

УДК 621.318.56

**ПЛЕНОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ МОТОРНЫЕ СРЕДЫ
КАК ПУТЬ К ЭКОЛОГИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

В.Л.Дятлов, Ю.Г.Косарев

В в е д е н и е

1. Стихийный рост народонаселения Земли и бездумное стремление человека удовлетворять свои всевозрастающие потребности не через установление гармоничных отношений с Природой, а на пути наращивания арсенала средств насилия над нею нарушили естественный ход эволюции и перевели ее с траектории гармоничного развития ноосферы (сферы разума) на траекторию губительного гипертрофированного развития техносферы (рис.1). Тем самым Человек поставил себя перед жизненной необходимостью за весьма короткий срок (пока еще процесс не стал необратимым) найти другой путь к удовлетворению своих нужд, который не требовал бы огромных расходов природных ресурсов и не сопровождался бы губительным для всего живого загрязнением окружающей среды [1].

Положение усугубляется еще и тем, что Человек за всю свою историю еще не встречался с проблемой такой сложности (и такой грозной по своим последствиям) и потому оказался не готовым (ни в плане предвидения, ни методологически, ни практически) к ее решению.

2. Главными потребителями природных ресурсов и основными источниками вредных воздействий на окружающую среду являются машиностроение и энергетика. Из них ключевую роль играет первое, так как именно оно и является одним из главных потребителей энергии.

В свою очередь в машиностроении ведущую роль играет электромашиностроение, которое является одним из основных потребителей высококачественных материалов и электричества - наиболее дорогого вида энергии. (Так, по имеющимся оценкам электродвигатели потребляют около 70% всей электроэнергии [2].)

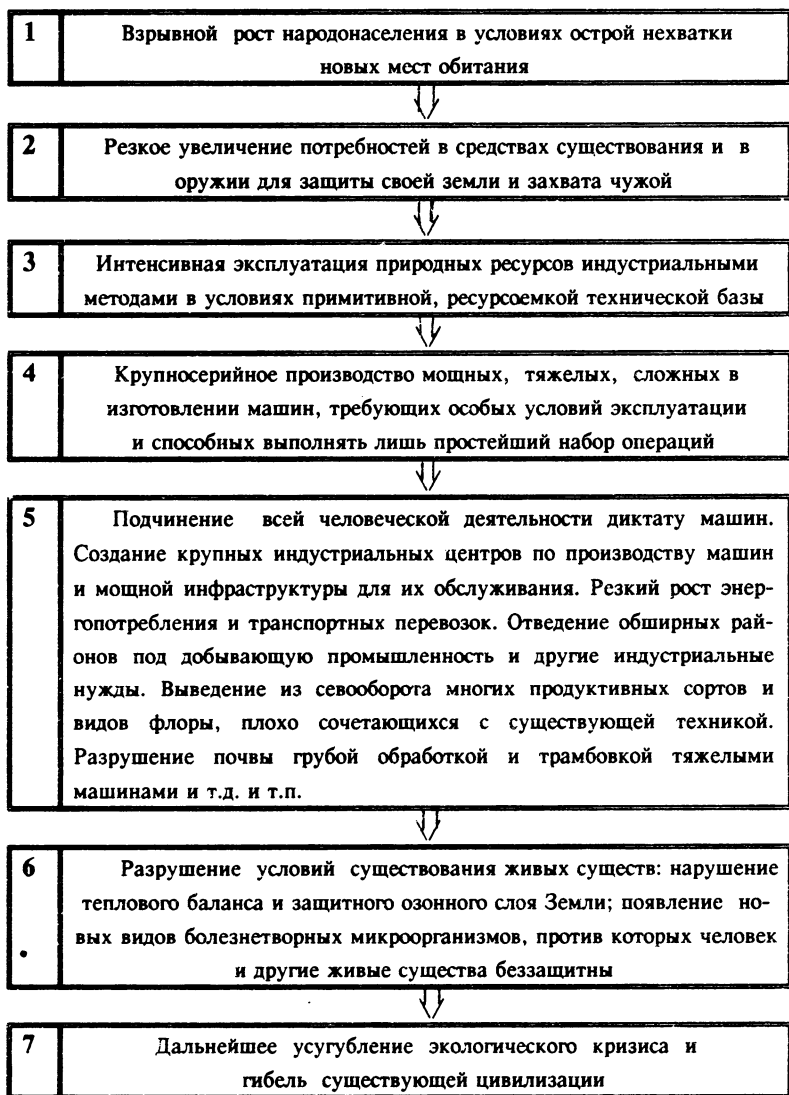


Рис.1. Траектория гипертрофированного развития техносферы

Так как трудно ожидать сколько-нибудь существенного уменьшения масштабов применения машин, то выход из экологического кризиса оказывается в прямой зависимости от решения проблемы резкого (на порядок) уменьшения материалоемкости электродвигателей.

3. В согласии с [3] под материалоемкостью будем понимать показатель расхода материальных ресурсов (т.е. предметов труда; исходного сырья, материалов, комплектующих изделий, топлива, энергии и т.п.) и средств труда: машин, оборудования, приборов и т.п.), необходимых для производства единицы какой-либо продукции.

Для наших целей общие затраты материальных ресурсов R удобно отнести к полезной работе W , выполняемой машиной в течение всего срока ее службы. Тогда материалоемкость M всей отрасли машиностроения будет равна:

$$M = R/W = (R_0 + \sum R_i) / \sum N_i \eta_i P_i T_i, \quad i = 1, \dots, S, \quad (1)$$

где R_0 - общие затраты ресурсов на отрасль (на строительство, инфраструктуру и т.п.); R_i - затраты ресурсов на i -й тип двигателя; N_i - количество двигателей i -го типа с коэффициентом полезного действия η_i , мощностью P_i и средним сроком службы T_i .

Материалоемкость может измеряться в натуральных единицах (что неудобно) или в стоимостном выражении (что удобно, но трудно осуществить) на джоуль. Для оценки качества отдельного двигателя часто берут более простую (техническую) меру - отношение его массы к мощности, или обратную величину - *энергоёмкость* [Вт/кг].

4. Микроминиатюризация изделий позволит также уменьшить размеры станков и предприятий в целом, сократить объемы строительства и энергопотребления и решить проблему выбросов вредных веществ (их станет меньше и их источники могут быть локализованы [4]).

Появление легких и компактных электродвигателей может существенно сократить потребность в применении на транспорте двигателей внутреннего сгорания - одного из основных загрязнителей атмосферы.

И самое главное, переход к новому экологичному конструкторско-технологическому базису ведет к *избавлению Человека от диктата машин* и необходимости приспосабливать себя и окружающую Природу к бездушному миру примитивных машин-монстров (см.рис.1, п.5).

Итак, снижение материалоемкости электродвигателей играет ключевую роль и для самого машиностроения, и для экологии в целом.

Все это позволяет отнести резкое снижение материалоемкости электродвигателей к числу важнейших проблем современности.

1. Экологичный конструкторско-технологический базис

1. Выше было указано на жизненную необходимость незамедлительного перевода машиностроения на новый (высокоэкологичный) конструкторско-технологический базис - полный антипод существующего (природо-разорительного) по всем своим основным свойствам (см. таблицу).

Все приведенные в таблице свойства прямо или косвенно характеризуют воздействие технических средств на Человека и Природу.

Микроминиатюризация в сочетании с интегральными технологиями позволяет в едином технологическом процессе создавать в небольшом объеме огромное число элементарных устройств. Это резко уменьшает как расход материалов (в том числе дорогих, дефицитных и токсичных), так и требуемые производственные площади. И, что весьма важно, уменьшение размеров рабочего тела машин дает возможность существенно повысить рабочую частоту, а значит, и их мощность P_1 .

Переход к применению систем машин позволяет избавиться от необходимости строить машины-гиганты, гибко наращивать и распределять мощности, избегать крупных аварий и т.п.

Рост долговечности, надежности и живучести машин увеличивает время их полезной работы T_1 и тем уменьшает их материалоемкость.

Прецизионность в сочетании с микроминиатюризацией позволяет создавать эффективные роботизированные технологии, делает ненужными сложные и громоздкие механизмы привода и т.п.

Универсализация и специализация перестают противостоять друг другу и сливаются в единое направление. Универсальные средства всегда готовы к применению, но у них низкий к.п.д.; у специализированных к.п.д. высок, но их широкое применение связано с большими капитальными затратами. Сочетание достоинств этих двух направлений (достигаемое путем программной изменяемости функциональных свойств) позволяет существенно уменьшить материалоемкость. Достижению этого сочетания способствует расширение диапазона мощности машин и особенно применение программно настраиваемых (гибких) технологий. Заметим, что такие технологии оказывают преобразующее влияние и на рынок, превращая его из рынка товаров в рынок заказов. При этом уменьшаются потери произведенных впрок товаров, отпадает нужда в складировании огромных запасов готовой продукции и т.д. [1].

Все свойства, приведенные в колонке В таблицы, хорошо сочетаются друг с другом и все вместе образуют тот конструкторско-технологический базис, переход на который может позволить на несколько порядков уменьшить пагубные воздействия машин на Человека и Природу.

Т а б л и ц а

N	Основные свойства конструкторско-технологического базиса	Фазы развития антропосферы:	
		техносферная (А)	ноосферная (В)
1	Взаимоотношения Человека и Машины	<i>диктат машин: деградация Человека и Природы; нанесение им вреда в частых авариях</i>	<i>диктат разума: полный контроль над машинами; их дружелюбность, безаварийность</i>
2	Экологичность Материалоемкость Микроминиатюризация	<i>низкие (на порядки ниже, чем у живых существ)</i>	<i>высокие (сравнимые с "конструкциями" живой природы)</i>
3	Основной тип технологии	<i>конвейерный</i>	<i>интегральный</i>
4	Основной путь повышения производительности	<i>рост мощности отдельных машин</i>	<i>рост мощности систем машин</i>
5	Надежность и живучесть Долговечность Прецизионность Диапазон мощности машин	<i>ограниченные</i>	<i>практически неограниченные</i>
6	Сочетаемость универсализации и специализации	<i>универсализация или специализация</i>	<i>универсализация и специализация</i>
7	Перенастройка функций и переход на новый вид машин и технологий	<i>долгие и многозатратные (аппаратные)</i>	<i>быстрые и малозатратные (программные)</i>

2. Интегральные технологии в вычислительной технике

1. При выявлении конструктивных идей, способных привести к появлению желаемых свойств в машиностроении, естественно опереться на опыт развития вычислительной техники, в которой нечто подобное произошло на наших глазах. (Заметим, что формула (1) может быть распространена и на вычислительную индустрию, если мощность измерять в операциях в секунду, работу - в операциях, а за к.п.д. принять долю алгоритмических операций от их общего числа.)

Начальный период развития вычислительной техники, апогеем которого явились огромные, маломощные и капризные машины-монстры серии IBM 360/370 (и ее аналог ЕС ЭВМ), достаточно полно соответствует нынешнему состоянию механики (см. колонку А таблицы).

Современное состояние вычислительной техники, определяемое господствующим положением настольных персональных и многопроцессорных супер-ЭВМ, по ряду свойств уже соответствует желаемому (см. колонку В таблицы), а по другим имеет тенденцию приближаться к ним.

2. Самое главное, что сполна окупает огромные затраты на разработку и промышленное освоение интегральных технологий в вычислительной технике, - это *двойной выигрыш в мощности*, получаемый благодаря возможности сочетания двух факторов: *повышения рабочей частоты и совместной работы большого числа элементарных вычислительных устройств*, создаваемых в едином технологическом акте.

Потенциальные возможности этих двух факторов различны. Число устройств может быть (в принципе) сколь угодно большим, а у рабочей частоты имеется вполне определенный предел, обусловленный как физическими, так и техническими причинами. (отводом тепла, временем распространения сигнала, помехоустойчивостью, надежностью и т.п.).

3. Конструктивные подходы, наиболее хорошо сочетающиеся с интегральной технологией и микроминиатюризацией и другими желаемыми свойствами (см. колонку В таблицы), в концентрированной форме выражены в выдвинутой еще 30 лет назад идее вычислительных сред и систем [5-7].

В основе этой идеи лежат три принципа: *параллельности* (счет ведется путем согласованной одновременной работы большого числа элементарных машин (элементов среды)); *однородности* (все элементы среды одинаковы, обладают одними и теми же функционально полными наборами выполняемых операций (автоматных и коммутационных) и размещены в узлах однородной структуры связей); *программной изменяемости свойств* (каждый элемент среды может быть программно настроен на выполнение любых операций из имеющихся наборов).

3. Интегральные технологии в электромашиностроении

1. Актуальность применения интегральных технологий для производства электродвигателей зависит прежде всего от решения главного вопроса: какими именно преимуществами по сравнению с одним двигателем будет обладать (сопоставимое с ним по объему или по массе) множество микродвигателей того же типа? Словом, нужно ответить на тот же вопрос, что и для вычислительной техники, где, как указывалось выше, имеет место двойной эффект: за счет роста и рабочей частоты и числа параллельно работающих микромашин, каждая из которых (при одинаковой частоте работы) равна по мощности большой машине.

В электромашиностроении у каждой из N микромашин, размером в $1/N$ объема одной машины и мощность будет составлять $1/N$ ее мощности (конечно, при одной и той же частоте их работы). То есть у электродвигателей выигрыш может быть получен только за счет увеличения их рабочей частоты. Но поскольку рабочая частота не может быть выше собственной, а у индуктивных двигателей и у монокристаллических пьезоэлектрических двигателей она мала, то для них применение интегральной технологии не имеет большого смысла [8].

2. Для заметного увеличения собственной частоты необходимо прежде всего уменьшить вес и размеры рабочего тела двигателя. Именно это и достигается в пленочной электромеханике. Как показали расчеты и экспериментальные исследования, рабочая частота пленочных двигателей может быть поднята до 5 килогерц, что в 100 раз выше обычно используемых частот в индуктивных двигателях [9].

Итак, свойства пленочных электродвигателей делают вполне реальным применение интегральной технологии в машиностроении.

3. Для применения технологии интегрального типа в электромашиностроении нужно прежде всего найти такие физические принципы и конструкторские решения, которые позволили бы сокращать размеры двигателей (вплоть до микроминиатюрных) при одновременном увеличении их энергоемкости. Как мы уже говорили, для этих целей мало пригодны индуктивные и керамические пьезоэлектрические (вибрационные) двигатели, занимающие сейчас господствующее положение в электромашиностроении (рис.2). В то же время емкостные пленочные двигатели (почти полностью игнорируемые промышленностью) как раз и обнаруживают уникальную способность к микроминиатюризации, которая сочетается с высокой энергоемкостью, надежностью и прецизионностью [8,9]. Поэтому на них-то и следует делать ставку в дальнейшем.

4. На рис.2 для индуктивных и пьезоэлектрических двигателей указаны значения параметров, взятые из конкретных реализаций, а для пленочных

двигателей (элементов среды) указаны лишь ориентировочные границы 1. Вызвано это тем, что у пленочных двигателей почти вся масса приходится на подложки, толщина и материал которых может заметно варьироваться. Конкретная реализация элемента моторной среды определяет и энергоёмкость всей среды (см. п.1). Словом, из каждой точки области 1 исходит в область 2 горизонтальная прямая, каждая точка которой соответствует числу элементов среды.

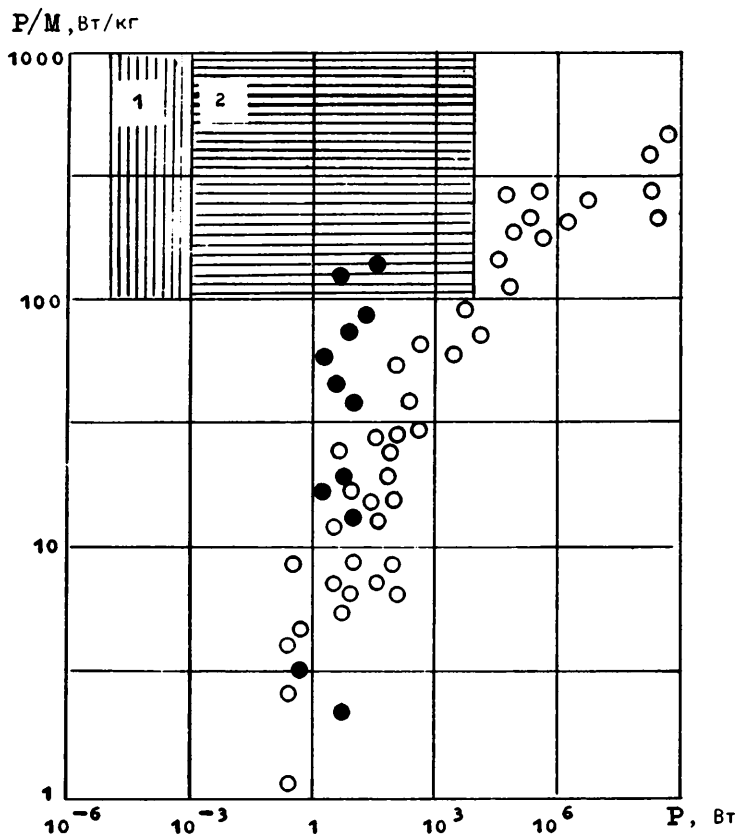


Рис.2 Энергоемкости индуктивных (\circ), пьезоэлектрических (\bullet) и пленочных емкостных двигателей (генераторов). 1 - элементарные двигатели; 2 - моторные среды; P- мощность, M - масса

4. Моторные среды

1. Уникальность свойств пленочных двигателей (см.рис.2) проявляется не только в области малых и сверхмалых мощностей и размеров. Они могут конкурировать с индуктивными и монокристаллическими пьезоэлектрическими двигателями и в области средних и больших мощностей. Имеются два взаимодополняющих пути повышения их мощности (см. разд. 2,3).

Первый путь состоит в повышении рабочей частоты (*вибрационный принцип*). Это наиболее простой и дешевый способ повышения мощности. И, что весьма важно, *рост мощности при этом сопровождается пропорциональным ростом энергоемкости*. Возможности увеличения мощности этим путем ограничены собственными резонансными частотами двигателей, а при их повышении за счет микроминиатюризации предельно достижимые значения мощности определяются такими физическими факторами, как отвод тепла, надежность и т.п. Вибрационный принцип широко используется в пьезоэлектрических двигателях [10].

Второй путь состоит в увеличении числа одновременно по единой программе работающих устройств (*принцип параллельности*). На его основе можно получить потенциально *сколь угодно большое увеличение суммарной мощности при той же величине энергоемкости*.

2. Принцип параллельности достаточно полно исследован применительно к средствам вычислений (см. разд. 2). Он дает наибольший эффект в сочетании с двумя другими принципами: однородности и программной изменяемости структуры. На микроуровне это привело к идее однородных вычислительных сред [7], а на макроуровне - к идее однородных высокопроизводительных вычислительных систем [5,6].

3. Аналогично можно говорить и о моторных средах [8]. Под моторной средой будем понимать объединенную в однородную структуру совокупность одинаковых элементарных двигателей, каждый из которых обладает набором механических функций, способен программно настраиваться на любую из них и выполнять ее одновременно со всеми остальными элементами среды.

4. Естественно, что в конкретных предназначенных для промышленного выпуска моделях пленочных моторных сред должны соблюдаться строго определенные соотношения между механическими и электрическими параметрами и учитываться их предельные характеристики [9]. Именно для установления этих соотношений и потребовались многолетние теоретические и экспериментальные исследования, в результате которых была создана теория электромеханических явлений, разработаны методика и пакет программ для инженерных расчетов [8,9].

5. Весьма перспективным для пленочных емкостных двигателей является использование явления наката (рис.3) [8,9]. При подаче напряжения между покрытым изолирующим слоем неподвижным основанием и прикрепленным к подвижной платформе пленочным лепестком, лепесток под действием электростатических сил расплывается на основании и тем самым перемещает платформу на один шаг. При снятии напряжения лепесток под действием сил упругости "отлипает", скользит по основанию и принимает исходное положение.

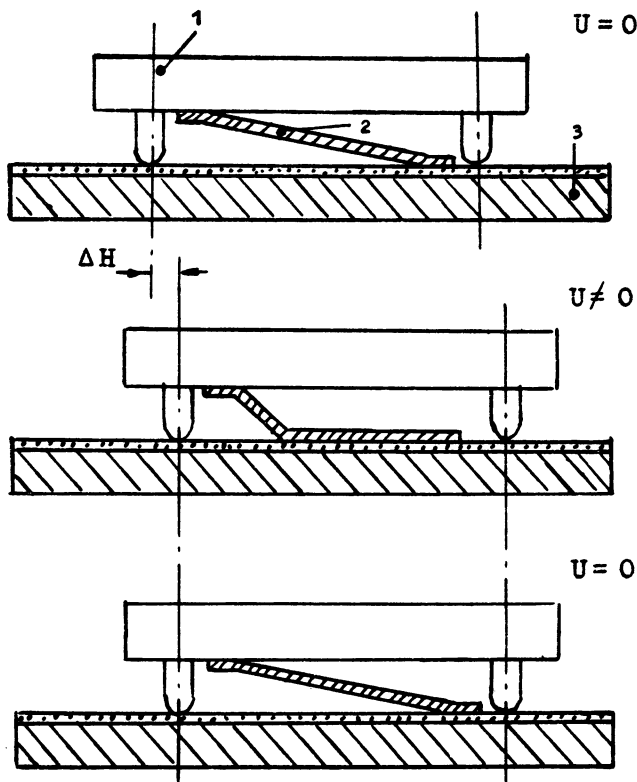


Рис.3. Иллюстрация принципа действия пленочного емкостного двигателя. 1 - подвижная платформа; 2 - пленочный лепесток; 3 - неподвижное основание, покрытое изолирующим слоем. U - разность потенциалов между лепестком и основанием; ΔH - шаг перемещения

6. Этот тип двигателей позволяет достичь той же рекордной точности перемещения порядка долей ангстрема, что и для пьезоэлектрических двигателей [10]. Такая высокая точность (помимо собственного трудно переоценимого значения) является одной из важнейших предпосылок для объединения таких двигателей в совокупность согласованно работающих устройств - пленочную моторную среду (рис.4) [8].

7. Близость свойств моторных и вычислительных сред и их взаимная дополнительность позволяют поставить вопрос о их совместном изготовлении в рамках общей интегральной технологии.

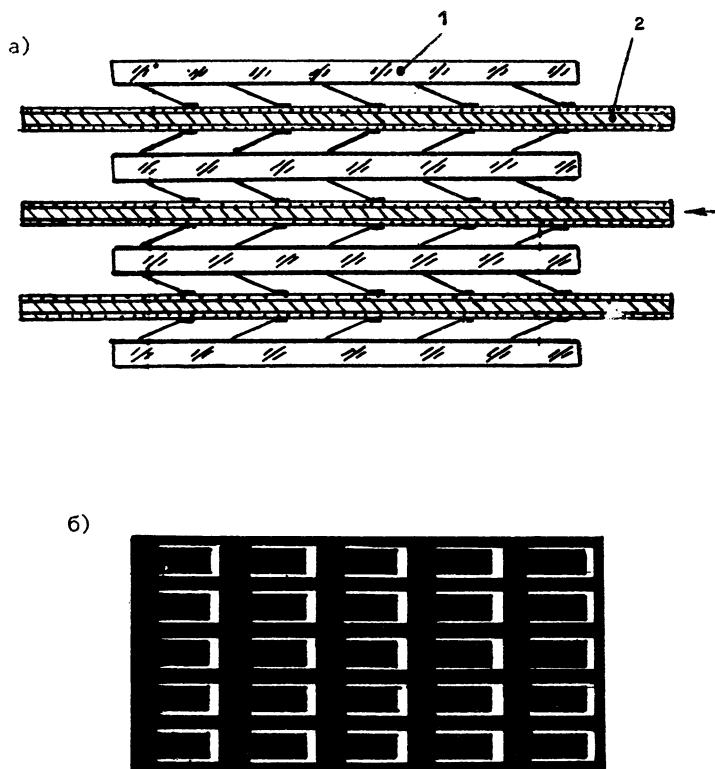


Рис.4 Пример пленочной емкостной моторной среды. а) Поперечный разрез: 1 - статорные пластины; 2 - роторные пластины. б) Вид статорной пластины сверху. Стрелкой показано направление движения роторных пластин относительно статорных

5. Особенности конструирования машин на основе моторных сред

Переход от господствующей в настоящее время в машиностроении парадигмы к новому конструкторско-технологическому базису потребует и принципиально новых подходов и решений в области конструирования электрических машин. Укажем на некоторые из них.

1. Общие свойства:

- *Распределенность.* Низкая цена и малые размеры чипов электро-механической среды, изготавливаемых с помощью интегральной технологии, делают оправданным использование вместо одного мощного двигателя определенного числа (в принципе, довольно большого) согласованно работающих двигателей. Например, вместо одного мощного насоса, вынужденного создавать высокое давление на входе для преодоления сопротивления всей магистрали, появляется возможность установить насосы по всей магистрали. При этом может быть снижена не только требуемая суммарная мощность, а и материалоемкость труб (благодаря уменьшению давления на входе).

- *Программное изменение функциональных свойств.* Возможность программно управлять моторной средой позволяет включением и выключением тех или иных ее элементов, а также изменением частоты их работы гибко изменять мощность, направление и скорость перемещения роторов относительно статоров и т.п.

- *Взаимозаменяемость, надежность и живучесть.* Однородность среды (т.е. одинаковость всех ее элементов и одинаковая структура связей между ними) позволяет без особых дополнительных затрат изготавливать с помощью интегральной технологии такое число элементов среды, какое необходимо для гарантированного выполнения требуемых функций при выходе отдельных элементов из строя (как в процессе их изготовления, так и в ходе эксплуатации).

- *Замена исходных вращательных и непрерывных движений поступательными и дискретными.* Словом, вид движения, присущий индуктивным двигателям, заменяется на свойственный пленочным емкостным двигателям. Если ранее конструктивные решения надо было приспособлять к двигателям вращения и для сообщения объекту поступательного движения требовались дополнительные преобразователи, то шаговые двигатели могут непосредственно сообщать объекту как поступательное, так и вращательное движение (например, путем расположения элементов среды по окружности вала ротора).

- *Использование моторных сред совместно с вычислительными и рецепторными* [8]. Это весьма перспективное направление носит настолько всеохватывающий характер, что требует отдельного обсуждения.

2. *Применение конструкций, заимствованных у живой природы.* Пленочные электродвигатели по своим характеристикам (энергоемкости, микроминиатюрности и т.д.) вплотную приблизились к уровню, достигнутому живой природой. Это открывает возможность создавать на основе моторных сред ряд новых конструкций:

- *Движители, способные гибко изменять свою форму* (подобно коже дельфина, хвосту рыбы, крылу птицы, телу червя и т.п.) и тем самым устранять турбулентную составляющую сопротивления среды (воды, воздуха, грунта и т.п.).

- *Искусственные внутренние органы, способные выполнять те же функции, что и сердце, сосуды, желудок, кишечник и т.п.* Эти конструкции могут представлять интерес как в медицине, так и в различных областях техники.

- *Искусственные конечности* могут оказаться незаменимыми не только для инвалидов, а и для производственных и исследовательских процессов в качестве высокоточных и удобных манипуляторов; и т.д. и т.п.

3. *Применение в информационной области.* Матричная форма и другие свойства пленочных моторных сред (возможность достижения как высокой разрешающей способности и необходимой цветовой гаммы, так и достаточной скорости срабатывания) делают их конкурентоспособными в области средств отображения информации (табло, пульта и панели управления, телеэкраны) с индуктивными двигателями (по стоимости, весу, надежности, расходу энергии и т.д.), с устройствами на жидких кристаллах (по диапазону рабочих температур), а также с электронно-лучевыми трубками (по отсутствию вредных излучений).

4. *Создание прецизионных устройств:*

- *Исключение промежуточных элементов привода* благодаря возможности размещать двигатель в непосредственном контакте с инструментом (движителем), что позволит уменьшить размеры роботов и одновременно повысить их точность.

- *Высокоточные перемещения* (механизмы для протяжки лент, перемещения считывающих головок дисков и т.п.).

- *Изменение размеров отверстий мембран* (для управления ходом фильтрации растворов, сдвига точки натриево-калиевого равновесия и т.п.).

- *Создание оптических систем с программно-изменяемыми параметрами* (шаг дифракционной решетки, кривизна линзы и т.п.).

5. *Дистанционно управляемые затворы.* У пленочных емкостных устройств мощность тяги практически мало зависит от длины перемещения стержня. Это позволяет на основе пленочных моторных сред создавать простые, экономные и надежные дистанционно управляемые устройства для различного рода систем запоров, управления опасными процессами и т.д.

6. От диктата машин к диктату Природы

1. Переход от разрушающих Природу машин-монстров к машинам, созданным в соответствии с законами Природы, близким по величине материальности к живым организмам и способным к гармоничному взаимодействию с Человеком и Природой, неизбежно приведет к изменению облика всей современной цивилизации.

2. Человек и Природа избавятся от необходимости приспосабливаться к машинам (как к механическим, так и к вычислительным). Уйдет в небытие и порочная практика изучения с малолетства всяких новых типов "машинных грамотностей" (вроде программирования). Не нужно будет портить здоровье за высоковольтными излучающими экранами. Экраны с пассивным освещением, сделанные на основе пленочно-механических сред, будут меньше утомлять глаза, чем книги (благодаря возможности изменять цвет и размеры изображения).

3. Откроется возможность качественного выполнения механических работ во многих областях деятельности (строительство, сельское хозяйство, обработка сельхозпродукции, кулинария, фармакология, химия, генетика, медицина и т.д.), где сейчас Человек считается незаменимым и где вопрос о его замене машиной даже еще не ставился.

Появятся сеялки, комбайны и другие машины, размером и весом не превосходящие человека, с более высоким (чем у человека) качеством выполнения механических работ. Не надо будет уродовать природу созданием специальных сортов растений, кустарников и деревьев, удобных для машинной обработки; земля перестанет деградировать и расхищаться для нужд промышленности, прокладки новых дорог и т.п.

4. Мир микророботов-насекомых пока мало доступен воображению избранных. Между тем именно такие микророботы могут существенно повысить уровень экологических работ. С их помощью можно контролировать состояние почвы, растений и т.п. (и не по усредненным данным, а в каждой из точек, в том числе и в недоступных сейчас); активно влиять на складывающиеся неблагоприятные локальные экологические ситуации; устранять вредных насекомых и помогать полезным; опылять растения независимо от погоды и т.д. и т.п. Наконец, микророботы могут в корне изменить медицину, где станет нормой внутриточечное лечение (как терапевтическое, так и хирургическое).

5. В общем можно сказать, что те грандиозные изменения в вычислительной технике, которые произошли благодаря микроэлектронике - это только начало глубоких изменений во всех трех основных областях современной техники: информатике, машиностроении и энергетике.

7. Состояние исследований

1. Важность работ в области микромеханики находит все большее понимание в Японии и США, где на эти цели выделяются крупные ассигнования в рамках общенациональных программ. (В Японии - 167 млн. долларов на 10 лет, в США - около 5 млн. долларов ежегодно [11].) При этом, как можно понять из имеющихся публикаций, основные усилия в этих странах направляются на разработку микроминиатюрных двигателей. Каких-либо сведений о работах по созданию структур, аналогичных моторным средам, нам пока обнаружить не удалось.

2. У нас в стране работы по пленочной механике ведутся с 60-х годов в специально созданной для этих целей в Отделении вычислительной техники Института математики Сибирского отделения АН СССР Лаборатории пленочной электромеханики, которая с самого начала была ориентирована на создание средств электромеханики, способных эффективно взаимодействовать с вычислительными средами [5-7]. Поэтому в разработках сотрудников лаборатории (иногда подспудно) проявлялась нацеленность на создание структур, которые подобно вычислительным средам обладали бы конструктивной однородностью, программной изменяемостью свойств и могли бы обеспечить параллельную работу большого числа устройств.

3. Это произошло прежде всего в стремлении рассматривать создаваемые устройства не только как нечто отдельное и автономное, а как элементы однородной моторной среды. Поскольку такой подход является более общим, так как он включает в себя и создание отдельных микродвигателей, то это дает основание утверждать, что будущее в двигателестроении принадлежит именно данному направлению и что это направление по созданию моторных сред должно неизбежно сомкнуться с разработкой двух других видов сред: вычислительной и рецепторной (сенсорной) и образовать единое направление по созданию более сложного вида среды - *роботронной*. (Вопрос о применении пленочных моторных сред в робототехнике требует отдельного рассмотрения, что авторы и собираются сделать в очередной публикации.)

4. *Итак, состояние научных, конструкторских и технологических разработок позволяет приступить к созданию компактных, экологичных автоматизированных линий для интегрального производства пленочных электродвигателей и тем самым подвести под одну из главных природоразрушительных сил - машиностроение - эффективный и высокоэкологичный технический базис. Все это порождает надежду на преодоление надвигающегося экологического кризиса.*

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. КОСАРЕВ Ю.Г. Методологические основы построения ноосферы. Общие предпосылки. - Новосибирск, 1989.- 38 с. (Препринт/АН СССР. Сиб.отд-ние. Институт математики; № 38).
2. ИЛЬИНСКИЙ Н.Ф. Основы теории, исследование и разработка электроприводов по системе источник тока-двигатель.-Автореф. дис....д-ра техн.наук: 05.09.03.- М., 1978.- 48 с.
3. Политехнический словарь / Редкол.: А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др.- М.: Сов.энциклопедия, 1989.- 656 с.
4. Технология СБИС. Т.1./Под ред. С.М.Зи. - М.: Мир, 1986. - 400 с.
5. ЕВРЕИНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. О возможности построения вычислительных систем высокой производительности.-Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962.- 40 с.
6. ЕВРЕИНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. - Ново-сибирск: Наука, Сиб.отд-ние, 1966. - 308 с.
7. ЕВРЕИНОВ Э.В. О микроструктуре элементарных машин вычислительной системы //Вычислительные системы, вып.4.- Новоси-бирск, 1962.- С.5-28.
8. ДЯТЛОВ В.Л. Электростатические устройства и машины из тонких пленок, Электромеханические среды //Пленочная электро-механика.- Новосибирск, 1989.- Вып.131: Вычислительные системы. - С.3-33.
9. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ПОТАПОВ Б.С. Электромеха-нические емкостные среды в интегральном исполнении // Настоя-щий сб.- С. 19-44.
10. ЛАВРИНЕНКО В.В., КАРТАШЕВ И.А., ВИШНЕВСКИЙ В.С. Пьезо-электрические двигатели.- М.: Энергия, 1980.- 112 с.
11. Очень маленькие машины за очень большие деньги. На пу-ти к созданию микророботов-хирургов, оперирующих внутри орга-низма // За рубежом.- 1990.- № 50(1587).- С.20.

Поступила в ред.-изд.отд.

11 октября 1991 года