объема полости ЛЖ в соответствии с зависимостями типа рис. 1 выполняется по следующей схеме.

1. Рассчитываются перемещения и напряжения в стенке ЛЖ при приложении давления Δp_i к его внутренней поверхности.

2. К наружной поверхности ЛЖ пристраивается виртуальная наружная оболочка толщиной $h_{ni} = h_i$ с модулем нормальной упругости $E_{ni} = 10E_i$.

3. К виртуальной наружной оболочке прикладывается поверхностная нагрузка, обеспечивающая перемещение наружной поверхности адекватное ее физиологическому перемещению при соответствующем приращении давления. Вычисляются напряжения в стенке ЛЖ.

4. К внутренней поверхности ЛЖ пристраивается виртуальная внутренняя оболочка толщиной $h_{vi} = h_i$ и модулем нормальной упругости $E_{vi} = 10E_i$.

5. К виртуальной внутренней оболочке прикладывается поверхностная нагрузка, обеспечивающая перемещение, при котором толщина стенки ЛЖ адекватна ее физиологической толщине. Вычисляются напряжения в стенке ЛЖ.

6. Результирующие напряжения σ в стенке ЛЖ определяются алгебраической суммой напряжений, вычисленных в пп. 1, 3, 5.

Алгоритм реализован в компьютерных программах Solid Works/Cosmos Works при разбиении ЛЖ на 150 тыс. конечных элементов.

Исследовано влияние модуля нормальной упругости миокарда, толщины стенки ЛЖ, диаметра, толщины и модуля нормальной упругости некротизированного участка стенки ЛЖ, глубины и условного диаметра разрыва стенки ЛЖ, модуля нормальной упругости, толщины и радиуса аневризмы ЛЖ, места расположения разрыва, некротизированного участка и аневризмы ЛЖ на экстремальное значение напряжения в стенке ЛЖ. На рис. 5–7 приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния в ЛЖ с постинфарктными осложнениями. На рис. 5 – эпюры перемещений и напряжений (а, б); графики зависимостей экстремального значения напряжения в аневризмах (в, з): $R_{ад} = 15$ мм, $\beta = 180^\circ$, $h_{ад} = 2$ мм, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па от модуля упругости аневризмы (в) и от места расположения аневризмы – α (з); а, б: $\alpha = 110^\circ$; $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па; в: $\alpha = 110^\circ$; з: $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па. На рис. 6 – эпюры перемещений и напряжений (а, б) и графики зависимостей экстремального значения напряжения в области некроза (в, з): $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па, $E_{нс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па от толщины некротизированного участка (в) и от диаметра некротизированного участка (з); а, б: $h_{нд} = 10$ мм, $d_{нд} = 30$ мм; в: $d_{нд} = 30$ мм; з: $h_{нд} = 10$ мм. На рис. 7 – эпюры перемещений и напряжений

(а, б) и графики зависимостей экстремального значения напряжения в области разрыва (в, г): $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $d_{рд} = 2$ мм от модуля упругости миокарда (в) и от глубины разрыва (г); а, б: $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па, $h_{рд} = 3$ мм; в: $h_{рд} = 3$ мм; г: $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па.

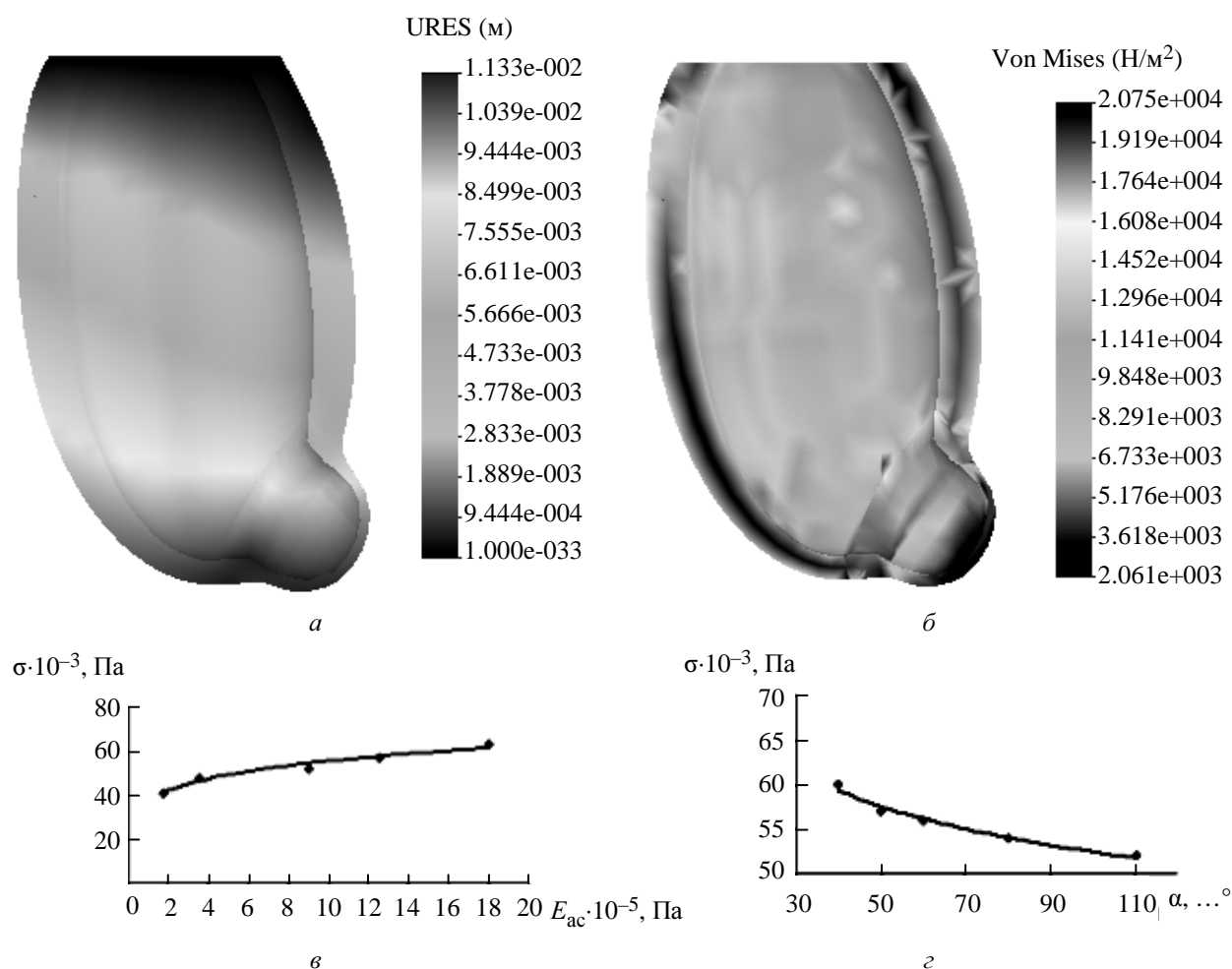


Рис. 5

Геометрические параметры ЛЖ: толщина стенки ЛЖ и межжелудочковой перегородки в диастолу $h_d = 15$ мм, длина и ширина ЛЖ в диастолу, соответственно, $L_d = 95$ мм и $L_{1д} = 35$ мм, переднезадний размер в диастолу $L_{2д} = 35$ мм.

Модуль упругости миокарда в систолу $E_{мс}$ изменяется в диапазоне $(1,5...3) \cdot 10^5$ Па. Коэффициент Пуассона миокарда, аневризмы и некротизированного участка $\nu = 0,4$. Давления в полости ЛЖ в диастолу $p_{лд} = 2,7 \cdot 10^3$ Па, в систолу $p_{лс} = 1,9 \cdot 10^4$ Па.

Влияния геометрических параметров и механических свойств патологических образований на напряжение и перемещение рассмотрено в следующих диапазонах:

1) для аневризматических образований: толщина стенки аневризмы в диастолу $h_{ад}$ от 2 до 7 мм, радиус аневризмы в диастолу $R_{ад}$ от 5 до 25 мм; β – от 60 до 300°; α – от 40 до 110°; модуль нормальной упругости в систолу $E_{ac} = (2...18) \cdot 10^5$ Па;

2) для локальной области некроза: толщина некротизированного участка $h_{нд}$ от 2 до 10 мм; диаметр некротизированного участка $d_{нд}$ от 10 до 50 мм; α – от 30 до 70°, β – от 60 до 300°; модуль нормальной упругости в систолу $E_{нс} = (0,6...9) \cdot 10^5$ Па;

3) для разрыва стенки: условный диаметр разрыва в диастолу $d_{рд}$ от 1 до 3 мм, глубина разрыва стенки ЛЖ $h_{рд}$ от 1 до 8 мм; α – от 30 до 70°; β – от 60 до 300°.

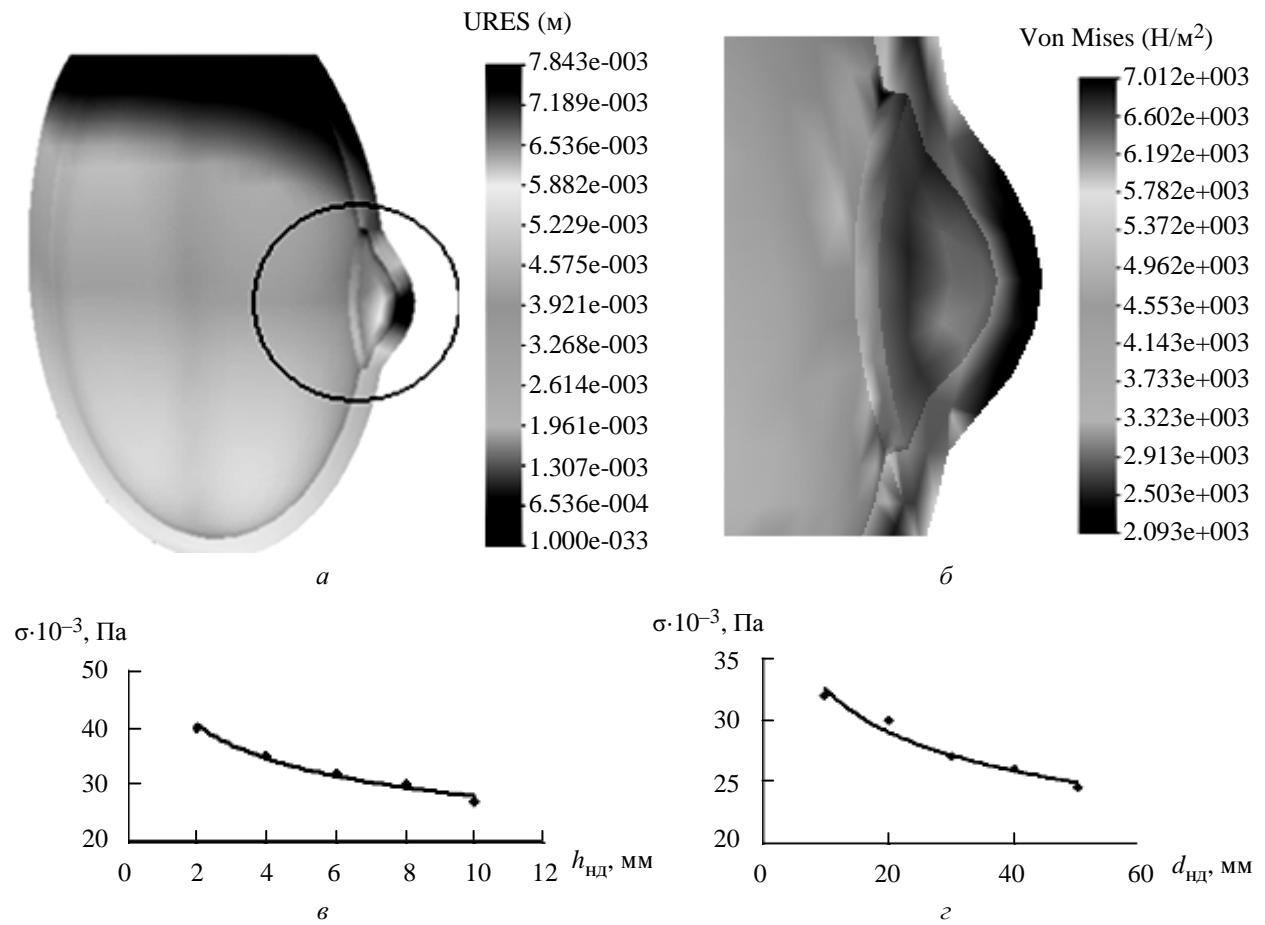


Рис. 6

В ЛЖ с патологическими образованиями при изменении:

– модуля нормальной упругости миокарда в систолу от $1,5 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ Па при $h_{нд} = 10$ мм, $d_{нд} = 30$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{нс} = 0,9 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ с некротизированным участком возрастает в 2 раза;

– толщины некротизированного участка от 2 до 10 мм при $d_{нд} = 30$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{нс} = 0,9 \cdot 10^5$ Па, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,5 раза;

– модуля нормальной упругости некротизированного участка от $0,6 \cdot 10^5$ до $9 \cdot 10^5$ Па при $h_{нд} = 10$ мм, $d_{нд} = 30$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ возрастает в 2,3 раза;

– диаметра некротизированного участка от 10 до 50 мм при $h_{нд} = 10$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{нс} = 0,9 \cdot 10^5$ Па, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,3 раза;

– расположения некротизированного участка (α) от 30 до 70° при $d_{нд} = 30$ мм, $h_{нд} = 10$ мм, $\beta = 180^\circ$, $E_{нс} = 0,9 \cdot 10^5$ Па, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,3 раза;

– расположения некротизированного участка (β) от 60 до 300° при $d_{\text{нд}} = 30$ мм, $h_{\text{нд}} = 10$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $E_{\text{нс}} = 0,9 \cdot 10^5$ Па, $E_{\text{мс}} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,1 раза в диапазоне 60 до 180° и возрастает в 1,2 раза в диапазоне от 180 до 300° ;

– модуля нормальной упругости миокарда в систолу от $1,5 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ Па при $h_{\text{рд}} = 3$ мм, $d_{\text{рд}} = 2$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$ экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ с разрывом стенки возрастает в 1,3 раза;

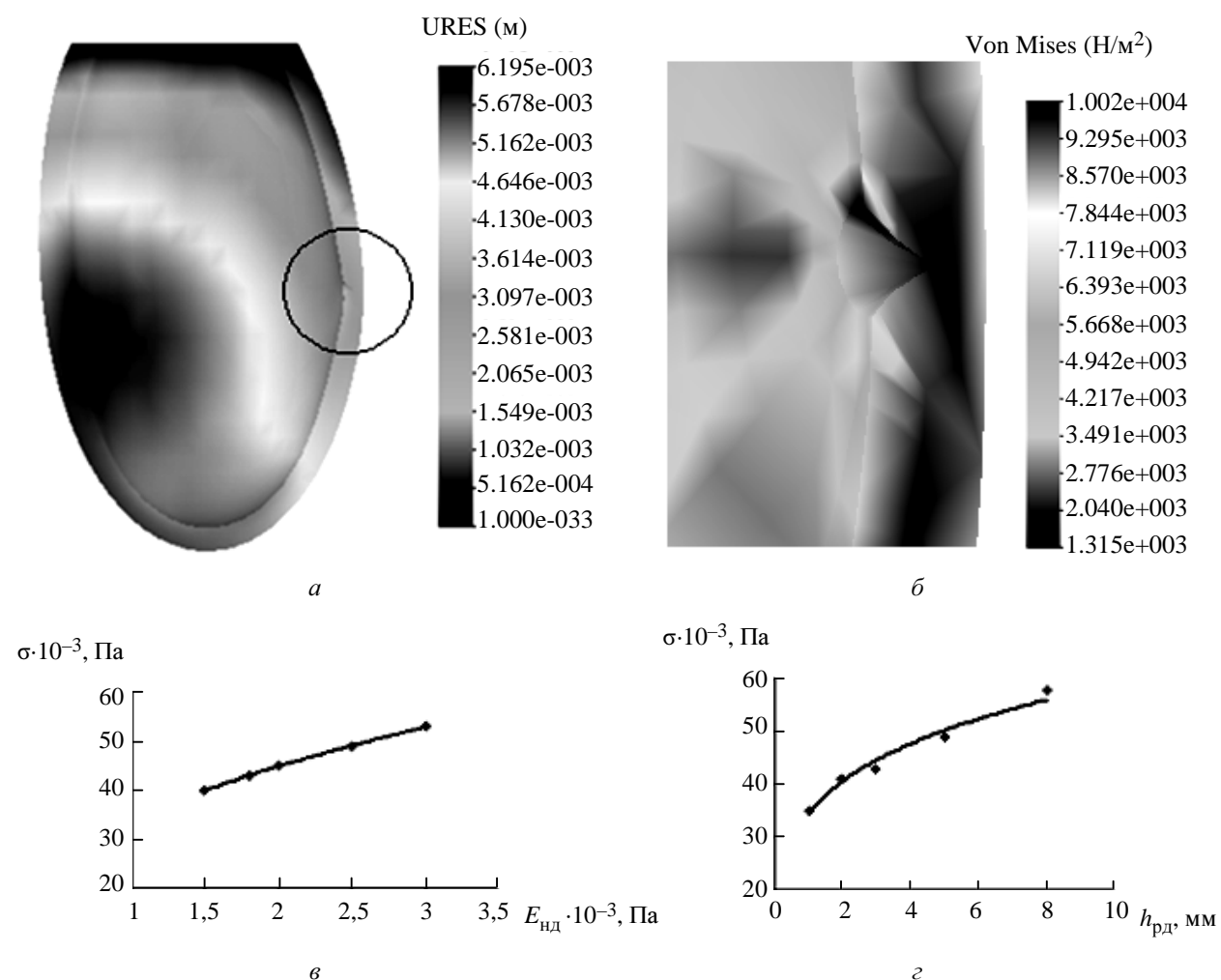


Рис. 7

– глубины разрыва от 1 до 8 мм при $d_{\text{рд}} = 2$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{\text{мс}} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ возрастает в 1,7 раза;

– условного диаметра разрыва от 1 до 3 мм при $h_{\text{рд}} = 3$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{\text{мс}} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ возрастает в 1,2 раза;

– расположения разрыва (α) от 30 до 70° при $h_{\text{рд}} = 3$ мм, $d_{\text{рд}} = 2$ мм, $\beta = 180^\circ$, $E_{\text{мс}} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 2,3 раза;

– расположения разрыва (β) от 60 до 300° при $h_{\text{рд}} = 3$ мм, $d_{\text{рд}} = 2$ мм, $\alpha = 40^\circ$, $E_{\text{мс}} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,1 раза в диапазоне 60 до 180° и возрастает в 1,1 раза в диапазоне от 180 до 300° ;

– модуля нормальной упругости миокарда в систолу от $1,5 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ Па при $h_{ад} = 2$ мм, $R_{ад} = 15$ мм, $\alpha = 110^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ с аневризмой возрастает в 1,2 раза;

– толщины стенки аневризмы от 2 до 7 мм при $R_{ад} = 15$ мм, $\alpha = 110^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,4 раза;

– модуля нормальной упругости аневризмы от $2 \cdot 10^5$ до $18 \cdot 10^5$ Па при $h_{ад} = 2$ мм, $R_{ад} = 15$ мм, $\alpha = 110^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ возрастает в 1,5 раза;

– радиуса аневризмы от 5 до 25 мм при $h_{ад} = 2$ мм, $\alpha = 110^\circ$, $\beta = 180^\circ$, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па, $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,4 раза;

– расположения аневризмы (α) от 40 до 110° при $h_{ад} = 2$ мм, $R_{ад} = 15$ мм, $\beta = 180^\circ$, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па, $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,2 раза;

– расположения разрыва (β) от 60 до 300° при $h_{ад} = 2$ мм, $R_{ад} = 15$ мм, $\alpha = 110^\circ$, $E_{мс} = 1,8 \cdot 10^5$ Па, $E_{ас} = 9 \cdot 10^5$ Па экстремальное значение напряжения в структурах ЛЖ уменьшается в 1,1 раза в диапазоне 60 до 180° и возрастает в 1,1 раза в диапазоне от 180 до 300° .

Результаты анализа позволяют оценить состояние ЛЖ с постинфарктными образованиями.

Разработанная интегральная компьютерная технология исследования и анализа состояния ЛЖ сердца, представляющая симбиоз биомеханического и клинического исследований, позволяет проводить предоперационное прогнозирование критического состояния ЛЖ с постинфарктными осложнениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реконструктивная хирургия постинфарктных аневризм левого желудочка сердца / А. М. Чернявский, А. В. Марченко, С. А. Ханаев и др. // Сибирская кардиология. Красноярск: Кларктианум, 2000. С. 192–199.
2. Бокерия Л. А., Бузиашвили Ю. И., Ключников И. В. Ишемическое ремоделирование левого желудочка (методологические аспекты, вопросы диагностики и лечения). М.: Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2002. 152 с.
3. Бегун П. И. Гибкие элементы медицинских систем. СПб.: Политехника, 2002. 300 с.
4. Бегун П. И., Афонин П. Н. Моделирование в биомеханике М.: Высш. шк., 2004. 390 с.
5. Бегун П. И., Шукейло Ю. А. Биомеханика: Учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2000. 463 с.

M. U. Smirnova

METHOD OF PREOPERATIONAL PREDICTION OF LEFT VENTRICLE OF HEART WITH POSTINFARCTION COMPLICATION

The complex computer method for left ventricle of heart monitoring is developed. The method represents the symbiosis of biomechanical and clinical research and allows realize the preoperative prediction of critical state for left ventricle of heart with postinfarction complication.

Heart, ventricle, pathology, operation, prediction, method, analysis

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОПУЛЯЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

*Описана биотехническая турбидиметрическая система на основе источника излучения и группы фотоприемников, позволяющая получать характеристики популяции микроорганизмов в объеме кюветы. Приведены экспериментальные результаты обнаружения микроорганизмов *P. Caudatum* и калибровочные кривые для измерения их концентрации.*

Биотехническая система, турбидиметр, *P. Caudatum*, фотоприемник, калибровочная кривая

Актуальность контроля популяции микроорганизмов. Контроль популяции подвижных микроорганизмов является актуальной задачей в токсикологии, при контроле активности антибиотиков, при биотестировании качества водных сред, в медицине и биофизике. Современная аппаратура для этих целей, как правило, строится на основе телевизионных методов, фотонной корреляционной спектроскопии, проточной цитофотометрии [1]–[5]. Данные методы не позволяют контролировать концентрацию подвижных микроорганизмов в объеме кюветы или характеризуются высокой стоимостью и аппаратурной сложностью.

В настоящей статье предлагается новый вид биотехнической системы (БТС), позволяющей контролировать подвижные микроорганизмы за счет механизма их локомоций (особенности перемещения организмов в пространстве). Базовые принципы построения биотехнической системы близки к применяемым в приборах типа «Биотестер», но в отличие от них в новом виде аппаратуры используется группа фотоприемников, что позволяет расширить возможности контроля популяции.

Структурная схема БТС данного типа, представляющая специализированный турбидиметр, приведена на рис. 1, где ИИ – источник излучения (п/п лазер или СИД) БО – биологический объект (популяция) ФП – фотоприемник (группа фотоприемников) БВИП – блок выделения информативного параметра.

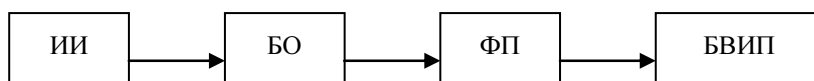


Рис. 1

Полезный сигнал фотоприемника возникает в результате пересечения движущимися организмами светового потока. В результате локомоций эти организмы изменяют коэффициент пропускания T среды с популяцией.

В работе исследовались сигналы и характеристики, получаемые при использовании в качестве биообъекта популяции инфузорий.

БТС на основе лазера. В первой модификации БТС в качестве источника излучения применялся п/п лазерный генератор линии с длиной волны 640 нм. Технические особенности приемной схемы изложены в работе [6]. В результате интерференции лазерного излучения образуется характерная картина спеклов (рис. 2), воспринимаемая фотоприемниками с оптическими аттенуаторами. Особенности лазерных спеклов рассмотрены в работе [7]. Типичная картина импульсов от популяции с концентрацией 1000 кл/мл представлена на рис. 3 (один отсчет времени равен 76 мс). Коэффициент пропускания среды с единичными микроорганизмами уменьшался на 10...60 %.

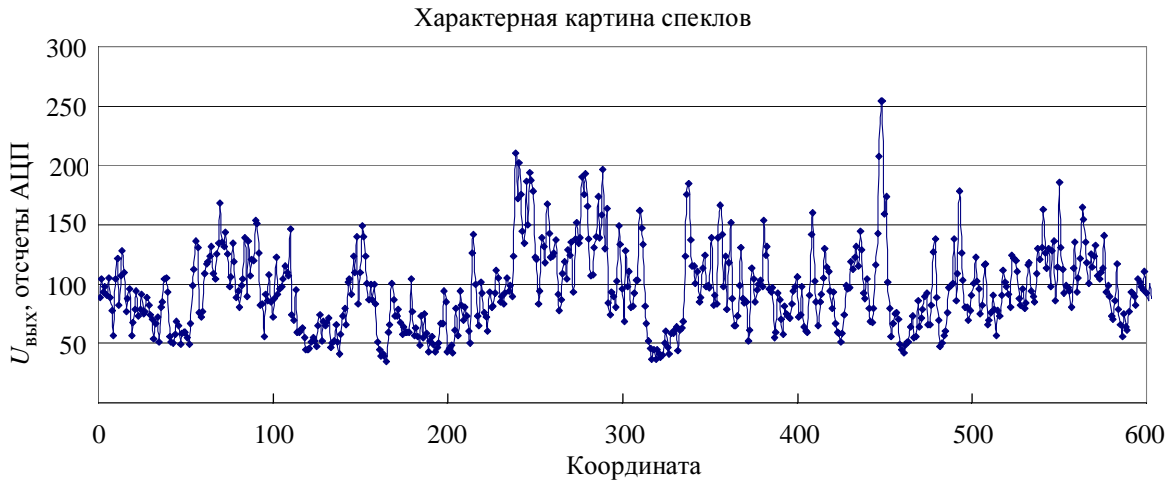


Рис. 2

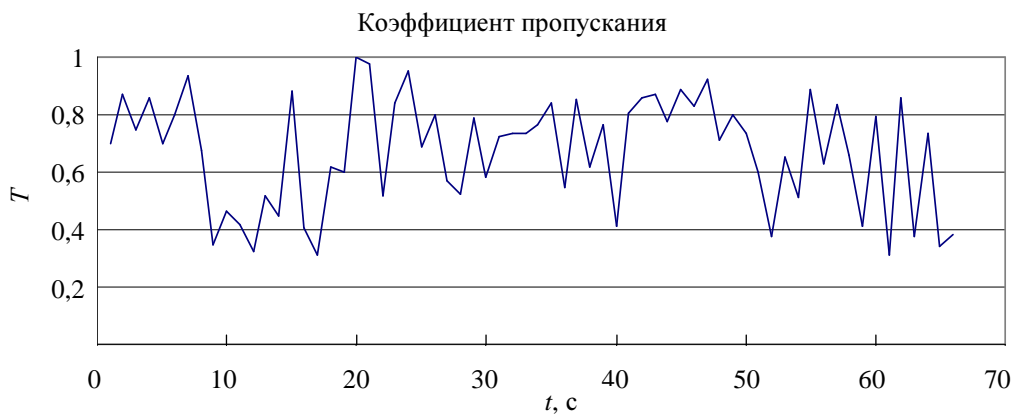


Рис. 3

Была получена калибровочная характеристика (СКО-концентрация) в диапазоне 30...2000 кл/мл. Сравнение с калибровочной характеристикой прибора «Биотестер-2» приведено на рис. 4.

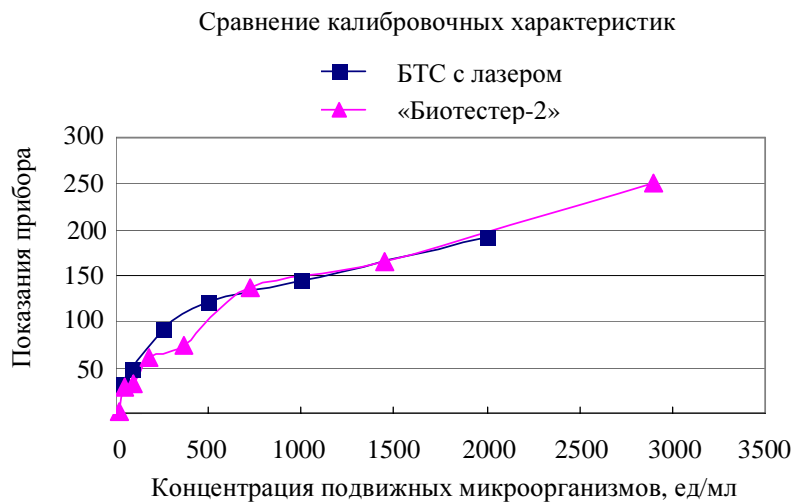


Рис. 4

В качестве информативного параметра концентрации популяции была выбрана сумма дисперсий коэффициентов пропускания группы фотоприемников. Проанализирована регрессионная зависимость (рис. 5), которая описывается функциональной зависимостью.

$$Y = 0,48 X + 75,4 (R^2 = 0,97). \tag{1}$$

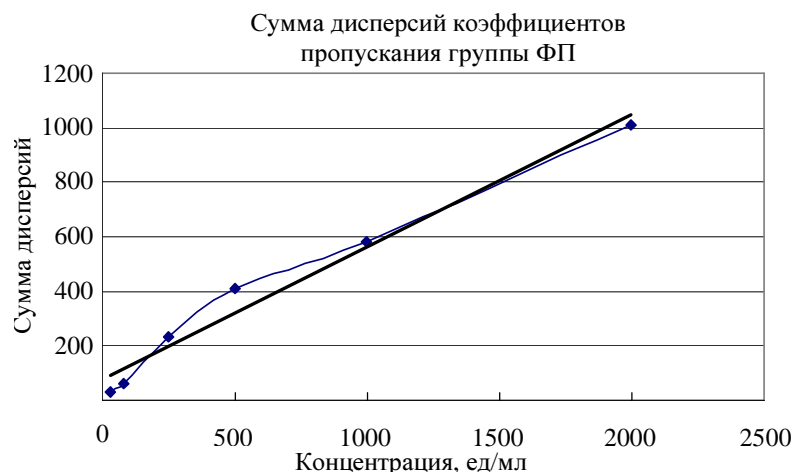


Рис. 5

Недостатком системы являлась метрологическая сложность работы со структурой спеклов и пороговые свойства интенсивности п/п лазеров при формировании необходимой яркости. Эти недостатки были учтены при разработке другой модификации системы на базе квазимонохроматического источника излучения.

БТС на основе СИД. Для разработки новой БТС был взят светоизлучающий диод (СИД) с длиной волны 630 нм. В качестве оптической системы использовалась конденсорная линза. В целях уменьшения влияния внешней засветки использовался attenuator с коэффициентом пропускания $\rho(\lambda)$. Сила света СИД регулировалась с помощью перестраиваемого генератора постоянного тока. График падающего потока на группу ФП представлен на рис. 6.

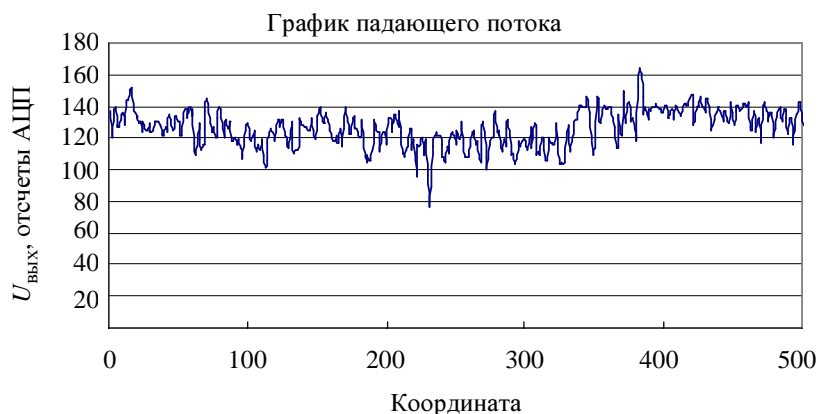


Рис. 6



Рис. 7

На рис. 7 изображена типичная картина импульсов от микроорганизмов при концентрации 1000 кл/мл (один отсчет времени равен 76 мс).

Экспериментальные точки и регрессионная зависимость, аналогичная (1), показаны на рис. 8: $Y = 0,55 X + 41,7$; ($R^2 = 0,98$).

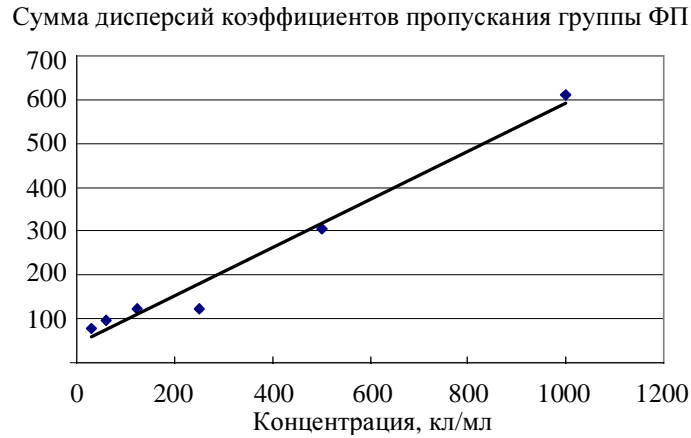


Рис. 8

В целом систему фотометрических преобразований можно представить в виде схемы, представленной на рис. 9, где ИПТ – источник постоянного тока; СИД – светоизлучающий диод; $\Phi_{\text{раб}}$ – световой поток светодиода; ОС – оптическая система; К – кювета; А – аттенюатор; ФП – фотоприемник; И – измеритель; $E_{\text{ИИ}}$ – освещенность на выходе с оптической системы; $E_{\text{ФП}}$ – освещенность ФП.

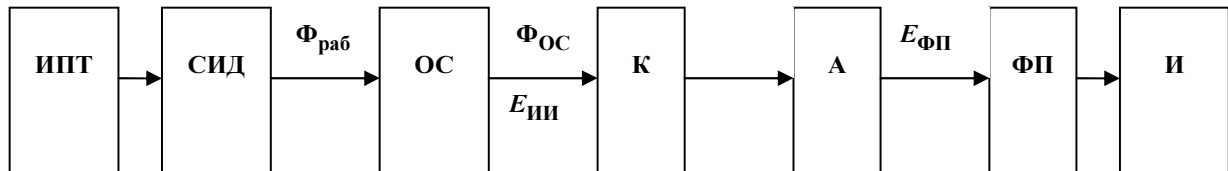


Рис. 9

На основании этой схемы были получены формулы для расчета зависимости освещенности фотоприемника от параметров оптической системы.

Учитывая, что $i_{\text{пасп}}$ соответствует световому потоку $\Phi_{\text{пасп}}$, а СИД характеризуется линейной зависимостью светового потока $\Phi_{\text{раб}}$ от рабочего тока $i_{\text{раб}}$, то

$$\Phi_{\text{раб}} = \frac{i_{\text{раб}}}{i_{\text{пасп}}} \Phi_{\text{пасп}}. \quad (2)$$

Часть q светового потока $\Phi_{\text{раб}}$ проходит через оптическую систему и преобразуется в параллельный поток. При этом величина светового параллельного потока, выходящего из оптической системы, определяется выражением (3):

$$\Phi_{\text{ОС}} = q\Phi_{\text{раб}}, \quad (3)$$

В общем случае поток $\Phi_{\text{ОС}}$, выходящий из оптической системы с радиусом R , может расширяться на угол φ . Тогда площадь сечения светового потока $S_{\text{П}}$ на расстоянии l составит:

$$S_{\text{П}} = \pi(R + l \operatorname{tg} \varphi)^2, \quad (4)$$

Освещенность фотоприемника с учетом (2)–(4) и отражения от границ разделов сред стекло-воздух с коэффициентом отражения $r_{отр}$:

$$E_{ФП} = \frac{\Phi_{раб}(1-r_{отр})^m q \rho(\lambda)}{\pi(R+l \operatorname{tg} \varphi)^2} (1-\tau_B), \quad (5)$$

где $\rho(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания оптического аттенюатора; $(1-r_{отр})^m$ – величина, учитывающая отражение при прохождении m границ раздела стекло-воздух; τ_B – коэффициент ослабления транзитивной составляющей при прохождении водной среды.

Тогда напряжение на выходе ФП:

$$U_{вых} = \frac{E_{ФП} t_H S_\lambda}{V_\lambda} (1-\tau_B), \quad (6)$$

где t_H – время накопления заряда; S_λ – чувствительность ФП в лк/(м².с); V_λ – коэффициент видности для используемого монохроматического излучения.

Подставив (2) и (5) в (6), получим:

$$U_{вых} = \frac{i_{раб}}{i_{пасп}} \frac{\Phi_{пасп}(1-r_{отр})^m q S_\lambda t_H \rho(\lambda)}{\pi(R+l \operatorname{tg} \varphi)^2 V_\lambda} (1-\tau_B). \quad (7)$$

При условии постоянства величин $r_{отр}$, τ_B , l , q , ρ_λ , V_λ в соответствии с методом, изложенным в работе [8], находим максимальную систематическую относительную погрешность для $U_{вых}$:

$$\frac{\Delta U_{вых}}{U_{вых}} = \left| \frac{\Delta i_{раб}}{i_{раб}} \right| + \left| \frac{\Delta t_H}{t_H} \right| + \left| \frac{2l \Delta \varphi}{(R+l \operatorname{tg} \varphi) \cos^2 \varphi} \right| + \left| \frac{\Delta S_\lambda}{S_\lambda} \right| + \left| \frac{\Delta \Phi_{пасп}}{\Phi_{пасп}} \right|. \quad (8)$$

В рамках одной серии опытов последними тремя слагаемыми можно пренебречь. Рассмотрим влияние шумов. Дробовый шум фотонного потока [9], [10]:

$$N_\phi = \frac{E_{ФП} t_H S_\lambda}{W_\lambda}, \quad (9)$$

где W_λ – энергия фотона.

С учетом полученных выражений (2)–(5) и (9) имеем:

$$N_\phi = \frac{\lambda}{683 V_\lambda h c} \frac{\Phi_{раб}(1-r_{отр})^m q t_H S_\lambda \rho(\lambda)}{\pi(R+l \operatorname{tg} \varphi)^2}, \quad (10)$$

где h – постоянная Планка; c – скорость света.

Число электронов, рожденных при этом в фотоприемнике, определяется квантовой эффективностью $\eta(\lambda)$ и количеством падающих фотонов N_ϕ :

$$N_{\bar{e}} = N_\phi \eta(\lambda). \quad (11)$$

Световой поток, падающий на ФП, включает две составляющие: поток СИД и внешнюю фоновую засветку.

Полезный сигнал от организмов возникает вследствие амплитудной модуляции потока СИД исследуемой средой:

$$N_{\text{esig}}^-(t) = t_{\text{н}} A_{\text{ФП}} (1 - \tau_{\text{в}}(t)) (1 - r)^m E_{\text{ИИИ}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) \eta(\lambda) d\lambda, \quad (12)$$

где λ_1, λ_2 – границы спектра излучения СИД.

Введем обозначения:

$$A = t_{\text{н}} A_{\text{ФП}} E_{\text{фон}} \int_0^{\infty} \rho(\lambda) \eta(\lambda) d\lambda; \quad (13)$$

$$B = t_{\text{н}} A_{\text{ФП}} E_{\text{ИИИ}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) \eta(\lambda) d\lambda. \quad (14)$$

С учетом спектральной зависимости прохождения через attenuator излучения квазимонохроматического СИД и фона в общем случае число электронов, рожденных в приемнике световым потоком, определяется выражением

$$N_e^-(t) = (1 - \tau_{\text{в}}(t)) B + A. \quad (15)$$

Фотонный шум, в соответствии со статистикой Пуассона равен $N_{\text{ф.ш}} = \sqrt{N_e^-}$. Суммарный шум будет определяться как

$$N_{\text{СКО}} = \sqrt{N_e^- + \sum N_{\text{ш}}^2}, \quad (16)$$

где N_e^- – число электронов, рожденных в ФП, в соответствии со статистикой Пуассона определяется интенсивностью фотонного потока; $\sum N_{\text{ш}}^2$ – сумма всех внутренних шумовых электронов, рожденных в ФП.

Величину отношения сигнал/шум для коэффициента пропускания определим, как

$$\frac{N_{\text{esig}}^-}{N_{\text{СКО}}} = \frac{B(1 - \tau_{\text{в}})}{\sqrt{N_e^- + \sum N_{\text{ш}}^2}}. \quad (17)$$

Из выражений (13)–(17) следует, что

$$\frac{N_{\text{esig}}^-}{N_{\text{СКО}}} = \frac{t_{\text{н}} A_{\text{ФП}} (1 - \tau_{\text{в}}) E_{\text{ИИИ}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) \eta(\lambda) d\lambda}{\sqrt{t_{\text{н}} A_{\text{ФП}} \left(E_{\text{ИИИ}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) \eta(\lambda) d\lambda + E_{\text{фон}} \int_0^{\infty} \rho(\lambda) \eta(\lambda) d\lambda \right) + \sum N_{\text{ш}}^2}}. \quad (18)$$

Таким образом, в статье рассмотрены новые разновидности БТС для контроля популяции микроорганизмов на основе особенностей их локомоций. БТС позволяют обнаруживать единичные микроорганизмы в достаточно малых объемах, не превышающих не-

скольких миллилитров. Проведены методы расчетов: а) падающего потока на фотоприемнике; б) максимальной систематической относительной погрешности; в) соотношения сигнал/шум для определения коэффициента пропускания исследуемой среды.

Работа выполнена под руководством доц. И. С. Захарова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hunter M., Kalashnikov M., Harrison G. R. Light scattering spectroscopy for analysis of precancer development// The Spectrograph. Spring 2004. Vol. 20, № 2.
2. Microrobotic visual control of motile cells using high speed tracking system / N. Ogawa, H. Oku, K. Hashimoto, M. Ishikawa // IEEE Trans. Robotics. 2005. № 21 (4). P. 704–712.
3. Surovtsev I., Grajdantseva A., Yurkin M. Use of Scanning Flow Cytometry for biodetection via earliest stages of agglutination immunoassay// Chemical Biological Medical Treatment Symposium III. 26 April – 2 May 2002. Spiez, Switzerland.
4. Еськов А. П., Каюмов Р. И., Лужецкий А. С. Метод токсикологической оценки полимерных материалов // Гигиена и санитария. 1985. № 1. С. 62–64.
5. Davey H. M., Kell D. B.: Flow cytometry and cell sorting of heterogeneous microbial populations: the importance of single-cell analyses // Microbiological Reviews. 1996. № 60. P. 641–696.
6. Захаров И. С., Пожаров А. В., Завгородний А. В. Проектирование аппаратуры для комплексного биотестирования среды // Изв. СПбГЭТУ. Сер. Биотехнические системы в медицине и экологии. 2006. С. 78–84.
7. Ульянов С. С. Что такое спеклы? //Соросовский образовательный журнал. 1999. № 5.
8. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов. М.: Наука, 1964.
9. Никулин О. Ю., Неизвестный С. И. Приборы с зарядовой связью – основа современной телевизионной техники. Основные характеристики ПЗС// Специальная техника. 1999. № 5.
10. Цыцулин А. К. Телевидение и космос. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003

A. V. Zavgorodny

BIOTECHNICAL SYSTEM FOR MICROORGANISM POPULATION CONTROL

Biotechnical turbidimetric system, based on radiation source & photo detectors array, is described. This system allows to get microorganisms population characteristic. Experimental results of P. Caudatum detecting & calibration curves are presented.

Biotechnical system, P. Caudatum, photo detector, turbidimeter, calibration curve



УДК 316.77: 316.16: 330.33

Л. И. Лидванова, М. В. Чигирь

ДЕЛОВОЕ ОБЩЕНИЕ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ СОВРЕМЕННОГО МЕНЕДЖЕРА

Рассматривается весьма актуальная, к тому же недостаточно исследованная в экономической науке проблема делового общения, имеющая непосредственное отношение к формированию профессиональной компетентности современного менеджера. Аргументируются коммуникативные функции делового общения, овладение которыми позволяет менеджерам выбирать рациональный стиль поведения во внутренней и внешней среде бизнес-деятельности с учетом интересов участвующих сторон. Обосновываются такие важные характеристики деловых качеств менеджера, как профессиональный прагматизм, соблюдение этики бизнеса и развитие способности к межкультурному (интернациональному) деловому общению.

Деловое общение, деловая компетентность, коммуникативные функции, международное деловое общение, профессиональный прагматизм, этика бизнеса, межкультурная коммуникабельность

Переход страны к постиндустриальному или информационному обществу и более широкому деловому взаимодействию хозяйственных организаций (предприятий, корпораций, транснациональных компаний и т. п.) закономерно повышает роль современных топ-менеджеров как основного управленческого звена, способного генерировать инновационные управленческие решения и реализовывать их, прежде всего за счет своей высокопрофессиональной компетентности.

Важнейшей составляющей данной компетентности становится деловое общение. Базируясь на широком обмене информацией между своими участниками, оно не только отражает продуктивный процесс взаимодействия профессионалов своей сферы деятельности, но и формирует у них достаточно высокие коммуникативные качества. Последнее становится возможным и потому, что деловое общение, развиваясь на разных уровнях и направлениях, в разных формах и видах, уже само по себе (как особый способ человеческих отношений) обладает высокой степенью коммуникабельности.

В этой связи важно обратиться к отличительным сторонам делового общения, которыми, как известно, являются следующие:

– межличностный характер, т. е. общение между людьми, непосредственно затрагивающее их потребности, интересы, мотивации, психическое состояние, мораль, этику;

– общение в рамках профессиональной деятельности людей, т. е. с самого начала нацеленное на сотрудничество или выявление резервов получения высоких конечных результатов в своей области профессионализма;

– контактный характер общения, т. е. выстраивание процесса общения на основе постоянных деловых контактов, начиная от их налаживания и постановки профессиональных задач и заканчивая исчерпанием или решением всех проблем, потребовавших этих контактов.

В хозяйственно-управленческой деятельности существуют и другие немаловажные отличительные стороны делового общения – официальность, открытость, конфиденциальность, интерактивность, конфликтность и т. п.

Из указанных сторон делового общения и вытекают его коммуникативные функции, которые определяются и классифицируются рядом авторов по критерию их целевого назначения [1, с. 14–16]. Это следующие функции:

– *контактная*, преследующая цель установления контакта с деловым партнером как состояния обоюдной готовности к приему и передаче сообщений и поддержанию взаимосвязи;

– *информационная*, предполагающая целенаправленный и широкий взаимный обмен информацией – сообщениями, мнениями, решениями и т. п.;

– *побудительная*, стимулирующая активность партнера в целях направления его потенциала на выполнение определенных действий;

– *координационная*, направленная на взаимное ориентирование и согласование своих шагов при организации совместной деятельности;

– *функция установления отношений* как осознание и фиксация своего места в системе ролевых, статусных, деловых, межличностных и других взаимосвязей данного сообщества, где осуществляет свою деятельность данный индивид;

– интегративная функция, имеющая своей целью раскрытие и использование всех форм общения как средства объединения людей.

Все коммуникативные функции делового общения тесно связаны также с такими его структурными элементами, как когнитивность (познавательность), аффективность (эмоциональность) и поведенческие элементы, которые характеризуют деловое общение с позиции взаимной регуляции поведения и деятельности его участников. Эта сторона делового общения затрагивает также его психологические аспекты, моральные принципы, нравственные устои и возможное недопонимание партнеров, возникновение конфликтов и т. п.

В силу этого правомерно выделение интерактивной стороны делового общения, когда более детально рассматриваются те его компоненты, которые связаны с направлениями и видами взаимодействия людей при непосредственной организации их совместной профессиональной деятельности. Здесь наиболее раскрываются социально-психологические аспекты личности, в том числе менеджера, особенно возможные стили его поведения в конфликтной ситуации: приспособление, уступчивость, уклонение; конкуренция, соперничество; сотрудничество; компромисс. В основе данных аспектов делового общения могут лежать такие параметры, как степень реализации собственных интересов, т. е. достижения своих целей, а также мера, в которой учитываются и реализуются интересы другой стороны. При этом рациональная форма поведения участников такого общения зависит от степени гармонизации их обоюдных интересов, а главный путь выхода из конфликтной ситуации – это открытое сотрудничество, широкий обмен мнениями и возможный компромисс.

Для современного менеджера важны также глубокие знания о тенденциях развития международного делового общения. Происходящая мировая экономическая глобализация существенно раздвигает рамки делового общения, диверсифицирует все присущие ему компоненты, а следовательно, повышает степень его коммуникабельности, придавая ей интернациональный характер.

Однако возрастающая интернационализация делового общения не может охватить в равной мере все его отличительные стороны и функциональные признаки. Ее пределы задаются прежде всего уровнем развития внутринациональных деловых отношений. Кроме того, в международном масштабе наиболее проявляется такая особенность делового общения, как определенная его официальность или подчиненность установленным ограничениям (например, подчиненность культурным и деловым традициям, особенностям развития отдельных видов хозяйственно-управленческой деятельности, требованиям корпорации, этическим нормам делового поведения и т. п.). Официальность данного общения проявляется также в необходимости соблюдения некоторой дистанции между его партнерами (психологической, правомочной, иерархической, субординарной и т. п.). Поэтому даже в условиях хозяйственной глобализации важное место в деловом общении занимает его конвенционный уровень, т. е. степень выполнения общепринятых норм, форм и видов делового поведения, характер исполнения предназначенной партнерам по общению определенной роли, делового этикета и т. п. В целом, успех международного делового общения зависит от того, насколько правила и психология делового общения, преодолевая национальные барьеры, постепенно становятся общепризнанной для ряда стран нормой.

Исходя из современной трансформации национальных и интернациональных хозяйственно-управленческих процессов можно утверждать, что основную направленность делового общения определяет профессиональный прагматизм. Если речь идет о бизнесе или предпринимательстве, то профессиональный прагматизм – это, во-первых, экономическое поведение их субъектов, прежде всего менеджеров, основанное на трезвом расчете и обязательном извлечении выгод из общения со своими партнерами. Следовательно, профессиональный прагматизм призван реализовываться в деловой компетентности менеджеров.

Во-вторых, профессиональный прагматизм означает также высокий профессионализм всех участников бизнес-деятельности, обеспечивающий реализацию ее целей, в том числе за счет делового общения на всех уровнях организации и управления этой деятельностью: будь то предприятие, корпорация, отрасль, страна, сотрудничающие страны и т. п. Лишь профессионально подготовленный менеджер-прагматик может обосновать и принять оптимальное решение, найти «выгодных» партнеров по бизнесу, нужных покупателей продукции своего предприятия, потеснить конкурентов на национальном и мировом рынках.

Однако профессионал-прагматик действует далеко не в идеальном хозяйственном мире. Современный бизнес и его менеджмент функционируют в жесткой конкурентной рыночной среде, где постоянно совершаются многочисленные рискованные сделки и операции с высокой степенью неопределенности относительно конечных издержек, потерь и прибыли. Поэтому интересы бизнеса данной профессиональной сферы его приложения, данной организации и их деловых партнеров не всегда совпадают, а их общие интересы не совпадают с интересами общества и его отдельных членов. Подчас ради получения прибыли предприниматели идут на обман, подлог, недобросовестную конкуренцию, попирают мораль и т. п.

В целях преодоления этой противоречивости исследователями поставлен и решается вопрос об этике бизнеса [2], [3].

В понятие этики бизнеса, исходя из сложности возложенных на нее задач, вкладывается различное содержание, регламентирующее в той или иной мере деловое поведение руководителей бизнеса с точки зрения устоявшейся в обществе морали и этических норм.

Так, под этикой бизнеса подразумевают следующее:

– свод национальных правил («писаных» и «неписаных») и принятых в обществе норм «правильного» поведения бизнеса, которых обязаны придерживаться его представители, вступающая в экономические отношения с другими хозяйственными институтами, социальными структурами и отдельными членами общества;

– в основе этики бизнеса должна лежать мораль, вытекающая из сложившейся ментальности данного общества (страны) и лежащей в ее основе культуры поведения, традиций национальных особенностей характера людей, степени влияния религии на общественно-хозяйственную жизнь и т. п.;

– поскольку ведущую роль в организации бизнеса и управлении им выполняют корпорации, т. е. иерархические бизнес-структуры, то, по словам американского профессора Дэвида Е. Шрайдера, «этика современного бизнеса должна объединять элементы этики рынка и этики иерархических организаций, а современные бизнесмены в конечном итоге должны руководствоваться принципами справедливого управления, взаимовыгодных рыночных операций и корпоративной этики» [3, с. 25].

В контексте компетентности современного менеджера этику бизнеса увязывают с деловым общением, т. е. с учетом требований его морально-этических норм, принятых в стране, а также общепринятых правил цивилизованного поведения бизнеса, национальных и международных деловых кругов, их топ-менеджеров, особенно если речь идет о международном деловом общении. Здесь в содержание этического поведения включают также деловую дипломатию, деловой протокол и этикет.

Таким образом, современный профессиональный прагматизм менеджмента бизнеса в достижении своих целей призван руководствоваться высокими морально-этическими требованиями, предъявляемыми бизнесу в целом со стороны общества и его институциональных структур.

Но, даже не выезжая за пределы страны, топ-менеджер любой компании, не говоря уже о ее активной международной деятельности, должен не только ориентироваться на самые передовые общемировые методы управления, но и учитывать возможности привлечения работников из других стран, чьи национальные структуры, их традиции, системы ценностей и способы общения существенно отличаются от их аналогов в собственной стране. Все это требует от менеджеров новых, более повышенных знаний и навыков, связанных с необходимостью налаживания эффективного взаимодействия с людьми, чья психология и деловое поведение определяются иными культурными ценностями и их приоритетами, которые необходимо признавать и уважать. Поэтому, наряду с развитием коммуникативных способностей и лидерских качеств, современный менеджер должен иметь навыки не только межличностного, но и межкультурного общения, ориентированного на адаптивность к другим культурам и гибкость в общении с ее представителями.

Недостаточная международная культурная компетенция приводит к росту затрат бизнеса и в конечном счете грозит потерей конкурентоспособности компании или ее продукции на любом рынке. Например, подсчитано, что от 20 до 50 % работников, привлеченных на работу в другие страны, преждевременно прерывают свою работу, не выполнив возложенные на них задачи из-за непонимания особенностей их национальной культуры, незнания традиционных для них форм делового общения и т. п.

Зарубежные и отечественные специалисты предполагают расширить подготовку кадров по международному кросс-культурному менеджменту, эффективность которого призвана проявиться в совместном с представителями других культур ведении бизнеса, основанного на признании и уважении культурных различий и выстраивании совместно разделяемой системы ценностей. По существу в настоящее время требуются транскультурные менеджеры-лидеры, хорошо знающие другие национальные культуры, обладающие межкультурной коммуникабельностью и способами делового общения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куницына И. В., Казаринова Н. В., Погольша В. М. Межличностное общение: Учеб. СПб.: Питер, 2002. С. 14–16.
2. Тимофеев М. И. Деловое общение: Учеб. пособие. М.: Изд-во РИОР, 2004. С. 108–110.
3. Шрайдер Дэвид Е. Хорошо для бизнеса, хорошо для общества, или этика бизнеса / Пер. с англ. // Вестн. Финанс. академии. М.: Финансы и статистика, 2004. № 4 (32). С. 25–33.

L. I. Lidvanova, M. V. Chigir

BUSINESS INTERCOURSE AS AN INTEGRAL PART OF COMPETENCY FOR A MODERN MANAGER

An issue of business intercourse, that is rather urgent and insufficiently studied in economic sciences, is considered in this article. This issue is immediately related to shaping professional competence for modern manager. Communicative functions of business intercourse are regarded as being instrumental in choosing a rational style of behaviour in internal and external business environment along with the stakeholders interests and concerns. The important characteristics of a manager's business traits are grounded, such as professional pragmatism, business ethics observance and ability to maintain cross-cultural(international) business communication.

Business intercourse, business competence, communicative functions, international business communication, professional pragmatism, business ethics, cross-cultural sociability

УДК 330.322.212

Г. Н. Силин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА ЗАМЕНЫ МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассматривается влияние эксплуатационных затрат, затрат на покупку, монтаж, демонтаж и доходов от продажи на сроки замены машин, оборудования и транспортных средств. Приведен численный пример определения оптимального срока эксплуатации автомобилей класса «Самара».

Машины, оборудование, транспортные средства, чистая текущая стоимость

При управлении стоимостью машин, оборудования и транспортных средств решается задача оптимального срока замены имеющихся активов. В процессе эксплуатации машины, оборудование и транспортные средства подвергаются модернизациям и износу. Затраты на покуп-

ку в текущий момент времени z_0 , доходы от продажи в момент времени n и ежегодные эксплуатационные расходы образуют номинальный денежный поток $z = (z_0, z_1, \dots, z_n)$ типа пост-номерандо, причем $z_i < 0$, $i = 0, 1, \dots, n-1$, $|z_0| > |z_n|$. Чистая текущая стоимость денежного потока z определяется как

$$NPV(z) = \sum_{i=0}^n \frac{z_i}{(1+r)^i},$$

где r – ставка дисконтирования ($r > 0$).

$NPV(z)$ такого денежного потока меньше нуля. Аннуитет z_a этого $NPV(z)$ определяется как корень уравнения $NPV(z) = \sum_{i=1}^n \frac{z_a}{(1+r)^i}$. Находя сумму геометрической прогрессии под знаком суммы, имеем

$$z_a = \frac{NPV(z)}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}} < 0.$$

Под оптимальным сроком замены машин, оборудования и транспортных средств будем понимать такой период в n лет, при котором полные затраты на покупку и эксплуатацию с учетом доходов от последующей продажи машин, оборудования и транспортных средств будут минимальны или, что то же самое, аннуитет z_a будет максимальным.

Учет затрат на покупку и продажу. Пусть среднерыночная цена покупаемого оборудования равна z_0 , а через n лет эксплуатации его можно будет продать по цене z_n . Денежный поток z , который образуют операции покупки в настоящий момент времени и продажи через n лет этого же оборудования, можно представить в виде $z = (-z_0, 0, \dots, 0, z_n)$. Чистая текущая стоимость денежного потока z определяется как

$$NPV(z) = -z_0 + \frac{z_n}{(1+r)^n}.$$

Выражение для аннуитета имеет вид

$$z_a = \frac{-z_0 + \frac{z_n}{(1+r)^n}}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}}.$$

Пусть $z_n = z_0 q^n$, $0 < q < 1$. Числовое значение знаменателя геометрической прогрессии q определяется в результате обработки данных о соответствующем сегменте рынка оборудования. После приведения подобных членов имеем:

$$(z_a)'_n = z_0 r \frac{(1+r)^n \ln(1+r) - q^n \ln(q)}{((1+r)^n - 1)^2}.$$

Очевидно, что значение производной $(z_a)'_n$ всегда больше нуля. Это означает, что аннуитет z_a , будучи все время отрицательным, возрастает с течением времени. Стратегия замены оборудования при учете только затрат на покупку и доходов от продажи состоит в как можно более редкой замене оборудования.

Однако производная от аннуитета по стоимости оборудования

$$(z_a)'_{z_0} = \frac{-1 + \frac{q^n}{(1+r)^n}}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}}$$

всегда меньше нуля, а стратегия замены оборудования, обусловленная ценой покупаемого оборудования, состоит в покупке как можно более дешевого оборудования.

Таким образом, стратегия при учете только затрат на покупку и доходов от продажи состоит в покупке как можно более дешевого (старого) оборудования и эксплуатации его до полного физического износа.

Учет затрат на монтаж и демонтаж. Затраты на монтаж z_m возникают в настоящий момент времени, а затраты на демонтаж z_d в n -м году, $z_m > z_d$. Соответствующий денежный поток имеет вид

$$z = (-z_m, 0, \dots, 0, -z_d);$$

$$NPV(z) = -z_m - \frac{z_d}{(1+r)^n};$$

$$z_a = \frac{-z_m - \frac{z_d}{(1+r)^n}}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}};$$

$$(z_a)'_n = r \frac{(z_m - z_d)(1+r)^n \ln(1+r)}{((1+r)^n - 1)^2}.$$

Значение производной $(z_a)'_n$ всегда больше нуля. Это означает, что аннуитет z_a , будучи все время отрицательным, возрастает с течением времени. Стратегия замены оборудования при учете только затрат на монтаж и демонтаж состоит в том, чтобы избежать лишних затрат на монтаж и демонтаж, т. е. не менять оборудование, пока оно не придет в полную негодность.

Учет эксплуатационных затрат. Эксплуатационные затраты представим в виде постоянной составляющей z_f , которая не меняется с течением времени, и переменной составляющей z_v , которая зависит от времени эксплуатации

$$z_{vn} = z_v(1+r_v)^n,$$

где r_v – коэффициент нарастания затрат.

Денежный поток для эксплуатационных затрат имеет вид

$$z = (0, -z_f, -z_{v1}, -z_f, -z_{v2}, \dots, -z_f, -z_{vn});$$

$$NPV(z) = -z_f \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n} \right) - z_v \frac{1+r_v}{r-r_v} \left(1 - \left(\frac{1+r_v}{1+r} \right)^n \right);$$

$$z_a = -z_f - z_v \frac{1+r_v}{r-r_v} \frac{1 - \left(\frac{1+r_v}{1+r} \right)^n}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}};$$

$$(z_a)'_n = z_v r \frac{1+r}{r-r_v} \frac{(1+r)^n \ln(1+r) - (1+r_v)^n \ln(1+r_v)}{((1+r)^n - 1)^2}.$$

Значение производной $(z_a)'_n$ тоже всегда больше нуля. Когда значения r и r_v близки, наблюдается очень быстрый рост аннуитета z_a . Стратегия замены оборудования при учете эксплуатационных затрат состоит в том, чтобы не менять оборудование, пока оно не придет в полную негодность.

Определение оптимального срока замены автомобиля класса «Самара». Данные о ценах автомобилей на первичном и вторичном рынках в Москве в июне 2005 г. (см. таблицу) взяты из сборника [см. лит.], данные об эксплуатационных расходах основаны на личном опыте автора, очищены от инфляции и откорректированы на основе высказываний участников автомобильных интернет-форумов для пробега 15 000 км/год и смешанного цикла езды без учета стоимости бензина. Знаменатель геометрической прогрессии q определен методом экспоненциального сглаживания: $q_{\text{ВАЗ-21083}} = 0,885695$, $q_{\text{ВАЗ-21093}} = 0,891436$, $q_{\text{ВАЗ-21099}} = 0,895838$, $q_{\text{ВАЗ-2115}} = 0,913606$. Аналогично определены $z_f = 0$ р., $z_v = 13\,202$ р., $r_v = 9,1335\%$. Отсутствующие данные в расчетах были доопределены на основании значения q для соответствующей модели ВАЗ.

Год выпуска автомобиля	Цены автомобилей класса «Самара» в 2005 г., р.				Эксплуатационные затраты в год, р.
	ВАЗ-21083	ВАЗ-21093	ВАЗ-21099	ВАЗ-2115	
2005	–	–	–	199 900	10 000
2004	–	165 556	176 785	181 802	12 000
2003	145 892	147 573	158 375	166 526	15 000
2002	129 219	131 556	141 873	152 504	18 000
2001	114 456	117 278	127 082	139 679	21 000
2000	101 403	104 538	113 858	–	25 000
1999	89 804	93 195	102 002	–	27 000
1998	79 544	83 078	91 371	–	30 000
1997	70 481	74 072	81 852	–	32 000
1996	62 415	66 006	73 331	–	34 000
1995	55 290	58 853	65 693	–	35 000
1994	48 678	52 469	58 853	–	36 000
1993	43 377	46 769	52 725	–	37 000

Максимальный аннуитет определяли методом полного перебора на сетке с шагом один год. При достаточно «дешевых» деньгах ($r < 2\%$) рекомендуется покупать с целью минимизации полных затрат годовые автомобили ВАЗ-21083, ВАЗ-21093 и ВАЗ-21099 и эксплуатировать их один год, а также новый ВАЗ-2115 и эксплуатировать также один год. При «обычной» стоимости денег ($2 < r < 12\%$) рекомендуется покупать трехлетние ВАЗ-21083, ВАЗ-21093 и ВАЗ-21099 и эксплуатировать их восемь лет, а также двухлетний ВАЗ-2115 и эксплуатировать один год. При достаточно «дорогих» деньгах ($r > 12\%$) рекомендуется покупать наиболее дешевые (старые) машины и эксплуатировать до полного физического износа.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что определение оптимального срока замены машин, оборудования и транспортных средств очень сильно зависит от величины эксплуатационных затрат и стоимости денег у конкретного собственника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Стоимость автомобилей импортных, отечественных (подержанных) и нормо-часов по видам ремонтных работ // Прайс-Н. 2005. № 7(162). С. 2.

G. N. Silin

OPTIMAL REPLACEMENT PERIODS OF MACHINERY, EQUIPMENT AND VEHICLES

The effect of purchase and sales costs, installation and dismantling cost, and operating cost on the replacement periods of machinery, equipment and vehicles is considered. A numerical example of determining an optimal replacement period for an automobile (a Samara car) is offered.

Machinery, equipment, vehicles, net present value

УДК 658.1.001.76

А. Н. Мардас, И. Г. Кадиев

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕГИОНЕ

Рассматриваются вопросы, связанные с организацией управления инновационной деятельностью при реализации региональных (отраслевых) программ. Произведен разбор наиболее распространенных организационных форм инновационной деятельности.

Организация инновационного процесса, организационные формы инновационной деятельности, малые и крупные инновационные фирмы

На современном этапе развития инновационной деятельности существует множество направлений организации эффективного управления инновационным процессом. Рассмотрим наиболее распространенные направления:

1) интеграция всех стадий инновационного проекта в единый непрерывный процесс, изменение структуры всех уровней управления и координация связей между ними по вертикали и горизонтали. Возникают при необходимости консолидации ресурсов предприятия для выполнения конкретной крупномасштабной задачи;

2) выделение управления инновационными процессами в самостоятельный объект управления, т. е. обособление инновационных структур от подразделений, выполняющих традиционные функции.

На практике используются оба подхода с преобладанием одного из них. При этом крупные передовые западные компании часто проводят реорганизацию своего научно-производственного комплекса, которая является реакцией предприятия на перемену условий на рынке и представляет собой перегруппировку ресурсов для решения возникающих задач. Оптимизация организационной структуры предприятия для осуществления инновационного процесса является одной из важнейших задач высшего руководства.

Для разработки и производства инновации, как правило, создают специальные подразделения, действующие подобно независимой фирме, т. е. самостоятельно осуществляющие свою производственную и рыночную политику до тех пор, пока динамично растут объем продаж и прибыль. Если рост замедляется, то проводят реорганизацию: слияние подразделений с другими или изменение его внутренней структуры, в т. ч. деление на более мелкие самостоятельные звенья. Если сразу у нескольких подразделений одновременно возникают общие научно-технические затруднения, то целесообразно создание специального звена для их преодоления. В случае возникновения противоречия между интересами двух подразделений создают группу, которая курирует оба подразделения одновременно. Если противоречия затрагивают несколько подразделений, то они реорганизовываются.

При организации управления инновационным процессом особое внимание уделяется таким проблемам, как [1]:

- целесообразность выбора эффективной технологии, наилучших организационных форм;
- создание организационного климата, способствующего нововведениям, и стимулирование работников;
- решение проблем передачи технологии, взаимодействия отделов НИОКР и маркетинга;
- отбор потенциально успешных проектов;
- определение экономически целесообразного объема затрат по ресурсам.

В рамках предприятия возможен ряд организационных форм управления инновационным процессом, которые доказали свою эффективность:

- советы, комитеты, рабочие группы по разработке технической политики, которые готовят предложения для руководства предприятия по стратегическим направлениям инновационного процесса;
- отделения и центральные службы развития новых продуктов, которые координируют инновационную деятельность, согласуют цели и направления технического развития, контролируют процесс разработки новой продукции и её внедрение;
- проектно-целевые группы, выполняющие научные исследования и разработку новой продукции от идеи до серийного производства. Их создают в качестве самостоятельных подразделений и подчиняют высшему руководству предприятия. Как правило, такие группы действуют на временной основе, хотя бывают и постоянные группы. В случае успешного внедрения инновации такие группы зачастую становятся ядром новых дочерних предприятий. Как показывает зарубежный опыт, именно проектно-целевые группы являются основной формой организации инновационного процесса;

– отделы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, создающие новую продукцию. В последнее время их роль возросла за счет разработки и доведения до стадии освоения новых перспективных идей;

– центры развития, задачей которых является завоевание позиций на рынке путем расширения объема продаж. Такие подразделения являются хозяйственно самостоятельными. При этом материальное поощрение их персонала зависит от успехов на рынке;

– венчурные структуры, которые выступают зачастую в качестве дочерних компаний крупных корпораций либо как самостоятельные предприятия. Они разрабатывают и внедряют научно-технические идеи, связанные с повышенным коммерческим риском, который в случае успеха компенсируется значительной прибылью;

– специальные инновационные фонды, создаваемые из прибыли для стимулирования внедрения инноваций. Часто такие фонды выступают в качестве венчурных фондов, средства из которых инвестируют в венчурные компании (свои или независимые), в которых заинтересовано предприятие;

– аналитические группы, включающие в свой состав управляющих, исследователей и сотрудников функциональных отделов. Они прогнозируют развитие технологии, анализируют тематику исследований, перспективные идеи и т. д.

Характерной тенденцией развития инновационной деятельности является поиск предприятиями интеграционных связей друг с другом. Это обусловлено дефицитом финансовых средств, дороговизной кредитов, усложнением и удорожанием научно-исследовательских работ, снижением продолжительности жизненного цикла продукта, необходимостью комплексного использования различных технологий. Поэтому кооперация между предприятиями для осуществления инновационной деятельности часто оказывается более эффективной, чем её внутрифирменная организация. Такая кооперация возможна в рамках [1], [2]:

1) технопарковых структур, поддерживающих развитие инновационной деятельности, которые преобразуют входные ресурсы (основные и оборотные фонды, инвестиции, интеллектуальные ресурсы) в выходные инновационные услуги. По нарастанию степени сложности технопарковые структуры можно расположить следующим образом: инкубаторы, технологические парки, технополисы, регионы науки и технологий;

2) отраслевых центров инновационного развития (строительства, промышленности и т. п.), возникающих на базе объединения университетов и компаний;

3) финансово-промышленных групп (ФПГ), консорциумов, глобальных корпораций, альянсов, сетевых союзов, неофициальных или договорных союзов и других крупных объединений.

В современных условиях построение ФПГ, консорциумов может быть представлено по горизонтальному, вертикальному, смешанному и диверсификационному типам. Именно динамично развивающимся ФПГ свойственно создание специализированных инновационных структур. ФПГ, осуществляющие стратегию лидерства, создают венчурные структуры. Благодаря этим структурам обеспечивают динамичное развитие всей ФПГ при стабильном функционировании предприятий-участников, занимающихся традиционной деятельностью.

Хозяйственная практика показывает, что размер предприятия в целом не влияет на эффективность инновационного процесса. Как крупные, так и малые предприятия обладают специфическими преимуществами, которые проявляются в конкретной ситуации. Привлече-

ние малых инновационных фирм в качестве субподрядчиков позволяет также расширить производство без строительства новых цехов, покупки оборудования и привлечения дополнительной рабочей силы [3]. Малые предприятия могут участвовать в общем инновационном процессе на стадии становления, в качестве инжиниринговых, внедренческих организаций и т. п. Это создает определенные преимущества (таблица).

Преимущества малых и крупных предприятий в организации инновационной деятельности

Крупные предприятия	Малые предприятия
<ul style="list-style-type: none"> • Возможности осуществления дорогостоящих нововведений; • возможности многоцелевых исследований, при которых объединяются усилия специалистов в различных областях знаний; • эффективное перераспределение инвестиционных ресурсов, концентрация их на наиболее рентабельных окупаемых направлениях; • снижение вероятности банкротства в случае неудачи некоторых инноваций 	<ul style="list-style-type: none"> • Мобильность и гибкость перехода к инновациям, высокая восприимчивость к принципиальным нововведениям; • сильный и многоплановый характер мотивации, обусловленный причинами как внешнеэкономического, так и коммерческого плана; • небольшая численность персонала; • готовность нести огромные, абсолютно неприемлемые для крупных организаций, риски в силу качеств, присущих пионеру-предпринимателю

В настоящее время необходимость поиска принципиально новых подходов в сочетании с требованиями быстрого и гибкого внедрения результатов в производство, доведение их до рынка способствуют объединению преимуществ малых и крупных предприятий: покупка крупными предприятиями лицензий, предоставление ссуд, приобретение акций или поглощение компаний, освоивших новый продукт или технологию.

Таким образом, проведенный анализ организационных форм позволяет утверждать, что существенное повышение инновационности регионов (отрасли) требует консолидации преимуществ, которыми обладают малые и крупные предприятия при реализации региональных (отраслевых) программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хотяшева О. М. Инновационный менеджмент: Учеб. пособие. СПб.: Питер, 2005.
2. Мардас А. Н., Кадиев И. Г. Инновационный менеджмент: Учеб. пособие. СПб.: ГИОРД, 2007.
3. Основы инновационного менеджмента: Теория и практика: Учеб. пособие / Под ред. П. Н. Завлина. М.: Экономика, 2000.

A. N. Mardas, I. G. Kadiev

ORGANISATIONAL BASIC OF REGIONAL INNOVATION (INNOVATIVE) ACTIVITY MANAGEMENT

Innovative activity in realization of regional (industry) programmes in considered. Revision of most commonly used organizational forms of innovative activity is revealed.

Organisation of innovation process, organisational forms of innovative activity, small and large innovation companies



УДК 001:141

Е. Е. Елькина

ДИАЛЕКТИКА РАЗВИТИЯ ПАРАДИГМ: ОТ ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ К ФИЛОСОФИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Представлен анализ философских проблем современной технической реальности с точки зрения постнеклассических парадигм (информационной, синергетической, экологической, проективной, социокультурных и др.), составляющих предмет формирующейся новой области философского знания. Ставится задача разработки принципов анализа постнеклассических парадигм современной технической реальности в рамках философии технической реальности как новой области философии.

Парадигма, техническая реальность, техносфера, философия техники, философия технической реальности, социотехнические системы

Современное состояние исследований технической реальности представляет собой диалог парадигм и дискурсов. Суть изменений выражается в междисциплинарности, «в расширении и смещении фокуса» при рассмотрении проблем с анализа преимущественно функциональных характеристик научно-технической деятельности на исследование взаимосвязи идеального и материального уровней технологической деятельности. Такой «поворот» выявляет горизонтальную и вертикальную структуры деятельности, позволяет обнаружить глубинные источники порождения реальностей (включая техническую). Психология деятельности устанавливает взаимосвязь структур сознания и деятельности¹. Философский анализ деятельности направлен на исследование взаимосвязи «реальностей», порождаемых в процессах деятельности, и «местоположения» технической реальности в структуре бытия.

На современные исследования технической реальности повлияли работы в области гуманитарной и «инженерной» философии техники. Краткий экскурс позволит выявить отличительные особенности в постановке проблем «философии техники» и «философии технической реальности».

¹ См.: Горохов В. Г. Философия техники как теория технической деятельности и проблемы социальной оценки техники // Философские науки. 2006. № 1. С. 28–42; № 2. С. 26–44; № 3. С. 15–26; № 4. С. 35–53.

В *гуманитарной философии техники* ставилась проблема осмысления человека в *мире техники*, источник технизации усматривался в двойственной природе техники. Критические работы начала XX в., посвященные осмыслению технизации природы, культуры и жизненного мира личности, принадлежат философам различных мировоззренческих ориентаций.

Философия техники, дисциплинарно сформировавшаяся в 60-е гг. XX в., была ответом на вызов научно-технической революции середины XX в., существенно изменившей облик планеты, картину мира, унифицировавшей технологии, культурные модели и ценности. Она отражала идеологию индустриализации и позитивизма. Философский анализ был сконцентрирован на *технике* как системообразующем элементе *технических систем*. Влияние позитивизма сказалось на переносе модели философии науки на философию техники, что отразилось в названии новой дисциплинарной области. Дискуссии 60–70-х гг. о статусе и задачах философии техники, проблемном поле ее исследований широко представлены в литературе¹.

Понятие технической реальности на этапе формирования предметной области философии техники не было систематически проанализировано и отождествлялось с деятельностью социотехнических систем, структурный и функциональный анализ которых был подчинен выявлению внешних и внутренних закономерностей развития техники. В методологическом отношении, согласно Ф. Раппу, задача состояла в обосновании взаимосвязи между «узким», инженерным понятием техники и более «широким», социальным контекстом, что указывало на связь «реальной» техники с ее эвристической функцией. Между понятиями «техника» и «технология» не делалось существенного различия. Понятие системотехники отождествлялось с понятием технологии (как «приложением научного и других видов знания для выполнения практических задач упорядоченными системами, которые включают людей и организации, живую природу и машины»²).

Представители «инженерной философии техники» сформулировали основные проблемы новой предметной области исследования, включающие анализ техносферы как сферы инженерно-технической деятельности, выявление закономерностей ее развития; разработку принципов управления научно-техническим прогрессом, проблем ответственности, вопросов технической этики. Взгляды Х. Сколимовски, М. Бунге, К. Митчема, А. Пэси, Б. И. Иванова, В. В. Чешева, В. И. Белозерцева, Я. В. Сазонова, Г. И. Шеменева, В. Т. Маранова, И. А. Майзеля, Е. В. Попова, А. А. Зворыкина, С. В. Шухардина, В. М. Фигуровской, О. Д. Симоненко, И. А. Негодаева, Ю. С. Мелещенко, В. П. Каширина, В. М. Розина, В. Г. Горохова, В. С. Степина, В. Д. Комарова, представителей немецкой школы философии техники: Ф. Раппа, Г. Рополя, Х. Ленка – и других авторов выражали технологический оптимизм по поводу возможностей научно-технического прогресса в преодолении различного рода кризисов. Их заслуга состоит в формировании предметного поля философии инженерной деятельности. В концепции системотехники подчеркивался системообразующий характер технологий (научно-технических, производственных, социальных), формирующих тех-

¹ См.: Philosophy and Technology. Readings in the Philosophical Problems of Technology / Ed. by C. Mitcham and R. Mackey. N.-Y.: The Free Press, 1972; Новая технократическая волна на Западе / Пер. с англ., нем., фр.; Сост. и вступ. статья П. С. Гуревича. М.: Прогресс, 1987.

² Pacey A. The Culture of Technology. Cambridge, Ms.: The MIT Press, 1984. P. 18.

носферу и соответствующую ей социальную структуру и задающих алгоритмы общественных взаимодействий. Эволюция взглядов представителей данного подхода отразилась в переходе от технократических воззрений 60–80-х гг. XX в. к более взвешенной позиции «устойчивого технологического развития», выработанной в конце 80-х – начале 90-х гг.

Информационная и психологическая революции 80-х гг. увеличили разрыв в понимании смысла и средств человеческой научно-технической деятельности, трансформировали понятие реальности, образы человека и мира, отразили эпоху перехода к неклассическому и постнеклассическому типам рациональности, утвердили плюрализм когнитивных стилей. С середины 90-х гг. XX в. критика методологических оснований философии техники носит систематический характер. Антитеза «инженерная» – гуманитарная философия техники не отражает плюрализма разрабатываемых сценариев технологического развития в рамках парадигм. В. Н. Порус в этой связи отмечает, что философия техники не может рассчитывать «ни на выдохшиеся импульсы “технизм” и “сциентизм”, ни на утопии “обуздания” или “гуманизации” технического цунами, захлестнувшего жизнь на планете. Вопрос стоит так: либо философия техники ответит на вызов времени, либо она уйдет с интеллектуальной сцены как статист, участие которого в драме совсем не обязательно»¹.

Следует отметить, что философия техники и философия технической реальности не совпадают по объекту и предмету исследования, основаниям анализа и задачам. Само название предметной области «философия техники» не отвечает уровню сложности объекта и предмета исследования современных парадигм технической реальности, не выражает сущности техноэволюционного процесса. Отметим их основные различия:

1. При всем многообразии определений под *техникой* понимают в узком смысле артефакты различной природы, в широком – различные виды рациональной деятельности (технологии). С точки зрения отдельных исследователей, и техника, и технологии нейтральны, инструментальны (О. Шпенглер, К. Ясперс, Х. Ортега-и-Гассет и др.). Соответственно, предмет философии техники не выражает сути человеческой технической деятельности и техносотцикультурной эволюции. В понятии «*техническая реальность*» отражены:

– онтологический аспект, выражающий суть человеческой деятельности: формирование реальностей различной природы;

– коммуникативный аспект: реальность возникает как фактор сообщения человеком какого-либо содержания другому;

– взаимосвязь эволюционного и космопланетарного аспектов человеческой технической деятельности: фактор соотнесенности технической реальности с другими видами реальностей (с иерархией реальностей, формирующих универсум, с различными уровнями которого человек взаимосвязан эволюционно, глобально-исторически).

Соответственно, философия технической реальности выявляет совокупность сущностных характеристик человеческой технической деятельности как определенную ступень эволюции человечества, определяющую характер взаимосвязи человека с другими уровнями бытия.

2. *Философия техники* опирается на *классический тип рациональности* в методологии исследования научно-технической деятельности и ее результатов. *Философия технической реальности* отражает *неклассический и постнеклассический типы рациональности*.

¹ Цит. по: Суркова Л. В. Парадигма технизма в цивилизационном процессе. М.: Изд-во РАН, 1998. С. 5.

3. *Философия техники* рассматривает человека в системе: «человек – общество – природа». В философии техники человеческая техническая деятельность определяется преимущественно имманентными возможностями социума, цивилизации, к которой человек принадлежит. *Философия технической реальности* опирается на многомерные модели самоорганизующихся систем, в которых деятельность человека протекает на различных уровнях бытия (в «разных мирах») и характеризуется многовариантным проявлением взаимосвязи имманентного и трансцендентного. Человек рассматривается как ступень эволюционного развития и в глобально историческом космопланетарном аспекте.

4. «Инженерная» философия техники в анализе методологических проблем познания в 70-е гг. XX в. делала акцент на выявлении критериев демаркации естественных и технических наук¹. Современный этап развития философии технической реальности характеризуется междисциплинарным и трансдисциплинарным характером исследований. Методология анализа деятельностных систем с позиций трансдисциплинарной социопроективной парадигмы технической реальности основана на синтезе естественно-научного, технического и социогуманитарного знания на уровне теории проектирования, инженерной практики и социального управления.

5. *Философия техники* представляла диалог двух основных направлений – «инженерной» и гуманитарной философии техники. *Философия технической реальности* характеризуется плюрализмом когнитивных моделей исследования своего предмета. Сегодня можно говорить о многообразии парадигм технической реальности. Понятие технической реальности имеет свою специфику в естественно-научных, техноведческой, информационно-синергетической, социогуманитарных парадигмах.

6. Отличительными чертами современных исследований технической реальности являются:

– возросший структурный и функциональный уровень сложности социотехнических систем²;

– появление новых характеристик в анализе социотехнических систем (хаоса и порядка, новых типов детерминизма и т. п.); включение естественно-научной и социогуманитарной терминологии («неравновесные системы», «акторы», «фрактальность» и т. п.) как проявление междисциплинарного характера современных исследований технической реальности³;

– акцентирование внимания на взаимосвязи идеального и материального как проявлении субъектно-объектной структуры деятельности и как попытка найти оптимальные характеристики взаимосвязи социотехнических систем с системами более высокого уровня (обладающими более высоким типом целостности)⁴;

¹ См.: Рапп Ф. Техника и естествознание // Философия техники в ФРГ / Пер. с нем., англ. М.: Прогресс, 1989. С. 277–286; Вайнгарт П. Отношение между наукой и техникой. Там же. С. 131–161; Кеттер Р. К отношению технической и естественнонаучной рациональности. Там же. С. 334–353; Scolimovsky Н. The Structure of Thinking in Technology // Philosophy and Technology. Cit. w. P. 46–47.

² См.: Философия и будущее цивилизации // Тез. докл. и выст. IV Российского философского конгресса, 24–28 мая 2005 г., Москва: В 5 т. Т 3. М.: Современные тетради, 2005.

³ См.: Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. М.: Прогресс–Традиция, 2003; Луман Н. Эволюция. М.: Логос, 2005.

⁴ См.: Сагатовский В. Н. Бытие идеального. СПб.: Петрополис, 2003; Нилов В. Технология творения. М.: Канон, 2007.

– анализ феномена и понятия технической реальности в структуре бытия (направленный на выявление целостности человека и универсума, смысла технологической деятельности человечества, доопределяющей развитие универсума¹);

– сравнительный анализ понятий «техническая реальность» и «техносфера» в связи с преодолением кризисных явлений техногенного развития².

В литературе, посвященной анализу технической реальности, представлены различные точки зрения на соотношение понятий «реальность» – «техническая реальность» – «техносфера» с взаимодополняющими понятиями (характеризующими другие виды «реальностей» и соответствующие им «сферы»).

Согласно В. М. Розину, понятие технической реальности требует выяснения вопроса генезиса «реальностей», соотнесения технической реальности с другими реальностями. Его рассуждения опираются на трактовку реальности Н. Бердяевым, писавшим в 1940 г. о том, что объективированный мир не является подлинным реальным миром, а является состоянием подлинного реального мира, которое может быть изменено. Аргументация Розина включает следующие положения. В XX в. соизмеримость личности и культуры стала свершившимся фактом. В наши дни научное познание в результате критики сциентизма и научно-технического прогресса рассматривается как одна из форм человеческой жизнедеятельности, которая в ценностном отношении равнозначна другим – искусству, психологии, религии, этике. Реальность можно отождествить с миром, в котором человек может полноценно жить. Существуют различные реальности; о реальности можно говорить как о познаваемой реальности – не физикалистски, а гуманитарно. «С культурологической и психологической точек зрения, – считает Розин, – наша жизнь – это “жизнь в языке и языком”, это языковое творчество, перетекающее в переживание и актуальную деятельность»³.

В. П. Котенко анализирует основные подходы к понятию «техническая реальность», определяя его место в структуре бытия. Он отмечает, что «реальность» как бытие вещей противостоит «небытию» и другим возможным формам бытия. В отличие от реальности, бытие не тождественно существованию. Реальность вмещает в себя человека и его отношение к этой данности. Другой аспект этого понятия состоит в том, что «реальность существует между личностями как необходимое условие их коммуникации». Третий аспект выражает творческую активность субъекта: реальность возникает, когда человек мыслит и действует, реальность находится на границе сферы познания и других сфер человеческого духа⁴.

Специфика анализа понятия технической реальности определяется методологическими основаниями техноведческой, естественно-научной, гуманитарной парадигм и отражает мировоззренческие позиции исследователей относительно природы «реальности».

¹ См.: Сагатовский В. Н. Триада бытия (введение в неметафизическую коррелятивную онтологию). СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2006; Суминова Т. Н. Ноосфера: поиски гармонии. М.: Академический проект, 2005.

² См.: Моисеев Н. Н. Судьба цивилизации. Путь Разума. М.: Языки русской культуры, 2000; Попкова Н. В. Техногенное развитие и техносферизация планеты / ИФ РАН. М., 2004; Ефременко Д. В. Введение в оценку техники / МНЭПУ. М., 2002.

³ Розин В. М. Культурология: Учеб. 2-е изд. М.: Гардарики, 2005. С. 100–101.

⁴ Котенко В. П. Философские проблемы современной технической реальности // Философские проблемы современной научной и технической реальности: Учеб. пособие / Под ред. В. П. Котенко. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999. С. 60–62.

Представители естественно-научных парадигм в анализе понятия технической реальности выделяют методологический аспект, активную преобразующую роль субъекта, отмечая обусловленность технологического и социокультурного уровней развития общества достижениями в области естествознания и технознания. В методологическом отношении, считает В. П. Котенко, понятие технической реальности целесообразно рассматривать как «теоретическую модель объектов и процессов, которая воспроизводит в форме абстрактных идеализированных объектов и структур наблюдаемую сущность технических систем. Она указывает способ, средства и правила развертывания технических исследовательских программ. В этом смысле понятие «техническая реальность» близко понятиям «физическая картина мира» и «стиль научного мышления»¹.

На представления о технической реальности как многоуровневом феномене повлияли концептуальные положения синергетики, информатики, квантовой механики, трансперсональной и когнитивной психологии. Применение инновационных технологий (нанотехнологий, биотехнологий, компьютерных технологий) открывает «новые миры» («наномир», виртуальная реальность). О необходимости концептуального осмысления многомерных взаимосвязей человека и универсума на качественно новом уровне с учетом достижений современной науки говорят многие исследователи (Ф. Капра, И. Пригожин, Д. Бом, Г. Хакен, М. Ньютон, С. Гроф, Р. Монро, В. В. Налимов, Е. Н. Князева, А. И. Вейник, В. В. Казютинский, А. П. Назаретян, Р. К. Стерледев и др.).

В связи с междисциплинарным характером исследования инновационной деятельности, формирующей многоуровневую техническую реальность, и инновационных технологий, открывающих «новые миры», важное значение приобретает исследование проблемы генезиса технической реальности и ее места в структуре «реальностей». Согласно Б. А. Старостину, многомерность технической реальности и технического объекта обусловлена их включенностью в «миры» человека как деятельного и мыслящего субъекта. В. Г. Горохов в рамках трансдисциплинарной социопроективной парадигмы рассматривает многоуровневый характер технической реальности как проявление взаимосвязи горизонтальной и вертикальной структур деятельности человекообразных систем. Многомерность технической реальности с позиций информационно-синергетической парадигмы определяется природой информационных технологий, синергетическим характером развития самоорганизующихся социотехнических систем (В. П. Бранский, Г. Хакен, Е. Н. Князева, К. Х. Делокаров, А. Ю. Шеховцев, М. Ю. Лермонтов, И. В. Герасимов, С. Д. Пожарский, Р. М. Юсупов, В. Э. Войцехович и др.).

Техническая реальность является результатом взаимодействия двух уровней деятельности: идеальной (сферы постановки целей, технических проектов, технического творчества и т. п.) и материальной (сферы воплощения проектов в действительность в процессе деятельности социотехнических систем). Идеальный уровень технического творчества связан с проявлением субъектной, материальный – с объектной стороны деятельности. В анализе взаимосвязи указанных уровней представители естественно-научных и техноведческой парадигм акцентируют значимость *объектной стороны деятельности*, представители социогуманитарных парадигм – *субъектной*.

¹ Котенко В. П. Цит. соч. С. 64.

Все исследователи подчеркивают *целостный характер технической реальности* (Б. И. Иванов, В. П. Котенко, В. Г. Горохов, В. М. Розин, Д. В. Ефременко и др.). Генезис целостности определяется различно в зависимости от методологических оснований анализа с акцентом на деятельности социотехнических систем (представители естественно-научных, техноведческой и социопроективной парадигм); автономности технической эволюции (Ж. Эллюль, Б. И. Кудрин); объективации структур языка (дискурс постмодерна); проявлении в человеческой деятельности и структурах психики «информационных программ» более высокого уровня («схем», «сценариев», «матриц познания», архетипов), структур языка (представители социогуманитарных парадигм).

«В свете квантовой парадигмы реальности, – пишет С. И. Доронин, – приоткрывается завораживающая глубина, всеобъемлющая целостность и потрясающая красота законов мироустройства... Каждый ее (квантовой реальности – *E. E.*) энергетический уровень – своего рода отдельная реальность со своими объектами, энергетическими характеристиками, пространственно-временными метриками. А совокупная реальность – суперпозиция всех этих энергетических уровней...»¹. С точки зрения квантово-механических представлений, отмечает Доронин, каждый человек при определенных условиях пребывает в суперпозиционном состоянии со всем окружающим миром. «В этом состоянии наряду с классическими корреляциями (ответственными за формирование предметного мира) существуют квантовые корреляции (ответственные за “чудеса” в предметном мире)»².

Одной из задач междисциплинарного исследования феномена и понятия технической реальности является разработка понятийного аппарата, способного выразить научные представления о «многомерной реальности», включая техническую, на языке философских понятий. Р. К. Стерледев обосновывает употребление понятий «фундаментальный производящий уровень» (ФПУ), «частный производящий уровень» (ЧПУ), «бытийный статус человека», отражающих характер взаимосвязи человека и универсума, сложность объекта исследования современной науки, ее влияния на человеческую деятельность и модели реальности. Различные варианты «бытийного статуса человека», согласно Стерледеву, определяют характер взаимосвязи человека и универсума³. Взгляд на реальность с учетом «квантовой нелокальности» (ФПУ), голографической модели мозга К. Прибрама, исследований трансперсональной психологии С. Грофа коренным образом изменяет представление о структуре «реальностей», о взаимосвязи человека (структур его сознания, эмоционально-волевых механизмов психики) и глубинного уровня реальности.

При анализе человеческой технической деятельности наряду с понятием «техническая реальность» в отечественной и зарубежной литературе употребляются понятия «техносфера», «мир техники», «тело техники» и т. п. При соотнесении понятий «техническая реальность» и «техносфера» точки зрения исследователей расходятся. Вопрос сравнимости понятий «техническая реальность» и «техносфера» получает различную интерпрета-

¹ Доронин С. И. Квантовая магия. СПб.: Весь, 2007. С. 46.

² Там же. С. 35.

³ См.: Стерледев Р. К. Эзотерический антропокосмизм: философский анализ. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2004. С. 113–114; С. 129–202.

цию у представителей естественно-научных и социогуманитарных парадигм. Он исследуется с точки зрения сравнимости «объема» понятий; через выявление аспектов взаимосвязи «реальностей» и «сфер»; через содержательное рассмотрение; с точки зрения определения места каждого из указанных понятий в структуре практически-преобразовательной деятельности; через соотнесение с различными областями знания.

Влияние образа постнеклассической науки на анализ технической реальности выражается в акцентировании процессуальности, энергетических характеристик технологий, эффектов полевого взаимодействия участников технологической деятельности, синергетической многоуровневой причинности. Д. В. Ефременко подчеркивает динамический и «метаморфический» характер технической реальности как целостности, каждый элемент которой воздействует на все другие. Основа технической реальности – научно-техническая деятельность. Она «представляет собой важнейшую составляющую процессов качественного преобразования (метаморфирования) реальности, включая естественную окружающую среду, социальные структуры и коммуникации и, наконец, самого человека, его физическую конституцию и сознание»¹. Причины такого «метаморфирования» технической реальности обусловлены изменениями, вызванными развитием технологий, в особенности информационных, рефлексивностью самой социальной практики, расширением и увеличением информационных каналов связи, воздействием всей совокупности нарушений экосистемы в результате хозяйственной деятельности за последнее столетие, изменением генетических программ².

В парадигме глобального эволюционизма феномен технической реальности рассматривается по аналогии с эволюционной моделью развития биологических систем (Ф. Капра) как единство техноэволюционного и социокультурного развития (С. Лем). Кудрин представляет анализ понятия «техническая реальность» в концепции «технетики». Основу технической реальности составляют техноценозы, автономные техноэволюционные комплексы, в которых «вне желания человека техническое порождается техническим»³. Согласно мнения автора «технетики», человек не является необходимым и самостоятельным звеном техноценозов. Если принять его точку зрения на саморазвитие техносистем, возможность управления технологическим развитием со стороны человека сводится к нулю, человеческая техническая деятельность утрачивает смысл, поэтому мы не разделяем такой установки. Но нельзя не признать важное прогностическое значение математических моделей в исследовании техноценозов, которые применяет автор «технетики».

В социогуманитарной и гуманитарно-антропологической парадигмах понятие «техническая реальность» отождествляется с понятием «мир техники» как воплощением человеческой природы и деятельности, подчеркиваются деятельностный и ценностный аспекты социотехнического развития (И. Ф. Игнатьева, Б. В. Марков, К. С. Пигров и др.), глобально-исторический и деятельностный принципы (Д. Андреев, К. Кантор, Ю. М. Федоров

¹ Ефременко Д. В. Цит. соч. С. 86.

² Там же. С. 86–87; Гидденс Э. Последствия модернити // Новая постиндустриальная волна на Западе: Антология. М.: Academia, 1999. С. 86–87.

³ Кудрин Б. И. Технетика: Новая парадигма философии техники (третья научная картина мира): Препринт. Томск, 1998.

и др.). В социокультурной парадигме выделяется взаимосвязь коммуникативных и социокультурных механизмов (структур языка, социокультурных кодов), определяющих специфику знаково-символических форм деятельности человека, формирующей «мир техники» (Л. Мэмфорд, А. С. Кармин, В. М. Розин и др.). В коммуникативной и когнитивно-антропологической парадигмах акцентируется коммуникативная природа технологий, отражающих структуры языка и психики в многообразии социальных практик, включая технологическую (Н. Луман, П. Бурдьё, М. Фуко, Ж. Ф. Лиотар, М. Постер, Ж. Бодрийяр, А. Р. Лурия, К. Леви-Строс, Р. Д'Андрад, Р. Шведер, М. Коул, К. Кастанеда и др.).

Розин и Кармин отмечают важную роль социокультурного контекста в формировании технической реальности. Своеобразие ментальности и генетический код формируют «семиозис» культуры, картины мира, формы образования, которые проявляются в технической деятельности. Невнимание к социокультурному контексту приводит к тиражированию технократических моделей развития технической реальности.

В связи с развитием процессов информатизации технической реальности возрастает знаковое опосредование социальной памяти. В информационных системах функция памяти доминирует над другими функциями¹. Коммуникативная природа артефактов исследуется в работах И. Ф. Игнатъевой, В. П. Котенко, Д. В. Ефременко, В. Г. Горохова, В. М. Розина, К. С. Пигрова, Б. В. Маркова, А. С. Кармина, А. А. Воронина, Б. А. Старостина и др. В целом, в социогуманитарных парадигмах последовательно проводится идея о том, что техническая реальность представляет сферу деятельности и коммуникаций. Коммуникативный процесс действительно играет важную роль в связи с информационным насыщением пространства, открытием «новых миров» вследствие развития средств связи и компьютерных технологий.

Н. Луман, П. Бурдьё, М. Фуко, Ж. Ф. Лиотар, Ж. Бодрийяр понятие «техническая реальность» отождествляют с моделью коммуникации. Н. Луман отмечает, что влияние информатизации проявляется в смене локальных моделей коммуникации на глобальную, кардинально перестраивающую семантические, адаптационные механизмы человека и социума, природы и культуры. Суть техники как «структурного сцепления человека и мира» состоит в совершении работы и потреблении энергии, благодаря чему технологии связывают общество и физическую среду. «Это структурное сцепление служит для канализации возбуждающих воздействий... Техника сама определяет и изменяет границы преобразования энергии в работу»². С внедрением инновационных технологий происходит «энергетизация» техносферы – «техническое осетевление» массового производства, что вызывает трансформационные процессы: изменение психических структур, разрыв традиционных связей, региональных границ, формирование глобальной техносистемы. В целом, подобное состояние общества, вводящего «эволюционные достижения техники», к которым оно не подготовлено «*ни структурно, ни семантически*», определяются Луманом как «*ориентация на риск*»³.

¹ Игнатъева И. Ф. Антропология техники: Человек как субъект мира техники. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2004. С. 108.

² Луман Н. Цит. соч. С. 140.

³ Там же. С. 140.

Трансформация структуры и отдельных компонентов технической реальности, формирование многоуровневого феномена технической реальности, плюрализм парадигм анализа ее различных уровней свидетельствуют о становлении новой области философского знания – философии технической реальности. Ее специфика выражается в следующих особенностях:

1. Понятие технической реальности исследуется с позиций различных концептуальных моделей (парадигм). Междисциплинарные исследования технической реальности отражают многомерность этого феномена, плюрализм когнитивных стилей как проявление многообразных мировоззренческих и методологических установок.

2. В результате влияния информатизации и идей постнеклассической науки изменились подходы к анализу технической реальности. Исследователи подчеркивают целостный характер технической реальности как проявление взаимосвязи многообразных сторон человеческой деятельности и универсума. В результате изменения объекта исследования – самоорганизующихся социотехнических деятельностных систем – отмечается появление новых аспектов технической реальности: коммуникативного, динамического, энергетического, глобально-эволюционного, синергетического, антропокосмического и др., что свидетельствует о возросшем уровне сложности структуры технической реальности и ее составляющих.

3. При рассмотрении понятия «техническая реальность» важное значение придается взаимосвязи идеальной и материальной сторон технологической деятельности, анализ которой выявляет соподчиненность вертикальной и горизонтальной структур деятельности, генезис порождения технических проектов и их объективаций.

4. В целом, отмечается переориентация исследований с анализа функциональных характеристик системотехники как предмета философии техники на исследование эволюционирующих социотехнических систем – предмета междисциплинарных исследований с позиций философии технической реальности.

5. Соотношение понятий «техносфера» и «техническая реальность» характеризует взаимосвязь преобразуемых «сфер» (биосферы, техносферы, социосферы, инфосферы) и соответствующих им «реальностей», определяющих ступени эволюционного развития человечества: технической реальности, социальной реальности, информационной реальности.

6. Для выявления глубинных механизмов «технического», взаимообусловленности развития человека – технической реальности – универсума необходима разработка методологии анализа технической реальности с учетом существующих парадигм.

E. E. Elkina

DIALECTICS OF PARADIGMS DEVELOPMENT: FROM THE PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY TO THE PHILOSOPHY OF TECHNOLOGICAL REALITY

The analysis of philosophical problems of the modern technological reality from the point of view of postclassical paradigms (information, synergetic, ecological, projective, social-cultural and other) as the subject of the new developing sphere of philosophy is given in the article. The task of working out the principles of analysis is proclaimed to regard the post-classical paradigms of the modern technological reality in the framework of the philosophy of technological reality as a new sphere of philosophy.

Paradigm, technological reality, technosphere, philosophy of technology, philosophy of technological reality, social-technological systems

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Рассматриваются коммуникативные особенности формирования и конституирования организационной реальности современного российского университета.

Коммуникативный хронотоп университета, время, пространство, дискурс, асимметричная коммуникативная система, организационная реальность университета

Коммуникационный подход дает широчайшие возможности для анализа крупных гетерогенных организаций и выявления факторов и тенденций их развития. Современный российский университет, переживающий острейший кризис и нуждающийся в новых идеях по его преодолению, несомненно, представляет собой крупную организацию, состоящую из большого количества неоднородных социальных групп, совместная деятельность которых протекает в контексте конфликтных коммуникаций. В отличие от сплоченности первых университетов, немногочисленных по штату преподавателей и количеству студентов, благодаря которой появилась возможность сформировать их организационную реальность, современные организации сферы высшего образования функционируют на совершенно иных основаниях. Чтобы точнее определить их особенности и обнаружить «точки роста», мы обратились к анализу университета как двойственной социальной структуры, с одной стороны, и как коммуникативного мультикультурного пространства – с другой.

Приверженцы коммуникационной парадигмы социальной реальности предлагают рассматривать структуры человеческих сообществ в пространстве двух координатных плоскостей. Первая – объективная – может называться коммуникативным хронотопом. В основе хронотопа лежит схема соотношения сил. Она вписана в институциональную модель сообщества, его физическое и коммуникативное пространства, присваивается субъектами и проявляется в социальных практиках.

Метками второй координатной плоскости, субъективной по своему характеру, являются когнитивные структуры: ценности, базовые представления, мифы и убеждения, невербальные и вербальные символы. Они задают каузальные отношения, систему причинности коммуникаций, а также выявляют поля неопределенности или противоречий, имеющих в институциональной системе организации.

Названные координатные плоскости имеют ареал пересечения – коммуникационную систему сообщества. Первая плоскость задает ее структуру, вторая – содержание. Совместное действие обеих задает принципы функционирования коммуникаций. Таким образом, чтобы оценить социальную реальность или ее организационную разновидность, необходимо обратиться к координатам социального, когнитивного и коммуникативного пространств.

Социокоммуникативные пространства современных российских университетов, в особенности государственных, имеют весьма примечательные общие черты, дающие нам право сделать некоторые обобщения. Прежде всего, это пространства без явных территориальных центра и периферии, в которых, однако административные службы обычно обособлены от учебных подразделений и аудиторий. Администрации и финансовым службам обычно отве-

дены отдельные корпуса, этажи или крылья здания. В этих помещениях чаще есть все необходимое для комфортной работы, например, собственное кафе или столовая. Таким образом, управленческая зона вуза представляет собой отделенный от остального пространства офис.

Особый интерес в пространстве университета представляет ректорат. При, казалось бы, существенных различиях в расположении и интерьерах ректоратов различных вузов поражает их общее сходство с храмовыми помещениями. Сакральность ректоратам придают господствующие тишина и прохлада. Здесь часто можно обнаружить «иконостас» – мемориальные доски, стенды с портретами выдающихся тружеников вуза, знаменитостей, имевших или имеющих отношение к университету, фотоотчеты о важнейших событиях университета, флаги, цветы и т. п. Наличие просторной приемной и мощной двери в кабинет ректора, чаще всего закрытой, оставляет посетителя в неведении о том, присутствует ли первое лицо вуза на рабочем месте. Если подобная пространственная закрытость сопровождается социальной дистанцируемостью, то, в конечном счете, рядовой работник вуза или студент, не часто посещающие «святая святых», начинают испытывать ощущение эфемерности высшей администрации, что выражается в распространенном незнании имен руководителей верхнего звена, а иногда даже их фамилий.

Наличие глубоких социальных разрывов в пространстве современных вузов можно обнаружить и на примере главных «рабочих кузниц» – аудиторий и лабораторий. Пока в российских вузах довольно редко встречаются аудитории, рассчитанные на небольшое количество студентов и пригодные для проведения равноправных, вовлекающих дискуссий, а не предусматривающие одностороннюю передачу – прием информации с целью обмена единственно верными моделями знаний. В широко распространенных ныне аудиториях, даже небольшого размера, преподаватель и студент противопоставлены друг другу. Они и в действительности будто находятся по разные стороны баррикады, которую составляют кафедра и столы. Студенческие и преподавательские столы не только являются хорошими дисциплинарными инструментами, ограничивая сидящих за ними в количестве исполняемых ролей и сценариев, но и со временем становятся надежной защитой личности. Как студенты, так и многие преподаватели с большой неохотой расстаются с этой защитой и редко садятся в дискуссионный круг.

Многие лаборатории также разъединяют студента и преподавателя пространственно и поведенчески. В данном случае имеются в виду лаборатории, где студенты находятся наедине с прибором или компьютером, а преподаватель взирает на процесс со стороны. Часто у экспериментальной установки нет места для того, чтобы преподаватель мог участвовать в работе. Подобного рода занятия напоминают процесс «дрессировки». Студенты отрабатывают известный и простой для специалистов трюк. Если их действия верны, то они добиваются ожидаемого результата. Задача преподавателя – проконтролировать, чтобы этот результат был достигнут, но без его помощи.

Казалось бы, современные информационные методы и средства связи устраняют этот разрыв, давая студенту и преподавателю возможность постоянного рабочего контакта, а также условия для совместного решения общих, пока не решенных задач. Однако и здесь есть ловушка. В таких сетевых отношениях асимметрия не устраняется, хотя предпосылки к этому существуют, ведь информационно звенья цепи равноправны. Однако это равноправие существует только на уровне доступа к информации, но не на уровне ее использования. Специа-

лист по-прежнему остается в привилегированном положении по сравнению с дилетантом или новичком в той или иной области знания. Следовательно, объективная возможность оценить существует только у профессионала, он же сохраняет за собой инициативу по предложению и распределению задач. Ко всему сказанному прибавляется отсутствие утилитарных практик незамедлительного или, по крайней мере, регулярного ответа преподавателя на запрос студента. Только от личности наставника в данном случае зависит, будет ли дистанционная работа совместной и регулярной. Таким образом, сама форма проведения практических занятий не многое может изменить в их социально-пространственном результате: если у преподавателя нет установок на коллегиальные отношения, то он и в сети будет оставаться властным субъектом, более сильным и могущественным, чем студент, отношения с которым последнему придется строить на безусловном пиетете, если он хочет достичь успеха.

Персоналии, облеченные пиететом, формируются и в пространстве деканатов, где большинство студентов выступают в роли просителей. Сцена посещения деканата редко меняется: 1) проситель стоит на почтительном расстоянии от своего сидящего визави; 2) проситель, ссутулившись и слегка склонив голову, подходит вплотную к рабочему месту визави. Гораздо реже можно увидеть, как проситель сидит через стол от хозяина кабинета. Подобные сцены деканатской жизни обусловлены не только социально-пространственными, но и временными координатами.

Культурное пространство университета не только асимметрично, но и асинхронно. Существуют по меньшей мере четыре образа времени и несколько несовпадающих представлений о его периодах: прошлом, будущем и настоящем. Для рядового преподавателя время циклично, что обусловлено цикличностью и повторяемостью самой деятельности вуза. В российских условиях вряд ли можно предполагать, что преподаватели вузов воспринимают временной поток поступательно, поскольку состояние институтов образования в нашей стране можно охарактеризовать как неизменно негативное. Такая оценка лишает работников образования надежд на будущее и постепенно отучает от «заглядывания в него». Запускается такой известный механизм психологической защиты, как подавление, предельным результатом которого является нивелирование самого понятия «будущее».

Для администрации время спиралевидно. В вузах России административные должности занимают сами преподаватели или работники вуза. По традиции их первоначальной деятельности время для них по-прежнему циклично, но так как административный дискурс обязательно включает в себя темы стратегии и развития, оно приобретает еще одно воспринимаемое свойство – поступательность.

Интересным становится вопрос о направлении этого поступательного движения. Можно предположить, что оно обращено назад. Дело в том, что репутация большинства государственных вузов пошатнулось и они, скорее, борются за его сохранение или возврат, при этом в своей борьбе опять-таки опираясь на славное прошлое. Негосударственные вузы скорее не моделируют свой образ, используя явные инновации, а пытаются стать аналогами известных в настоящее время или в недавнем прошлом вузов России и мира. Процесс становления негосударственных вузов усложняется еще и тем, что оно происходит на кадровой базе известных высших учебных заведений.

Для студентов время имеет два образа. Первый – точка, состояние «здесь и сейчас» – свойственен студентам младших курсов. При поступлении в вуз они меняют свой статус. Этот период характеризуется вынужденным эгоцентризмом, «поворотом к себе», поскольку человеку в такой момент необходимо понять кто он, каковы его отношения с новым миром и каков этот мир. Студенты младших курсов в силу своего возраста весьма чувствительны и восприимчивы. По сути дела, только на первом и в начале второго курса студенты могут усваивать предлагаемые университетом профессиональные и организационные, т. е. новые для себя корпоративные нормы, ценности и практики поведения. Можно предположить даже, что именно на первом и втором курсах происходит «рождение» выпускников, приверженных своей alma mater. Причем это «рождение» тем вероятнее, чем больше внимания уделяется организацией не конкретному студенту, а учебной группе, поскольку именно она находится в фокусе внимания только что поступившего в вуз молодого человека.

В дальнейшем задача воспитания студента, вовлеченного в дела своего вуза и болеющего за него, трудно выполнима, поскольку, начиная с третьего курса, студенты меняют свой образ времени, теперь рассматривая его линейно – в соответствии с представлением об успешной карьере. Вуз же в такой картине мира приобретает значение временного, «проходного» института, пусть даже пребывание в его стенах рассматривается как неоспоримый и важный ресурс. В этот момент для студента наиболее важной становится возможность контактировать с профессиональной корпорацией, завязывать деловые связи, получать информацию о профессиональном поле, его структуре и динамике.

К сожалению, сейчас вузы по большей части либо исключены из восприятия студентов-старшекурсников, либо находятся на периферии профессионального поля, на котором намерены трудиться их выпускники, хотя в идеале картина должна быть обратной. Одной из причин такого когнитивного феномена как раз и является несовпадение базового представления о времени у студентов (особенно старшекурсников и выпускников) и преподавателей. Для последних в силу специфики деятельности год от года все возвращается на круги своя, что первым кажется показателем застоя и становится критерием правомерности положения вузов на периферии профессиональной корпорации.

В поле межгрупповых коммуникаций современного университета можно обнаружить несколько ярких парадоксов, приводящих к жесткому доминированию асимметричной коммуникативной системы. Первый наблюдается на уровне общения преподавателя и студента. В идеале целью этого взаимодействия является коллегиальность, сотрудничество в осуществлении взаимодополняющих видов деятельности (учить и учиться), составляющих единство процесса обучения. Однако достижению идеала препятствует значительная дистанция между преподавателем и студентом, которая с трудом преодолевается как с одной, так и с другой стороны. Отношения между представителями этих групп в реальности часто носят либо отстраненный, либо противоборствующий характер. Наиболее удачной моделью взаимодействия студенты считают ту, в которой преподаватель исполняет роль «родителя» или «куратора», но не коллеги.

Второй парадокс скрывается в характере научного диалога между учеными. Дискуссия между специалистами, работающими в одном университете, разворачивается реже и проходит труднее, чем диалог между представителями разных научных учреждений.

Третий парадокс связан с процессом управления вузом. Он проявляется в том, что в состав топ-менеджмента университета входят традиционные кадры, которые представляют более влиятельные в социальном отношении факультеты и кафедры. Нетипичным в этом контексте является участие в управленческой деятельности представителей вновь создаваемых факультетов и кафедр, даже если их специализацией являются экономика, менеджмент, связи с общественностью и т. д.

Пытаясь вскрыть причины данных противоречий, мы обратились к дискурс-анализу, а точнее, к нескольким его аналитическим традициям: семиотической, феноменологической, социокультурной, критической, риторической и кибернетической.

Наиболее простое объяснение первого парадокса дает семиотическая традиция. Совершенно очевидно, что преподаватели и студенты – носители разных языков. Разница в использовании знаковых кодов продиктована существенными различиями в профессиональном уровне и возрасте.

Последнее обстоятельство в настоящее время ощущается особенно остро из-за проблемы старения преподавательского состава вузов. Возрастной разрыв между обучающим и обучающимся особенно очевиден в ситуации ценностных трансформаций, произошедших в России за последние 20 лет. Можно говорить о том, что во взаимодействии «преподаватель – студент» участвуют представители разных языковых групп и даже различных культур. Социокультурная традиция показывает, что трудности в достижении коллегиального сотрудничества на уровне «преподаватель – студент» связаны с противоречиями между воспроизводимыми в университете и достаточно устойчивыми дискурсивными практиками и вариативными коммуникативными моделями, привносимыми студентами.

Ситуация общения «преподаватель – студент» затруднена большой нагрузкой на перцептивную сферу участников взаимодействия. Дело в том, что образы каждой из сторон в восприятии другой стороны противоречивы. Например, образы преподавателя, читающего лекцию, и преподавателя, общающегося со студентами вне учебного процесса, дающего консультации, по мнению студентов, различаются. Иногда возникает эффект «общения с разными людьми». Объяснение этого эффекта можно обнаружить в феноменологическом подходе к возможностям и условиям диалога. В данном случае преподаватель является одновременно участником и массовой, и межличностной коммуникации, формы которых определяют особенности схем восприятия их участников.

Наконец, критическая традиция коммуникационного анализа выявляет еще одну немаловажную причину устойчивой дистанции в общении между студентами и преподавателями. Она связана с постоянно воспроизводимой схемой неравных отношений между учителем и учеником. Неравенство связано с разницей в величине имеющихся у сторон капиталов: информационного, социального и символического. Отношения неравенства подкрепляются еще и тем, что они положены в основу символического акта оценивания эффективности работы студентов. Сам процесс оценивания также может рассматриваться скорее не как институциональный, а как коммуникативный (договорной), поскольку в нем нельзя достичь полной объективности, а условия и нормы его осуществления изменяются в зависимости от текущих обстоятельств.

Причины второго парадокса связаны с несовпадением дискурсивных практик научных направлений и школ. С точки зрения семиотической и риторической традиций дискурс-анализа, представители различных научных сообществ обладают существенно различающимися терминологическим аппаратом и риторическими приемами аргументации, что, безусловно, не позволяет достичь мгновенной интерсубъективности в их диалоге и требует заметных усилий – как интеллектуальных, так и временных. Поскольку университет – это всегда сообщество ученых разных научных направлений, а научное учреждение – чаще – совокупность специалистов одного или близких профилей, то ведение научных дискуссий в рамках первого является гораздо более затруднительным, чем в пределах второго.

По мнению автора, немаловажным фактором парадокса управления вузом является влияние «шумов», выделенных в качестве элемента коммуникации кибернетическим подходом. В больших гетерогенных организациях, к которым относится университет, «шумы» возникают вследствие разветвленности системы коммуникаций и влияния неформальных каналов передачи информации, что искажает последнюю и затрудняет возможности переговорной деятельности.

Согласно критической традиции, менеджмент университета представляет собой поле конкуренции, внутри которого противоборствуют различные дискурсы. В борьбе за влияние побеждает коммуникативная модель более авторитетной группы, вытесняющая из поля взаимодействия все остальные. Действия принципов конструирования вузовской иерархии не просто формируют поле конкурентной борьбы за влияние, но и создают зоны напряженности между крайними точками этого поля.

Таким образом, современный российский университет представляет собой мультикультурную организацию, основанную на конфликте интересов и глубоких различиях в истолковании процесса деятельности и дискурсивных практиках. Конфликтная коммуникация конституирует университетскую реальность, что, с одной стороны, усложняет возможность оптимального аккумуляции ресурсов высшего учебного заведения, а с другой – обеспечивает воспроизводство университетского сообщества в его устоявшейся, целостной ролевой структуре.

E. V. Strogetskaia

ORGANIZATIONAL REALITY OF MODERN UNIVERSITY

Communicative features of organizational reality formation of modern Russian university are considered.

Communicative space of the university, asymmetric communicative system, organizational reality of university



УДК 621(091)

В. П. Северинова

ПЕРВЫЕ ЛАУРЕАТЫ ПРЕМИИ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА А. С. ПОПОВА

Рассматриваются история учреждения премии имен А. С. Попова и награждения ею трех лауреатов – В. Ф. Миткевича, Д. А. Рожанского, В. И. Коваленкова, а также их вклад в развитие радиотехники и электротехники в России.

ЭТИ, А. С. Попов, П. Д. Войнаровский, В. Ф. Миткевич, Д. А. Рожанский, В. И. Коваленков

«31 декабря 1905 г. Электротехнический институт понес тяжелую утрату: не стало одного из лучших его профессоров – Александра Степановича Попова. В 1897 г. 19 октября институт впервые увидел, или точнее – услышал, этого видного русского ученого и изобретателя. Тогда вопрос о беспроводном телеграфе волновал уже не только специалистов. И вот для ознакомления с этим интересным изобретением и его применением директор и профессора института обратились с просьбой к Александру Степановичу, бывшему в то время преподавателем Минного офицерского класса, прочесть в общедоступном изложении публичную лекцию о телеграфировании без проводов. Все близкие к институту помнят эту лекцию, ее простое и наглядное изложение и искусно демонстрируемые опыты. После этого первого знакомства с Электротехническим институтом Александр Степанович сроднился с этим учебным заведением более прочными узами: в 1900 г. Совет института избрал его почетным инженером-электриком, а в 1901 г. по предложению того же Совета он был назначен ординарным профессором по кафедре физики. С чуткой душой, скромный и истинный труженик науки, покойный не замедлил завоевать симпатии всех своих коллег и всех близко имевших с ним дело. Несмотря на требовавшие немало труда и времени занятия по обработке курса физики в преобразованном с 1899 г. институте и в особенности по оборудованию физической лаборатории в новом здании института, Александр Степанович продолжал свои работы по беспроводному телеграфированию и неоднократно знакомил молодых инженеров, студентов и большую публику с развитием этой новой отрасли телеграфного дела путем ряда публичных лекций с искусно подготовленными и всегда мастерски выполняемыми опытами. Наконец, в последнее время им был уже разработан проект устройства в институте крупной станции беспроводного телеграфа для

дальнейших научных исследований в этой области, но неумолимая судьба не дала возможности осуществиться этому столь полезному для научных и учебных целей сооружению.



А. С. Попов

Смерть А. С. Попова последовала после объяснения с «высоким» начальством по поводу студенческих волнений в ЭТИ.

Исполняющим обязанности директора до конца 1912 г. стал П. Д. Войнаровский, а после выборов он был утвержден в этой должности. По его ходатайству семье А. С. Попова, в которой было четверо детей, была назначена усиленная пенсия 3500 р. в год (оклад жалования покойного был 3000 руб. в год), в том числе 1750 р. вдове и столько же детям. Сын ученого Александр, согласно постановлению Совета института, был принят в студенты ЭТИ вне конкурса.



П. Д. Войнаровский

Почти через неделю после похорон, 8 января 1906 г., на заседании Совета института было решено для увековечения памяти об изобретателе радио учредить премию его имени. Соучредителями премии, кроме ЭТИ, выступили организации, в которых трудился или принимал деятельное участие А. С. Попов, а именно: Минный офицерский класс (МОК), VI отдел Русского технического общества (РТО), Физическое отделение Русского физико-химического общества (РФХО) и Общество инженеров-электриков.

На заседании 2 февраля 1906 г. комиссией по присуждению премии в составе П. Д. Войнаровского (председатель), П. С. Осадчего, М. А. Шателена, Н. Г. Егорова, А. А. Реммерта, Н. А. Смирнова, А. А. Петровского, А. А. Кракау и др. был разработан проект Положения о премии. Премия учреждалась при Электротехническом институте (отвечающем за хранение капитала и организационную работу). Она должна была присуждаться один раз в пять лет за лучшие труды и исследования по электричеству и его применению, сделанные в России и изложенные на русском языке. Они оценивались комиссией по присуждению премии, выбираемой перед каждым конкурсом. Исследования для рассмотрения должны были присылаться в Электротехнический институт.

В 1906 г. в фонд премии поступило 643 р. от ЭТИ, 685 р. от МОК, 89 р. от VI (электротехнического) отдела РТО, 54 р. от Общества инженеров-электриков, 118 р. от РФХО, 1000 р. от АО «Сименс и Гальске». Деньги были переданы Электротехническим институ-

том на хранение в Государственную сберегательную кассу Санкт-Петербурга. Вместе с процентами набралось 2603 р. 81 к.

29 ноября 1906 г. в редакции газет «Новое время», «Русские ведомости», «Страна» было направлено от имени директора ЭТИ объявление об учреждении премии «имени выдающегося ученого и изобретателя беспроволочного телеграфа А. С. Попова за лучшее оригинальное исследование и изобретение по электричеству и его применению». Первое присуждение премии в сумме 500 руб. объявлено на 31 декабря 1906 г. – в годовщину смерти ученого.

На конкурс поступили следующие работы: из Перми «Способ увеличения колебаний электрического тока и его применение для возможных электроакустических приборов» под девизом ГПР, из Киева «Описание устройства и действия новой системы коммутации» под девизом «Свободно творчество лишь там, где жизнь сама свободно льется», из Пензы работа под заголовком «Мина» от П. Ф. Буша. Петербург был представлен тремя работами: «О вольтовой дуге» В. Ф. Миткевича, «Метод изображения количества энергии, излучаемого отправительным проводом (т. е. антенной – В. С.) станции беспроволочного телеграфирования» А. А. Петровского, «Подсчет электроемкости для вибратора А. С. Попова» Н. А. Булгакова (работа выполнена по предложению покойного изобретателя радио).

Комиссия единогласно признала лучшей работу В. Ф. Миткевича. В отзыве отмечено, что эта работа содержит описание многолетних экспериментальных исследований процессов, происходящих в вольтовой дуге, и состоит из ряда остроумно задуманных простых опытов. Определено необходимое условие возникновения вольтовой дуги – высокая температура катода и указано практическое ее применение – сварка металлов с помощью вольтовой дуги переменного тока.

Решение комиссии было объявлено 31 декабря 1906 г. в 1 час дня в актовом зале ЭТИ в присутствии множества гостей, а также представителей властных и деловых кругов, явившихся на торжественное собрание по приглашению директора, П. Д. Войнаровского. В приглашении вдове, Раисе Алексеевне Поповой, он приписал:

«К сему считаю необходимым присовокупить, что перед означенным заседанием того же 31 декабря в 10 ч. утра в церкви лейб-гвардии гренадерского полка будет отслужена заупокойная литургия и после нее панихида по случаю годовщины смерти покойного Александра Степановича». Среди приглашенных было много представителей вузов столицы: Императорской академии художеств, Университета, Лесного института, Военно-медицинской академии, Института инженеров путей сообщения, Горного института, Политехнического института, Технологического института, Женских политехнических курсов.

Для следующей выдачи премии, намеченной на 1910 г., сбор средств был продолжен. Так, например, 7 мая 1907 г. на имя директора ЭТИ пришел отрезной банковский купон с текстом: «Поздравляю Вас, глубокоуважаемый Павел Дмитриевич, со светлым праздником. Пересылаю 153 руб. 20 коп, собранные с публичной лекции в пользу фонда для выдачи премии имени Александра Степановича Попова. Лекция была о беспроволочном телеграфе в Университете. На днях лекцию предлагают повторить в Технологическом институте для студентов. Уважающий Вас С. Н. Петров». Автор записки, ученик Попова, будучи студентом ЭТИ, перевел книги М. Склодовской-Кюри «Радий и радиоактивные вещества» и А. Слаби «Работы по беспроволочной телеграфии», изданные под редакцией А. С. Попова в 1904 и 1905 гг.



В. Ф. Миткевич

Профессор А. А. Кракау 26 марта 1908 г. в Соляном городке Петербурга прочитал публичную лекцию «О современном состоянии электрохимической промышленности», сбор от которой, 215 р. 20 к., был перечислен в фонд премии имени А. С. Попова.

6 апреля 1910 г. директор ЭТИ направил сообщение о предстоящем конкурсе в газеты «Новое время», «Речь», «Русские ведомости». В результате на второй конкурс поступили четыре работы: от преподавателя МОК А. А. Петровского по исследованию передающих радиостанций, из Екатеринославля от Л. А. Витлинга «О новом автоматическом телеграфном аппарате», от Д. А. Рожанского «Влияние искры на колебательный разряд» (с рекомендацией РФХО). Работа Н. А. Булгакова, напечатанная в «Известиях Императорской академии наук» на французском языке, была отклонена из-за отсутствия перевода ее на русский язык.



Д. А. Рожанский

10 декабря 1910 г. комиссия после обмена мнениями большинством голосов присудила премию Д. А. Рожанскому. Его работа явилась результатом четырехлетних трудов. А начинал он свою деятельность в ЭТИ в 1904 г. лаборантом на кафедре физики под руководством А. С. Попова. Его желание заниматься исследованиями в области электрических колебаний и с этой целью поехать в Германию, в лабораторию профессора Г. Симона, было поддержано дирекцией, командировавшей его в 1906 и 1908 гг. в Институт прикладного электричества в Геттингене. Представленная на конкурс работа Д. А. Рожанского – оригинальное исследование явлений более кратковременных, чем наблюдавшиеся ранее, для чего пришлось преодолеть большие экспериментальные трудности. Полученные экспериментальным путем результаты были подтверждены теоретическими расчетами. Из-за новизны, сложности и интересного подхода к затронутым вопросам этому исследованию было отдано предпочтение перед другими работами.

31 декабря 1910 г. в Электротехнический институт были приглашены представители высших учебных заведений Петербурга, родственники А. С. Попова, преподаватели и служащие института, а также участники Всероссийского электротехнического съезда. После панихиды по случаю 5-й годовщины со дня смерти ученого на торжественном заседании состоялось второе присуждение премии имени А. С. Попова. Затем участникам съезда были показаны лаборатории института и прочитан доклад А. А. Кузнецова «Об освещении по способу Д. Мура» с демонстрацией в электротехнической аудитории, где лампа Мура длиной 40 м была смонтирована по периметру помещения. Это был один из первых опытов применения газоразрядных ламп низкого давления, наполненных диоксидом углерода, излучающих белый дневной свет.

22 сентября 1911 г. фонд премии имени А. С. Попова пополнил экипаж ледокола «Ермак», внесший 10 р. 45 к. В последующие годы основной капитал составлял значительную сумму – 3400 р. с 4-процентной рентой и наличные деньги в сумме 556 р. для проведения третьего награждения. Стараниями учредителей и председателя фонда П. Д. Войнаровского проценты с капитала позволяли получать достаточную сумму для последующих выплат этой премии. После преждевременной смерти П. Д. Войнаровского (1866–1913) были собраны средства для учреждения премии и его имени.

В 1915 г. на премию имени А. С. Попова по рекомендации физического отделения РФХО были выдвинуты пять научных работ В. К. Аркадьева: «Поглощение электрических волн в параллельных проводах», «Дифракция Френеля», «Ферромагнитные свойства металлов как функция длины волны», «Отражения электрических волн от проводов», «Теория электрического поля в ферромагнитном металле». Эти работы экспериментально подтверждали теорию распространения электромагнитных волн вдоль параллельных проводов. На конкурс поступила также работа В. И. Коваленкова «Установившиеся процессы тока и напряжения и распространение прерывистого тока по телеграфным проводам».



В. И. Коваленков

19 декабря 1915 г. после обсуждения отзывов открытым голосованием комиссия по присуждению премии большинством голосов постановила присудить премию В. И. Коваленкову. В студенческие годы он тщательно записывал лекции А. С. Попова, обрабатывал их и готовил для литографированного издания под редакцией лектора. Его конкурсная работа – результат исследований прикладного характера – в 1911–1913 гг. была представлена на соискание ученой степени адъюнкта института и успешно защищена. В работе даны теоретические основы распространения прерывистого тока по линиям с распределенными параметрами, приведены конкретные результаты с множеством вспомогательных и справочных таблиц. В. И. Коваленков доказал, что наибольшую скорость и наилучшее качество передачи можно получить при диаметре провода не меньше 5 мм (уменьшение диаметра провода с 6 до 5 мм давало огромный технико-экономический эффект).

О предстоящем присуждении премии новый директор А. Н. Быков сообщил в столичных газетах. Приглашения были направлены представителям вузов Петрограда, должностным лицам, персонально вдове А. С. Попова. 31 декабря 1915 г. после панихиды по случаю 10-й годовщины смерти ученого в зале библиотеки на торжественном заседании Совета института и делегатов учредителей премии было объявлено о присуждении третьей премии имени А. С. Попова его ученику В. И. Коваленкову.

Это было последнее присуждение премии. Намеченное через 5 лет вручение премии в 1920 г. не состоялось. В июне 1918 г. в Электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина) – имя нового руководителя государства было присвоено институту в 1918 г. – поступила телеграмма от комиссии Госконтроля, в которой предлагалось немедленно сдать в Северную областную контору Народного банка все процентные и дивидендные бумаги, а также ценности из благородных металлов.

В городском архиве сохранился экземпляр сопроводительного письма от 5 июля 1919 г., из которого следовало, что «Вследствие циркулярного распоряжения от 30 июня 1919 г. Электротехнический институт препровождает в Петроградскую контору Народного банка процентные бумаги капитала премий имени А. С. Попова и имени П. Д. Войнаровского». Письмо подписал директор П. С. Осадчий.

Проявив в 1906 г. инициативу по учреждению премии имени изобретателя радио А. С. Попова, институт во главе с директором П. Д. Войнаровским развернул активную популяризацию радиосвязи как нового технического направления. Петербургские ученые – А. А. Кракау, П. С. Осадчий, Б. Л. Розинг, Н. А. Скрицкий, И. Г. Фрейман и др. – принимали

активное участие в работе комиссий по присуждению премий. Все это способствовало развитию электросвязи, образованию в ЛЭТИ кафедры и факультета радиотехники и становлению новой научной дисциплины, значение которой для развития цивилизации на Земле трудно переоценить.

Сохраняя память о выдающемся ученом и изобретателе А. С. Попова, премия объединяла вокруг нового направления лучшие силы связистов и электротехников, поддерживала творческий порыв молодых специалистов, направляя их энергию на теоретические и научные исследования в новых научных направлениях. В то же время премия стимулировала творческий рост лауреатов. Так, первый лауреат этой премии В. Ф. Миткевич (1872–1951), избранный в 1909 г. профессором Политехнического института, а в 1929 г. академиком, в своих работах установил тесную связь между электрофизикой и электротехникой, создал несколько основополагающих курсов («Теория переменных токов», «Теория электрических и магнитных явлений» и др.), на которых выучилось несколько поколений электро- и радиоинженеров, в том числе несколько академиков (А. А. Чернышев, М. В. Шулейкин, А. В. Винтер, М. П. Костенко и др.).

Основные работы второго лауреата, Д. А. Рожанского (1882–1936), посвящены исследованию излучения и распространения электромагнитных волн, газового разряда и фотоэлектрического эффекта. Крупный отечественный физик, член-корреспондент АН СССР (1933 г.), он руководил работами по созданию коротковолновых радиопередатчиков, возглавлял лабораторию по разработке методов и средств радиолокации, создал научную школу радиофизиков, из которой вышли академики Ю. Б. Кобзарев, А. Н. Щукин, профессора М. С. Нейман, Г. В. Брауде и др.

Большую известность В. И. Коваленкову (1884–1960), третьему по времени лауреату премии имени А. С. Попова, принесла работа по созданию телефонной трансляции с использованием усилителей на электронных лампах (1911 г.). По его воспоминаниям, это направление научной деятельности и формулировка научной задачи были получены им в студенческие годы от А. С. Попова. В дальнейшем В. И. Коваленков был избран профессором ЭТИ по кафедре телефонии (1917 г.), членом-корреспондентом АН СССР (1939 г.). В 1948 г. он возглавил лабораторию АН СССР по разработке проблем проводной связи. Эта лаборатория в 1961 г. вошла в академический Институт проблем передачи информации.

При советской власти банковские вклады были реквизированы. Основанные на них научные награды (в том числе премия имени А. С. Попова) больше не присуждались.

В дни празднования 40-летия изобретения радио по инициативе редакции журнала «Радио» (тогда он назывался «Радиофронт») Ленинградский радиокомитет внес предложение об увековечении памяти великого изобретателя учреждением ежегодной премии имени А. С. Попова за лучшее изобретение в области радио. Откликаясь на это предложение, Президиум Ленсовета постановил учредить ежегодную премию имени А. С. Попова в размере 2000 р. за лучшую научную работу в области радио. В журналах «Радиофронт» и «Говорит СССР» были объявлены состав жюри (профессора А. И. Берг, В. П. Вологдин, М. А. Бонч-Бруевич, начальник Главэспрома Л. А. Лютов, председатель Ленинградского радиокомитета М. Ж. Стириус) и срок подачи работ (11 декабря 1935 г.).

Однако это дело не получило дальнейшего развития – то ли потому, что большая часть жюри (Берг, Лютов и Стириус) попала под жернова репрессий, то ли по другой причине.

Постановлением СНК СССР от 2 мая 1945 г. в честь 50-летия изобретения радио учреждалась золотая медаль имени А. С. Попова «за выдающиеся научные работы и изобретения» (ее удостоены 20 ученых, последним в 2000 г. Ж. И. Алферов). Позже была учреждена и премия имени А. С. Попова в размере 15 тыс. р., присуждавшаяся в 1962–1989 гг. (26 награжденных). В наши дни, когда правительство стремится погасить старые долги, сделанные его предшественниками, даже царским правительством (за рубежом), целесообразно поднять вопрос о восстановлении (именно о восстановлении, а не учреждении вновь) премий имени А. С. Попова и П. Д. Войнарковского, возвращении реквизированных собранных по крохам капиталов этих премий с целью использования их по назначению, т. е. для развития научных исследований по радиоэлектронике и электротехнике в России.

V. P. Severinova

THE FIRST WINNERS OF THE PRIZE BY NAME OF PROFESSOR A. S. POPOV

Examined the History of Foundation of the Prize by Name of Professor A. S. Popov, the Winners – V. F. Mitkevitch, D. A. Rozhansky, V. I. Kovalenkov and their Contribution in the Development of Radio and Electricity.

ETI, A. S. Popov, P. D. Voinarovsky, V. F. Mitkevitch, D. A. Rozhansky, V. I. Kovalenkov