

УДК 621.318.51:517.927:519.62

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЛЕНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

В.Л.Дятлов, С.И.Фадеев

Пленочная электромеханика берет свое начало с работ по созданию микроскопических коммутационных элементов вычислительных систем и сред высокой производительности [1,2], проводимых в 60-х годах в Институте математики СО АН СССР. Теперь пленочная электромеханика как значительная часть микромеханики [3,4] начинает занимать одно из основных мест в проблемах создания систем автоматизации и механизации производства, наряду с микроэлектроникой и оптоэлектроникой.

В основе устройств микромеханики лежат структуры, включающие в себя подвижные микроскопические элементы или пленки, которые взаимодействуют с электрическим или магнитным полем, светом, теплом, а также газом, жидкостью, твердым телом.

В основе устройств современной пленочной электромеханики лежат емкостные структуры, включающие в себя подвижные микроскопические элементы или пленки, которые взаимодействуют с электрическим полем [5-7].

Как известно [8], современные системы автоматизации и механизации работ включают в себя следующие устройства: исполнительные (двигатели и т.д.), управляющие (задающие копирующие механизмы, преобразователи координат и т.д.), информационные (датчики, системы отображения информации, преобразователи и хранители информации и т.д.), вычислительно-логические (микропроцессоры, элементы ввода, вывода и преобразования информации, диалоговые системы общения; человек - ЭВМ и т.д.). До последнего времени технический уровень совершенства этих устройств остается различным. Если благодаря развитию микроэлектроники в вычислительно-логических устройствах за последние десятилетия произошли огромные изменения, то многие компоненты других устройств в своей основе остались на уровне техники прошлого века или предвоенных лет (элект-

рические, пневматические и гидравлические двигатели, телевизионные системы с электронно-лучевыми трубками, многие датчики и т.д.). Эти компоненты не удовлетворяют возросшим требованиям по размерам, надежности, цене, энергоемкости и т.д.

Габариты элементов ввода, вывода и преобразования информации больше габаритов микропроцессора [8]. Стоимость датчиков, преобразователей и элементов сопряжения превышает стоимость микропроцессора [4].

Энергоемкость (отношение полезной работы за рабочий цикл к объему, весу) современных двигателей приблизительно в 100 раз ниже, чем энергоемкость мышц высших животных [7]. В этой связи роботы имеют габариты больше, чем обслуживаемые ими станки. Большая инерционная масса подвижных элементов роботов затрудняет выполнение работ с высокой точностью. Большой вес двигателей не позволяет создать эффективные транспортные роботы [8].

Работа у дисплеев с электронно-лучевой трубкой, по мнению программистов, вредна для зрения и т.д.

Последние достижения в микромеханике позволяют продолжить качественные изменения всего комплекса устройств автоматизации и механизации производства, начатые микроэлектроникой в вычислительно-логических устройствах благодаря следующим обстоятельствам.

1. Размерные физические эффекты в структурах микромеханики: значительное увеличение механических напряжений в тонких пленках и электрических полей в тонких диэлектрических пленках и малых зазорах при достаточной механической и электрической долговечности; увеличение гибкости тонких пленок; увеличение скорости теплообмена микроэлементов и тонких пленок; безотрывное обтекание подвижных микроэлементов в газе или жидкости и т.д. позволяют значительно улучшить различные параметры механических и электромеханических устройств [7].

2. Стали доступными материалы, которые, как теперь совершенно очевидно, необходимы для создания устройств микромеханики: металлические и полимерные пленки микронной толщины, монокристаллический кремний и т.д.

3. Прецизионная и групповая планарная технология, заимствованная в микроэлектронике, позволяет получать воспроизводимые, надежные и дешевые и в то же время, при необходимости, сложные механические устройства [4].

4. Размерные физические эффекты наиболее сильно проявляются при приближении размеров микроскопических подвижных элементов к

размерам крупных молекул. Это дает ориентацию в создании микромеханических устройств, подобных органам осязания, обоняния, вестибуляции и движения животных.

Нетрудно видеть, что в микромеханике используют мощные физические и технологические факторы развития микроэлектроники. Но не только они начинают играть большую роль в этой области. Прежде всего следует отметить возникшую тенденцию широкого использования в микромеханике в качестве активных элементов тонких высокомолекулярных органических пленок [9], а в перспективе и молекул высокомолекулярных соединений.

Если еще 5-10 лет назад было возможно приведение перечня конкретных достижений практически во всех областях микромеханики [3, 10, 11], то теперь эта задача в пределах краткой статьи становится невыполнимой. В этой связи можно лишь заметить, что в США в настоящее время в области микромеханики работают более 10 фирм и создана одна специализированная (Transaplogy Devices) [4]. Ниже мы остановимся только на последних достижениях в области пленочной электромеханики.

Механоэлектростатические эффекты

Известно [12], что энергоемкость классических емкостных (электростатических) машин на два-три порядка меньше энергоемкости классических индуктивных (электромагнитных) машин. Энергоемкость классических индуктивных машин при выполнении магнитопроводов из обычных электротехнических сталей не превышает $1-4 \text{ дж/кг}$ [7, 12]. Учитывая распространенность индуктивных машин, можно говорить, что создание любых даже примитивных двигателей или генераторов с энергоемкостью, большей, чем у индуктивных машин, заслуживает внимания. Мы будем говорить об механоэлектростатическом эффекте в том случае, если емкостная машина имеет энергоемкость, равную или большую 1 дж/кг .

В результате исследований в лаборатории пленочной электромеханики Института математики СО АН СССР было установлено, что механоэлектростатический эффект имеет место по крайней мере в трех различных пленочных емкостных структурах.

I. В структуре, состоящей из двух одинаковых полимерных металлизированных пленочных лент, скрепленных двумя своими концами и разведенных двумя другими концами на некоторое расстояние. Металлические слои при этом расположены так, чтобы между ними оста-

вался один или два слоя полимерной изоляции. При полимерном материале лент - полиэтилентерефталате, окружающей среде - сухом воздухе и при электрическом поле $5 \cdot 10^7$ в/м, меньшем поля начальных частичных разрядов (т.е. при условии высокой электрической надежности), энергоемкость такой структуры составляет: при полимерных пленках толщиной 3,5 мкм - 17 дж/кг; 6 мкм - 16 дж/кг; 8 мкм - 14 дж/кг [5]. В вакууме энергоемкость этих структур может быть увеличена приблизительно в 4 раза [6].

2. В структуре в виде емкостного пакета с волнообразно деформированными пленками микронной толщины (при условии сжатия пакета), в которой достигнута энергоемкость около 1 дж/кг (при газовой среде в зазорах - сухом воздухе) [13].

3. В структуре плоского конденсатора с колеблющейся промежуточной пленкой, которая приводится в движение в результате периодического изменения ее потенциала в условиях резонанса или автоколебаний [7,14]. В этом случае, благодаря периодическому сжатию газа в зазоре или упругим ударам подвижной пленки об обкладки, возникает давление (кинетическое давление), направленное против электростатического давления. Кинетическое давление в большей мере зависит от величины потерь энергии при движении промежуточной пленки или при ее ударе об обкладки, чем от величины электрического поля конденсатора и может во много раз превышать электростатическое давление, если кинетическая энергия подвижной пленки будет много больше кинетической энергии, получаемой пленкой, при одном ее проходе зазора конденсатора. Соответственно может быть высокой и энергоемкость рассматриваемой структуры. Так, например, в условиях удара в вакууме энергоемкость в расчете на вес подвижной пленки оказывается порядка величины упругой энергии сжатия вещества этой пленки, которая, как известно [15], составляет 10^3 дж/кг.

Из приведенного рассмотрения механоэлектростатических эффектов видно, что в пленочной электромеханике появились результаты, которые показывают возможность решения проблемы увеличения энергоемкости универсальных электрических двигателей в 10-100 раз.

Замена электромагнитных двигателей пленочными электростатическими в электрооптике

В оптических затворах, фильтрах переменной плотности, модуляторах, индикаторах применяют электромагнитные двигатели в тех

случаях, когда необходимо обеспечить минимальные потери света в открытом состоянии и максимальные - в закрытом. В связи с тем, что практически во всех этих приборах применяют маломощные электромагнитные двигатели, они могут быть заменены маломощными электростатическими мембранными и лепестковыми двигателями [9, II, I6] или ленточными пленочными электростатическими двигателями, представляющими собой тонкую полимерную металлизированную ленту, которая под действием электростатических сил накатывается на неподвижный электрод [6, 9], или, наконец, пленочными многослойными емкостными пакетами с электрически изменяемой жесткостью [13]. Многочисленные исследования [4-6, 9, II, I3, I6] и практические разработки [9, I7, I8] показывают, что в этом случае электростатические двигатели снижают потребление энергии в 100 раз и одновременно уменьшают вес в 10 раз.

В этой связи особого внимания заслуживает проблема создания систем отображения крупномасштабной информации, работа которых основана на принципе изменения цвета, а не изменения яркости света. Такое видимое отражение информации более естественно воспринимается глазом человека. В настоящее время для этой цели используют бленкеры, управляемые электромагнитами, которые, однако, не находят широкого применения. Использование пленочных электростатических индикаторов [9] для решения указанной проблемы позволит значительно улучшить экономические и эргономические характеристики систем отображения крупномасштабной информации и, по-видимому, позволит сделать их повсеместно доступными.

Результаты электрофизических исследований пленочных емкостных структур с подвижными пленками

Емкостные структуры устройств пленочной электромеханики, как правило, являются конденсаторами с двухслойным диэлектриком, один из которых - слой газа (жидкости), другой - слой твердого диэлектрика. Применение слоя газа необходимо для того, чтобы выполнить структуру с подвижными элементами. Применение же слоя твердого диэлектрика позволяет устранить короткое замыкание обкладок конденсатора структуры. Обычные рулонные пленочные конденсаторы [19] также имеют двухслойную изоляцию, поскольку при их намотке практически невозможно достичь полного прижатия пленок друг к другу. Поэтому в физике процессов в обоих случаях много общего.

Для решения центрального вопроса теории емкостных структур пленочной электромеханики - установления количественной взаимосвязи величин электрических полей (энергоемкости), параметров долговечности диэлектрических пленок и электрической стабильности, могут быть использованы и используются разделы теорий пробоя [20] и диэлектрического старения твердой изоляции [21], разработанные для рулонных конденсаторов. но при этом необходимо учитывать имеющееся между ними коренное отличие. Если в твердом диэлектрике, то в емкостных структурах рабочее поле - поле в слое газа (в рабочем зазоре). Если в конденсаторах изменение поля в газовых прослойках играет второстепенную роль, то в емкостных структурах - первостепенную, поскольку это поле определяет электростатические силы. В конечном итоге указанное отличие приводит к разному подходу к вопросам электрической стабильности. Более того, оказалось, что экспериментальные методики изучения электрофизических процессов в конденсаторах [20,21] непригодны для изучения электрической стабильности емкостных структур пленочной электромеханики.

В лаборатории пленочной электромеханики Института математики СО АН СССР были созданы оригинальные методики экспериментального исследования электрической стабильности пленочных емкостных структур с подвижными пленками [5,6,22,23]. Они основаны на измерении электростатических сил и емкости в некоторых специальных структурах. В результате многочисленных исследований указанных структур с твердой изоляцией из пленок монооксида кремния [22] и полиэтилентерефталатов [22,23] установлено, что релаксация электростатических сил имеет резко отличающийся характер при значениях электрического поля, меньших и больших поля некоторого определенного значения - поля порога релаксации. Если электрическое поле меньше поля порога релаксации, то релаксация сил практически отсутствует, если оно больше поля порога релаксации, то релаксация сил становится заметной. В [22] качественно установлено, что величина поля порога релаксации в основном зависит от количества влаги на поверхностях соприкасающихся при электростатическом накате пленок и электродов, и высказано предположение об электролитическом характере релаксации сил при поле, большем поля порога релаксации.

Разработанные в Институте математики СО АН СССР методики экспериментального исследования релаксации электростатических сил

[5,6,22,23] позволили достаточно просто определить важнейшие параметры емкостных структур - электрические поля пробоев сквозных и закрытых пор изоляции и поля начала частичных разрядов в рабочем зазоре (пробоев автоколебательного характера [20]). Определение этих значений электрического поля позволяет, как известно [21], установить электрическую долговечность изоляции емкостной структуры. При электрическом поле, превышающем значение поля начальных частичных разрядов, постоянная времени релаксации электростатических сил становится относительно малой (второй порог релаксации) [5,6,23]. Интересно при этом отметить, что при определенных условиях поле первого порога релаксации может практически стать равным полю второго порога релаксации [23]. Но создание указанных условий является трудной задачей из-за необходимости подбора изоляции и тщательного и длительного осушения пленок и электродов структуры.

В конечном итоге проведенные электрофизические исследования показали, что в емкостных структурах с подвижными пленками достигимы энергоемкость и долговечность рулонных конденсаторов при использовании знакопеременного напряжения управления, если релаксация сил заметная, и даже знакопостоянного напряжения, если релаксация сил незначительная.

Математическое моделирование в пленочной электромеханике

Математическое моделирование в пленочной электромеханике наряду с физическим моделированием является средством исследования изучаемых здесь явлений. Его эффективность определяется тем, насколько успешно решены две проблемы: проблема адекватности математической модели и явления и проблема анализа математической модели.

От математической модели требуется, по крайней мере, правильное предсказание характерных качественных особенностей взаимодействия пленок с электростатическим полем. Если описание равновесия пленок (динамическое или статическое), как правило, не вызывает затруднений, то описание электростатических сил, действующих на пленки, - достаточно трудная задача, если принять во внимание электрические процессы в диэлектрике, малость зазоров между электродами, неоднородности и так далее. Допустимость приближенных подходов нуждается в сопоставлении с физическим экспериментом. Здесь

типична ситуация, когда физический эксперимент относительно дешев. Стоимость численного эксперимента также невысока при наличии эффективных численных методов расчета модели. Разумные постановки задач математического моделирования в пленочной электромеханике формулировались в результате взаимодействия численного и физического эксперимента. В ряде случаев это позволило не только правильно описать поведение элементов конструкции, но и получить близкие к экспериментальным количественные характеристики.

Остановимся на некоторых особенностях математических моделей. Допустив, что микрозазор между электродами имеет геометрически идеальный вид, мы можем существенно упростить расчет электростатического поля при известной конфигурации электродов. Однако при этом сохраняется главное качество явления: малым перемещением пленок соответствуют большие изменения электростатических нагрузок. Это порождает "сильную" нелинейность в уравнениях равновесия пленок и исключает "тривиальные" приемы анализа. Численные методы должны учитывать возможность появления множественности решений в рассматриваемых здесь нелинейных краевых задачах.

Так, решая задачу статики для одной и той же разности потенциалов, можно указать две формы равновесия пленки (одна из них неустойчива), если разность потенциалов выбрана меньше критической, известной, как "напряжение срабатывания". Но для разности потенциалов больше критической стационарного решения не существует вообще. В задачах динамики появляется "пороговое" значение разности потенциалов, выделяющее область колебаний около устойчивого стационарного состояния. С аналогичными эффектами мы сталкиваемся при математическом моделировании в других областях естествознания: теория "теплового" взрыва, математические модели в биологии, множественность стационарных состояний в модели химического реактора, нелинейные колебания и так далее. Можно отметить актуальность проблемы множественности решений нелинейных краевых задач математической физики в настоящее время.

Рассмотрим идею численного решения подобных задач, предложенную в лаборатории численного исследования моделей в физике и машиностроении Института математики, на примере электростатического притяжения мембраны. Как уже отмечалось, в уравнении равновесия мембраны присутствует разность потенциалов - параметр, ответственный за существование и множественность решений. Оказалось, что если в формулировке задачи считать заданным не разность потенциалов, а

максимальный прогиб мембраны, то в этом случае всегда найдется только одно решение, включая и соответствующую разность потенциалов. При этом равноправно строятся как устойчивые, так и неустойчивые решения, в том числе и решение с критической разностью потенциалов. Таким образом, за счет выбора нового параметра задачи (как мы будем говорить, за счет параметризации) удалось избежать неприятного с вычислительной точки зрения явления бифуркации решений исходной постановки задачи.

Заметим, что единственное решение задачи о "тепловом" взрыве имеет место, когда за параметр взята температура в центре сосуда. В задачах о нелинейных колебаниях часто оказывается полезным задавать максимальную амплитуду. Именно так были исследованы колебания плоского конденсатора в газовой среде с подвижной промежуточной пленкой. Иногда при численном анализе множественности решений нелинейной краевой задачи приходится несколько раз менять параметризацию. Многие постановки задач по пленочной электромеханике и способы их численного решения приведены в работах [24-32].

Эффективность численного метода решения "параметризованной" задачи нами достигалась за счет использования методов сплайн-функций при дискретизации модели, т.е. приближения нелинейной дифференциальной краевой задачи конечномерной системы трансцендентных уравнений. К последней уже применимы известные итерационные процедуры типа простой итерации либо метод Ньютона. Отсутствие точек ветвления решений позволяет получать численное решение с погрешностью порядка аппроксимации.

Таким образом, с пленочной электромеханикой связан ряд интересных постановок задач математической физики, для исследования которых потребовались оригинальные численные методы, нашедшие применение и в других областях математического моделирования (например, каталитических реакций). Еще больший интерес вызывает проблема описания сред из элементов пленочной электромеханики - математических моделей компактных двигателей.

Л и т е р а т у р а

1. ЕВРЕИНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные системы высокой производительности. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1966. - 308 с.

2. ДЯТЛОВ В.Л. Некоторые требования к элементам вычислительных сред. - В кн.: Вычислительные системы. Труды I-й Всесоюзной конференции по вычислительным системам, вып.5. Новосибирск, 1968, с. 3-40.

3. ДЯТЛОВ В.Л., ФАДЕЕВ С.И. Пленочная электромеханика. - В кн.: Вычислительные системы. Вып. 58. Вычислительные системы и проблемы обработки информации. Новосибирск, 1974, с.100-110.

4. ПЕТЕРСЕН К.Э. Кремний как механический материал.-ТМЭР, т. 70, № 5, май 1982, с. 5-49.

5. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ПОТАПОВ В.С. Пленочные емкостные структуры с накатом обкладок. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 84). Новосибирск, 1981, с. 33-53.

6. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ПОТАПОВ В.С. Структуры М-Г-Д-М с подвижными пленками. - В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 96). Новосибирск, 1982, с. 3-23.

7. ДЯТЛОВ В.Л. Пленочная электромеханика - основа создания универсальных пленочных двигателей с высокой энергоемкостью. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 84). Новосибирск, 1981, с. 3-32.

8. ПОПОВ Е.П. Основные задачи развития элементной базы робототехники. -В кн.: Научные проблемы робототехники. М., 1980, с.5-11.

9. КОНЯШКИН В.В., ПОТАПОВ В.С., ЛУЦЕТ М.К. Пленочные емкостные структуры с электростатическим приводом для устройств отображения информации и модуляции света. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 84). Новосибирск, 1981, с. 54-63.

10. ДЯТЛОВ В.Л., РОГАЛЕВ А.И. Электромеханические пленочные элементы. -В кн.: Вычислительные системы, вып. 49. Новосибирск, 1972, с. 132-146.

11. НАТАНСОН, ГОЛЬДБЕРГ. Тонкие пленки с топологической структурой в полупроводниковых устройствах. -В кн.: Физика тонких пленок. Том 8. М., Мир, 1978, с. 331-356.

12. ПОЛОТОВСКИЙ Л.С. Емкостные машины постоянного тока высокого напряжения. -М.-Л.: ГЭИ, 1960. - 154 с.

13. ДЯТЛОВ В.Л., ПЬЯНКОВ Ю.А., ХОРОМЕНКО А.А. Пленочные многослойные емкостные структуры с изменяемой жесткостью. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 96). Новосибирск, 1982, с. 62-65.

14. ДЯТЛОВ В.Л. Перспективы создания пленочных электростатических двигателей ВД высокой энергоемкости. -В кн.: Промышленные роботы и их применение в народном хозяйстве (сборник докладов Всероссийского научно-практического семинара, г.Новосибирск), 1981, с. 36-41.

15. Краткий физико-технический справочник. т.П. -М.: Физматгиз, 1962. - 164 с.

16. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ПОТАПОВ В.С. Модели пленочных электростатических элементов и стабильность их характеристик. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 66). Новосибирск, 1975, с. 3-20.

17. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ЛУЦЕТ М.К., ПОТАПОВ В.С. Маска для защиты органов зрения. Положительное решение по заявке № 3372118/29-12 (178940) от 15 июля 1982 г.

18. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ЛУЦЕТ М.К., ПОТАПОВ Б.С., ПЬЯНКОВ Ю.А. Противоослепляющее устройство. Положительное решение по заявке № 3498624/26-13 (154248) от 21 апреля 1983 г.

19. РЕННЕ В.Т. Электрические конденсаторы. Издание третье, переработанное. -Л.: Энергия, 1969. - 592 с.

20. КУЧИНСКИЙ Г.С. Высоковольтные импульсные конденсаторы. -Л.: Энергия, 1973. - 175 с.

21. КОЙКОВ С.Н., ШИКИН А.И. Электрическое старение твердых диэлектриков. -Л.: Энергия, 1968. - 186 с.

22. ПОТАПОВ Б.С. Вольт-фарадные характеристики емкостных структур пленочной электромеханики. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 95). Новосибирск, 1982, с. 24-53.

23. КОНЯШКИН В.В. Релаксация сил в пленочных емкостных структурах. -Там же, с. 54-61.

24. ФАДЕЕВ С.И., ЛУКЬЯНОВА Р.Г., ШВЕДОВА К.В. Расчет статических параметров механической модели пленочного электростатического реле. -В кн.: Вычислительные системы, вып.40, Новосибирск, 1970, с. 3-35.

25. НОВГОРОДЦЕВА Л.З., ФАДЕЕВ С.И. Исследование нелинейных колебаний струны под действием сосредоточенных сил. -В кн.: Вычислительные системы, вып. 56, Новосибирск, 1973, с. 84-100.

26. ФАДЕЕВ С.И. Численный метод решения одного интегрального уравнения типа Гаммерштейна в связи с расчетом характеристики пленочного электростатического реле. -В кн.: Вычислительные системы, вып. 50, Новосибирск, 1972, с. 3-29.

27. К расчету равновесия упругих конструкций, используемых в пленочной электромеханике /Киндалев Б.С., Лукьянова Р.Г., Фадеев С.И., Шведова К.В. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 66). Новосибирск, 1975, с.33-60.

28. ЛУКЬЯНОВА Р.Г., ФАДЕЕВ С.И. О численном решении краевой задачи, связанной с электростатическим притяжением мембраны. - Там же, с. 61-90.

29. НОВГОРОДЦЕВА Л.З., ПОТАПОВ Б.С., ФАДЕЕВ С.И. О динамике замыкания и размыкания контактов пленочного электростатического реле. -Там же, с. 41-101.

30. ДОРНИН В.П., ЛУКЬЯНОВА Р.Г., ФАДЕЕВ С.И. Численное построение всех решений краевой задачи для системы нелинейных дифференциальных уравнений. -В кн.: Методы сплайн-функций (Вычислительные системы, вып. 72). Новосибирск, 1977, с.99-114.

31. ФАДЕЕВ С.И. Об электростатическом притяжении пленочной металлизированной ленты. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 84), Новосибирск, 1981, с. 64-73.

32. ФАДЕЕВ С.И. Расчет характеристик многослойной пленочной емкостной структуры. -В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 95). Новосибирск, 1982, с.66-78.

Поступила в ред.-изд.отд.
21 ноября 1983 года