

6т8  
п44  
831999

ПОДВИЖНЫЕ  
ОПОРНЫЕ ЧАСТИ  
ТРУБОПРОВОДОВ  
И ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ

КИЕВ - 1976

СТ8  
П44

ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ  
И ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ  
(Аналитический обзор и исследования)

Под редакцией канд.техн.наук Д.А.Коршунова

Издательское объединение "Выща школа"  
Издательство при Киевском государственном университете

Киев - 1976

# Обязат. Экз.

Изложены результаты поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведенных в НИИСК Госстроя СССР при участии "Гипроспецгаза" Мингазпрома СССР и других организаций.

Собраны, классифицированы и проанализированы конструктивные решения подвижных опорных частей, предложенные, разработанные и применяемые при прокладке трубопроводов различного назначения. Рассмотрены преимущества и недостатки основных конструктивных решений. Дано научно-техническое обоснование выбора и приведены результаты исследований эффективных антифрикционных элементов. Описана новая конструкция подвижных опорных частей для трубопроводов большого диаметра и приведены результаты испытаний опытного образца.

Сборник рассчитан на научных работников, специализирующихся в области строительства магистральных и технологических трубопроводов и других инженерных сооружений, проектировщиков, а также аспирантов и студентов.

Отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: 252037 Киев-37, И.Клименко, 5/2, НИИСК.

Печатается по постановлению Редакционно-издательского совета Научно-исследовательского института строительных конструкций Госстроя СССР.

Редакция естественной литературы

Зав. редакцией Б.Н.Фляшников

II 30210-035  
M224(04)-76

831999

Чувашская республиканская  
библиотека  
им. М. Горького

(С) Издательское объединение "Вида школа", 1976

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Трубопроводный транспорт для газообразных, жидких и сыпучих продуктов во многих случаях наиболее эффективен. Поэтому магистральные и технологические трубопроводы являются одним из массовых типов инженерных сооружений. В зависимости от условий возведения и эксплуатации трубопроводы прокладывают под землей, на земле или над землей. Для труб, которые не укладываются в землю, необходимо специально обеспечивать возможность беспредметного перемещения трубы относительно основания. Для этого, как известно, используют подвижные опорные части различных конструкций. Подвижные опорные части применяют также для балочных конструкций других сооружений — мостов, эстакад, зданий и т.д.

Начиная с 1968 г. в НИИСКе выполняются обширные поисковые, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по опорным частям сооружений /научный руководитель Д.А.Коршунов, ведущий исполнитель В.И.Скуцкий/, в которых на отдельных этапах принимали участие различные лаборатории и ЭКБ института; ряд разработок и исследований проведен совместно с "Гипроспецгазом" при участии также треста Союзгазспецстрой и СКО ВНИИСТА. Основные результаты этих работ приведены в настоящем сборнике.

Сборник открывается статьей, содержащей детальный научно-технический обзор конструктивных решений опорных частей для трубопроводов различного назначения с выделением конструкций для магистральных трубопроводов. Показана устойчивая тенденция использования опорных частей скользящего типа с применением эффективных антифрикционных материалов. Эта тенденция уже давно проявляется в мостостроении.

Вторая статья посвящена обоснованию выбора для опорных частей различных строительных конструкций полимерного материала Фторопласт-4. На основании анализа литературных данных и резуль-

татов специально проведенных исследований разработана рациональная конструкция узлов скольжения и рекомендованы расчетные значения коэффициентов трения применительно к заданным условиям эксплуатации. Анализ такого обширного материала выполнен впервые, а результаты его предстают научный и практический интерес для различных отраслей строительства — не только для трубопроводов, но и мостов, а также зданий.

В третьей статье описана новая конструкция опорных частей для трубопроводов большого диаметра и приведены результаты испытаний опытных образцов, подтверждающие надежность принятого решения. Предложенная конструкция является наиболее эффективной и технологичной.

Самостоятельную научную и практическую ценность имеет приведенная в сборнике библиография. Перечень публикаций включает документы нормативного характера и литературу по конструкциям опорных частей и опыту их эксплуатации, по свойствам антифрикционных материалов и результатам исследований скользящих элементов. Впервые собрана обширная библиография изобретений, зарегистрированных в СССР, Англии, США, ФРГ и других странах, которые сгруппированы в зависимости от конструктивных решений. Использование этого материала облегчается наличием эскизов рассматриваемых конструкций, а также вспомогательных перечней — нумерационного, именного, организаций и фирм.

Основной целью сборника является предоставление проектировщикам и исследователям обобщенной информации по рассматриваемому вопросу, которая может быть использована как при выборе конкретных конструкций применительно к условиям отдельных сооружений, так и при дальнейшем совершенствовании конструктивных решений подвижных опорных частей.

Д. А. Коршунов

Д.А.Коршунов, канд.техн.наук  
В.И.Скуцкий, С.О.Конторович,  
А.С.Апарцев, инженеры

### ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

Нормы проектирования трубопроводных сооружений не содержат вовсе [14]<sup>1</sup> либо содержат весьма общие рекомендации [12] и относящиеся к опорным частям; то же относится и к справочной и инструктивной литературе. Стандартизация элементов опорных частей весьма ограничена [6-8], но имеется ряд ведомственных и межведомственных [16] нормативов, причем применение последних предусмотрено СНиПом [10]. На их основе выполнены более поздние разработки [24]. Аналогичное положение наблюдается и в зарубежных странах.

Разработаны и нашли применение, в основном, традиционные конструкции опорных частей скользящего (сталь по стали) и каткового типов. Исследования таких конструкций проводились в очень ограниченном объеме, а исследования технологических трубопроводов свидетельствуют о многочисленных дефектах эксплуатации опорных частей [84, 85]. Этот, хоть и не всегда положительный опыт эксплуатации, относится, в основном, к трубопроводам малых и средних диаметров до (0,6 м) и при небольших (не более 0,2 м) линейных перемещениях. Однако в трубопроводном строительстве, особенно магистральных трубопроводов, наблюдается устойчивая тенденция к увеличению диаметров труб. До недавнего времени применяли трубы диаметром 0,6-0,8 м, сейчас

<sup>1</sup> Вся библиография дана в отдельной статье настоящего сборника. См. В.И.Скуцкий "Подвижные опорные части. Антифрикционные материалы. Библиография".

прокладывают трубы диаметром 1,2-1,4 м, а в перспективе намечается прокладки из труб диаметром 2-2,5 м. Значительно увеличивается рабочее давление в трубопроводах. Возникает необходимо изыскивать новые схемы прокладки трубопроводов, как правило, без устройства компенсаторов обычного типа, обладающих рядом эксплуатационных недостатков. Соответственно ощущаются изменения требования к подвижным опорным частям. Традиционные конструкции таким требованиям не удовлетворяют.

Поэтому в последние годы как в нашей стране, так и за рубежом предложен ряд новых конструктивных решений подвижных опорных частей трубопроводов; аналогичные работы проводятся также в других отраслях строительства - для мостов и зданий. Причем мнение специалистов о рациональной области применения различных конструктивных решений еще не установлено, а правила проектирования опорных частей пока не разработаны. Специальная литература по опорным частям не издавалась и их конструкции описывалась только в отдельных разделах книг [120] и справочников [160] по трубопроводным сооружениям. Между тем, опорные части являются весьма ответственным элементом многих трубопроводных прокладок и разработка их требует специального внимания. Такого мнения придерживаются как отечественные [37], так и зарубежные [182] специалисты.

**1. Общие сведения.** В зависимости от назначения, местных условий, перспективного развития и т.д. трубопроводы укладываются под землей / при этом труба может быть уложена непосредственно в земле, либо в канале (туннеле) /; на земле /в этом случае труба может быть как открытой, так и обвалована грунтовой обсыпкой/ над землей на низких или высоких опорах. Надземная прокладка может быть балочной /на отдельно стоящих опорах или эстакадах/, а также /особенно при переходах через препятствия арочной, висячей и комбинированной /например: балочная прокладка на отдельно стоящих опорах с уклонением трубы шпренгелем/.

**Схемы прокладки.** При надземной балочной прокладке, а также при подземной прокладке в каналах необходимо, как правило, компенсировать продольные деформации трубы, вызываемые изменением температуры ее отенок и внутреннего давления. Обычно в некоторых местах трубу прикрепляют к основанию неподвиж-

с помощью анкерных спор и при проектировании учитывают деформации, которые накапливаются на участке между соседними анкерными опорами. Для компенсации этих деформаций используют различные способы (рис.1).

При прямолинейной прокладке посередине между анкерными опорами на трубе устанавливают специальные компенсаторы: сальниковые, линзовидные, П-образные и т.п. Однако для труб большого диаметра такие компенсаторы обычно непригодны. Поэтому в последние годы предложен ряд схем непрямолинейной прокладки с компенсацией деформаций за счет работы участков трубы на изгиб. Наиболее известны из них схемы с упругим изгибом трубы, в виде ломаной линии со сварными вставками в местах поворота /в том числе зигзагообразная прокладка/, с наклонным и олабоизогнутым компенсирующими участками. Естественно, что повороты трубы в плане и профиле, вызываемые условиями ее прокладки, также используют для компенсации продольных перемещений.

Таким образом, все рассмотренные прокладки требуют устройства опор, допускающих перемещение трубы относительно основания. Опоры трубопровода обычно включают несущую конструкцию и расположенную между этой конструкцией и трубой опорную часть. Конструктивные решения последних являются объектом настоящего обзора.

**Требования к опорным частям.** Подвижные опорные части должны выполнять одновременно несколько функций. Прежде всего, они передают усилия опорной реакции трубы на несущую конструкцию. Желательно, чтобы место приложения вертикальной составляющей опорной реакции не изменялось. В противном случае приходится усложнять решение несущей конструкции. Кроме того, конструкция опорной части должна обеспечивать такое опирание трубы, чтобы напряжения в стенах последней, вызываемые действием реактивных усилий, были минимальными. И, наконец, опорная часть должна допускать свободу перемещений трубы относительно несущей конструкции. При эксплуатации трубопровода подвижные опорные части должны обеспечивать /в общем случае/ перемещения трубы относительно несущей конструкции: линейные в горизонтальной /или близкой к ней/ плоскости, которые могут быть продольными и поперечными по отношению к продольной оси трубы,

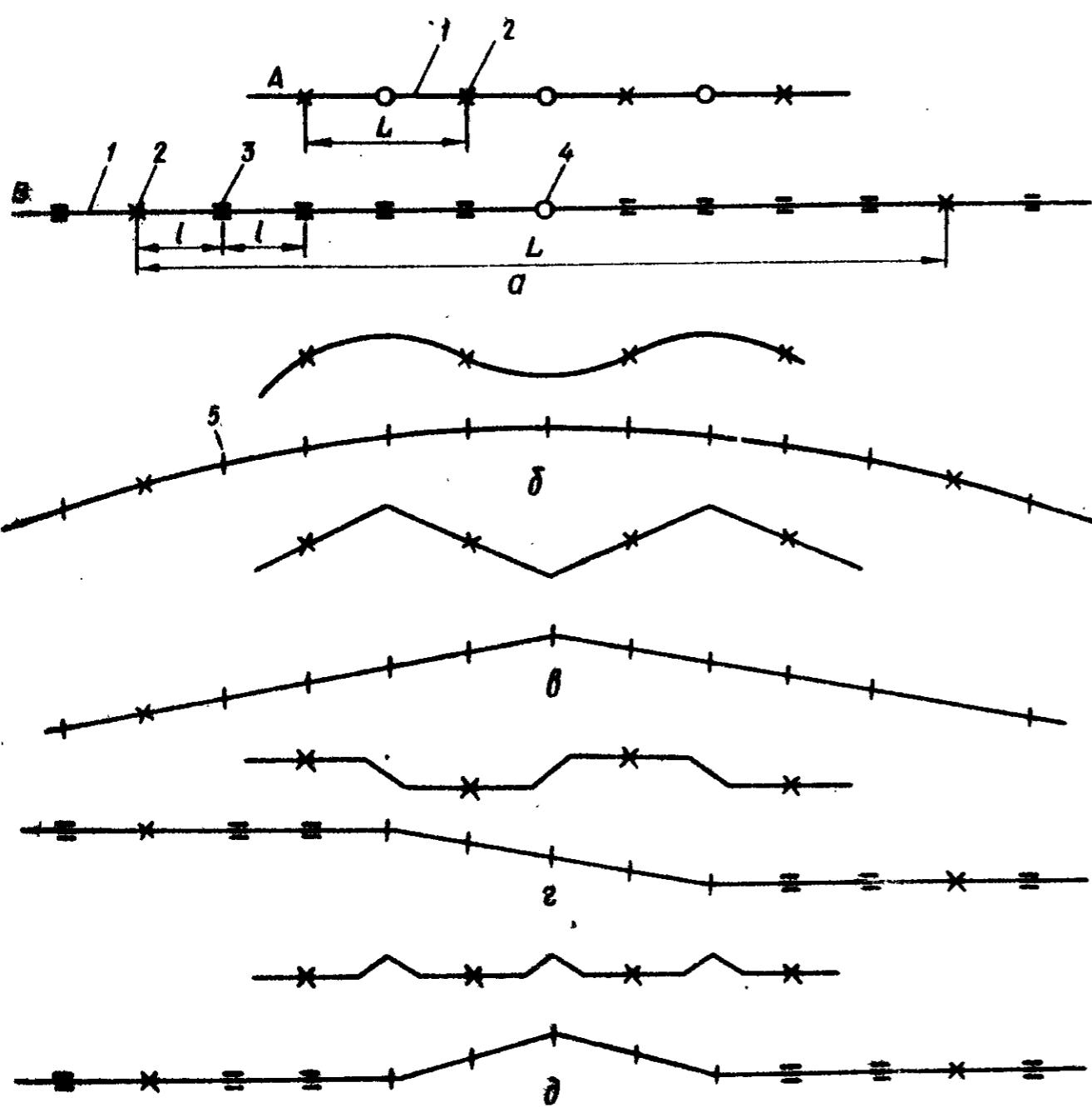


Рис.1. Схемы балочной прокладки трубопроводов /план/:  
 А - общая схема; В - деталь прокладки; а - прямолинейная;  
 б - с упругим изгибом трубы; в - в виде ломаной линии, зигзаго-  
 образная; г - то же, с наклонными компенсационными участками;  
 д - то же, с пологими; 1 - труба; 2 - анкерная опора; 3 - про-  
 дольно-подвижная опора; 4 - компенсатор; 5 - свободноподвижная  
 опора; 6 - шаг анкерных опор;  $\ell$  - то же, подвижных.

и угловые в вертикальной и горизонтальной плоскостях и вокруг продольной оси трубы.

Характер перемещений и их значения зависят от схемы прокладки и условий эксплуатации. В том случае, когда основными являются линейные продольные перемещения, может возникнуть необходимость в обеспечении небольших поперечных перемещений во время монтажа трубы и предотвращении поперечных перемещений трубы во время эксплуатации.

Сила сопротивления перемещениям трубы определяется силами трения и геометрическими факторами. В общем случае при действии на опорную часть составляющих опорной реакции  $V$  и  $H$  (рис.2,а) прижимающие (нормальные к поверхности трения) усилия

$$R_{1,2} = \frac{1}{2} \left( \frac{V}{\cos \alpha} \pm \frac{H}{\sin \alpha} \right).$$

Если при этом поверхность трения наклонена по отношению к горизонту (рис.2,б), то сила сопротивления перемещениям  $T = R_f \pm V t g \beta$ , где  $f$  - коэффициент трения.

Численное значение коэффициента трения не может быть получено теоретически и принимается по результатам экспериментальных исследований в зависимости от конструкции и условий эксплуатации опорной части, состояния контактных поверхностей взаимно перемещающихся элементов и применяемых антифрикционных материалов.

Угол  $\beta$  может быть как положительным, так и отрицательным - в зависимости от направления перемещения трубы. Значение угла  $\beta$  для скользящих, катковых и других опорных частей зависит от положения несущей конструкции. Смонтировать эту конструкцию строго горизонтально практически невозможно; так что значение  $\beta$  всегда отлично от нуля. Поэтому при проектировании следует принимать (с некоторым запасом) значение  $t g \beta$  не менее 0,01 и нормировать предельный уклон соответствующих элементов при монтаже не более 0,005.

При проектировании значения сил сопротивления перемещениям трубы приходится ограничивать. Обычно основное внимание обращают на ограничение верхнего значения этих сил из условий снижения нагрузок на несущие конструкции, а также расчета трубы на

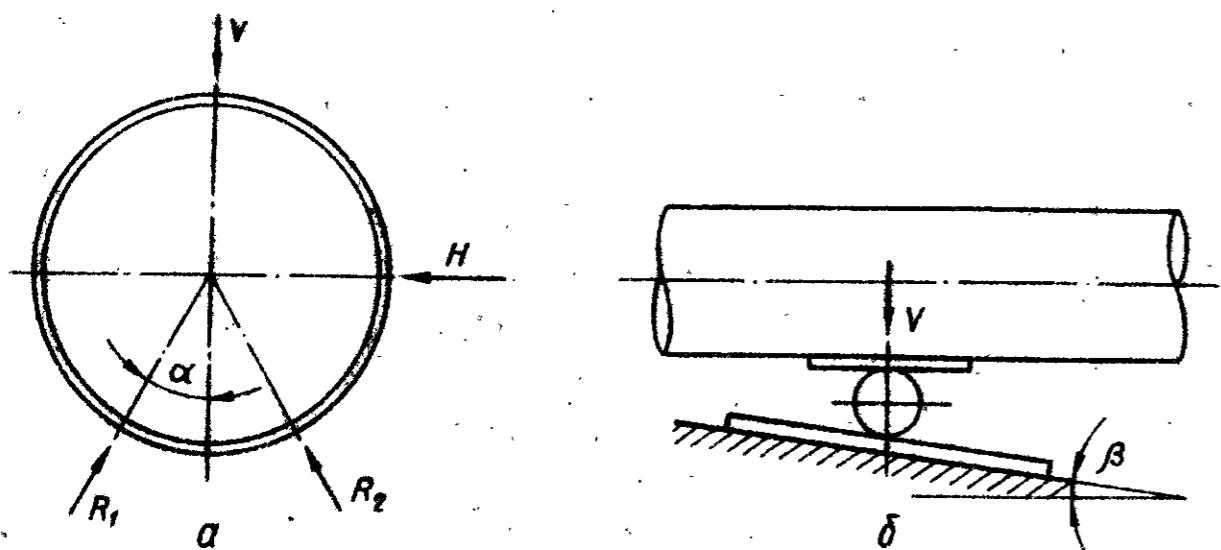


Рис.2. К определению силы  $T$  сопротивления перемещению трубы.

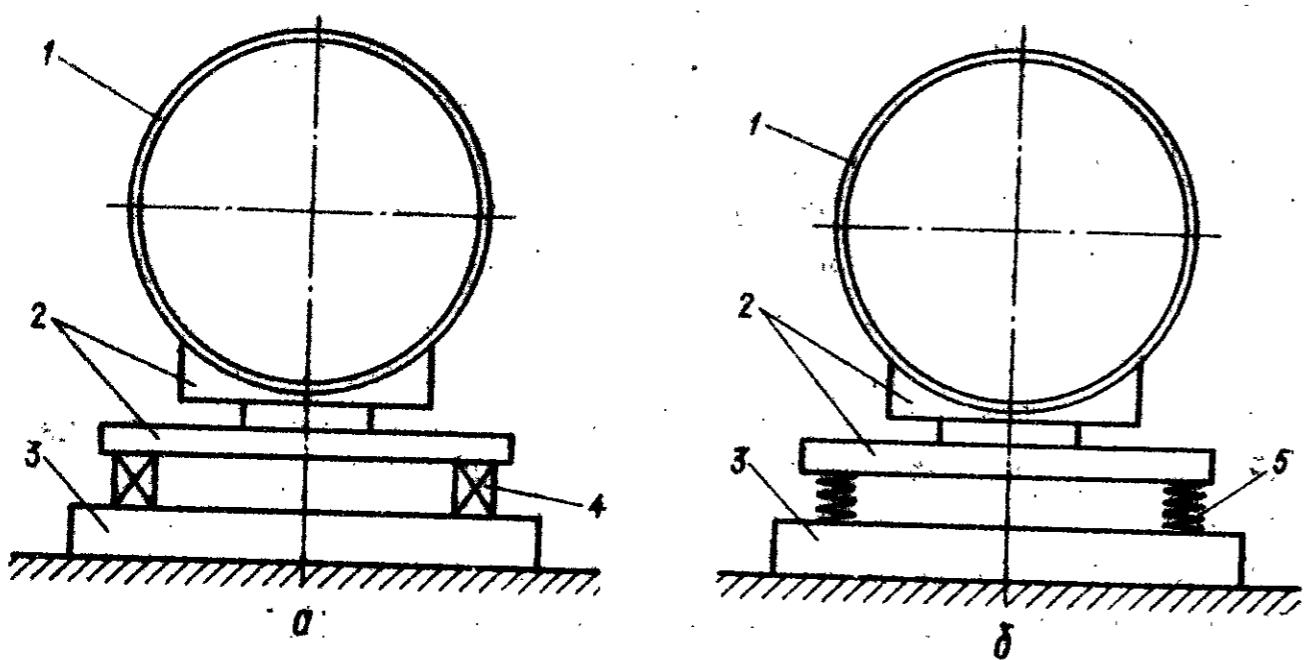


Рис.3. Специальные конструкции опор:  
а - регулируемая; б - подпружиненная; 1 - труба; 2 - элементы опорной части; 3 - несущая конструкция; 4 - регулировочные устройства; 5 - упругие элементы.

продольно-поперечный изгиб и устойчивость. Однако следует думать об ограничении и нижнего значения сил сопротивления перемещениям, для того чтобы труба не получала, в частности, самопроизвольных поперечных смещений от ветровой нагрузки, и для демпфирования колебаний трубы [182].

Естественно, что подвижные опорные части должны быть достаточно технологичными при изготовлении и монтаже, иметь минимальную массу, не требовать, как правило, ухода при эксплуатации, допускать значительные перегрузки при неравномерной осадке опор, быть достаточно долговечными.

При прокладке трубопровода в сложных грунтовых условиях иногда возникает необходимость в устройстве регулируемых по высоте опор. В принципе регулирование может быть обеспечено установкой между несущей конструкцией и опорной частью специальных устройств (рис.3, а), например, винтовых домкратов. Такие опоры требуют систематического наблюдения; выявленные неравномерные осадки следует немедленно компенсировать. Конечно, это значительно усложняет возведение и эксплуатацию опор.

В местах поворота трубопровода в профиле, где возможен отрыв трубы от опоры, опорные части могут быть подпружинены так, чтобы на них всегда передавалась вертикальная составляющая опорной реакции (рис.3, б). В противном случае эти опоры будут периодически выключаться из работы.

**Типы конструктивных решений.** Опорные части можно классифицировать по ряду основных признаков. Наиболее характерные признаки рассмотрены ниже.

К группе эксплуатационных относены ряд общих характеристик, которые зависят, в основном, от условий работы трубопровода.

Опорные части различают по степени свободы линейных перемещений (см. рис.1): свободноподвижные, допускающие продольные и поперечные линейные перемещения (далее сокращенно СП), и продольноподвижные, допускающие только продольные перемещения трубы (ПП).

Конструктивные решения этих опорных частей часто принципиально не отличаются: ПП является упрощенным вариантом СП. Однако некоторые решения практически целесообразны только в одном случае - как ПП или СП.

К этим же характеристикам следует отнести наличие регулируемых или подпружинивающих элементов /см. рис.3/, что не меняет существенно конструктивное решение собственно опорной части.

Некоторые различия в конструкции вносят условия закрепления на трубе элементов опорной части: на сварке или с помощью хомутов. Сварной вариант обычно предпочтителен, но использование его может быть затруднено при наличии изоляции трубы, а также в тех случаях, когда применение сварки ограничивают для повышения эксплуатационной надежности трубопровода, при необходимости электрической изоляции трубы и т.д.

И, наконец, габаритные размеры опорной части в ряде случаев зависят от диаметра трубы, значения опорной реакции, величины предельных линейных и угловых перемещений. Определенное влияние оказывает также диапазон эксплуатационных температур и степень агрессивности среды.

В зависимости от вида подвижных элементов, обеспечивающих возможности перемещений трубы, опорные части могут быть:

скользящими, в том числе со скольжением стали по стали, и с применением антифрикционных самосмазывающихся материалов;

катковыми, т.е. с круглыми элементами, которые переворачиваются между двумя контактирующими с ними прямыми деталями. При этом катки могут быть цилиндрическими, шаровыми и сложной формы

роликовыми, т.е. с круглыми элементами, которые установлены на оси с возможностью поворота и переворачиваются по одному контактирующему с ними элементу. При этом ролики могут быть цилиндрическими, коническими и сложной формы /например: повторяющие форму трубы/;

на подвесках, один конец которых укреплен на несущей конструкции, а второй перемещается вместе с трубой;

комбинированными, конструкция которых включает два или несколько указанных выше типов подвижных элементов, в том числе один тип для обеспечения продольного и другой для обеспечения поперечного перемещения.

К особенностям конструктивного решения можно отнести следующие:

расположение подвижных элементов относительно оси симметрии

опорной части, которое может быть центральным /единичные элементы/ и парным /симметрично расположенные элементы/;

количество подвижных элементов в каждом ряду, которое может быть: заданным, когда оно определяет конструктивное решение, и назначаемым по расчету в зависимости от нагрузки;

наличие элементов, компенсирующих конструктивные перекосы и повороты трубы, равномерно распределяющих нагрузку между подвижными элементами и др. Такие элементы могут быть выполнены в виде шаровых шарниров, балансиров, упругих элементов и т.д. Иногда использование таких элементов не требуется. В ряде случаев отсутствие их снижает эксплуатационные качества конструкции.

2. Унифицированные конструкции. Ленинградским филиалом института "Органдрострой" было выполнено обобщение конструктивных решений подвижных опорных частей, применяемых для технологических трубопроводов в различных отраслях промышленности. На этой основе разработаны типовые конструкции для широкого диапазона диаметров трубопроводов – от 32 до 1420 мм. Альбом [24] включает скользящие и катковые конструкции. Аналогичные решения частично стандартизованы.

Скользящие опорные части СП. Унифицированная конструкция /рис.4,а/ состоит из башмака и опорной плины /последняя в комплект опорной части не входит/. Башмаки могут быть разной высоты и длины, они крепятся к трубе на сварке или хомутами /диэлектрическая конструкция/. Основные показатели для сокращенной номенклатуры приведены в табл.1. Аналогичные решения предусмотрены немецкими нормальюми *TGL 163-67101* для труб диаметром до 0,8 м. Английская фирма *Humphreys and Glasgow LD* использует приварные башмаки из таврового профиля, усиленного ребрами, для труб диаметром до 0,60 м /24"/ /рис.4,б/.

Стандарт [7], ряд отечественных и зарубежных нормалей для труб диаметром до 0,5 и без изоляции взамен башмака предусматривает усиление стенки в местах опирания тонким /3-5 мм/ листом /рис.4,в/.

В качестве контртела /кроме подкладного листа, показанного на рис.4,а/ в ряде случаев предусматривают местное спиральное на ригель из профильной стали /рис.4,г/ или грусь.

Таблица 1. Основные показатели для опорных частей СП по [24]

Условный диаметр трубы, м	Вертикал- ная нагрузка макс., тс	Размеры башмака см. рис. 4, а, мм			Номиналь- ное переме- щение, мм	Масса, кг, при $L = 680\text{мм}$ , $H = 100\text{ мм}$
		$B$	$L$	$H$		
0,2	2,2	180	170		110	16
0,4	7,0	280	340		280	25
0,6	12,5	380	680		620	34
0,8	22,0	500	340	100	220	42
1,0	36,0	680	150		600	78
1,2	36,0	680	200		600	79
	48,0	700	340		220	
	36,0		680		600	
1,4	60,0		340		220	96

Примечание. Стандартизировано [7] с другими показателями.

Опорная часть III имеет ту же конструкцию, но снабжается боковыми ограничителями /рис. 4, д/. Такие опорные части наиболее просты в изготовлении и эксплуатации и находят самое широкое применение. Правда, ряд решений не обеспечивает свободу всех угловых перемещений трубы. Основным их недостатком является высокое значение коэффициента трения. До 50-х годов по данным ранее проведенных /весьма ограниченных/ экспериментов принимали  $f = 0,4-0,6$  /см./, например, [83, 93, 112, 168]/; в последующие годы постепенно перешли к пониженному значению  $f = 0,3$ . При этом во многих проектах предусматривалась графитовая смазка контактных поверхностей, которая на практике обычно отсутствует.

Детальные исследования сил сопротивления перемещениям в таких опорных частях показали [87, 147], что среднее значение  $f = 0,5-0,6$ , а максимальное может превышать  $f = 0,7$  /рис. 5/. При испытаниях было отмечено, что башмак опирается на опорный лист крайне неравномерно; это приводит к возникновению больших контактных напряжений, что вызывает царапание, задиры металла и, естественно, сильно увеличивает сопротивление сдвигу.

Несмотря на наличие этих данных, в последнем документе нормативного характера [163] для опорных частей такого типа при прокладках технологических трубопроводов принято расчетное значение  $f = 0,3$ . Однако это возможно лишь при существен-

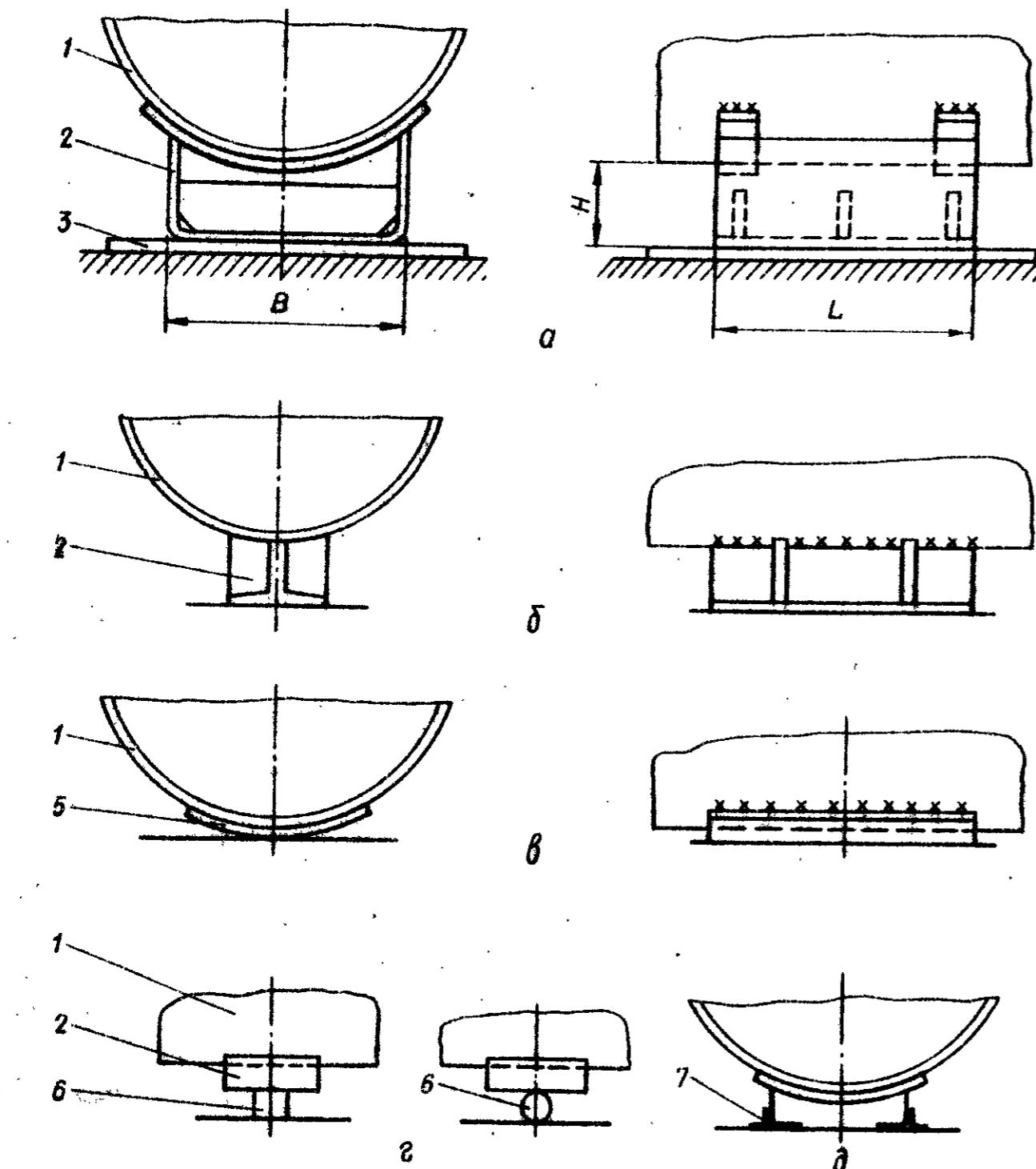


Рис.4. Традиционные конструкции опорных частей скользящего типа СП:

а - обычная конструкция; б - применяемая конструкция; в - для незолированных трубопроводов диаметром до 0,5 м; г - варианты опирания; д - тип III; 1 - труба; 2 - башмак; 3 - опорный лист; 4 - башмак из таврового профиля с ребрами; 5 - подкладочный лист; 6 - несущие ригели; 7 - боковые ограничители.

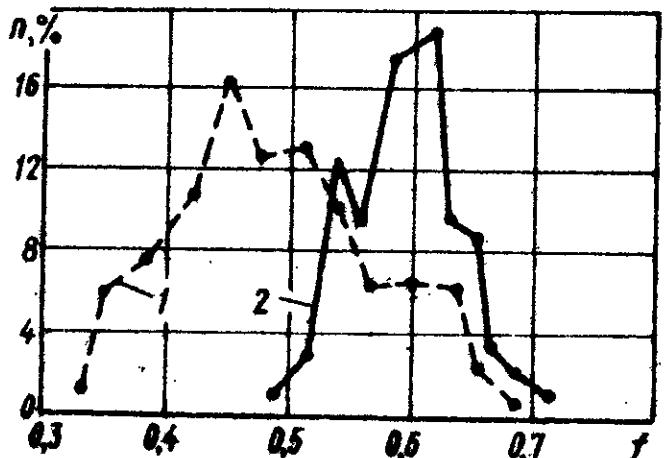


Рис.5. Опытные значения коэффициентов трения для конструкций:

1 - по рис.4, а с учетом ржавления и засорения /количество испытаний  $n_1 = 1491$ ; среднее значение коэффициента трения  $f_1 = 0,513$ ; среднеквадратическое отклонение  $\sigma_1 = 0,083$ /;

2 - по рис.4, г /  $n_2 = 214$ ;  $f_2 = 0,603$ ;  $\sigma_2 = 0,045$ .

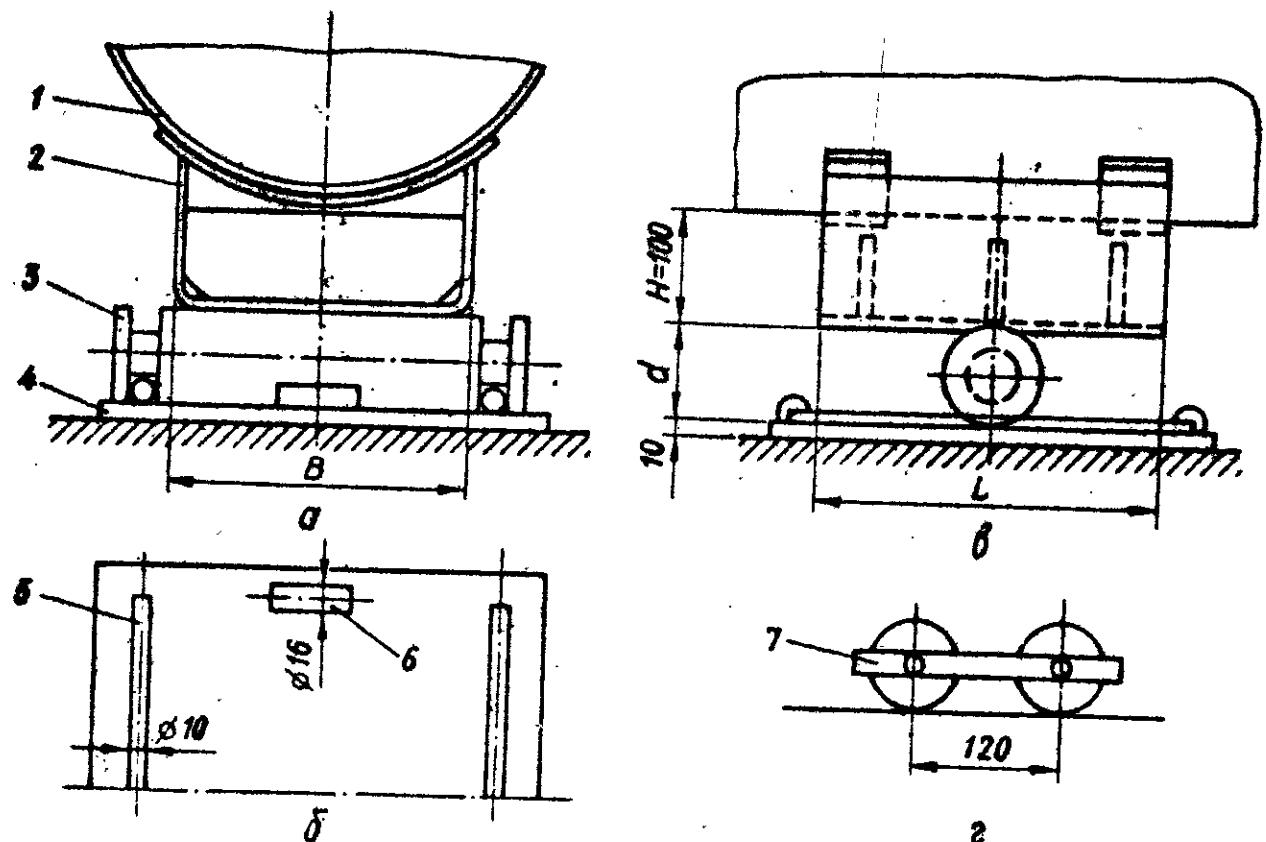


Рис.6. Традиционная конструкция катковой опорной части ПШ:  
а - горизонтальный вид; б - опорная плита; в - однокатковый блок;  
г - двухкатковый блок; 1 - труба; 2 - башмак; 3 - каток; 4 -  
опорная плита; 5 - направляющая; 6 - упор; 7 - сбойка.

вующем расчете многотрубных прокладок, когда совместная работа параллельно уложенных труб [86] условно учитывается так называемым "коэффициентом одновременности". Высокие значения коэффициентов трения ограничивают применение опорных частей рассматриваемого типа при прокладке одиночных трубопроводов большого диаметра.

**Катковые опорные части ПШ.** Унифицированная конструкция /рис.6/ включает: башмак / такой же, как и для опорных частей скользящего типа/; одиночный каток или двухкатковый блок; опорную плиту с направляющими и ограничителями для катков [2,6]. Основные показатели для сокращенной номенклатуры приведены в табл.2.

Таблица 2. Основные показатели для опорных частей ПШ по [24]

Условный диаметр трубы, м	Вертикаль- ная нагрузка /макс./, тс	Размеры башмака /см. рис. 6/		Диаметр катка, м	Номиналь- ное пере- мещение, мм	Масса при L макс./, кг
		B	L			
Однокатковые						
0,2	2,2	160		40	180	15
0,4	7,0	170		520		
0,6	12,5	280		340	100	35
0,8	12,5	380		440	51	51
1,0		500			67	
1,2	30,0	700		90	104	104
1,4		340		440	106	116
Двухкатковые						
0,8	22,0			360		
1,0	36,0	560		640	200	130
	36,0			640	800	197
1,2	48,0			640	800	198
	36,0	760		360	200	150
1,4	60,0			640	800	214
	36,0			360	200	160

Примечание. Стандартизировано [6] с другими показателями

См. статью настоящего сборника В.И. Скульский М. Горыгориенко "Подвижные опорные части строительных конструкций. Библиографический указатель изобретений" /табл.2/.

Эта конструкция также несложна, хотя изготовление катков связано с выполнением токарных работ.

Специально поставленные эксперименты показали [147], что при проектном положении катка  $d = 50$  мм и нагрузке до  $P = 220$  кгс/см длины катка значение коэффициента трения  $f = 0,01\text{--}0,03$ ; это на порядок ниже нормированного  $0,1$ . Ржавление катка и засорение песком опорного листа приводят к увеличению коэффициента трения до  $f = 0,04\text{--}0,08$ . Перекос и упор в направляющие не приводят к остановке катка или проворачиванию его на месте; каток продолжает перемещаться относительно опорного листа, но коэффициент трения возрастает до  $f = 0,1\text{--}0,17$ .

Представляется, что работа с перекосом является нормальной для рассматриваемых катковых опорных частей при средних и больших перемещениях. Так, если начальный перекос катка составляет всего  $0,01$ , а зазор между катком и направляющей равен  $2$  мм, то упор в направляющую произойдет уже после перекатывания на  $200$  м. Поэтому для катковых опорных частей расчетное значение коэффициента трения следовало бы принимать  $f = 0,15\text{--}0,2$  /достаточные для статистической обработки данные пока отсутствуют/.

Недостатком рассматриваемых опорных частей является также хорошо известный "угон" катка. Этому препятствуют упоры, которые необходимо снабжать опорную плиту. При работе катка в контакте с упором коэффициент трения, естественно, также увеличивается.

**Катковые опорные части СП. Унифицированная конструкция** /рис.7/ включает: башмак /такой же, как и для опорных частей скользящего типа/; шарнирно спряженную с ним распределительную конструкцию в виде усиленной ребрами плиты; катковый блок с 34–88 шаровыми катками, объединенными обоймой; опорную плиту со штыревым упором /ограничителем/ в центре [2.2]. Катки предусмотрено выполнять из специальной стали марки ШХ-15, а контактирующие с ними плиты – из стали с  $H_b \geq 250$  /например Ст.70/. Основные показатели для сокращенной номенклатуры приведены в табл.3.

Эта конструкция уже достаточно сложна в изготовлении /да же при использовании готовых шаров/. Коэффициент трения для нее должен быть небольшим: даже с учетом ржавления и засорения – не более нормированного  $f = 0,1$ . При этом нет основания ожидать

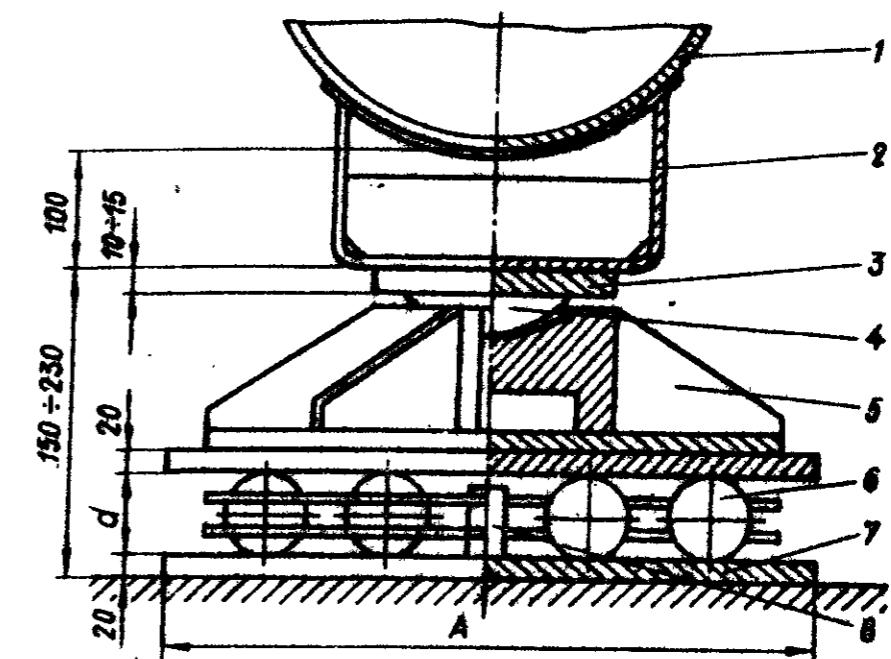


Рис.7. Традиционная конструкция катковой опорной части СП:  
1 - труба; 2 - башмак; 3 - подкладка /при диаметре более  
0,7 м/; 4 - шаровой шарнир; 5 - распределительная конструкция;  
6 - блок катков в обойме; 7 - опорная плита; 8 - упор.

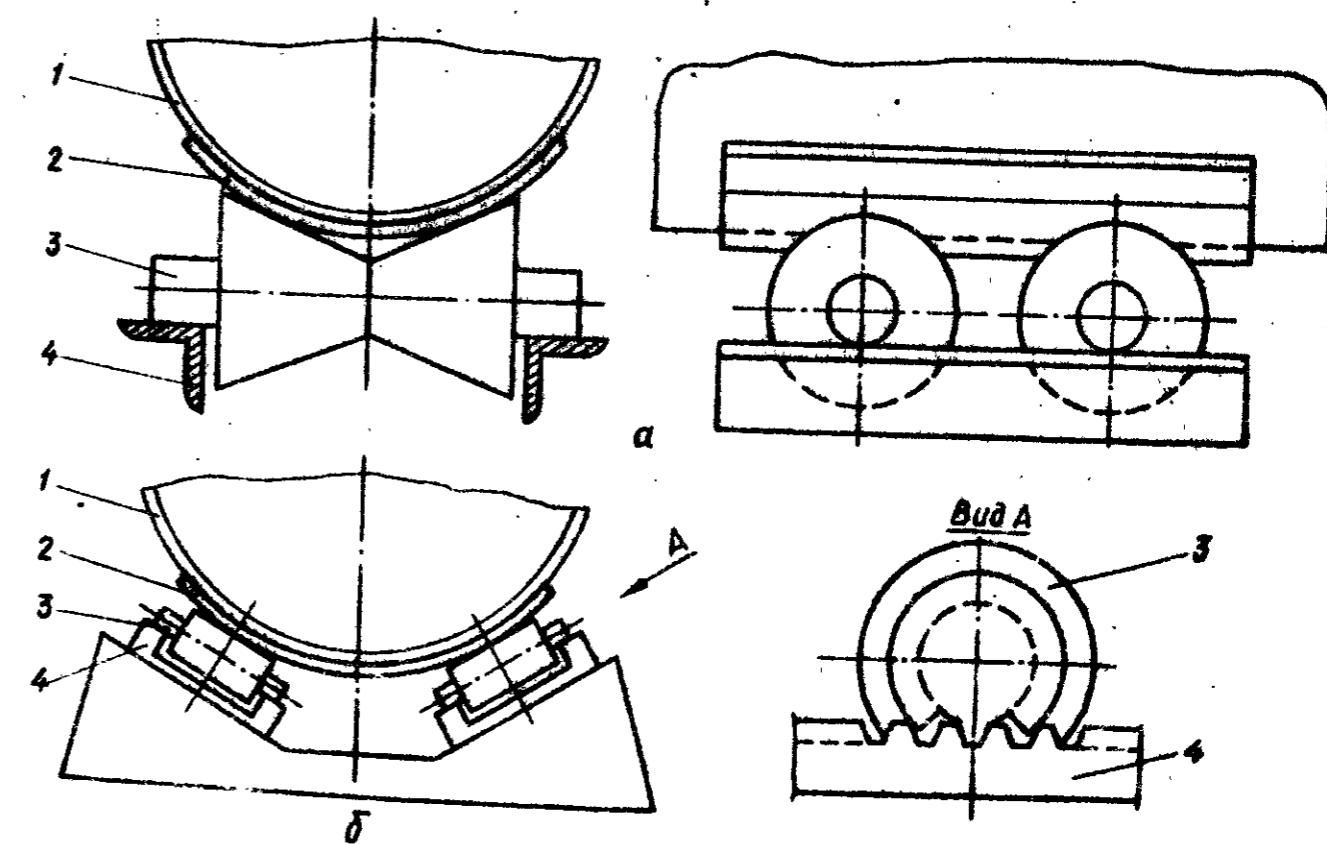


Рис.8. Катковые опорные части III по [2.8]:  
а, с - варианты конструкций; 1 - труба; 2 - подкладка  
лист; 3 - катки; 4 - направляющая.

Таблица 3. Основные показатели для опорных частей СП по [24]

Условный диаметр трубы, м	Вертикальная нагрузка (макс), тс	Размер плиты А /рис. 7/, мм	Катки		Номинальное перемещение, шт.	Масса при А (макс), кг
			диаметр колеса d, мм	количество, шт.		
0,2	1,4	560	37,5			245
0,4	7,0	800		34		
0,6	12,3		50,8			285
0,8	21,3	700			200	
		800		60	400	330
1,0	36,1					
1,2		850,		60	88	
1,4	45,0	950				530

перекосов. Но и здесь не исключено явление "угона" катков, что сокращает длину беспрепятственного перемещения.

Следует заметить, что даже при хорошо обработанных листах между которыми заключены катки, несмотря на наличие шарово-шарнира, одного лишь прогиба распределительной конструкции достаточно для неравномерного загружения катков. Этот недостаток наблюдается в большинстве многоопорных конструкций, если они не имеют специального балансирного устройства, обеспечивающего попарное (т.е. статически определимое) нагружение элементов.

**3. Нестандартные конструкции.** Известны и другие, в ряде случаев оригинальные (они признаны изобретениями), конструкции некоторых из которых нашли применение в зарубежном строительстве. Хотя многие из них не имеют явных преимуществ перед традиционными решениями, но некоторые конструкции следует смотреть.

**Катковые опорные части.** Опорная часть III по [2.8], показанная на рис.8,а, имеет характерные особенности. С одной стороны, она обеспечивает рассредоточение опорной реакции на четыре точки: в двух точках вдоль окружности и в двух сечениях вдоль образующей. Это снижает концентрацию напряжений в стенке трубы в местах спирания и является положительным. Но для спирания на направляющие форму катка условие. В этой конструкции перекос катков затруднен упором их в тр.

но возможность угона катков сохраняется.

Опорная часть III также по [2.8], показанная на рис.8,б, сконструирована так, чтобы предотвратить перекос и угон катков. Но катки и направляющие слишком усложнены наличием зубчатых поверхностей.

Располагая цилиндрические катки в два слоя по взаимно перпендикулярным направлениям, можно получить свободноподвижную опорную часть СП. Пример такого решения по [2.5] показан на рис.9,а. Конструкция получается довольно сложной и может быть работоспособной при весьма ограниченных перемещениях.

Предложено [2.1] решение опорной части СП с шаровыми катками желобчатых направляющих (рис.9,б). Эта конструкция также могла бы быть пригодной лишь для ограниченных перемещений. Существенными недостатками ее является наличие сложных по форме направляющих, а также резкая неравномерность загружения катков при незначительной разнице монтажных уклонов направляющих в каждой паре и возможность "затирания" катков при непараллельности направляющих в плане.

**Роликовые опорные части.** Во избежание угона и перекоса катков, а также внецентренного загружения несущей конструкции из-за перемещения катка уже давно предложено использовать роликовые опорные части. Так, например, известна и применяется в зарубежном строительстве регулируемая по высоте опорная часть III [3.3, 182], показанная на рис.10,а.

Для прокладки с упругим изгибом трубы (по рис.1,б) были предложены [3.8] опорные части III с дополнительными упорными роликами (рис.10,б) и опорные части СП комбинированного типа со скольжением ролика по оси поперек трубы (рис.10,в). Практически такие конструкции довольно сложны, так как при больших нагрузках ролик должен вращаться на подшипниках, а применение антифрикционных материалов в условиях значительных контактных давлений и возможных перекосов затруднительно.

**Скользящие опорные части.** Основной тенденцией в совершенствовании подвижных опорных частей различных строительных конструкций (не только трубопроводов, но также мостов и зданий) является возврат к скользящим опорным частям. Как уже отмечалось, они наиболее просты по конструкции и надежны

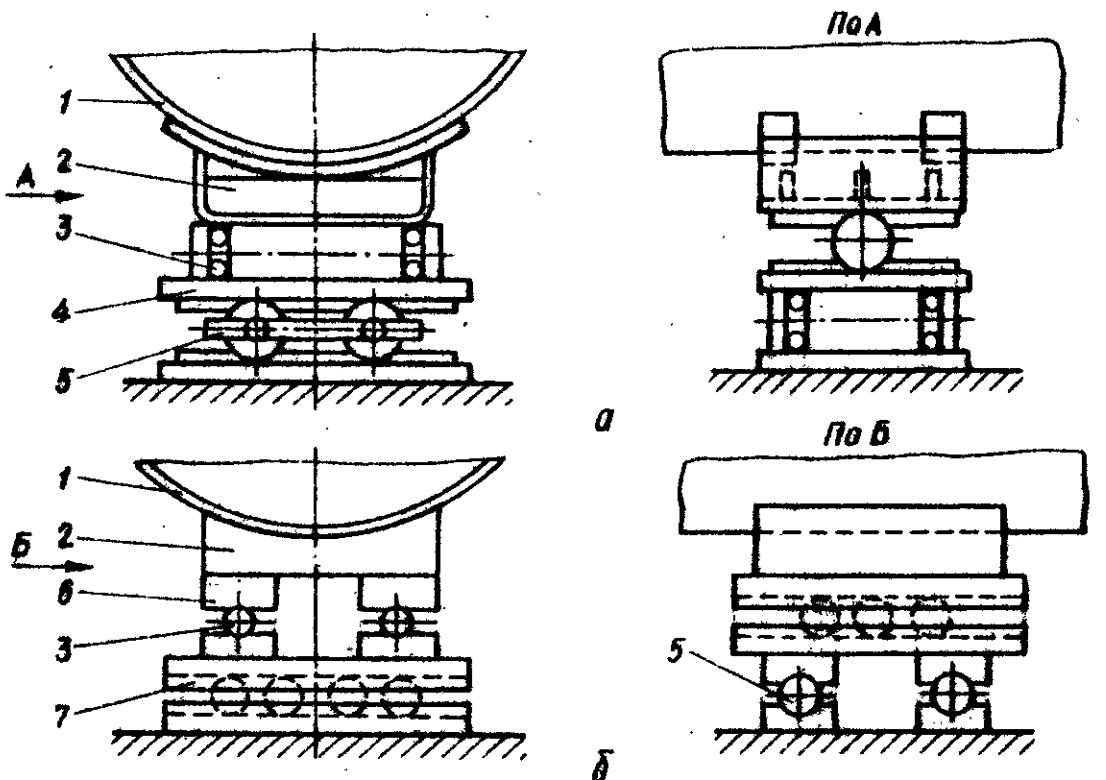


Рис.9. Катковые опорные части СП:

а - по [2.5]; б - по [2.1]; 1 - труба; 2 - башмак; 3 - катки продольного перемещения; 4 - прокладная плита; 5 - катки перечного перемещения; 6 - продольная направляющая; 7 - поперечная направляющая.

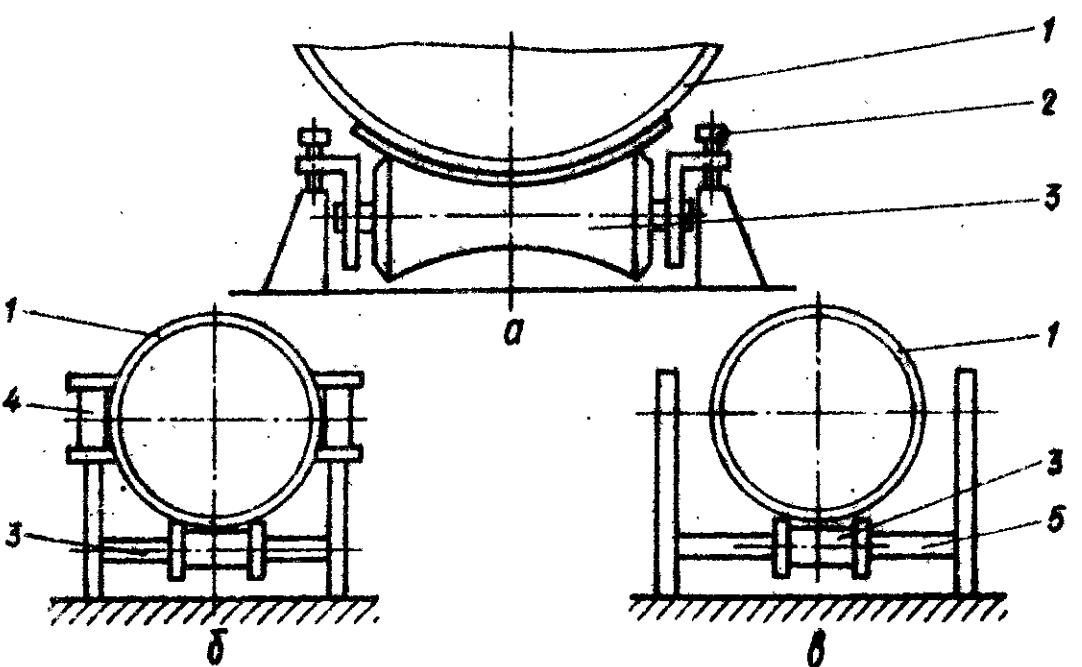


Рис.10. Роликовые опорные части:

а - регулируемая ПШ по [3.3, 182]; б - ПШ по [3.8]; в - СП по [3.8]; 1 - труба с прикладным листом; 2 - регулировочное устройство /винтовой домкрат/; 3 - несущий ролик; 4 - упорный ролик; 5 - направляющая поперечного перемещения.

в эксплуатации, но применение их сдерживается высоким значением сил сопротивления смещению трубы. Однако в настоящее время этот недостаток достаточно просто ликвидируется использованием эффективных самосмазывающихся антифрикционных материалов.

Наиболее простое конструктивное решение опорной части СП по [1.7] заключается в укреплении на башмаке антифрикционной прокладки (рис. II, а). Известно предложение [1.20, 76] стягивать контактирующие элементы пленкой из фторопласта-4 (рис. II, б).

Предложена [1.4] конструкция опорной части СП, имеющей продольную и поперечную направляющие швеллерной формы с заключенной между ними антифрикционной прокладкой в виде круглой шайбы / рис. II, в/. Эта конструкция допускает угловые перемещения трубы в горизонтальной плоскости.

Для обеспечения всех необходимых угловых перемещений трубы в опорной части ПШ по [1.2] предусмотрено устройство шарового карнира / рис. II, г/.

**4. Опорные части магистральных трубопроводов большого диаметра.** В настоящее время для надземных магистральных трубопроводов большого диаметра / 1,2-1,4 м / одной из эффективных считается прямолинейная схема прокладки со слабоизогнутыми участками [55]/см. рис. I, д/. При этом для проектирования промежуточных опор под трубопровод диаметром 1420 мм установлены расчетные значения нагрузок и воздействий, приведенные в табл. 4. Кроме того, для снижения напряжений в стенке трубы, вызываемых действием опорной реакции, предусматривается опирать трубу в двух сечениях, симметрично расположенных под углом около  $30^{\circ}$  к ее вертикальной оси [52].

Исходя из этих условий были разработаны и испытаны два различных типа опорных частей: роликовые и скользящие.

Роликовые опорные части по предложению ВНИИСГа [3.1, 120] запроектированы "Гипроспецгазом". При этом для СП и ПШ принята конструкция по рис. 12. ПШ - вариант имеет те же несущие трубы ролики, под балансиры которых взамен тележки уложены катки для обеспечения монтажных поперечных смещений. Чтобы уменьшить концентрацию напряжений в стенке трубы продольные направляющие запроектированы в виде толстых стальных пластин. Поперечные направляющие приняты в виде параллельно установленных стальных брусков квадратного сечения. Неоющая конструкция опоры представ-

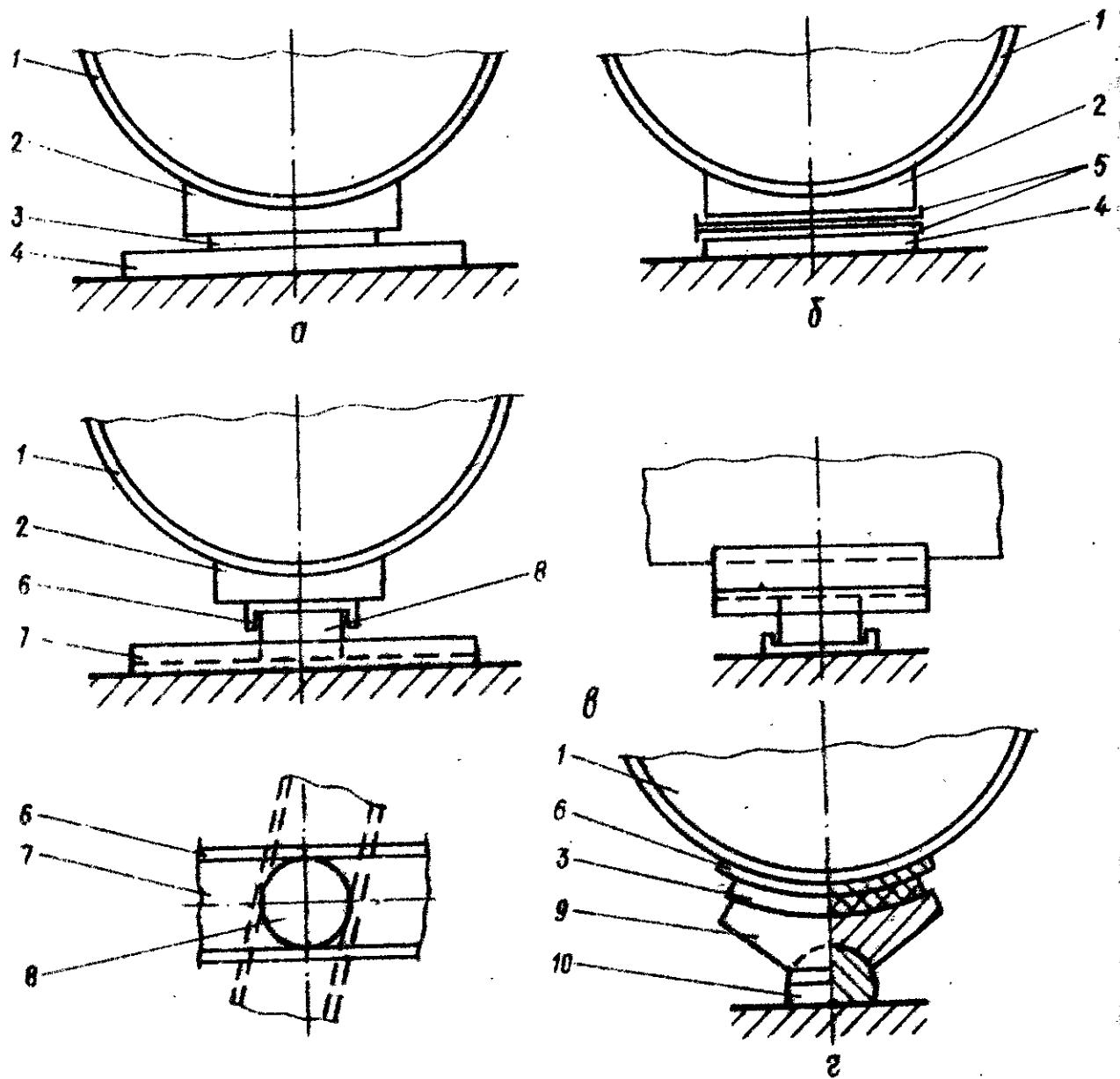


Рис.11. Скользящие опорные части с применением антифрикционных материалов:  
 а - СП по [1.7]; б - СП по [1.20, 76]; в - СП по [1.4];  
 г - ШИ по [1.2]. 1 - труба; 2 - башмак; 3 - антифрикционный  
 слой; 4 - опорный лист; 5 - пленка 0,3-0,5 мм из фторопласта;  
 6 - направляющая продольного перемещения; 7 - то же, попереч-  
 ного; 8 - антифрикционный вкладыш цилиндрической формы; 9 - ба-  
 лансир; 10 - шаровой шарнир.

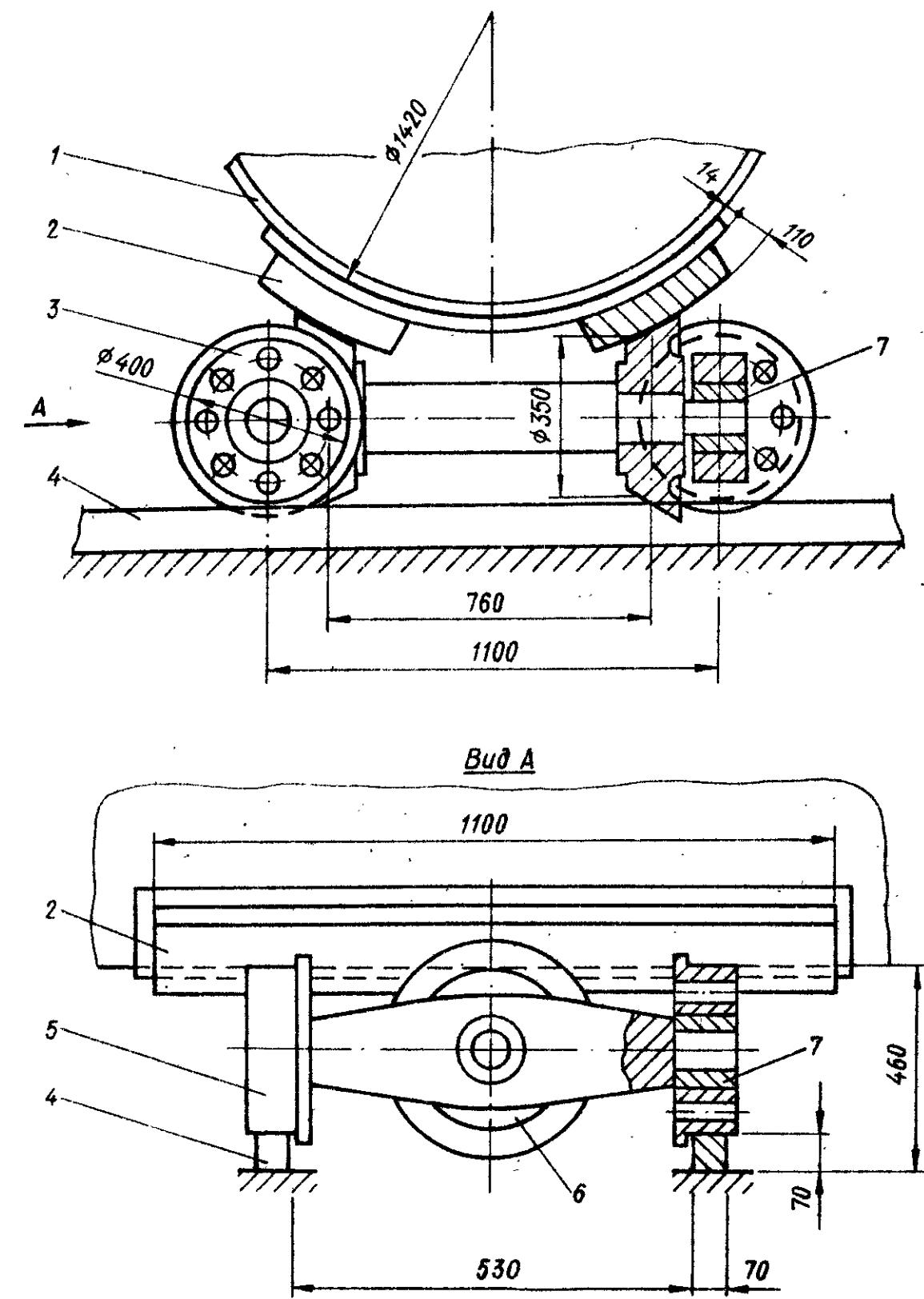


Рис.12. Роликовая опорная часть СП по [3.1, 120]:  
 1 - труба; 2 - направляющая продольного перемещения; 3 - те-  
 лежка; 4 - направляющая поперечного перемещения; 5 - колесо-те-  
 лежки; 6 - конический ролик, несущий трубу; 7 - подшипники.

Т а б л и ц а 4. Основные расчетные условия.

Нагрузки и воздействия	Единица измерения	Опорные части	
		СП	III
Нагрузка на опору вертикальная	тс		
горизонтальная		0,1Р	70
Перепад температур	°С	от + 40 до - 60	14
Перемещения линейные	м		
продольные		+3,5; -2,5	± 0,6
поперечные			± 0,2 мон
угловые, в вертикальной плоокости то же, в горизонтальной относительно оси трубы	%	25	1

дляет собой два ряда свай, перекрытых ригелями /под поперечные направляющие/. Анализ этой конструкции и оценка возможных ошибок ее эксплуатации свидетельствуют о наличии существенных недостатков, к которым относятся:

большая масса опорной части /табл.5/, превышающая массу любой другой конструкции. Устройство парных поперечных направляющих приводит к усложнению несущей конструкции;

значительная сложность изготовления /много токарных и сварочных работ, термическая обработка роликов и направляющих/. Необходимость использования тяжелых подшипников качения, которые требуют периодического обслуживания;

возможность существенного увеличения сил сопротивления линейным перемещениям вследствие практического опирания конических роликов на продольные направляющие в различных точках по высоте /разница в радиусах качения вызывает проскальзывание/ и передача тяжести на поперечных направляющих;

увеличение сопротивление угловым перемещениям в горизонтальной плоскости и относительно продольной оси трубы.

Т а б л и ц а 5. Показатели для опор с роликовыми опорными частями под трубопровод диаметром 1420 мм

Показатели	Единица измерения	Опорные части	
		СП	III
Масса /всего/ собственно опорная часть сварной ригель	кг	6506 1260 1514 3732	4443 1260 695 2488
металлические сваи с опорными плитами количество свай	шт.	6	4
Конические роликоподшипники под нагрузку 40Т 20Т	шт.	4 8	4 8

П р и м е ч а н и е. Опорная часть III принята такой же, как СП, но с установкой ограничительных упоров под ходовые колеса. Продольные направляющие входят в состав конструкции роликовой опорной части, а поперечные – в состав сварного ригеля.

Нет также полной уверенности в том, что продольные направляющие действительно могут определить опорное давление по стенке трубы. Детальные исследования этого вопроса пока не опубликованы. При практических расчетах обычно предполагают, что направляющая ("подложка") и отенка трубы воспринимают нагрузку совместно /рис.13,а/. В рамках такого расчета добиваются уменьшения изгибных напряжений в отенке трубы путем увеличения толщины направляющей до 100 мм и более. При этом отношение  $h_1 : h_2$  составляет 5–7, так что напряжения в трубе снижаются в несколько десятков раз.

Такая схема соответствует самому благоприятному случаю. На самом же деле не исключены /и, пожалуй, даже более реальны/ случаи местного контакта направляющей с трубой /рис.13,б,в/. При этом напряжения в стенке трубы становятся недопустимо большими.

"Точечное" опирание катков или роликов характерно также возникновением больших контактных напряжений. Это обуславливает необходимость применения качественных сталей для изготовления катков /роликов/ и направляющих, а также выполнения их термической обработки для повышения поверхностной твердости.

Отмеченные обстоятельства типичны для многих известных

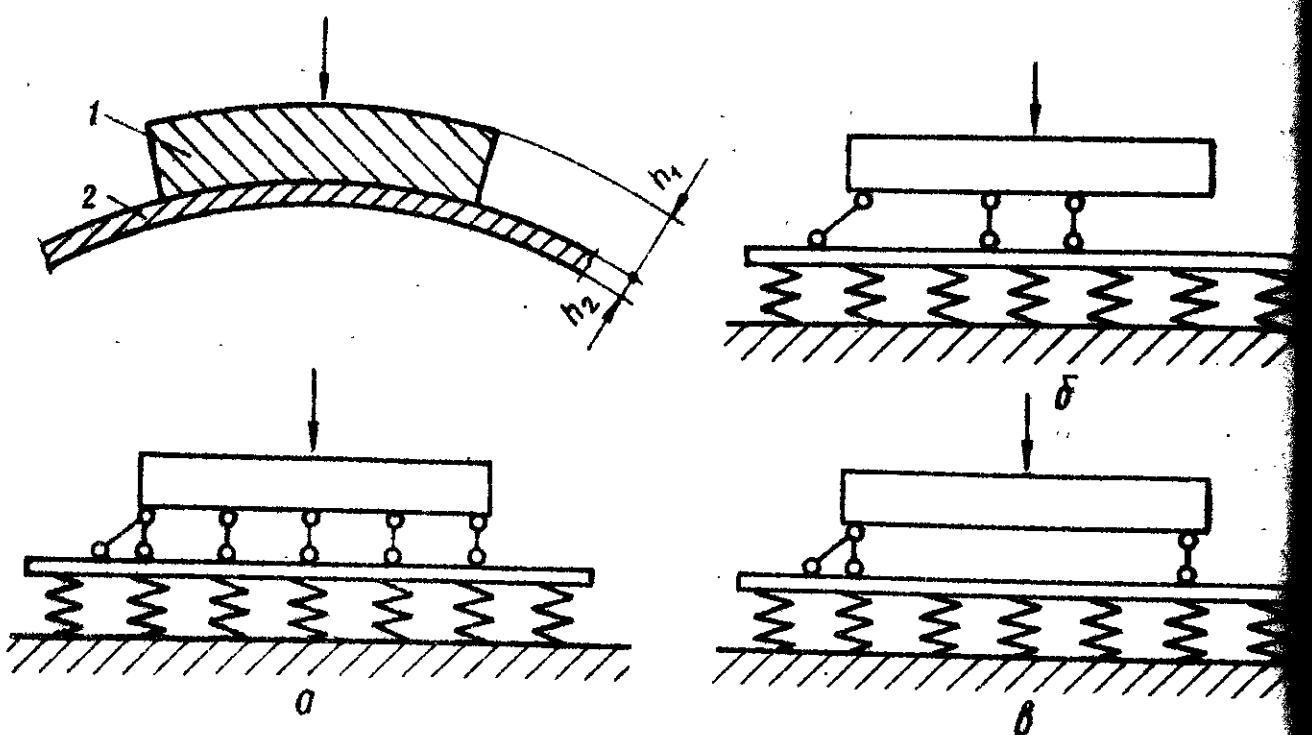


Рис.13. Усиление трубы в местах опирания:  
а - расчетная схема, принимаемая при проектировании;  
б - то же, возможная в натуре; 1 - направляющая /подложка/; 2 - опора трубы.

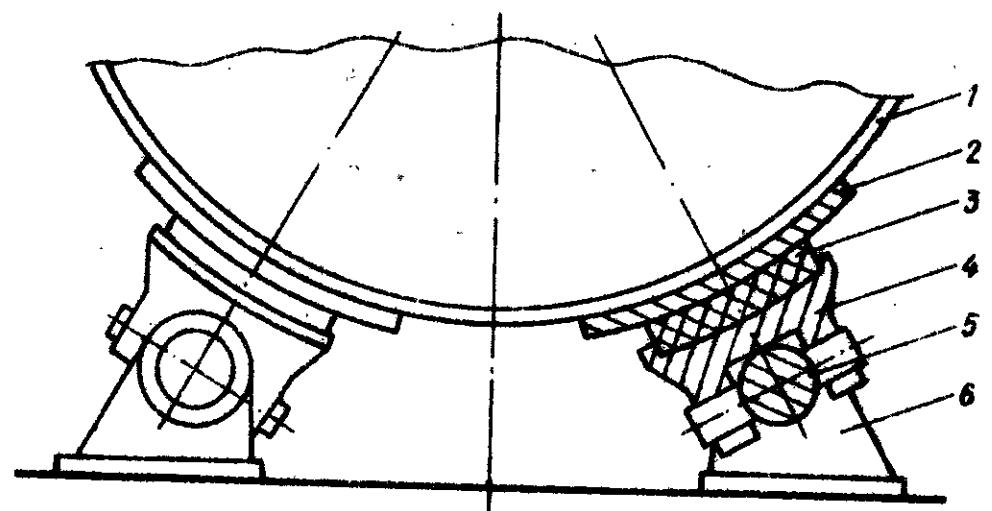


Рис.14. Конструкция опорной части скользящего типа III по [1.3]:  
1 - труба; 2 - продольная направляющая; 3 - антифрикционный материал; 4 - корпус; 5 - шарнир; 6 - башмак.

конструкций опорных частей. При больших значениях опорных реакций (см. табл.4) влияние их может стать решающим.

Условия работы направляющих и стенки трубы в местах опирания существенно улучшаются при использовании опорных частей скользящего типа с антифрикционными прокладками из деформативного материала. В таком случае опорная реакция достаточно равномерно распределяется по всей площади прокладки. Для распределения давления по большей площади прокладки иногда выполняют в виде набора узких полос или колец, установленных на некотором расстоянии между ними [170].

Опорные части скользящего типа для трубопроводов большого диаметра разработаны в нескольких вариантах Гипрэспецгазом. Опытные образцы по первоначальному варианту испытаны НИИСКОм, а усовершенствованный вариант опробуется на опытном участке трубопровода диаметром 1220 мм. Конструкция опорной части III по [1.3] включает (рис.14) парные опорные элементы, соединенные с несущей конструкцией посредством шарирных устройств, и прикрепленные к трубе продольные направляющие. Характерной особенностью конструкции является использование нового антифрикционного материала - графитопенополистирола в виде цилиндрической формы вкладышей с расчетным сопротивлением при сжатии порядка  $50-100 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Эта конструкция несложна в изготовлении, обеспечивает необходимую свободу перемещений трубопровода и рациональное его опирание, но вместе с тем служит характерным примером нерационального выбора антифрикционного материала.

Графитопенополистирол является новым материалом, образцы которого получены только в лабораторных условиях и свойства изучены пока мало. Однако даже предварительные испытания позволили выявить два существенных недостатка.

Первым из них является низкая прочность материала. В опытном образце опорной части под расчетную прижимающую нагрузку 70 тс было установлено 24 вкладыша диаметром 80 мм, так что среднее давление на них составляло около  $65 \text{ кгс}/\text{см}^2$  с учетом опирания под углом  $30^\circ$  к вертикальной оси трубы при расчетном сопротивлении для использованной композиции  $80 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . После закрепления опорной схемы рабочая поверхность всей группы вкладышей имела общий износ в 10 раз по зерхности направляющей. Вкладыши имели

высоту 40 мм, что обеспечивало возможность выравнивания давлений за счет деформативности материала. И несмотря на все это, после нагружения прижимающей нагрузкой в 15 тс и немногочисленных сдвигов пять вкладышей оказались разрушенными.

Возможно, правда, что этот недостаток и поддается устранению путем совершенствования конструкции антифрикционных элементов. Например, в лучших условиях работала бы сплошная плита. Но технология изготовления такой плиты не разработана.

Однако более важным является второй недостаток: высокое значение коэффициента трения. При испытании отдельных вкладышей опытного образца опорной части получены значения  $f = 0,23$ . Таким образом, использование этого антифрикционного материала приводит к передаче на несущие конструкции опоры весьма значительных горизонтальных нагрузок.

Сказанное наглядно свидетельствует о том, что выбор антифрикционного материала является весьма ответственным делом. Точно этот вопрос рассмотрен в статье В.И.Скуцкого и Д.А.Коршунова "Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа" в настоящем сборнике.

Кроме описанных выше, сейчас разрабатываются и исследуются другие конструкции. Но данные о них пока не опубликованы слишком скучны. Так, например, сведения о канадских работах свидетельствуют лишь о том, что там в опытном порядке испытывались опорные части скользящего типа с антифрикционными прокладками из полимера тетрафторэтилена, но конструктивное решение раскрыто.

Надземная прокладка магистральных трубопроводов большого диаметра - дело пока новое и требует решения многих проблем, одной из которых являются подвижные опорные части. Как показывает выполненный аналитический обзор, большинство известных конструкций не может быть рекомендовано для применения. Поэтому следует признать, что в области разработки конструкций подвижных опорных частей магистральных трубопроводов сделаны пока лишь первые шаги. Однако уже вполне четко определилась тенденция использования опорных частей скользящего типа с применением эффективных антифрикционных материалов. Приведенные в статье

Д.А.Коршунова, В.И.Скуцкого и А.А.Зеленкова "Разработка и исследование конструкций опорных частей" в настоящем сборнике результаты выполненных исследований и опытно-конструкторских разработок свидетельствуют о практической приемлемости таких конструкций.

В.И.Скуцкий, инж., Д.А.Коршунов, канд. техн. наук

### АНТИФРИЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОПОРНЫХ ЧАСТЕЙ СКОЛЬЗЯЩЕГО ТИПА

Приведенные данные относятся в первую очередь к подвижным опорным частям трубопроводов. Но многие из полученных результатов могут быть использованы и при разработке опорных частей для конструкций других сооружений (мостов, зданий), так как предъявляемые требования и условия работы в значительной мере идентичны.

**1. Общие требования.** Условия работы антифрикционных элементов в опорных частях трубопроводов большого диаметра характеризуются рядом особенностей. Прежде всего, они требуют обеспечения надежной работы конструкции в течение всего срока эксплуатации - порядка 10-20 лет для магистральных трубопроводов. Эксплуатация опорных частей происходит на открытом воздухе при относительной влажности, которая может доходить до 100%, в условиях значительного перепада температур / от -60 до +40°C/, при непосредственном воздействии дождя, снега, пыли. Причем эксплуатационное обслуживание конструкций /особенно при прокладке в отдаленных и малонаселенных районах/ затруднено.

На опорные части трубопроводов могут передаваться значительные нагрузки: вертикальная до 100 тс, горизонтальная до 20 тс /значения их зависят прежде всего от диаметра трубопровода/. Антифрикционные элементы обеспечивают главным образом возвратно-поступательные перемещения, а также в большинстве случаев и небольшие угловые перемещения трубы. Амплитуда продольных /вдоль оси трубы/ перемещений может доходить до 0,5-0,7 м, а

поперечных /для непрямoliniйных прокладок по рис. 1<sup>7</sup>/ - до 2-3 м и более. Представляет интерес оценка возможной длины скольжения за весь срок службы опорной части. Если перепад температур в 100°C соответствует перемещение в 1 м, то при несущем изменении температуры на 15°C длина пути скольжения за год будет равна  $0,01 \cdot 15 \cdot 365 = 50$  м. Таким образом, за 2 эксплуатации длина пути скольжения для продольных перемещений составляет до 1 км, а для поперечных - до 5 км. Заметим, полученная длина пути характерна и для мостов. При длине пролетного строения 100 м, коэффициенте линейного расширения  $1 \cdot 10^{-5}$  и том же суточном перепаде температур в 15°C и сроке службы длина пути скольжения  $100 \cdot 10^{-5} \cdot 15 \cdot 365 \cdot 100 \approx 500$  м/. В тех условиях даже при перепаде температур 10°C в час скорость скольжения не превышает 0,1 мм/с.

Кроме того, для строительных конструкций характерна значительно меньшая, по сравнению с машиностроением, точность изготовления деталей, а для трубопроводов, работающих по схеме гипролетной неразрезной балки, возможно значительное изменение опорных реакций из-за неравномерной осадки опор.

И, наконец, следует ограничить верхнее значение коэффициента трения для того, чтобы избежать утяжеления несущих конструкций и передачи на трубу больших реактивных нагрузок. Предполагается, что это значение не должно превышать 0,1 для худшего эксплуатации. В таком случае сопротивления перемещения не будут существенно превышать тех, которые могут возникнуть в опорных частях каткового и роликового типов /с учетом возможных перекосов, упора в направляющие и ограничители и т.д./.

Наряду с этими особенностями при проектировании антифрикционных элементов следует учитывать и общие положения, обеспечивающие нормальную работу узлов трения. Так, в принципе возможны два вида сочетаний элементов трущейся пары: с одинаковой с различной твердостью.

Применение пары из твердых материалов при сухом трении целесообразно, так как практически невозможно обеспечить

контакт по большой площади; при этом контактные давления существенно возрастают, происходит местное разрушение одного из элементов пары и соответствующее значительное увеличение сопротивления сдвига. Характерным примером может служить пара: сталь - закаленное стекло или шлакоситалл. При небольших нагрузках эта пара весьма эффективна и даже была принята в ГДР для опорных частей трубопроводов [33]. Но проведенные НИИСКОМ исследования показали практическую непригодность такой конструкции даже при умеренных нагрузках. [88].

Наиболее распространены трущиеся пары с элементами различной твердости. При этом меньшую твердость имеет антифрикционный материал. В процессе скольжения он часто "намазывается" на поверхность контртела, что в ряде случаев улучшает условия скольжения. При таком решении следует использовать так называемую "обратную пару", когда деталь с меньшей твердостью всегда полностью перекрыта более твердой деталью. Иначе /при "прямой паре"/ возможно вмятие более твердого материала в мягкий, что приводит в пределе к срезу последнего при сдвиге. Аналогичное отрицательное явление возможно и при использовании пары из двух мягких материалов. Использование мягких антифрикционных материалов целесообразно также с точки зрения компенсации неровностей контртела, снижения вибрации, сокращения приработочного периода.

Следует заметить, что в настоящее время не существует возможности подобрать антифрикционную пару расчетным путем. В лучшем случае на основе экспериментальных данных можно лишь подобрать благоприятное сочетание материалов. Значения же эксплуатационных характеристик следует уточнять опытным путем для принятой конструкции и в заданных условиях ее работы.

Изложенное позволяет сформулировать следующие требования к элементам антифрикционной пары:

1) верхний предел значений коэффициента трения при неблагоприятных условиях эксплуатации и скорости смещения не более 0,1 мм/с не должен превышать 0,1;

2) долговечность не менее 20 лет при эксплуатации в условиях атмосферных воздействий при диапазоне изменения температур от -60 до +40°C;

<sup>7</sup> См. статью Д.А. Коршунова и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике.

3) обеспечение ресурса работы при длине пути скольжения в пределах до 5 км;

4) малая чувствительность к перегрузкам и местному увеличению давления из-за неровностей поверхности контактирующих элементов;

5) использование преимущественно различных по твердости элементов пары;

6) применение самосмазывающихся антифрикционных материалов для уменьшения потребности в эксплуатационном обслуживании.

**2. Выбор антифрикционного материала и контролера.** Изложенные выше требования накладывают достаточно жесткие условия на выбор антифрикционного материала и контролера. Отмечается, что обычные конструкционные строительные материалы при сухом трении не могут составить такую пару. Поэтому прежде всего следует обратиться к синтетическим антифрикционным материалам.

**Антифрикционный материал.** Среди антифрикционных материалов, выпускаемых промышленностью, удовлетворительные значения коэффициента трения в определенных условиях обеспечивают только графит и графитопласти, твердые смазки, фторопласт-4 и материалы на его основе.

Использование наиболее привычного антифрикционного материала — графита в чистом виде ограничивается его низкой прочностью. Известно большое число материалов, наполненных графитом [51, 60, 103, 124-127, 135]. В паре с металлом коэффициент трения для них в зависимости от условий эксплуатации изменяется от 0,05 до 0,3. Эти материалы имеют высокую прочность при сжатии / до 1000 – 3000 кгс/см<sup>2</sup> /, но в 5–10 раз меньшую прочность при растяжении и небольшие / порядка 1% / предельные деформации. Хрупкость ограничивает рабочее давление на материал значениями 30–100 кгс/см<sup>2</sup>. Неблагоприятным свойством является увеличение значения коэффициента трения вслед за повышением давления из-за включения в работу материала основы. Графитопласти обычно хорошо противостоят химической агрессии и работоспособны в широком диапазоне температур – от -200 до +500°C. Однако, по имеющимся данным [76, 182] применение графитовых материалов в опорных частях строительных конструкций / при сухих чистых контактных поверхностях / может обеспечить значение коэффициента трения не ниже 0,2.

Кроме того, многие такие материалы весьма чувствительны к общим и местным перегрузкам из-за своей значительной хрупкости.

Аналогичными показателями обладают твердые смазки на базе графита, дисульфида молибдена и нитрида бора [106, 123, 143, 144]. Они также чувствительны к перегрузкам из-за своей хрупкости. Приготавляются такие смазки в виде суспензий, наносится обычно тонким слоем / 0,05–0,5 мм /, сохранность которого может быть обеспечена только при высокой чистоте обработки контролера / не ниже 10 класса / и весьма тщательной защите от засорения абразивными частицами. В противном случае долговечность смазочного слоя оказывается весьма незначительной.

Эти особенности явились, очевидно, основной причиной того, что названные материалы не нашли широкого применения в подвижных опорных частях строительных конструкций. Для этих целей уже давно начали использовать полимер тетрафторэтилена, который под названием фторопласт-4 выпускается отечественной промышленностью [2]. / Товарное его название фторлон-4. Аналогичные полимеры в США называют тефлоном, в Англии флюоном, в ФРГ хостафлоном Т, во Франции сорефлоном, в Италии алгофлоном. В зарубежной технической литературе наиболее часто встречаются названия тетрафторэтилен, тефлон, PTFE /.

Основные свойства фторопласта-4, методы его получения и переработки, области и условия применения довольно полно изучены и систематически описаны применительно к машиностроению [51, 53, 54, 62, 114, 156, 162, 164]. Фторопласт-4 является диэлектриком, исключительно стек к химическим воздействиям, не впитывает жидкости. Он работоспособен в широком диапазоне температур / от близкой к абсолютному нулю и до примерно 330°C, когда происходят необратимые изменения его структуры/. Физико-механические свойства фторопласта в значительной мере зависят от условий эксплуатации, прежде всего, от температуры.

Этот материал обладает невысоким пределом текучести и значительной деформативностью / табл. 1 /. Коэффициент трения фторопласта-4 в паре с твердым контроллером изменяется от исчезающе малых значений до 0,3. Значение коэффициента трения увеличивается при увеличении скорости скольжения сверх 1 мм/с / рис. 1 /, уменьшении давления / во всяком случае до 50 кгс/см<sup>2</sup> / и снижении температуры

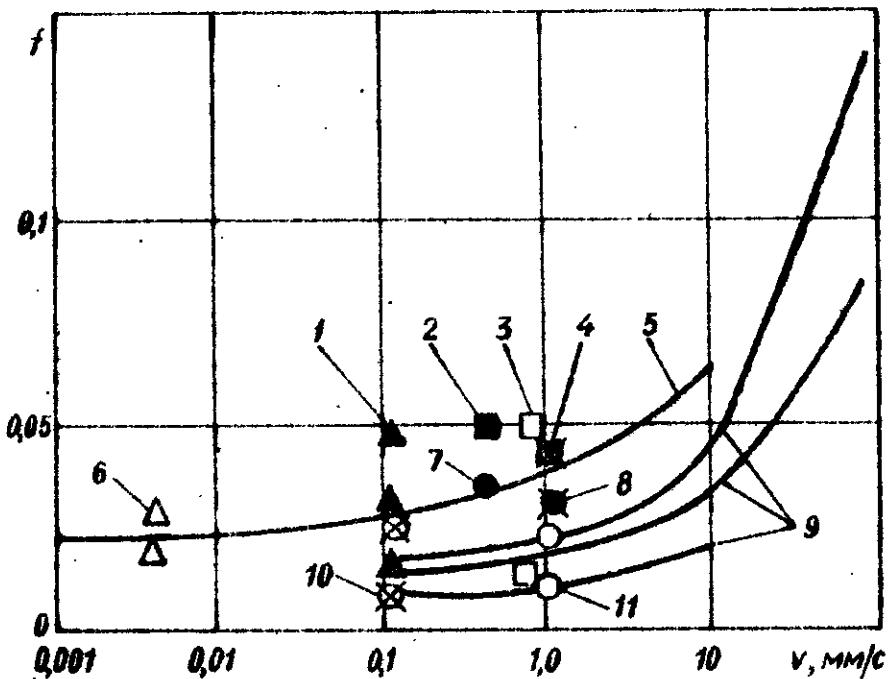


Рис.1 . Зависимость коэффициента трения  $f$  от скорости скольжения  $v$  при положительной температуре и давлении  $P = 50-500 \text{ кгс}/\text{см}^2$ :  
 1 - [187]; 2 - [104]; 3 - [184]; 4 - [94]; 5 - [17];  
 6 - [113]; 7 - [42]; 8 - [177]; 9 - [186]; 10 - [169];  
 11 - [115].

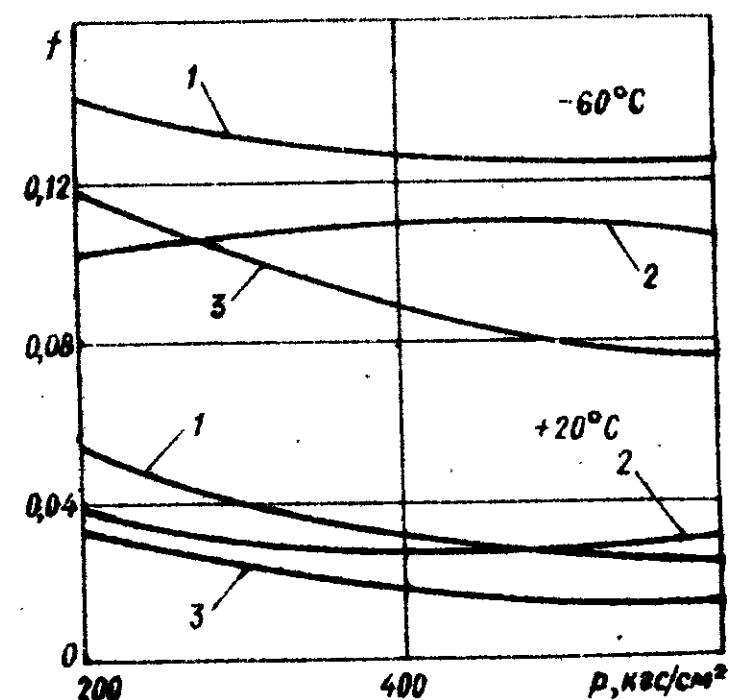


Рис.2 . Зависимость коэффициента трения от давления и температуры:  
 1 - материал Ф4К20; 2 - материал ФКЛ-7; 3 - чистый фторпласт-4.

Таблица 1. Физико-механические характеристики фторпласта-4 марки А и Б /для незакаленных образцов/ [156, 164]

Характеристика	Единица измерения	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Значение характеристики
Плотность	$\text{г}/\text{см}^3$	-	2,2
Предел прочности при растяжении	$\text{кгс}/\text{см}^2$	+20 0 -40	200 300 350
Относительное удлинение при разрыве	%	+20 0 -40	470 150 70
Модуль упругости при сжатии,	$\text{kgs}/\text{см}^2$	+20 0 -40	7000 11000 17000
Сжимающее напряжение, вызывающее относительную деформацию 5%	$\text{kgs}/\text{см}^2$	+25 0 -50	130 260 390
Ударная вязкость не менее	$\text{kgs}/\text{см}/\text{см}^2$	-	100
Коэффициент термического линейного расширения, среднее значение	град. $^{-1}$	от -50 до +25 от 0 до +25	$1.4 \cdot 10^{-6}$
Горючность		-	$2 \cdot 10^{-6}$
Влагопоглощение за 24 час		-	Не горит
Удельная теплоемкость	кал/г.град.	-	Нет 0,25

/ниже  $+20^{\circ}\text{C}$ . При скорости скольжения не более 1 мм/с, давления в пределах 100-1000  $\text{kgs}/\text{см}^2$  и интервале температур от -60 до  $40^{\circ}\text{C}$  в литературе указывается диапазон изменения значений коэффициента трения 0,008-0,15.

Многолетний опыт эксплуатации в машинах /более 25 лет/ и в опорных частях мостов /более 10 лет/, а также специальные исследования [156, 164, 173, 175] свидетельствуют о высокой долговечности фторпласта-4 без ухудшения свойств во времени, что подтверждается его исключительно высокой коррозионной стойкостью [156]. Стоимость изделий из рассматриваемого материала составляет 10-15 руб. за 1 кг.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективности

применения фторопласта-4 в узлах трения и целесообразности детального исследования его эксплуатационных возможностей. Перспективность этого материала возрастает вследствие того, что на его основе разработаны и освоены промышленностью композитные материалы. Так, введение во фторопласт-4 наполнителей приводит к повышению прочности и жесткости материала, к некоторому увеличению коэффициента трения /рис.2/ и к резкому повышению износостойкости. Стоимость изделий из таких материалов составляет 25-30 руб. за 1 кг. Освоено также производство металлофторопластовой ленты. На стальную полосу толщиной 0,7-2,5 мм, покрытую слоем меди, наносят бронзовый подслой толщиной 0,05-0,35 и пленку из смеси фторопласта-4 с дисульфидом молибдена, которая имеет толщину 0,02-0,06 мм /за рубежом выпускают аналогичные материалы "Глэсир-ДИ" и "Глэсир-ДР" [162; 49].

**Контртело.** В качестве контртела /направляющей/ могут использоваться различные материалы. Однако, например, древесина /даже модифицированная/ имеет недостаточную прочность при нагружении поперек волокон даже если давление на антифрикционную прокладку будет достигать 100-150 кгс/см<sup>2</sup>. Стекловидные материалы /например, шлакоситалл/ в лабораторных испытаниях дают неплохие результаты. Но такие материалы плохо обрабатываются и слишком хрупки, что исключает их применение для рассматриваемых целей. Поэтому практически направляющие можно выполнять только металлическими. Проведенные машиностроительными исследования [40, 41, 62] показали, что антифрикционные свойства контртела незначительно зависят от физико-химических свойств материала контртела, но эта поверхность должна быть незагрязненной и гладкой [17, 184, 186]. Это подтверждается и результатами испытаний НИИСКА /табл. 2/, которые показали также, что в тех же условиях коэффициент трения фторопласта-4 в паре со стальной заржавленной поверхностью /без обработки после прошивки/ достигает значений 0,3-0,6.

Рабочая поверхность контртела может быть защищена антикоррозийным покрытием /табл. 3/. Однако большинство из исследованных покрытий не может быть использовано практически. Так, эмалевое и силиконовое покрытия легко повреждаются из-за их хрупкости. Наиболее твердое из металлических покрытий —

— хромирование /применилось в опорных частях мостов в ФРГ и ГДР/ нельзя считать достаточно долговечным: тонкий защитный слой легко повреждается в результате механических воздействий [115]. Полимерные покрытия могли бы стать весьма эффективными, так как сами часто имеют хорошие антифрикционные свойства. При непродолжительной эксплуатации они оказались приемлемыми [30]. Но долговечность таких покрытий не изучена. Во всяком случае некоторые из них пропускают влагу [156], сталь под покрытием ржавеет, покрытие отслаивается.

Большой интерес представляют фторопластовые покрытия поверхности контртела. Но, к сожалению, использование металлофторопластового листа исключается из-за его большой дефицитности и высокой стоимости /около 250 руб./м<sup>2</sup>; кроме того, у нас такой материал изготавливается только в виде узкой ленты шириной до 100 мм. Натягивание и механическое закрепление фторопластовой пленки на большой поверхности направляющих практически невозможно, а покрытие из листов толщиной 2-3 мм не только расточительно, но и создает "прямую пару".

В связи с этим практически наиболее эффективным является покрытие направляющей слоем нержавеющей стали. В НИИСКе была сделана попытка напыления тонкого /толщиной до 0,3-0,5 мм/ слоя из такой стали.

Таблица 2. Значение коэффициентов трения фторопласта-4 при давлении 140-160 кгс/см<sup>2</sup> и комнатной температуре

Состояние рабочей поверхности контртела	Диапазон опытных значений при материалах контртела		
	сталь-3	нержавеющая сталь	шлакоситалл
без обработки после прошивки	0,09-0,6	0,11-0,18	0,12-0,14
шлифованная	Не определяется	-	0,16-0,17
полированная	То же	0,03-0,04	0,03-0,07

Таблица 3. Значение коэффициентов трения фторопласта при давлении 100–200 кгс/см<sup>2</sup> и комнатной температуре

Материал покрытия рабочей поверхности контролера	Диапазон опытных значений	Источник
Силиконовое хромирование	0,04–0,1	[НИИСК 113, 169, 177, 184, 18]
после полирования через 1 год	0,03–0,1 0,07–0,12 0,015–0,03	[169, 170, 183, 187]
Полиамидный материал	0,03–0,08	[76]
Фторопластовая пленка		

Поверхность напыленного слоя получается бугристой и требует механической обработки, что вполне выполнимо. Однако сам слой неплотен и не обеспечивает долговечной защиты стальной конструкции от коррозии. Толстолистовая конструкционная сталь односторонне планированная нержавеющим слоем толщиной 1–1,5 веcьма дефицитна и дорога (около 80 руб./м<sup>2</sup> при общей толщине 20 мм). Таким образом, практически наиболее доступно и надежно покрытие направляющей тонким (1–2 мм) листом нержавеющей стали в виде облицовки. Такие листы выпускаются некоторыми металлическими заводами с полированной поверхностью. Стоимость их порядка 20 руб./м<sup>2</sup>, что не обременительно. Недостатком является некоторая сложность крепления облицовки к направляющим, а такжестыкование листов по длине поперечной направляющей.

На основании изложенного для дальнейших исследований конструктивной разработки принято покрытие направляющих облицовкой из тонколистовой нержавеющей стали с полированной рабочей поверхностью (обработка не ниже 8 класса чистоты).

3. Антифрикционные свойства фторопласта-4. Предварительно выбранный антифрикционный материал требует более детального рассмотрения с привлечением опубликованных результатов исследований.

Литературные данные. Опубликовано довольно много результатов исследования фторопласта-4, но обобщающих работ нет. Это связано, по-видимому, с тем, что отдельные исследования выполнены по различным методикам и часто в несопоставимых условиях (по давлению, скорости, температуре, чистоте обработки контролера). Между тем, имеется ряд работ (некоторые из них проведены параллельно с исследованиями НИИСКА), результаты которых могут рассматриваться совместно (табл.4).

При исследовании применения фторопласта в строительных конструкциях установлено, что значения коэффициента трения по-коя  $f_p$  заметно превышает то же значение  $f$  при скольжении. Причем отношение их не остается постоянным, а приближается к единице при повторных смещениях (рис.3).

Большинство источников содержат опытные данные о значениях  $f$  и ( $f$  в несколько меньшем объеме)  $f_{p1}$  при положительной температуре (рис.4 и 5 соответственно). Значительная ширина диапазона опытных значений объясняется разницей в условиях испытаний и характеристик поверхности трения контролера (материала, твердости и чистоты обработки). Максимальные значения коэффициентов трения находятся в пределах:

r, кгс/см <sup>2</sup>	200	400	600	800
$f$ .....	0,04	0,03	0,02	0,015
$f_{p1}$ .....	0,07	0,05	0,025	0,02

Гораздо меньше известно о влиянии температуры на значение коэффициента трения (рис.6). Известные данные относятся только к трению скольжения, в большинстве случаев ограничены температурой не ниже – 45°C и охватывают давления не более 300 кгс/см<sup>2</sup>. Здесь также наблюдается широкий диапазон опытных данных. Во всяком случае видно, что снижение температуры от +20 до –60°C может привести к увеличению коэффициента трения в три–четыре раза и более.

Приведенные данные подтверждают существенное влияние на значение  $f$  давления и температуры, позволяют оценить диапазон возможных значений  $f$  и свидетельствуют о необходимости проведения дополнительного исследования.

Прежде всего, необходимо получить больше сведений при высоких давлениях (400 кгс/см<sup>2</sup> и более) даже при положительной

Рис.3. Характер изменения значений коэффициента трения от длины пути скольжения и количества сдвигов при первом проходе по дорожке трения.

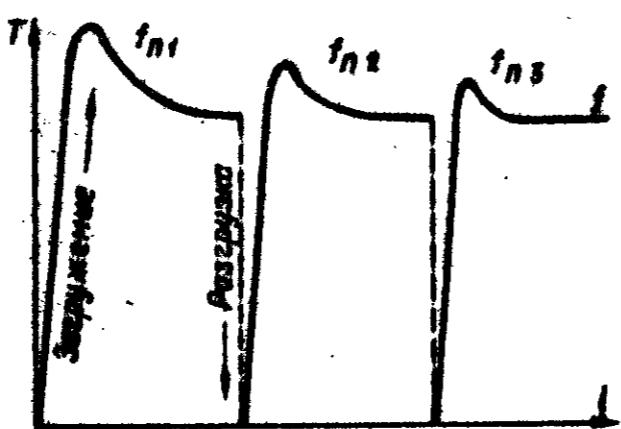
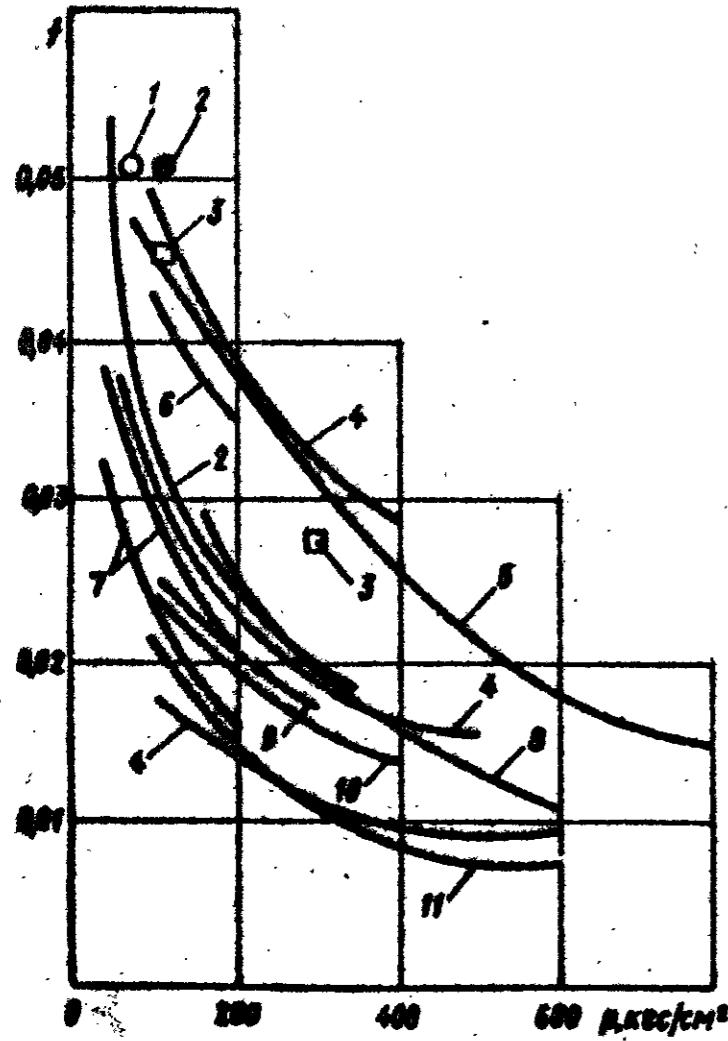


Рис.4. Зависимость коэффициента трения скольжения от давления при положительной температуре:

1 - [104], 2 - [94], 3  
[177], 4 - [187], 5 - [76],  
6 - [42], 7 - [118], 8 - [11],  
9 - [17], 10 - [115], 11 -  
[170]



т а б л и ц а 4. Основные сведения об используемых литературных источниках по опытным значениям коэффициентов трения

Источник	Контролло		Условия испытания		
	материал	частота обработки	V, мм/с	p, кгс/см²	диапазон t, °C
[76]	Нержавеющая сталь	7	Медленное смещение	70-800	+20
	Сталь-3	9	То же	50-350	+20
[42]	Сталь	8-9	0,4	30-300	+100, -90
[17]	Нержавеющая сталь	8	Медленное смещение	100-300	+20, -45
[113]	Хромированная ст.	Полировка	0,004	20-210	+20
[115]	То же	8	1,0	100-400	+18
[186, 187]	Сталь-37 Хромированная ст. Сталь с полиамидным покрытием	Полировка	0,1; 1,0	50-600	+22
[177]	Сталь аустенитная Хромированная ст.	Полировка	1	10-300	+20, -100
[184]	Хромированная ст. Сталь с полиамидным покрытием	То же	0,75	50-400	+22
[169, 170]	То же	-"-	0,11 0,17 0,56	100-600	+22
[104]	Сталь	8-10	0,4	60-70	+20
[94]	Нержавеющая сталь	7-8	1,0	90-100	+20

температура. При низких температурах эти данные просто отсутствуют. Во-вторых, следует детально изучить изменение отношения  $f_p : f$  в различных условиях. И, наконец, известен еще ряд факторов, которые могут влиять на значение коэффициента трения (длительность контакта, смазка, засорение и др.).

Рис.5. Зависимость коэффициента трения при первом сдвиге от давления при положительной температуре:

1 - [76]; 2 - [17]; 3 -  
[187]; 4 - [115]; 5 - [184];  
6 - [169].

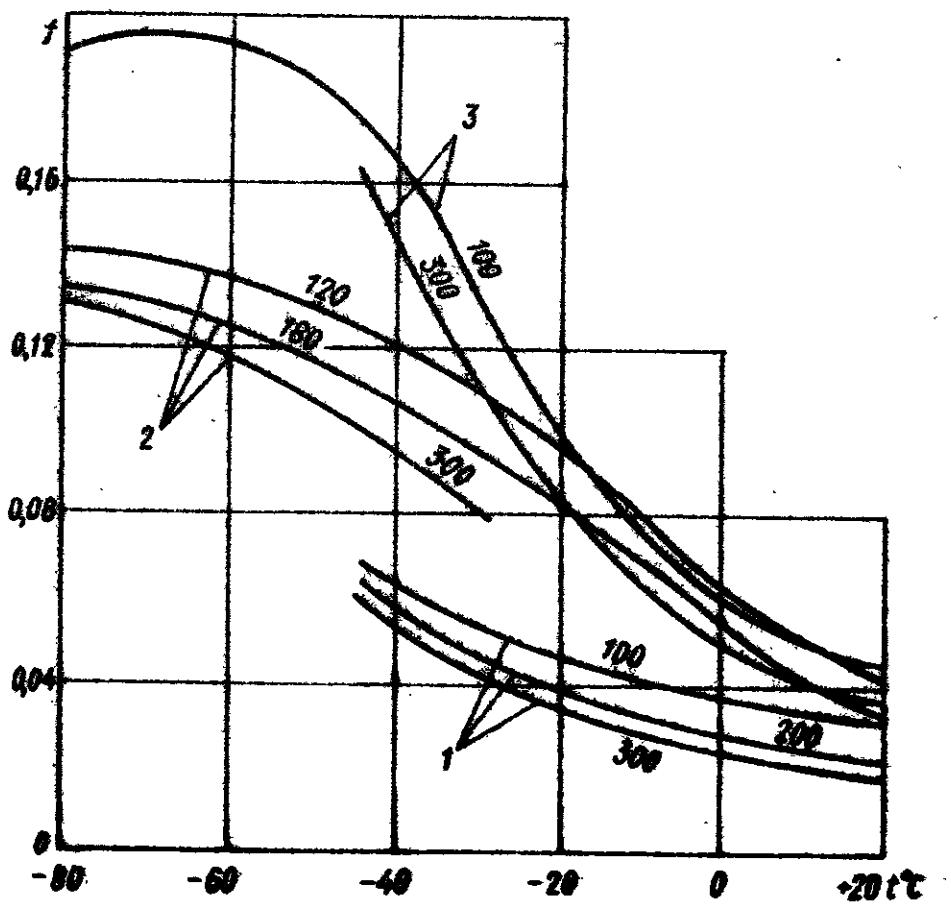
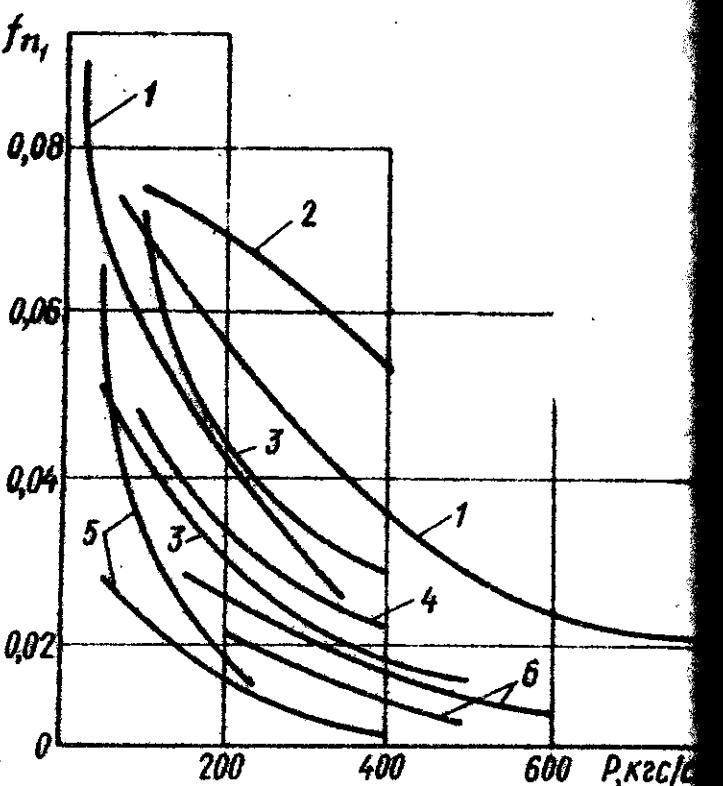


Рис.6. Зависимость коэффициента трения скольжения от температуры при давлении  $P = 100-300$  кгс/см<sup>2</sup>:  
1 - [77]; 2 - [42]; 3 - [17].

**Методика исследования.** Для исследования образцов из фторпласта-4 разработана и изготовлена специальная испытательная установка /рис.7/, обеспечивающая постоянную силу обжатия образца с помощью пружины, компенсирующей его деформации. Сдвигающая нагрузка создается за счет температурных деформаций нагреваемого элемента и передается образцу через шарниро-рычажную систему. Размеры рабочей части установки допускают помещение ее в климатическую камеру. Основные технические характеристики установки следующие: максимальная прижимающая нагрузка - 15 тс; сдвигающая - 5 тс; скорость сдвига - 0,03 и 0,12 мм/с; масса установки /с трансформатором/ - 450 кг.

Значение прижимающей нагрузки определяли с погрешностью не более 1% по осадке загрузочной пружины, которая была заранее протарирована вместе с рычажной системой. Значение сдвигающей нагрузки определяли по показаниям образцового динамометра, включенного в силовую цепь. При испытаниях в климатической камере температуру определяли как в самой камере, так и в зоне контакта испытываемого образца с контртелом. В последнем случае использовали термопары, помещенные в паз контртела на расстояние 1 мм от поверхности трения.

Испытываемые образцы устанавливали на катковую опору, значение сопротивления перемещению в которой не превышало 0,005 прижимающей нагрузки. Это сопротивление определено опытным путем и учитывалось при обработке результатов испытаний.

Испытываемые образцы фторпласта-4 выполняли цилиндрической формы с площадью рабочей поверхности 12,8 см<sup>2</sup>/при давлении не более 600 кгс/см<sup>2</sup>/ и 6,3 см<sup>2</sup>/при давлении более 600 кгс/см<sup>2</sup>/ . Для предотвращения изменения формы при давлениях, превышающих предел текучести материала, образцы помещали в жесткую стальную обойму. В качестве контртела использовали нержавеющую сталь /марки Х18Н10Т/ с обработкой до 8 класса чистоты поверхности /полировка/.

Во всех случаях непосредственно перед испытанием рабочие поверхности образца и контртела тщательно очищали ацетоном и бензином.

Испытания проводили при возвратно-поступательном движении

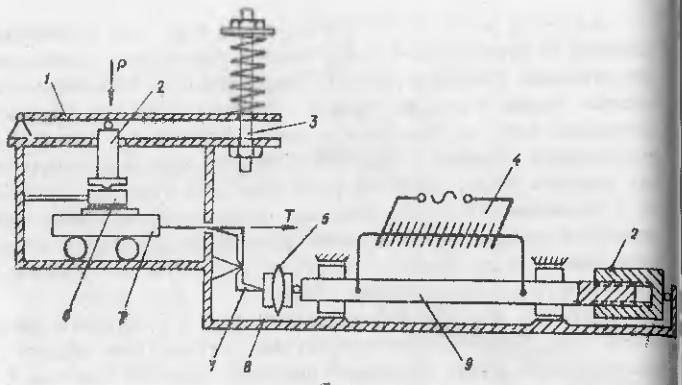


Рис. 7. Испытательная установка:

а - схема конструкции; б - общий вид; 1-загрузочные рычаги; 2-винтовые устройства для выбора зазоров в силовых цепях; 3-шнек; 4-трансформатор; 5-динамометр; 6-элементы опытного збора; 7-платформа; 8-рама; 9-нагреваемый стержень;

с периодическими тремя-четырьмя остановками. Общая длина пути скольжения составляла при этом 40-60 мм. Использованное нагружочное устройство обеспечивало плавное (без "окачков") скольжение. Температура +20, -30 и -60°C в диапазоне давлений от 100 до 800 кгс/см<sup>2</sup>.

**Сопротивление скольжению.** Значение коэффициента трения скольжения  $f$  является основной характеристикой антифрикционной пары.

На рис.8 приведены опытные значения и аппроксимирующие их графики зависимости  $f$  при первом проходе по дорожке трения (до приработки) от давления. Установлено, что значение  $f$  заметно снижается только до давления около 600 кгс/см<sup>2</sup>, а затем практически стабилизируется. При этом на полированной поверхности контролера наблюдается образование рисок вдоль направления смешения образца. Представляется, что поверхностная твердость примененной стали недостаточна при давлениях выше 600 кгс/см<sup>2</sup>.

Полученные значения  $f$  находятся вблизи верхней границы значений, установленных другими исследователями. Это свидетельствует о достоверности результатов и о том, что принятые условия испытаний не являются излишне благоприятными.

**Сопротивление сдвигу.** Однако приведенные данные еще недостаточны для оценки значения сопротивлений, которые возникают в антифрикционном узле (см.рис.8).

При исследовании были получены опытные значения коэффициента трения покоя  $f_{sl}$  при первом сдвиге (рис.9). Они также не противоречат полученным другими исследователями. Обработка опытных данных показала, что среднее значение отношения  $f_{sl}/f$  практически не зависит от давления и может быть описано зависимостью  $f_{sl}/f = 2,2+0,015t$ , определенной в интервале  $P = 100-300$  кгс/см<sup>2</sup> и  $t$  от +20 до -60°C. Таким образом, предышение  $f_{sl}$  над  $f$  весьма значительно при положительной температуре, но снижается до 1,3 в расчетном случае при  $t = -60^{\circ}\text{C}$ .

Приведенные выше данные относятся к первому сдвигу при первом проходе по "дорожке трения", т.е. могут иметь место лишь один раз за время эксплуатации спарной части.

При том же первом проходе уже второй сдвиг характеризуется

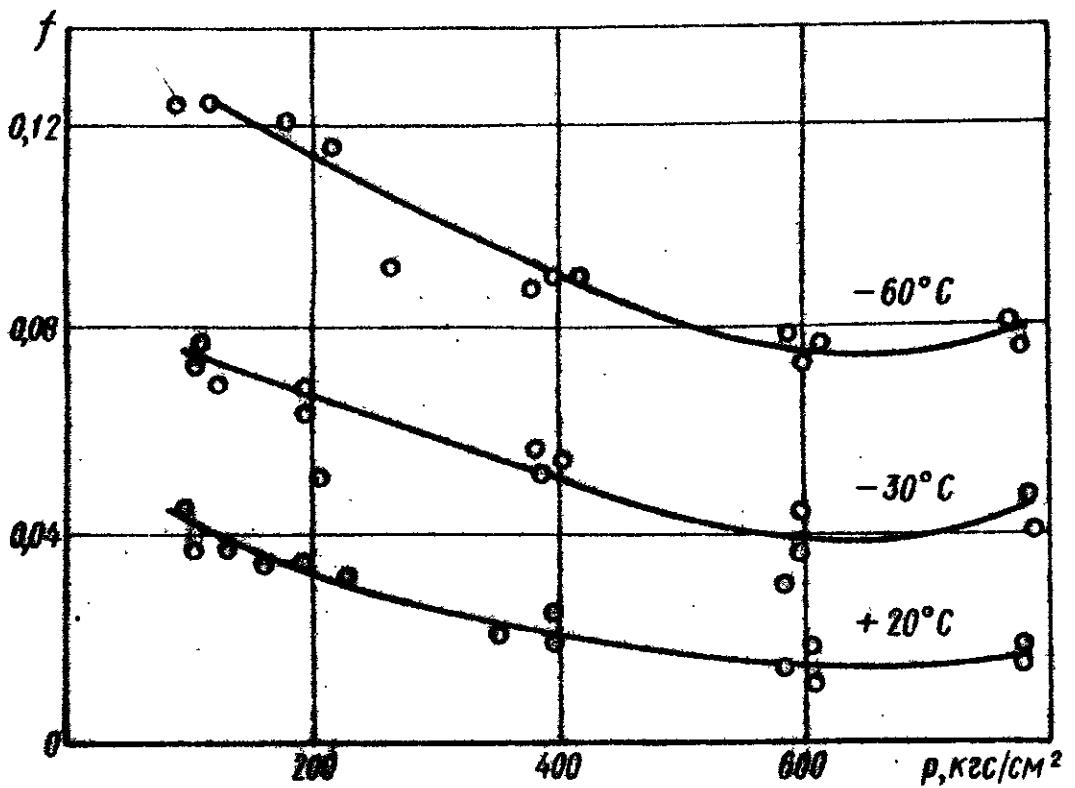


Рис.8 . Опытные значения коэффициентов трения скольжения при различных давлениях и температурах.

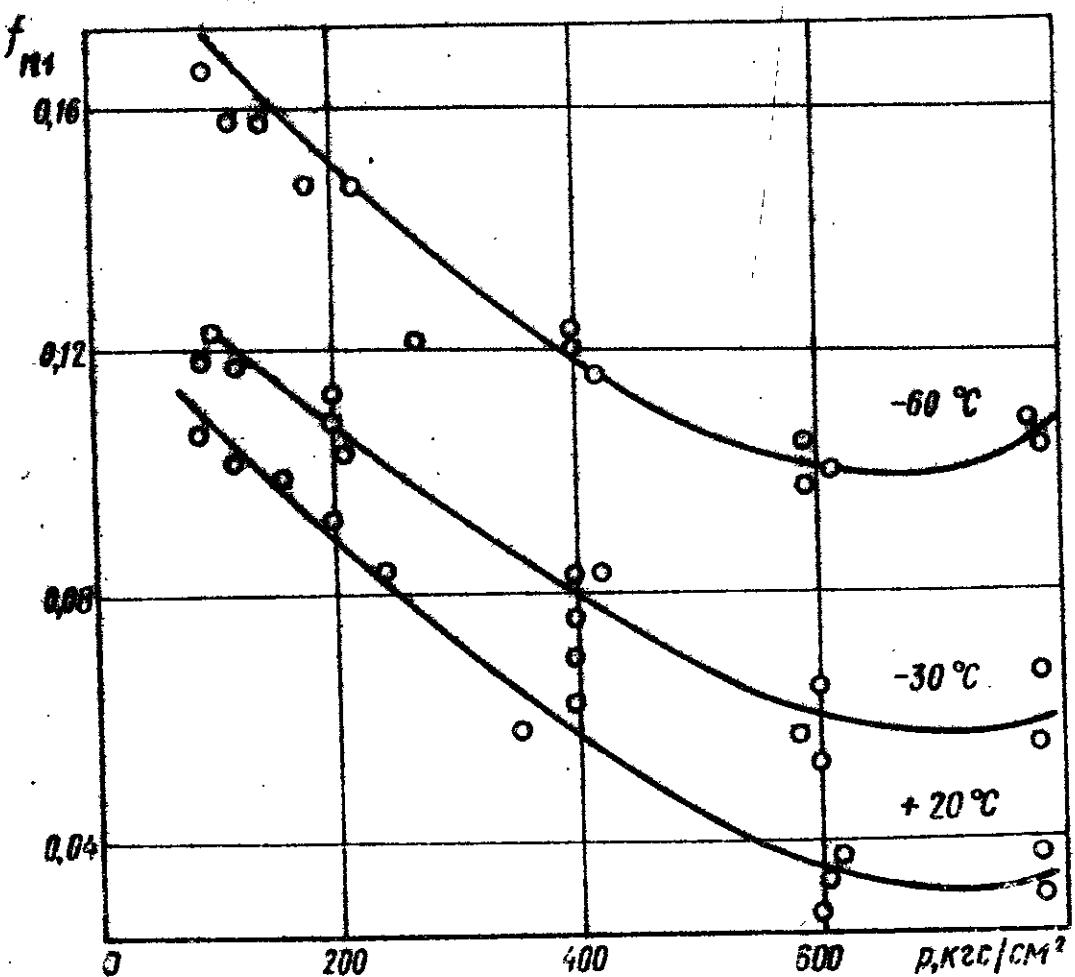


Рис.9 . Опытные значения коэффициентов трения при первом сдвиге при различных давлениях и температурах.

значительным уменьшением  $f_{\text{п1}}$ , хотя значение  $f$  остается практически постоянным, так что в среднем

$$t^\circ\text{C} \quad +20 \quad -30 \quad -60 \\ f_{\text{п2}} : f \quad 1,12 \quad 1,05 \quad 1,02$$

В [170] при контроле с хромированным покрытием для давления  $100 \text{ кг}/\text{cm}^2$  и  $t = 22^\circ\text{C}$  получено  $f_{\text{п2}} : f = 1,1$ .

Приработка и выдержка. Повторные проходы по одной дорожке трения приводят к снижению значений  $f_{\text{п1}}$  и  $f$ , которые постепенно стабилизируются (эффект "приработки"). Так, в работе [187] после пяти проходов получены значения  $f_{\text{п1}} : f$ , равные при положительной температуре 1,15 и 1,05 для давлений 100 и  $400 \text{ кг}/\text{cm}^2$ ; в [170] при контроле с полиамидным покрытием для давления  $300 \text{ кг}/\text{cm}^2$  и  $t = 22^\circ\text{C}$  после 100 проходов  $f_{\text{п1}} : f = 1,1$ ; в [186] получены снижение  $f$  в два-три раза после прохода на 0,1–0,2 м и неизменное нижнее значение на длине пути 200 м. В опытах [174] значение  $f_{\text{п1}}$  после первоначальной приработки сохранялось неизменным на протяжении 4 тыс. проходов.

Приведенные выше значения  $f_{\text{п1}}$  получены при выдержке под прижимающей нагрузкой от 0,2–1 час до двух–четырех суток. Заметное влияние выдержки на  $f_{\text{п1}}$  и  $f$  не обнаружено. Этот результат не показался неожиданным, если вспомнить об исключительной инертности фторопласта.

Влияние смазки. Описанные испытания проводились при тщательной очистке и обезжиривании контактных поверхностей. В литературе часто отсутствуют сведения о такой очистке. Возможно, этим и объясняется относительно низкие значения  $f$  и  $f_{\text{п1}}$ , полученные отдельными исследователями.

Хотя фторопласт является самосмазывающимся материалом, его антифрикционные свойства улучшаются при наличии дополнительной смазки. В работе [94] отмечено, что первоначальное значение  $f = 0,05$  при  $P = 90\text{--}100 \text{ кг}/\text{cm}^2$  и  $V = 1 \text{ мм}/\text{с}$  уменьшается до 0,03 при смачивании контактных поверхностей водой. В [104] для  $P = 60\text{--}70 \text{ кг}/\text{cm}^2$  и  $V = 0,4 \text{ мм}/\text{с}$  при влажной поверхности получено  $f = 0,04$ . Значения  $f$  при трении тefлонового покрытия лыж по снегу и льду изменились от 0,02–0,03 при  $0^\circ\text{C}$  до 0,08–0,1 при морозе в  $20\text{--}30^\circ\text{C}$  [49, 92].

Влияние загоревания. Во многих работах

отмечается высокая способность фторопласта-4 поглощать абразивные частицы и повышенная работоспособность фторопластовых прокладок в запыленной среде. Так, в [159] указывается на то, что кварцевые зерна полностью внедряются в поверхностный слой прокладки даже при давлении порядка  $5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Характер такого поглощения иллюстрируется рис.10. Но это не значит, что фторопластовые прокладки вовсе не нуждаются в защите от засорения. Наоборот, наличие такой защиты некоторые авторы считают обязательным для сохранения благоприятных антифрикционных свойств [162, 182]. Исследования НИИСКА показывают, что засорение рабочей площади прокладки кварцевым песком ведет к значительному увеличению сопротивления первому сдвигу

засорение в % площади	10	20	30
увеличение $f$ , раз	1,7	2,5	3,

которое, правда, существенно уменьшается при повторных проходах.

**4. Исследование прокладки.** Для проектирования антифрикционного узла одних лишь исследований образцов материала недостаточно. Необходимо еще выбрать рациональную конструкцию и назначить размеры прокладки. В литературе пока нет для этого обоснованных рекомендаций, которые учитывали бы достаточно сложные требования, предъявляемые к антифрикционным узлам. Вместе с тем, выбор рациональной конструкции прокладки привлекает внимание специалистов, о чем свидетельствует ряд изобретений.

**Деформативность прокладки.** Рассматривались различные возможные конструкции антифрикционных элементов с прокладками из чистого фторопласта-4 и контртелом из нержавеющей стали с полированной рабочей поверхностью.

Простейший случай установки плоской прокладки на гладкое основание (рис.11, а) обычно никогда не применяется, так как дает минимальную несущую способность. Последнюю можно несколько увеличить, если опорную поверхность сделать шероховатой [1.46], что создает эффект односторонней обсыпи (рис.11, б). Действие этого эффекта увеличивается при установке прокладки в углубление (рис.11, в); такое решение используют в опорных частях мостов [17, 27, 1.13]. При этом рабочая толщина прокладки уменьшается наполовину.

Размещение фторопласта в обойме связано прежде всего с

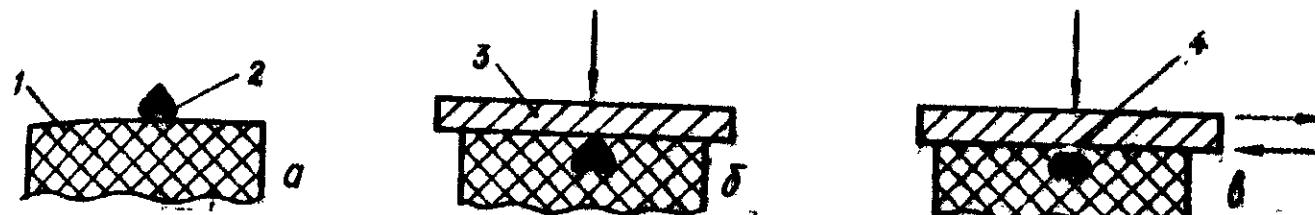


Рис.10. Влияние засорения:  
а, б, в - последовательные стадии; 1 - прокладка из фторопласта-4; 2 - абразивная частица; 3 - контргед; 4 - пленка из фторопласта-4.

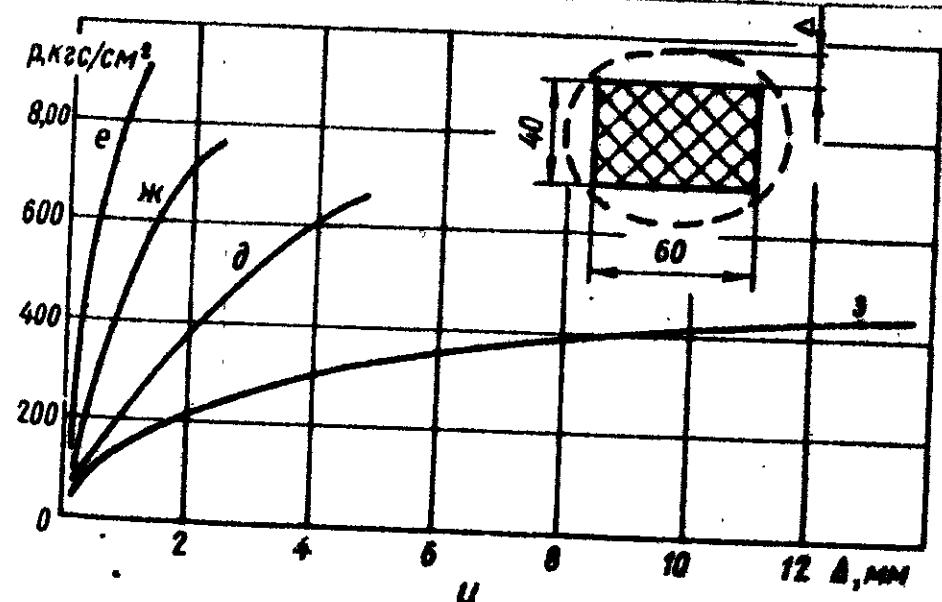
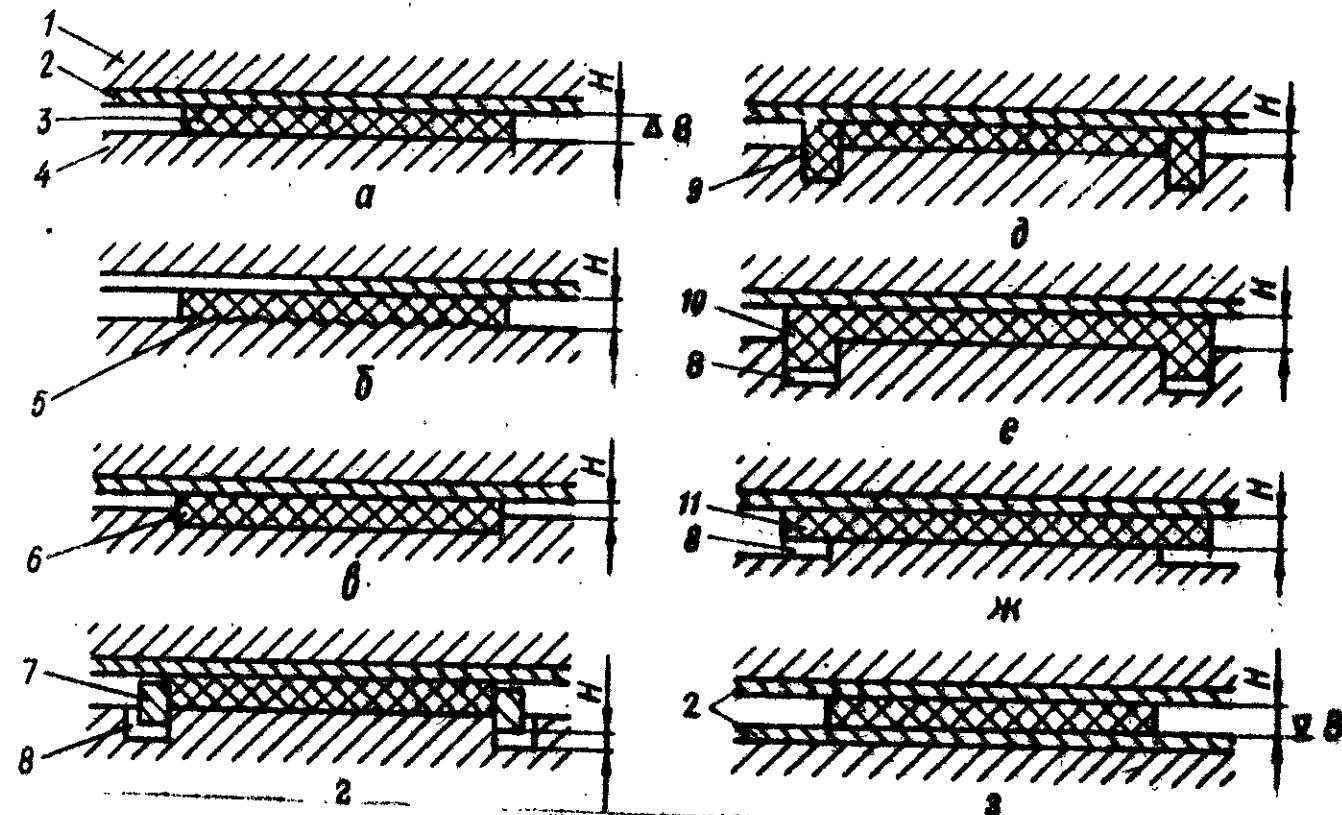


Рис.11. Исследование деформативности антифрикционных прокладок:  
а - а) конструкции прокладки; и - результаты испытаний; I - направляющая /контргед/; 2 - облицовка нержавеющей стали; 3 - прокладка; 4 - основание /корпус/; 5 - шероховатая поверхность; 6 - углубление по размеру прокладки; 7 - стальная обойма; 8 - зазор; 9 - обойма из фторопласта-4; 10 - утолщение по контуру; II - свес за пределами рабочей части прокладки; III - рабочая толщина; Δ - раздавливание под сжимающей нагрузкой.

желанием увеличить рабочее давление на прокладку сверх предел текучести материала. При этом не только снижается сопротивление сдвигу, но и уменьшается приработочный период, улучшаются компенсационные возможности узла. Кстати, для улучшения компенсирующих свойств желательно увеличивать толщину прокладки, а последней из рассмотренных конструкций принимают  $H \leq 2$  мм, так как иначе, в противном случае, происходит интенсивное раздавливание прокладки. Поэтому было рассмотрено несколько конструктивных решений устройства обоймы по всей толщине прокладки.

Наибольший эффект дает стальная обойма /рис. II, г/, установленная с возможностью перемещения вслед за обмятием и срабатыванием прокладки [1.50]. Однако эта конструкция была признана недостаточно надежной при больших деформациях из-за опасения заклинивания обоймы в корпусе, особенно при перекосах, вызываемых компенсированием угловых перемещений. Такая же обойма, выполненная из фторопластика /рис. II, д/, оказалась неэффективной из-за малой жесткости.

Наилучший эффект дала конструкция [1.42], в которой рабочая часть прокладки обрамлена по контуру односторонним утолщением, размещенным с зазором в углублении на поверхности основания /рис. II, е/.

Сравнительная эффективность рассмотренных конструктивных решений была оценена путем испытания обжатием прямоугольных прокладок с первоначальными /до загружения/ размерами в плане  $60 \times 40$  мм и толщиной 4 мм, для которых определялись поперечные перемещения  $\Delta$  вблизи поверхности контакта. Результаты этих испытаний приведены на рис. II, и; давление  $P$  отнесено к первоначальной площади прокладки, причем прокладка по рис. II, е, обжималась между двумя полированными опорными поверхностями. Эти испытания подтвердили высокую эффективность конструкции, приведенной на рис. II, е.

**Методика испытания.** Конструкция прокладки в определенной мере влияет на ее свойства. Поэтому оказалось необходимым провести дополнительные испытания, результаты которых анализируются совместно с соответствующими данными других исследований.

Испытывали прокладки из чистого фторопласта-4 толщиной 6,9 мм с размерами рабочей части  $40 \times 60$  мм, установленные на стальном корпусе /рис. 12/. Контурные утолщения размещались в углублениях с зазором 2 мм. На поверхности корпуса под рабочей частью прокладки имелись пазы сечением  $2 \times 1$  мм, предназначенные для уменьшения поперечных перемещений материала.

При давлении  $400 \text{ кгс}/\text{см}^2$  несущая способность опытного образца составляет около 10 тс, так что он может рассматриваться как натуральная конструкция или модель в масштабе 1:2 - 1:3.

Основная цель испытаний заключалась в изучении характера ползучести материала и получении численных характеристик истинной прочности. Следует заметить, что наименее благоприятна работа в условиях положительной температуры. Кроме того, определяли значение коэффициентов трения для оценки возможности распространить полученные ранее результаты /см. выше п. 3/ на прокладки принятой конструкции. Одновременно оценивались условия защищности рабочей части прокладки от засорения.

**Ползучесть фторопласта.** Деформации ползучести в значительной мере ограничивают применение чистого фторопластика в узлах машин, к которым предъявляются высокие требования стабильности геометрических размеров. Исходя из этого, допускаемые давления на фторопластовые вкладыши подшипников ограничиваются значением  $30-70 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . К опорным частям строительных конструкций такие требования не предъявляют. Однако возникает вопрос о толщине прокладки после длительного обжатия.

Многими исследователями установлено, что деформации ползучести увеличиваются вместе с ростом давления и температуры. Это вполне соответствует физико-механическим свойствам материала. На рис. 13 показаны немногочисленные опытные данные о ползучести вкладышей из фторопласта-4 при давлении более  $100 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , полученные при положительной температуре. Уменьшение первоначальной толщины прокладки наиболее интенсивно происходит в первые несколько суток, а затем достаточно быстро стабилизируется.

Как следует из приведенного рисунка, полное обжатие складывается из начального обжатия  $h_0$  при  $T \rightarrow 0$  и дополнительного обжатия  $h_{pl}$ , обусловленного деформациями ползучести

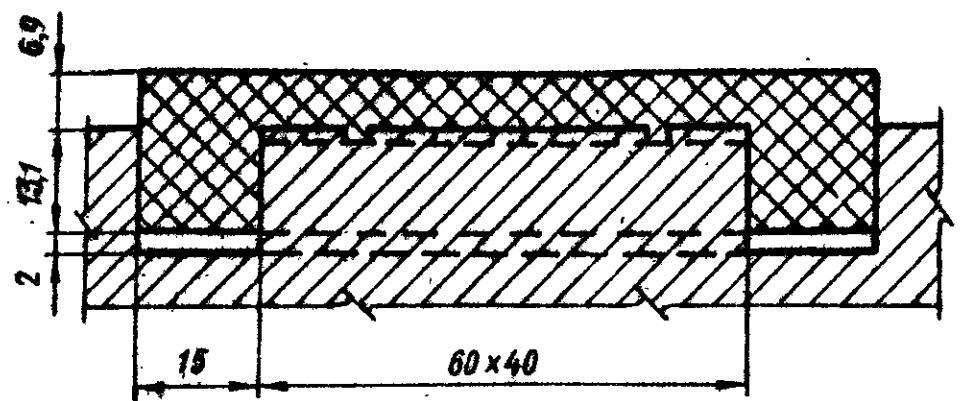


Рис.12. Конструкция опытной прокладки из фторопласта-4.

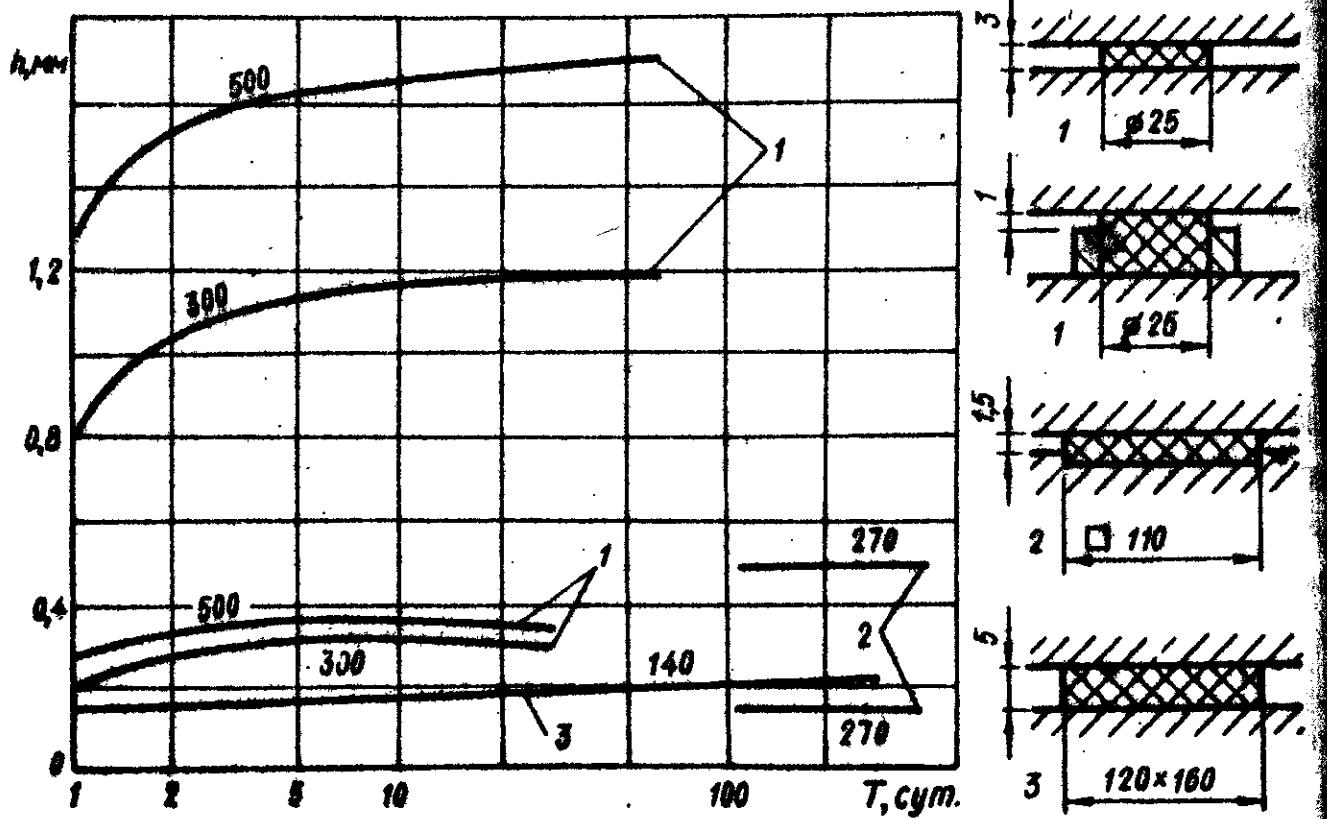


Рис. 13. Деформации прокладок при длительном обжатии:  
1 - по [187]; 2 - по [115]; 3 - по [76].

$\delta_{pl} = (h - h_0)/H$ , проявляющимися в течение первого периода нагружения, продолжительность которого может колебаться от одного до нескольких месяцев. Приведенные данные достаточно разноречивы: значение  $h_0$  изменяется в пределах от 0,2 до 1,2 мм, а значение  $\delta_{pl}$  от 0,015 до 0,15 относительных единиц. Эту разницу нельзя объяснить только конструкцией испытанных прокладок. По-видимому, оказались и другие факторы: чистота обработки поверхности прокладки, методика измерений (при каком давлении снимался нулевой отсчет), деформативные свойства испытанного материала и др.

Эти испытания имели ограниченную продолжительность, не всегда доводились до стабилизации значений  $\delta_{pl}$  и, главное, не включали нагружение образцов сдвигающей нагрузкой. Кроме того, рассмотренные данные нельзя непосредственно использовать для прокладок принятой конструкции. Прокладку по рис.12 испытывали под обжимающим давлением 400 кгс/см<sup>2</sup> в течение 19 месяцев. Обжатие  $h$  определяли как полуоcумму показаний двух симметрично установленных индикаторов. Начальные отсчеты сняли при давлении 25 кгс/см<sup>2</sup>. Результаты измерений обжатия во времени приведены на рис.14.

Начальное обжатие, обусловленное выравниванием прокладки и заполнением ее материалом зазоров и неровностей, составило  $h_0 = 0,6$  мм. Под действием одного только обжимающего давления деформаций ползучести стабилизировались, примерно, через 7 месяцев и привели к дополнительному обжатию на  $\Delta_{pl} = 0,665$  мм, чему соответствует  $\delta_{pl} = 0,665 : 6,9 \approx 0,1$ .

Затем, после выдержки общей продолжительностью 12 месяцев, к образцу была дополнительно приложена повторно-переменная сдвигающая нагрузка. Это вызвало дополнительное заметное уменьшение толщины прокладки, что объясняется совместным влиянием вновь проявившихся деформаций ползучести, а также изнашиванием материала при сухом трении. Последнее происходило, в основном, в период приработки и привело к уменьшению толщины прокладки всего на 0,026 мм /см. ниже/, что может в данном случае не учитываться. В начале испытания по этому новому режиму произошло уменьшение толщины на 0,07 мм, а затем в течение 6 месяцев наблюдалась примерно равномерные незатухающие деформации

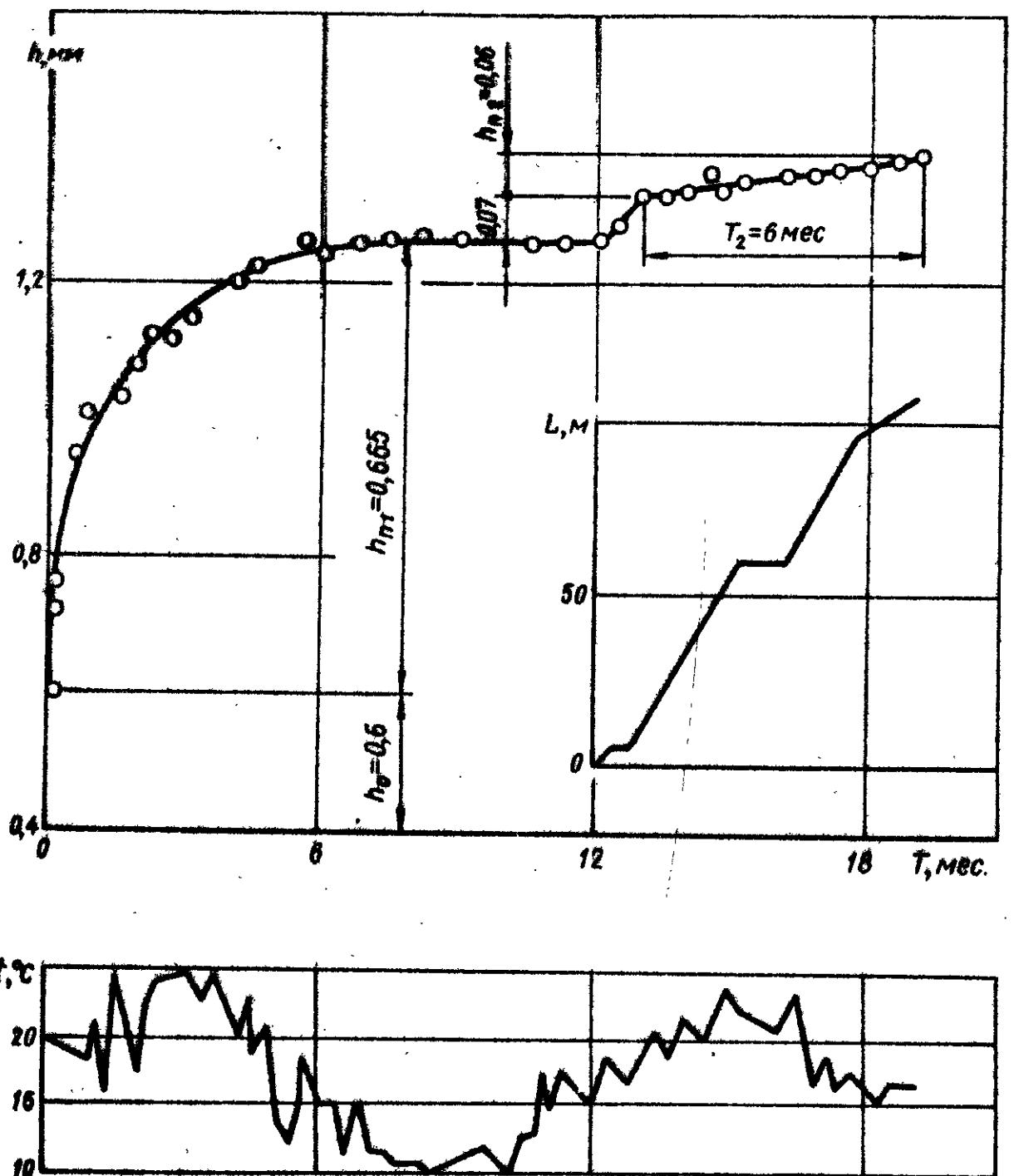


Рис.14. Деформативность прокладки по рис.12 при длительном обхватии и повторных сдвигах.

см. рис.14/, которые привели к дополнительному обхватию на  $h_{plz} = 0,06$  мм. Если считать с осторожностью, что интенсивность ползучести при таком режиме нагружения не будет уменьшаться со временем, то относительная деформация ползучести составит за год  $\delta'_{plz} = \frac{0,06}{6,9} \cdot \frac{12}{6} = 0,02$ .

Оценим возможное общее значение деформаций ползучести в течение, например, 15-летней эксплуатации  $\delta_{plz} = \delta_{plz} + \delta'_{plz} T = 0,1 + 0,02 \cdot 15 = 0,4$ .

**Изнашивание.** Обычно в качестве показателя долговечности подшипников принимают произведение давления на скорость  $PV$ . В работе [156] допустимым считают такое значение  $PV$ , при котором износ не превышает 0,13 мм за 1000 час работы при  $t = 20^\circ\text{C}$ . В работах [162, 180] чистый фторопласт рекомендуют применять в подшипниках, у которых значение  $PV$  не превышает  $350\text{--}600 \text{ кгс}/\text{см}^2 \cdot \text{м/с}$ . Рекомендации машиностроителей не следуют, конечно, непосредственно переносить на опорные части строительных конструкций. В этой связи большой интерес представляют исследования, выполненные для опорных частей мостов.

По литературным данным /табл.5/ можно оценить характер зависимости интенсивности уменьшения толщины прокладки вследствие износа  $\delta_{il}$  /в  $\text{мм}/\text{км}$ / от основных влияющих факторов /рис.15/. Эти данные достаточно разноречивы. Однако при расчетных условиях эксплуатации опорной части  $PV = 400 \cdot 0,1 = 40 \text{ кгс}/\text{см}^2 \cdot \text{мм/с}$  ожидаемое значение  $\delta_{il}$  может находиться в пределах от 0,01 до 0,15  $\text{мм}/\text{км}$ . Испытания прокладки принятой конструкции проводили в более интенсивном режиме /при скорости  $0,7\text{--}0,8 \text{ мм/с}$ , для которого параметр  $PV = 300 \text{ кгс}/\text{см}^2 \cdot \text{мм/с}$ , так что ожидаемое значение  $\delta_{il}$  может находиться в пределах от 0,05 до 0,3  $\text{мм}/\text{км}$  /см. рис.15,в/.

В результате испытания при общей длине пути скольжения  $L = 110$  м потеря массы прокладки составила  $\vartheta = 0,136$  г. Взвешивание производили на аналитических весах с ценой деления 0,1 мг. До взвешивания /до и после испытания/ прокладкуательно очищали от загрязнения и продуктов износа. Опытное значение объемной массы фторопласта составило  $\gamma = 2,19 \text{ г}/\text{см}^3$

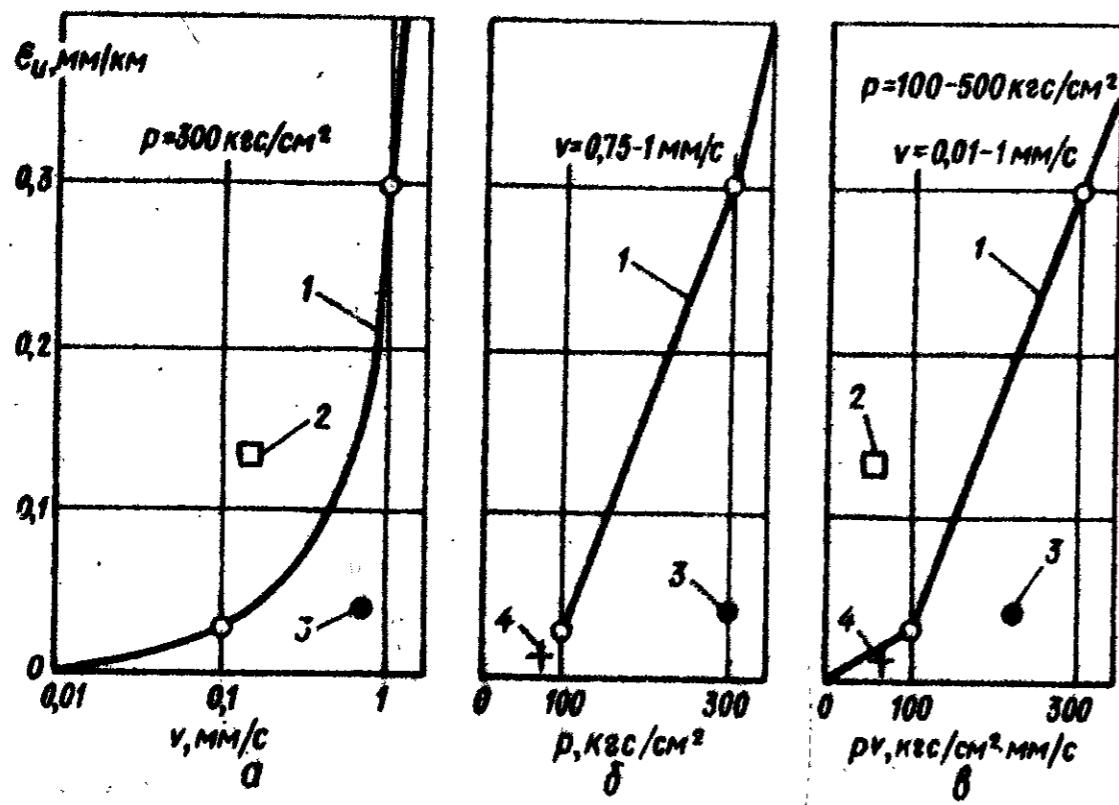


Рис. 15. Опытные данные об изнашивании прокладки из фторпласта-4 в зависимости от:  
а - скорости скольжения  $V$ ; б - давления  $P$ ; в - характеристики  $PV$ ; 1 - по [186]; 2 - по [169]; 3 - по [115];  
4 - по [184].

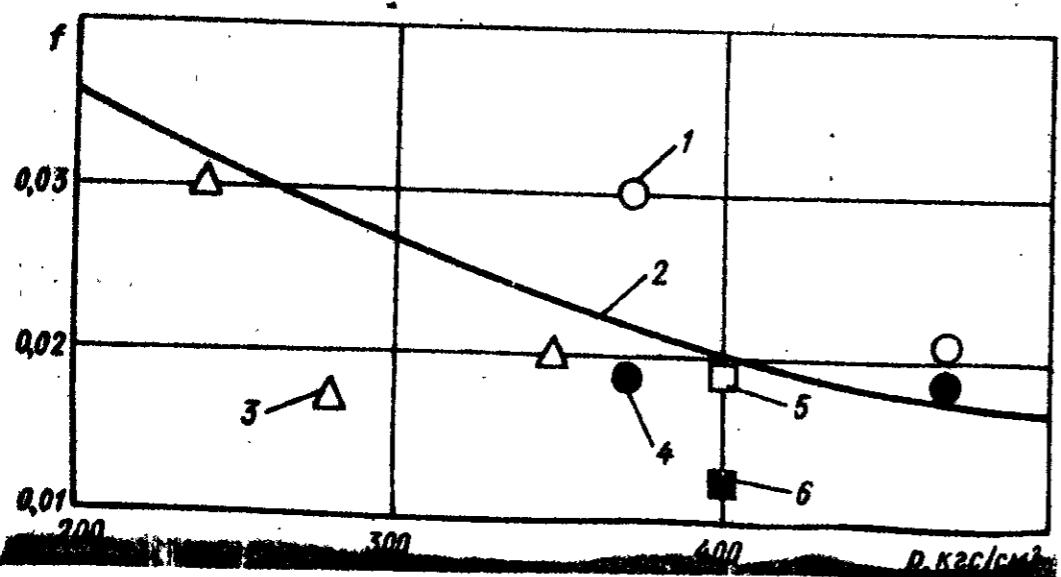


Рис. 16. Сводные данные о зависимости коэффициента трения от давления при положительной температуре:  
1, 4 - испытания отдельных прокладок; 2 - по рис. 8; 3 - стендовые испытания (см. статью Д.А. Коршунова и др. "Разработка и исследование конструкций опорных частей" настоящего сборника, табл. 2); 5, 6 - испытание прокладки по рис. 14. Светлые точки - первый сдвиг, темные - после приработки.

т а б л и ц а 5. Основные сведения об используемых литературных данных по опытным значениям интенсивности линейного износа

Источник	Контртесто		Условия испытания		
	материал	чистота обработки	$V$ , мм/с	$P$ , кг/см²	$L$ , м
[115]	Нержавеющая сталь	Полировка	0,8	80	577
[169, 170]	Хромированная сталь	Полировка	0,17 0,75 0,01 0,1 1,0	300 300 100 300 500	500 100 200
[184]					
[186, 187]					

/что соответствует данным табл. 1/. При площади прокладки  $F = 24 \text{ см}^2$  линейный износ

$$h_i = \frac{g}{8F} = \frac{0,136}{2,19 \cdot 2,4} \cdot 10 = 0,026 \text{ мм.}$$

Если считать, что изнашивание происходит равномерно по всей длине пути скольжения, то опытное значение

$$\delta_i = h_i \frac{1 \text{ км}}{L} = 0,026 \frac{1000}{110} = 0,24 \text{ мм/км},$$

что находится в пределах указанного выше диапазона ожидаемых значений  $\delta_{il}$ . Вместе с тем, линейный износ  $h_i$  составляет только 20% опытного значения  $h_2$ , так что влияние ползучести на этом этапе испытания превалирует.

Возможное уменьшение толщины прокладки за весь срок службы опорной части от изнашивания при  $L = 5 \text{ км}$  составит  $h_i = \delta_i L = 0,24 \cdot 5 = 1,2 \text{ мм}$ , но это значение получено с запасом, так как относится к  $V \approx 0,8 \text{ мм/с}$  и не учитывает известных [73, 105] сведений о том, что максимальное изнашивание происходит в период приработки. При  $T = 15^\circ\text{C}$  минимальной толщине прокладки  $H = 5 \text{ мм}$  от ползучести  $h_i = \delta_{il} HT = 0,02 \cdot 5 \cdot 15 = 1,5 \text{ мм}$ , причем это значение получено из условия, что все изнашивание проходит в течение короткого приработочного периода.

Таким образом, при определении толщины прокладки прямой учет изнашивания не требуется. Этот вывод относится к контролю о полированной поверхности.

Сопротивление скольжению. При исследовании прокладок факультативно получены опытные значения

коэффициентов трения, приведенные на рис.16. Они хорошо совпадают с опытными значениями, полученными при испытании образцов материала (см. выше п.3.). Эти данные служат основанием для того, чтобы распространить результаты определения значений коэффициентов трения на прокладки рассматриваемой конструкции.

**Демпфирующие свойства.** Как известно, колебания трубы под действием изменяющегося давления транспортируемого продукта и ветровой нагрузки весьма нежелательны; поэтому в ряде случаев необходимо устраивать специальные виброгасящие опоры. В связи с этим весьма ценна способность фторпласта интенсивно гасить колебания, отмечаемая в ряде работ [45, 170]. Этому способствует возможность применения прокладок значительной толщины — порядка 5–6 мм (вместо 1,5–2,0 мм в мостовых опорах / см. рис.11,в/). К сожалению, оценить демпфирующую способность прокладки расчетом невозможно. Однако можно утверждать, что эта способность гораздо выше, чем у опор с опиранием стальных элементов, особенно катковых и роликовых.

**5. Рекомендации по проектированию.** Проектирование антифрикционного узла включает выбор конструктивного решения, назначение размеров прокладки и определение силы сопротивления сдвигу. Исходными данными для проектирования являются:

общее конструктивное решение опорной части;  
значение составляющих нагрузок, передаваемых трубопроводом на опорную часть;

допускаемое давление на прокладку, которое может достигать 600 кгс/см<sup>2</sup>. Однако при таких больших давлениях следует увеличивать твердость рабочей поверхности контрола. Поэтому рекомендуется для нормальных условий эксплуатации принимать давление порядка 400 кгс/см<sup>2</sup>;

расчетная температура эксплуатации антифрикционных элементов, зависящая от географического положения сооружения, а в ряде случаев — и от температуры транспортируемого по трубе продукта;

расчетные значения коэффициентов трения.

**Конструктивное решение.** Антифрикционный узел /рис.17,а/ состоит из вкладыша и направляющей. Последняя, как уже отмечалось, должна иметь покрытие из тонколистовой

нержавеющей стали с рабочей поверхностью, имеющей обработку не ниже 8 класса чистоты /полировка/. Продольная направляющая цилиндрической формы с осью кривизны, совпадающей с продольной осью трубы.

Вкладыш включает стальное основание и антифрикционную прокладку из чистого фторпластика-4 марки А или Б [2]. Прокладку /рис.17,б/ следует проектировать с прямоугольной или круглой в плане рабочей частью /желательно, чтобы отношение длины к ширине не превышало 1,5/, обрамленной по контуру утолщением, выполняющим функции обоймы. На рабочей поверхности основание имеет пазы для размещения утолщенной части прокладки с зазором 1–2 мм под утолщением.

В том случае, если смятие плоской прокладки цилиндрической направляющей превышает 1 мм, рабочая поверхность основания обрабатывается по форме многоугольника, описанного вокруг окружности направляющей /рис.17,в/.

**Коэффициенты трения.** Особенности изменения значения коэффициента трения при сдвиге и скольжении, а также приработка дают основание принять в качестве расчетного значение коэффициента трения скольжения  $f_s$  при первом проходе. Здесь учитывается наличие факторов, способствующих снижению коэффициента трения: приработка элементов антифрикционной пары, действие вибраций, наличие различного вида смазки /остатки масла, влага и пр./. Предполагается, что эти факторы превалируют над отрицательными влияниями: превышение  $f_d$  над  $f_s$ , наличие случайных засорений. Соответствующие численные значения коэффициентов трения приведены в табл.6.

Следует отметить, что уменьшение  $f_s$  при увеличении давления снижает чувствительность антифрикционных элементов к перегрузкам. Особенно заметно это при положительной температуре: увеличение прижимающей нагрузки в шесть раз /от 100 до 600 кгс/см<sup>2</sup>/ увеличивает силу трения всего в два с половиной раза, а в интервале давлений от 300 до 600 кгс/см<sup>2</sup> сила трения изменяется только до 20%. Правда, при низкой температуре этот эффект выражен слабее. Но и при  $t = -60^{\circ}\text{C}$  увеличение прижимающей нагрузки вдвое /от 300 до 600 кгс/см<sup>2</sup>/ приводят к увеличению силы трения на 40%.

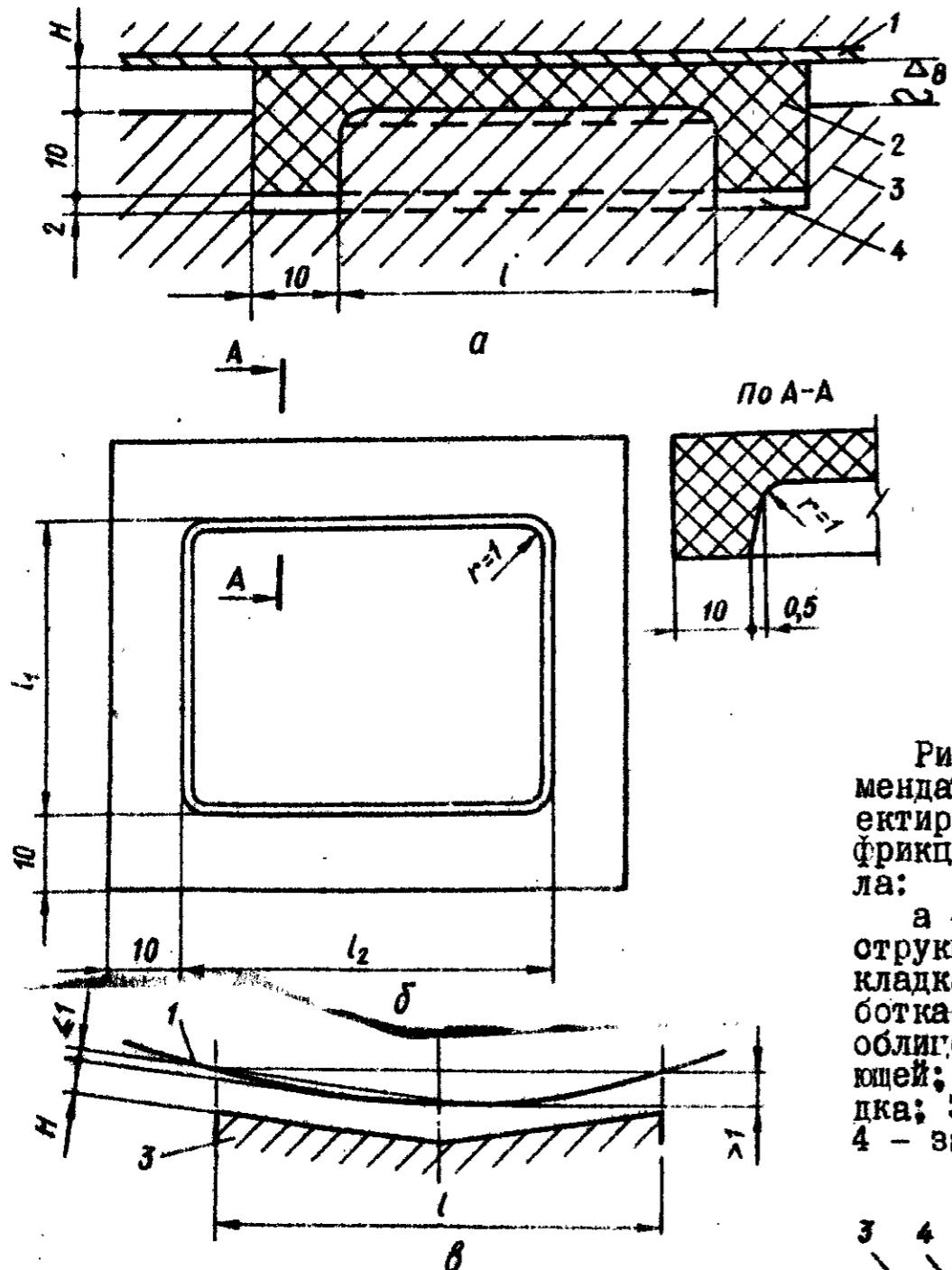


Рис.17. К рекомендациям по проектированию антифрикционного узла:

а - общая конструкция; б - прокладка; в - обработка корпуса; 1 - облицовка направляющей; 2 - прокладка; 3 - корпус; 4 - зазор.

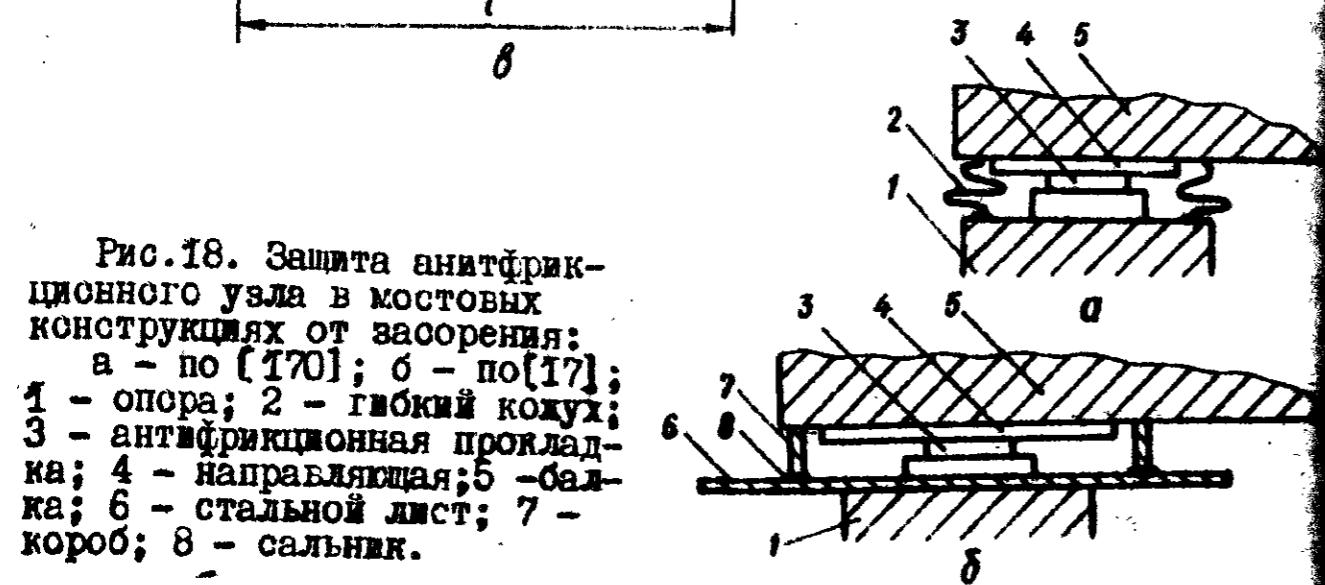


Рис.18. Защита антифрикционного узла в мостовых конструкциях от заохрения:

а - по [170]; б - по [17];  
1 - опора; 2 - глубокий кожух;  
3 - антифрикционная прокладка;  
4 - направляющая; 5 - балка;  
6 - стальной лист; 7 - короб;  
8 - сальник.

Таблица 6. Расчетные значения коэффициентов трения, %

Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Значение $f$ при расчетной температуре, °C				
	+20 и выше	0	-20	-40	-60
100	4	5	6,5	9	13
200	3,5	4	5,5	8	11,5
300	2,5	3,5	5	8	10
400	2	3,3	4,5	8	9,5
500	2	2,5	4	8	8,5
600	1,5	2	3,5	5	7

Примечание. Промежуточные значения допускается определять путем линейной интерполяции.

Расчет толщины прокладки. Толщину рабочей части прокладки, предназначенной для длительной эксплуатации, следует рассчитать по формуле

$$H = H_0 + h_0 + h_p$$

с такими составляющими:  $H_0 \geq 2$  мм — минимальная толщина прокладки после длительной эксплуатации, обеспечивающая нормальную работу антифрикционного узла с учетом возможных перекосов, а также демпфирование колебаний;  $h_0 \leq 1$  мм — максимальное начальное обжатие прокладки, компенсирующее неровности ее поверхности и заполнение материалом прокладки неровностей на поверхности корпуса; а также зазоров в пазах для размещения контурных утолщений;  $h_p$  — уменьшение первоначальной толщины прокладки вследствие ползучести, которое определяется по формуле  $h_p = 1,5(H_0 + h_0) \delta T + 0,5$  мм, где  $\delta$  — деформация ползучести, принимаемая равной  $0,02$  год<sup>-1</sup>;  $T$  — расчетный срок службы опорной части в годах. Принято  $\delta = \delta_{plz}$ , а добавка 0,5 мм учитывает деформации ползучести в начальный период действия обжимающей нагрузки ( $h_{plz}$ ). Эти деформации должны быть отнесены к начальной толщине прокладки  $H$ , которая заменена значением  $1,5(H_0 + h_0)$  для исключения расчета путем последовательных приближений.

Таким образом, при  $T=15$  лет получим  $H = 2+1+1,5(2+1)0,02 \cdot 15 + 0,5 = 4,8$  мм. Практически толщину рабочей части прокладки следует назначать не менее 6 мм, что вполне обеспечивает ее долговечность.

**Защита от засорения.** В мостовых опорных частях антифрикционные узлы защищают от засорения путем их герметизации /рис.18/. Такая защита может быть приемлемой лишь при относительно небольших перемещениях и обычно не может быть использована для опорных частей трубопроводов. Возможные конструкции для этого случая рассмотрены в статье Л.А.Коршунова и др. "Разработка и исследование конструкций опорных частей" в настоящем сборнике.

Следует отметить, что принятая конструкция прокладки оказалась удачной и с точки зрения защиты ее рабочей части от засорения. Проведенные эксперименты показали, что основная часть пылевидных и абразивных частиц, которые попали на рабочую поверхность направляющей, задерживаются контурными утолщениями прокладки / рис.19/.

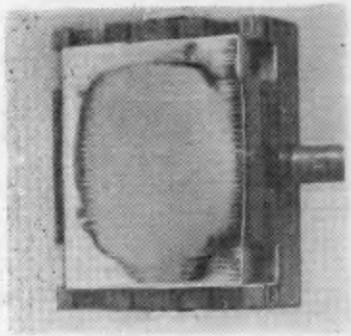


Рис.19. Антифрикционная прокладка в корпусе после испытания. Видны места задержки пылевидных частиц по контуру рабочей части.

Описаные в п.3 испытания показали также, что наличие утолщений по контуру прокладки затрудняет вынос продуктов износа благодаря чему уменьшается изнашивание.

Расчет силы сопротивления перемещениям. Значение силы сопротивления перемещениям в опорной части зависит от величины составляющих опорной реакции, схемы опирания, а также значения коэффициента трения, и поддается расчету. Особенность такого расчета в сравнении с практикуемым заключается в существенной зависимости значения коэффициента трения

для фторопластика от температуры: при понижении температуры с +20 до -60°С оно увеличивается в три-пять раз. Поэтому, чтобы не создавать сверхнормативные запасы прочности, следует тщательно анализировать возможные сочетания нагрузок и воздействий на опорную часть, относя к ним и температурное воздействие на антифрикционный материал. В частности, нормативные документы и расчетные рекомендации не содержат никаких-либо указаний о выборе расчетных значений температуры для проектирования антифрикционных узлов. При относительно непродолжительном сроке службы трубопровода не правильно было бы принимать в качестве расчетной абсолютную минимальную температуру, зафиксированную многолетними наблюдениями в районе строительства, так как она практически нереальная в течение срока эксплуатации. Более логичным представляется выполнять расчет по средней температуре наиболее холодных суток, которая определена в СНиП II-4.6-72 "Строительная климатология и геофизика" для наиболее холодных суток из восьми зим за 50-летний период.

Рассмотрим опорные части, конструкция которых предусматривает симметричное опирание под углом  $\alpha$  к вертикали, загружение совместным действием вертикальной  $V$  и горизонтальной  $H$  составляющих опорной реакции /принимаются расчетные значения нагрузок/. Примем для опорных частей типа III И:  $V=0,2$  и  $\alpha = 30^\circ$ , а для поперечной направляющей С II И:  $V=0,1$  и  $\alpha = 45^\circ$ . При расчете последовательно определяем:

1) среднюю и максимальную нагрузки на прокладку

$$R_{cp} = \frac{V}{2 \cos \alpha}, \quad R_{mcs} = \frac{1}{2} \left( \frac{V}{\cos \alpha} + \frac{H}{\sin \alpha} \right);$$

2) требуемую площадь прокладки, считая, что при нормальной эксплуатации/нормативные нагрузки/ давление  $p_{mcs} = 400$  кг/см<sup>2</sup>, определим из выражения  $F = R_{mcs} : p_{mcs}$ , где  $n = 1,1$  — усредненный коэффициент перегрузки;

3) среднее давление на прокладку  $P_{cp} = R_{cp} : F$ ;

4) соответствующее ему значение  $f$  по табл.6. Как следует из этой таблицы, в небольшом интервале значений  $P$  значение

<sup>1</sup> Л.А.Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике / см. рис.2,а/.

$f$  линейно зависит от  $p$ ; поэтому можно вести расчет по средним значениям  $R_{ср}$  и соответствующему  $f$ :

5) силу трения, равную  $2fR_{ср}$ , и полную силу сопротивления перемещения  $T = (2fR_{ср} + 0,01V)$ , учитывая дополнительное сопротивление от возможного уклона направляющей.

Результаты расчета для минимальной температуры  $-40^{\circ}$ ,  $-50$  и  $-60^{\circ}\text{C}$  приведены в табл. 7, 8.

Таблица 7. Расчет усилий и давлений

Исходные данные и элементы расчета	Значения для опорных частей типа	
	П П	С П
$H: V$	0,2	0,1
$\alpha$ , град.	50	45
$\sin \alpha$	0,50	0,71
$\cos \alpha$	0,86	0,71
$R_{ср}: V$	0,58	0,71
$R_{МКС}: V$	0,78	0,78
$F: V$ , $\text{см}^2$	1,77	1,77
$P_{ср}$ , $\text{кгс}/\text{см}^2$	330	400

Таблица 8. Определение сил сопротивления перемещению

Исходные данные и элементы расчета	Значение для опорных частей типа					
	П П		С П			
при $t = -60^{\circ}\text{C}$						
$f$ , %	-40	-50	-60	-40	-50	-60
$2fR_{ср}: V$	8,4	9,1	9,8	6	7,8	9
$T: V$ , %	0,097	0,105	0,114	0,085	0,110	0,11
	11	11,5	12,5	9,5	12	14

Таким образом, сопротивление перемещению в опорных частях скользящего типа с применением фторопласта-4 при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$  находится в пределах нормированных значений для опорных частей каткового и роликового типа ( $0,1V$ ), а при более низкой температуре может превышать эти значения до 50%.

Нужно, правда, учесть, что нормированные значения сил сопротивления в стандартных опорных частях ниже возможных

действительных значений<sup>1</sup>. Однако это известное обстоятельство не привело к увеличению нормированных коэффициентов трения [163], так как случаи разрушения несущих конструкций вследствие увеличенных горизонтальных нагрузок, обусловленных силами трения в опорных частях, не известны.

Для анализа значений сил сопротивления перемещения представляет интерес случай уменьшения действительных значений нагрузок по сравнению с расчетными, которое может быть учтено умножением последних на коэффициент  $m < 1$ . При этом уменьшается  $p$  и возрастает  $f$ . Результаты проведенных расчетов для  $t = -60^{\circ}\text{C}$  показывают, что в интервале изменения  $m$  от 0,5 до 1

$$T_m : T \approx 0,3 + 0,7m.$$

Уместно заметить, что данные табл. 7, 8 относятся к  $V = 70$  тс, которое соответствует максимальному расстоянию между опорами в 78 м. Оптимальное же расстояние составляет 55 м [19]; таким образом, практическое значение прижимающей нагрузки следует учитывать с коэффициентом  $m = 55 : 78 = 0,7$ . Это эквивалентно уменьшению  $T$  на 15%.

Таким образом, для скользящих опорных частей с применением фторопласта-4 при максимальном давлении на него от нормативных нагрузок не менее 400 кгс/ $\text{см}^2$  и оптимальном шаге опор расчетное сопротивление сдвигу можно принять равным  $T_{МКС} = 0,12 \cdot 0,85 = 0,1 \cdot 70 = 7$  тс, кроме опорных частей СП при поперечном перемещении, для которых при температуре ниже  $-50^{\circ}\text{C}$  величина  $T_{МКС} = 0,145 \cdot 0,85 V = 1,23 \cdot 70 = 9$  тс. Отмечается также, что для свайных опор максимальные моменты имеют место при работе свай в талом грунте. Поэтому увеличение нагрузки до  $T_{МКС}$  при весьма низкой отрицательной температуре не влечет за собой утяжеление несущих конструкций.

Заметим, однако, что в литературе обнаружено очень мало данных о свойствах фторопласта-4 при весьма низких температурах и совсем нет данных о работе в таких условиях опорных частей других типов. Вместе с тем, низкая температура может увеличить сопротивления в последних, особенно имеющих подшипники скольжения.

Д.А. Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике /п.2/.

или начения. Опыт эксплуатации конструкций в таких суровых условиях также отсутствует. Поэтому из осторожности можно рекомендовать увеличивать вычисленные значения сопротивления в оных частях, эксплуатируемых при температуре ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ , на 10-20%. В дальнейшем необходимость введения таких запасов должна быть уточнена на основе накопления опыта эксплуатации.

Д.А.Коршунов, канд.техн.наук ,  
В.И.Скуцкий, А.А.Зеленков, инженер

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ ЧАСТЕЙ

**1. Конструкция опытных образцов.** Опытные образцы подвижных опорных частей скользящего типа были разработаны с учетом выявленных основных тенденций развития и результатов анализа и структурных решений<sup>1</sup> и с использованием результатов детального лабораторного исследования антифрикционных элементов<sup>2</sup>.

При проектировании была предусмотрена необходимость удовлетворить все требования к опорным частям, сформулированные в.1 /расчетные значения нагрузок и перемещений приняты по табл.4/<sup>3</sup>.

Разработаны продольноподвижные /ШФ/ и свободноподвижные /СПФ/ опорные части /индекс "Ф" обозначает, что в качестве антифрикционного материала использован фторопласт-4/. В общем случае опорная часть включает: две продольные направляющие цилиндрической формы, симметрично укрепленные на трубе под углом  $30^{\circ}$  к вертикали. Направляющая выполнена в виде стальной подушки, облицованной лиготом нержавеющей стали с полированной рабочей поверхностью /частота обработки до 8-10 класса/; собственно

опорную часть; поперечную направляющую /для СПФ/, которая прижата в виде толстостенной трубы из нержавеющей стали с полированной рабочей поверхностью /эта направляющая устанавливается на несущую конструкцию/.

Собственно опорная часть ШФ /рис.1,а/ выполнена в виде парных треугольных башмаков, с которыми посредством сферических шарниров соединены опорные элементы, несущие антифрикционные вкладыши и защитные устройства. Башмаки объединены распоркой из двух прокатных уголков, фиксирующей неизменное их взаимное расположение. Устанавливаются они непосредственно на несущую конструкцию.

Опорная часть СПФ /рис.1,б/ состоит из корпуса, выполненного из отрезка толстостенной стальной трубы. Сверху на корпусе установлены парные башмаки с опорными элементами по аналогии с ШФ. На внутренней поверхности корпуса находятся антифрикционные вкладыши, контактирующие с поперечной направляющей; они также снабжены защитными устройствами. На каждом из опорных элементов установлены два вкладыша, разнос которых обеспечивает устойчивость опорной части от опрокидывания.

Прокладки /рис.2/ выполнены с усилением рабочей части обоймой и имеют защиту в виде расположенных по всему контуру сальников из фторопластового стержня квадратного сечения, установленного в пазу на поверхности опорного элемента. По сторонам, перпендикулярным направлению перемещения, опорные элементы и корпус снабжены подпружиненными к рабочей поверхности направляющих стальными скребками.

**2. Испытание опытных образцов.** Описанная выше конструкция опорных частей является новой и особенности ее работы не могут быть оценены по известным данным о работе стандартных опорных частей скользящего типа для трубопроводов или опорных частей с применением антифрикционных материалов, предназначенных для пролетных строений мостов и балочных конструкций зданий. Поэтому необходимо провести стендовые испытания опытного образца для выявления особенностей работы под нагрузкой при значительных по величине перемещениях трубопровода. Испытывалась опорная часть СПФ, имеющая более сложную конструкцию. Результаты испытаний в полной мере относятся и к опорной части ШФ. Во

<sup>1</sup> Д.А.Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов в настоящем сборнике.

<sup>2</sup> В.И.Скуцкий и др. "Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа" в настоящем сборнике.

<sup>3</sup> Д.А.Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов в настоящем сборнике.

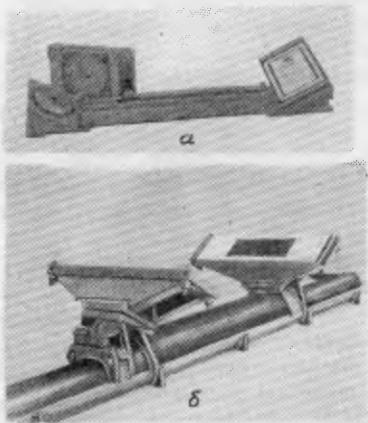


Рис. 1. Опытные образцы опорных частей:  
а - ШФ; б - СНФ.

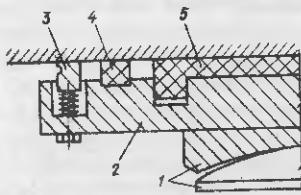


Рис. 2. Конструкция опорного элемента:

1 - шаровой шарнир; 2 - корпус; 3 - подпружиненный скребок; 4 - сальник из фторопласта-4; 5 - прокладка из фторопласта-4.

время испытаний необходимо было выявить поведение под нагрузкой, подвижно соединенных между собой элементов конструкции, защитных приспособлений, антифрикционных элементов, а также факультативно определить силы сопротивления продольным и поперечным линейным перемещениям трубы относительно основания.

**Методика испытания.** Для проведения испытаний была использована универсальная установка типа 2-СО, а также специально разработанная и изготовленная оснастка, установленные на силовом полу в одном из испытательных залов НИИСКА/рис. 3/.

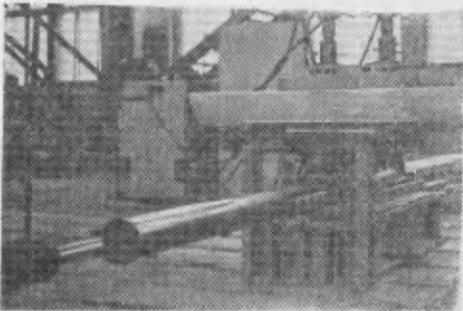
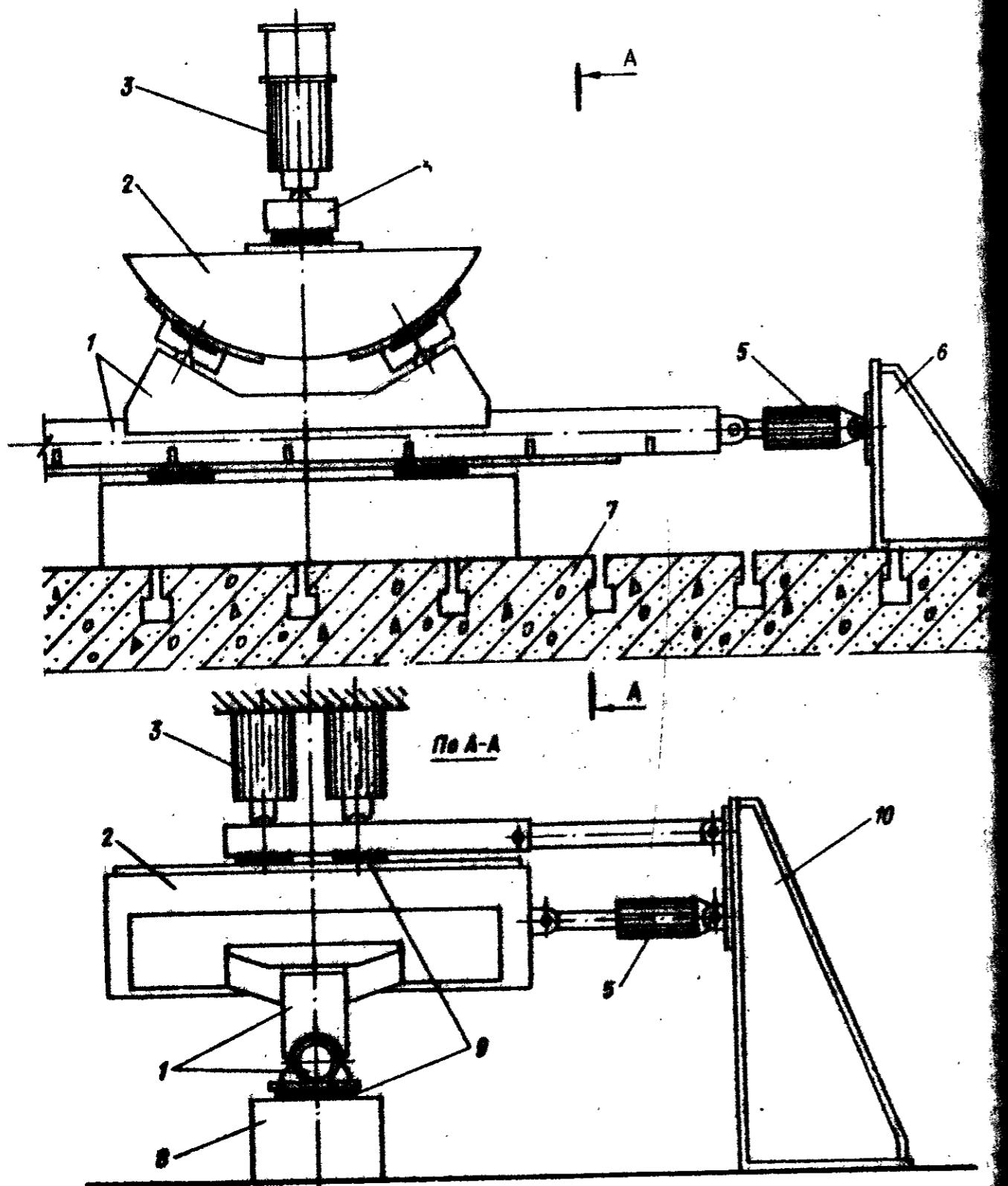


Рис. 3. Общий вид стендового испытания опытного образца СНФ.

Испытательное устройство /рис. 4/ состоит из следующих основных элементов: упорных конструкций, закрепленных к силовому полу; опорных конструкций, соединенных с испытуемой опорной частью через посредство скользящих элементов, и загрузочных устройств в виде гидравлических домкратов грузоподъемностью 2x50 то и 5 то для создания прижимающей и сдвигающей нагрузок соответственно.

Использование скользящих элементов позволило обеспечить весьма значительные (до 25 см) линейные перемещения. Эти элементы выполнены с прокладками из фторопласта-4, опирающимися на сильно смазанные пластины из полированной нержавеющей стали. Сила сопротивления сдвигу в этих дополнительных шах скольжения определялась опытным путем. Полученные значения коэффици-



**Рис.4. Схема испытательной установки:**  
 1 - испытываемая опорная часть; 2 - отрезок трубы диаметром 1420 мм; 3 - гидродомкраты  $2 \times Q = 50$  тс; 4 - упорная рама; 5 - гидродомкрат  $Q = 5$  тс; 6 - упор поперечного перемещения; 7 - ледяной пол; 8 - основание; 9 - плоскости сдвига опорной части; 10 - упор продольного перемещения.

ентов трения /табл.1/ учитывались при обработке результатов испытания опорной части.

**Таблица 1. Значения коэффициентов трения в дополнительных швах скольжения/фторопласт-4 в паре с полированной нержавеющей сталью при смазанных контактных поверхностях/**

Прижимающая нагрузка, тс	Среднее давление на прокладки, кгс/см <sup>2</sup> , в швах скольжения		Значения коэффициентов трения, %, в швах скольжения		Значения коэффициентов трения, %, в швах скольжения	
	продольного	поперечного	$f_p$	$f$	$f_p$	$f$
15	40	20	3	2,5	4	3
20	50	30	3	2,5	4	3
30	75	45	2,5	2	3	2,5
40	100	60	2,5	2	3	2,5
60	150	85	2	1,5	2,5	2

**Примечание.**  $f_p$  - коэффициент трения покоя;  
 $f$  - то же, при скольжении.

Опорную часть испытывали с отрезком трубы диаметром 1420 мм. Порядок испытаний был принят следующим: 1. Монтаж испытательного устройства и испытываемой опорной части вместе с отрезком трубы. 2. Предварительное обжатие прижимающей нагрузкой, которую прикладывали ступенями по 10 тс вплоть до нагрузки 70 тс с последующей разгрузкой. 3. Создание угловых перемещений трубы в горизонтальной плоскости. Трубу /в ненагруженном состоянии/ поворачивали относительно опорной части на угол около  $3^{\circ}$  /тангенс угла 0,05/, загружали прижимающей нагрузкой в 60 тс, а затем с помощью домкрата продольного перемещения возвращали в первоначальное положение. 4. Создание угловых перемещений трубы в вертикальной плоскости на угол около  $1^{\circ}$  /тангенс угла 0,02/. Этот процесс осуществляли под нагрузкой с помощью загрузочных домкратов. 5. Линейные продольные и поперечные перемещения трубы и поперечной направляющей относительно опорной части со скоростью до 1 мм/с под различной прижимающей нагрузкой.

Во время испытаний измеряли значения действующих усилий и создаваемых перемещений, а также фиксировали взаимные смещения элементов опорной части. Испытания проводили при положительной

температурае, так как осуществить эффективное охлаждение конструкций не представлялось возможным. Рабочие поверхности антифрикционных вкладышей и направляющих были сохранены в состоянии ставки опытных образцов: без специальной очистки или смазки. После проведения испытаний все элементы опорной части тщательно обследовали.

**Результаты испытаний.** Испытания при действительной температуре под действием прижимающей нагрузки до 100 кН в условиях нормального, а также с угловыми смещениями до 0,01 в горизонтальной и до 0,02 в вертикальной плоскостях положений, относительно опорной части позволили установить, что конструкция опорной части оказалась вполне устойчивой против опрокидывания, несмотря на наличие двух шарниров в направлении действия прижимающей нагрузки: сферического на корпусе опорной части и цилиндрического по поперечной направляющей. Устойчивость обеспечивалась разносом антифрикционных элементов вдоль образующей трубы (см. рис.1).

Сферические шарниры интенсивно срабатывали, главным образом при монтаже трубы. Поворот трубы в горизонтальной плоскости компенсировался в основном обмыванием антифрикционных прокладок частично поворотом в одном из сферических шарниров. Повороты в вертикальной плоскости компенсировался скольжением корпуса по поперечной направляющей, так как сопротивление такому смещению оказалось меньшим, чем сопротивление в сферических шарнирах.

Контурная защита (сальник) из фторопластовых стержней контактировала с поверхностью направляющих по всей длине и выполнила поэтому свое назначение. Однако пиль и другие мелкие частицы на поверхности направляющих, в основном, задерживались на границе рабочей части антифрикционного вкладыша, выполненного с утолщенной по краям частью<sup>1</sup>, что подтверждает описание выше дополнительные особенности прокладки принятого типа.

При продольных и поперечных линейных перемещениях, производимых под прижимающей нагрузкой от 30 до 60 тс, во

случаях наблюдалось плавное /без "скачков"/ движение. Полученные значения коэффициентов сопротивления при сдвиге находились в пределах от 3 до 7% и снижались до 1,5-3% при скольжении (табл.2), что в целом соответствует рекомендованным расчетным значениям коэффициентов трения<sup>1</sup>.

После проведения серии испытаний никаких видимых повреждений опорной части или ее элементов не обнаружено.

**Испытание опорных частей на опытном участке.** Положительные результаты стендовых испытаний позволили принять решение об установке изготовленных образцов опорных частей на опытном участке трубопровода диаметром 1220 мм (рис.5). Они были укреплены на существующих свайных опорах. Уменьшение диаметра трубы /вместо 1420 мм/ компенсировано прокладкой между продольной направляющей и стенкой трубы пакета деревянных брусьев толщиной 100 мм.

Монтаж опорных частей не вызвал затруднений. При опускании трубы опорная часть СПФ сама сдвигнулась по поперечной направляющей в необходимое положение.

Эксплуатация в течение более года происходит вполне нормально, без каких-либо повреждений или отклонения от предположений, заложенных при проектировании. В частности, наблюдается плавное /без "скачков"/ перемещение.

**3. Рекомендуемая конструкция.** Результаты проведенных исследований, испытаний и натурных наблюдений вместе с дополнительной конструктивной проработкой позволили без изменения общего решения существенно улучшить первоначальную конструкцию опорных частей, сделать их более технологичными и повысить эксплуатационные качества.

Основные конструктивные изменения относятся к направляющим. Как и в опытных образцах, продольные направляющие выполняются из отрезков прокладываемой трубы и облицованы снаружи тонколистовой нержавеющей сталью с полированной рабочей поверхностью /чистота обработки не ниже 8 класса/. Отличием является то,

<sup>1</sup> В.И.Скуцкий и др. "Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа" в настоящем сборнике. /табл.6/.

<sup>1</sup> В.И.Скуцкий и др. "Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа" в настоящем сборнике /рис.19/.

Таблица 2. Результаты испытания опытного образца опорной части СПФ

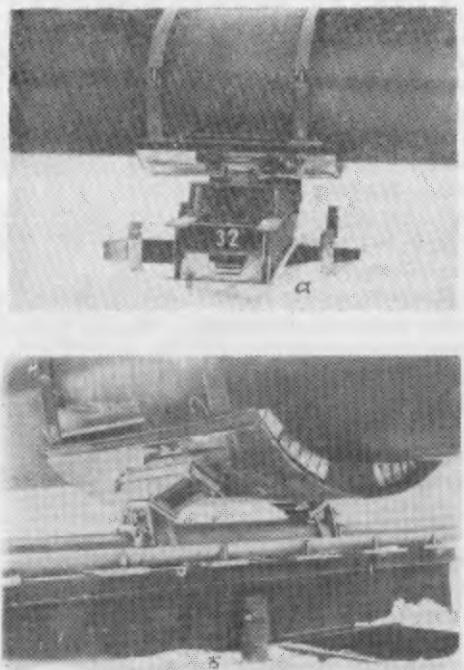


Рис. 5. Опытные образцы опорных частей, смонтированные на экспериментальном участке трубопровода диаметром 1220 мм:  
а - ПНФ; б - СПФ.

Прижимающая нагрузка $V$ , тс	Среднее давление на прокладку, кгс/см <sup>2</sup>	Тангенс угла поворота трубы в вертикальной плоскости	Сдвигавшая напр рузка $T_0$ , тс		Коэффициенты сопротивления, %	
			сдвиг	скольжение	$K_p$	$K$
<b>Продольное смещение</b>						
30	140	0,006 в горизон- тальной плоскости	3,1	1,1	6,9	1,5
60	280	0,05	2,0	1,3	3,7	2
		0,009	3,85	2,0	3,9	1,6
		0,002	3,8	2,1	3,8	1,8
		0,006	3,6	2,1	3,5	1,8
<b>Поперечное смещение</b>						
30	180	0,02	2,25	1,45	4,5	2,3
	240	-	2,7	2,25	3,8	3,1
	350	-	3,05	2,25	2,6	1,7
40	240	0,009	3,1	2,5	2,7	2,2
		-	3,3	2,5	3,0	2,2

П р и м е ч а н и я . 1. Среднее давление определено по фактической плоскости контакта прокладки с направляющими после обкатки прижимающей нагрузкой 70 тс.

2. Указано измеренное значение сдвигавших нагрузок.

3. Коэффициенты сопротивления  $K = T_0/V$  определены с учетом сопротивления в дополнительных шагах скольжения по табл. 1. Индекс "п" обозначает силу сопротивления, соответствующую трению покоя.

что между направляющей и стенкой трубы размещается пакет деревянных брусьев толщиной 60 мм, а сами направляющие крепятся к трубе хомутами. Такое решение было использовано и проверено на опытном участке (см. рис. 5). Оно позволяет значительно улучшить условия опирания трубы, так как снижает концентрацию напряжений в ее стенах в местах приложения опорной реакции.

Изменена конструкция и поперечной направляющей. Использование для нее толстостенной трубы из нержавеющей стали **весьма** нежелательно: такие трубы весьма дефекатны, а обработка их по верхности до 8 класса чистоты оказалась очень сложной. Стандартные испытания показали (рис. 6), что достаточная свобода

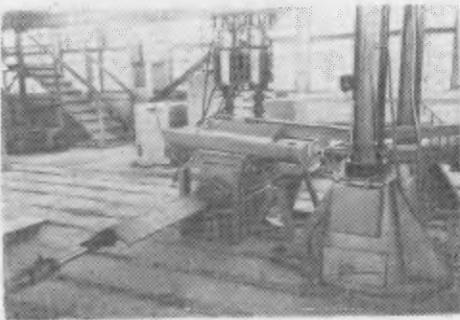


Рис. 6. Стендовое испытание опытного образца опорной части с поперечной направляющей треугольного сечения.

угловых перемещений обеспечивается и при призматической поперечной направляющей, которая была выполнена сварной из листовой стали. Но изготовление такой направляющей оказалось трудоемким. Поэтому окончательно поперечная направляющая принята из прокатного уголка сечением 125x16 мм, поставленного сверху обушком. Уголок усилен поперечными ребрами жесткости, а верья его соединены горизонтальной полосой толщиной 12 мм. Эта направляющая приваривается к двутавровому ригелью сварной опоры. Использование прокатного профиля несколько увеличивает силы сопротивления сдвигу /из-за увеличения угла  $\alpha$  до  $45^\circ$ /, но зато существенно упрощает изготовление направляющей. Наружная поверхность последней облицовывается полированной тонколистовой нержавеющей сталью.

Корпус опорной части выполнен из прокатного уголка, усиленного ребрами. Конструкции, несущие грубу, в опорных частях типа III и СП полностью унифицированы. Улучшена защита антифрикционных

прокладок от засорения.

ЭКБ НИИСК разработаны рабочие чертежи опорных частей ПМР-1,4 /рис.7/ и СП-1,4 /рис.8/ под трубопровод диаметром 1420 мм, удовлетворяющих указанным выше требованиям. Эти опорные части предназначены для применения в различных климатических зонах страны и отличаются весьма благоприятными технико-экономическими показателями (табл.3).

Таблица 3. Показатели для опор со скользящими опорными частями под трубопровод диаметром 1420 мм

Показатели	Единица измерения	Опорные части	
		СП	III
Масса /всего/ собственная опорная часть сварной ригель металлические сваи с опорными плитами	кг	3695 490 630	2093 370 153
Количество свай	шт.	2375	1570
Материалы нержавеющая сталь толщиной 1 мм фторопласт-4	м <sup>2</sup>	2	1
вкладыш стружка для уплотнения превесина	кг м <sup>3</sup>	4 2 0,07	2 1 0,07

Применение опорных частей скользящего типа ПМР-1,4 и СП-1,4 взамен рекомендуемых ВНИИСТом роликовых конструкций<sup>1</sup> позволяет в расчете на 100 км прокладки трубопровода диаметром 1420 мм: снизить расход стали и массу опорных конструкций на 4,5 тыс.т; упростить изготовление опорных частей и возведение опор; снизить стоимость не менее чем на 6 млн.руб.; сократить сроки строительства и повысить надежность трубопроводного сооружения в целом.

По сравнению с любой другой современной конструкцией такие опорные части наиболее детально исследованы, просты в изготовлении, не требуют освоения производства новых материалов, обеспечивают для большинства климатических зон страны минимальные

<sup>1</sup> В.Н.Скуцкий и др. "Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа" в настоящем сборнике /табл.7/.

<sup>1</sup> Д.А.Карпунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике /рис.12, табл.5/.

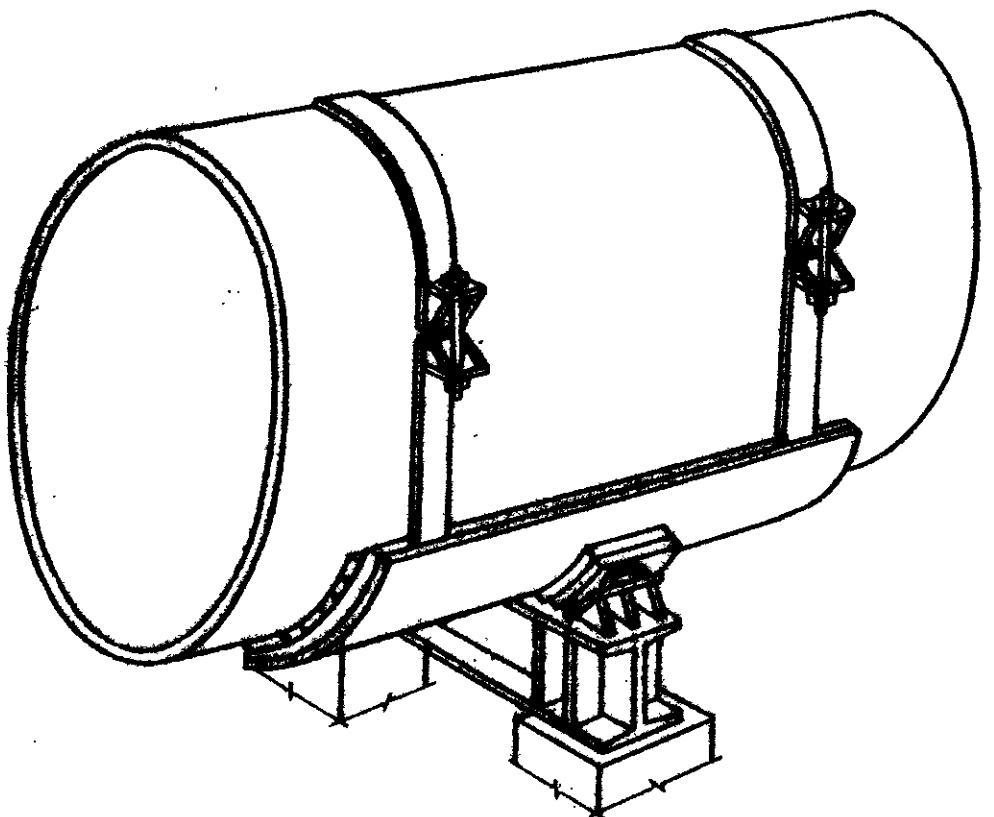


Рис. 7 . Схема конструкции опорной части ШФ-1,4.

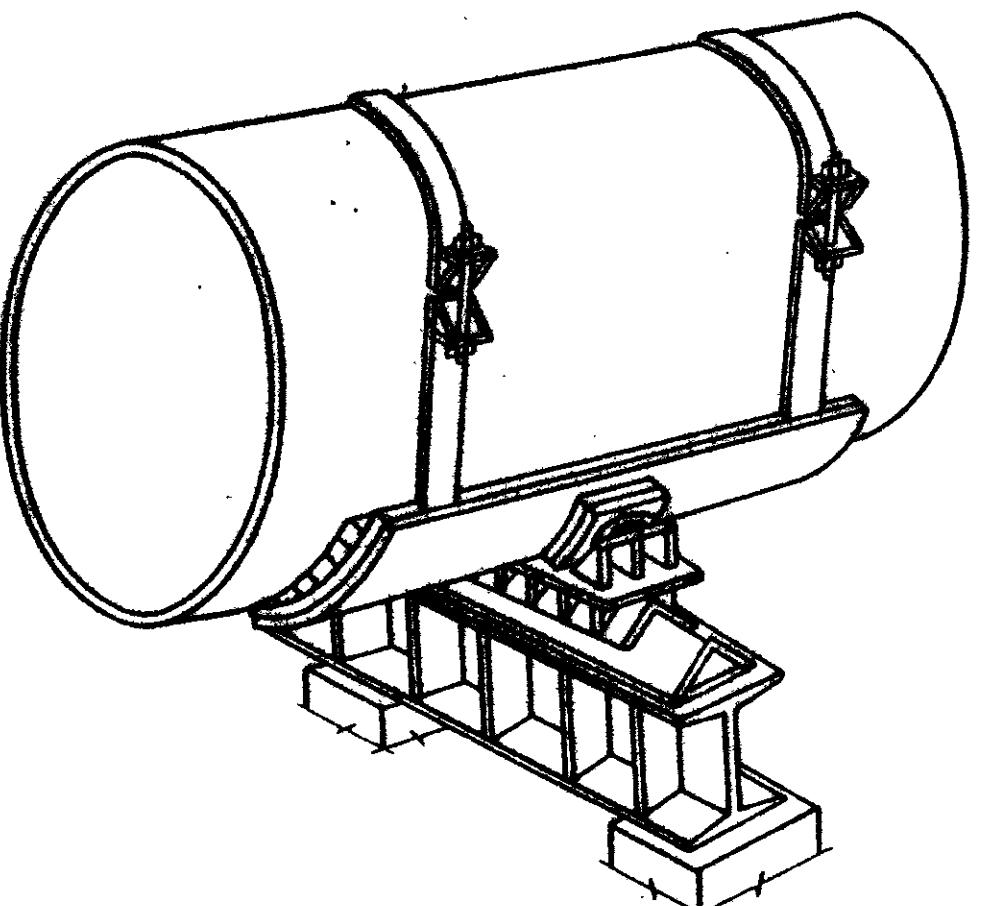


Рис.8 . Схема конструкции опорной части СПФ-1,4.

/не более 10% приемлемой нагрузки/ сопротивления перемещениям и надежны в эксплуатации.

Опорные части скользящего типа с применением фторопласта-4 целесообразно применять для прокладки по отдельно стоящим опорам магистральных и технологических трубопроводов диаметром от 1 до 1,6 м различного назначения.

В.И.Скуцкий, инж.

#### ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ. АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

##### Библиография

###### Документы нормативного характера

1. ГОСТ 4651-68 "Пластмассы. Метод испытания на смятие".
2. ГОСТ 10007-72 "Фторопласт-4".
3. ГОСТ 11012-69 "Пластмассы. Метод испытания на абразивный износ".
4. ГОСТ 11629-65. "Пластмассы. Метод определения коэффициента трения".
5. ГОСТ 14096-68 "Опоры стальных трубопроводов. Технические требования".
6. ГОСТ 14097-68 "Блоки катковые подвижных опор стальных трубопроводов. Типы и основные размеры".
7. ГОСТ 14911-69 "Детали стальных трубопроводов. Опоры подвижные. Типы и основные размеры". /Изменение см. "Бюллетень строительной техники", 1974, № 7/.
8. ГОСТ 16127-70 "Детали стальных трубопроводов. Подвески. Типы и основные размеры". /Изменение см. "Бюллетень строительной техники", 1974, № 7/.
9. ГОСТ 16429-70. "Трение и изнашивание в машинах. Основные термины и определения".
10. СНиП I-Г.7-62 "Тепловые сети. Материалы, оборудование, арматура, изделия и строительные конструкции".
11. СНиП I-Д.4-62 "Магистральные стальные трубопроводы. Материалы и изделия".
12. СНиП II-Г.10-62 "Тепловые сети. Нормы проектирования".
13. СНиП II-Г.14-62 "Технологические стальные трубопроводы

с узловым давлением до 100 кг/см<sup>2</sup> включительно. Нормы проектирования".

14. СНиП II-Д.10-62 "Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования".

15. СНиП III-Д.10-72 "Магистральные трубопроводы. Правила производства приемки работ".

16. Опоры трубопроводов тепловых сетей. Отраслевые нормали МВН 1293-60, от 1301-60 до 1309-60, от 1312-60 до 1317-60, 1320-60, 1321-60, от 1328-60 до 1330-60, 1409-60, 2124-60. Министерство строительства электростанций СССР.

17. "Технические указания по применению в мостах опорных частей из полимерных материалов". ВСН 86-71. Минтрансстрой СССР.

18. "Временные указания по технологии и организации механизированного строительства трубопроводов из труб диаметром 1420 в условиях пустынь и каменистых плато". ВСН 1-32-71. Мингазпром СССР.

19. Указания по проектированию и методике расчета магистральных газопроводов их труб диаметром 1420 мм. ВСН 1-46-73. Миннефтегазстрой СССР.

20. Инструкция по проектированию поверхностных опор надземных трубопроводов. ВСН 2-27-72. Мингазпром СССР.

21. Типовые детали и конструкции зданий и сооружений. Серия ИС-01-03. Унифицированные сборные железобетонные одноярусные эстакады под технологические трубопроводы. М., ЦИПП, 1963.

22. Типовые детали и конструкции зданий и сооружений. Серия 3.015-1. Унифицированные сборные железобетонные отдельно стоящие опоры под технологические трубопроводы. М., ЦИПП, 1973.

23. Типовые детали и конструкции зданий и сооружений. Серия ИС-01-07. Унифицированные сборные железобетонные двухъярусные эстакады под технологические трубопроводы. М., ЦИПП, 1963.

24. Типовые конструкции и детали зданий и сооружений. Серия 4.903-10. Изделия и детали трубопроводов для тепловых сетей. Вып.5. Опоры трубопроводов подвижные. М., ЦИПП, 1972.

25. Рабочие чертежи опорных частей для опытного применения на автодорожных и городских мостах с использованием антифрикционных прокладок. Киевский филиал Союздорпроекта. 1968.

26. ТГЛ -163-67101. Приваренные скользящие опоры. /Стандарт ГДР/.

27. ТГЛ -18204. Резиновые и слоистые опорные части мостов (проект стандарта ГДР).

#### Литературные источники

28. Аксельрод Э.П., Ильин В.П. Расчет трубопроводов. Л., "Машиностроение", 1972.

29. Александровский С.В. и др. Предварительный напряженный и самонапряженный железобетон в США. М., Стройиздат, 1974.

30. Алексеев В.В., Штеничников С.Н. Опыт применения в ГДР полимерных материалов в опорных частях и деформационных швах автодорожных мостов. Техническая информация. М., Оргтрансстрой Минтрансстроя СССР, 1969.

31. Алексеев В.В., Шульман С.А. Строительство путепровода с применением новых конструкций опорных частей. - "Транспортное строительство", 1973, № 1.

32. Алтулин Е.Н. и др. Опыт строительства и эксплуатации магистрального газопровода Таас-Тумус-Якутск-Покровск. - "Строительство трубопроводов", 1970, № 6.

33. Астрио М.Ю. и др. Эстакады под трубопроводы в ГДР. - "Промышленное строительство", 1968, № 7.

34. Альшиц И.Я., Сушкина Л.Н. Новые антифрикционные материалы и покрытия. М., ВНИТИ, 1958.

35. Альшиц И.Я. и др. Проектирование деталей из пластмасс. Справочник. М., "Машиностроение", 1969.

36. Альшиц И.Я., Семенова Л.М. Выбор пластмасс для узлов трения. - "Вестник машиностроения", 1973, № 1.

37. Апарцев А.С., Конторович С.О. Опоры для сверхмощных газопроводов. - "Строительство трубопроводов", 1969, № 7.

38. Бакланов Н.А. Трубопроводы в химической промышленности. М.-Л., Госхимиздат, 1953.

39. Беленький М.В., Билик Ш.М. Применение полимерных материалов для изготовления деталей, работающих при низких температурах. - "Вестник машиностроения", 1973, № 6.

40. Белый В.А. и др. Влияние шероховатости металлического тела на трение в подшипнике при контакте металл-полимер /без смазки/. - В сб.: "Применение материалов на основе пластмасс для опор скольжения и уплотнений в машинах". М., "Наука", 1968.

41. Билик Ш.М. Пары трения металл-пластмасса в машинах и механизмах. М., "Машиностроение", 1966.

42. Билик Ш.М., Беленький М.В. Прочность и антифрикционные свойства некоторых полимерных материалов. - "Вестник машиностроения", 1970, № 2.

43. Болтухов А.А. и др. Определение усилий в отдельно стоящих опорах трубопроводов при производственном нагреве труб. - В сб.: "Инженерные сооружения на промышленных предприятиях. Труды ЦНИИпромзданий", 1969, вып.12.

44. Бондаренко А.А. Изучение процессов затухания колебаний в элементах конструкций из пластмасс. Автореф. канд. дис. К., Ин-т механики АН УССР, 1966.

45. Бондаренко А.А. Про дисипативні властивості пластмас. - "Прикладна механіка", 1961, т. 7, № 4.

46. Борзакин П.П., Яблонский В.С. Напряжения в надземном трубопроводе при изменении температуры в процессе эксплуатации. - "Строительство трубопроводов", 1962, № 7.

47. Бородавкин П.П., Быков Л.И. Надземная прокладка "жил" трубопроводов в виде упругоокривленной "змеек". - "Известия", Сер. Нефть и газ. 1964, № 7.
48. Бородавкин П.П., Таран В.Д. Трубопроводы в сложных условиях. М., "Недра", 1968.
49. Воудс Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. М., "Машиностроение", 1968.
50. Булагин А.В. Надземные газопроводы с самокомпенсацией температурных напряжений. Опыт строительства и эксплуатации. М., ВНИИСТ, 1969.
51. Вайнштейн В.Э., Трояновская Г.И. Сухие смазки и смазывающие материалы. М., "Машиностроение", 1968.
52. Васильев Б.Б., Гальперин А.И. Оптимальные геометрические параметры опирания тонкостенного трубопровода. - "Строительство трубопроводов", 1968, № 11.
53. Виноградов Ю.М., Васильев И.В. Опыт применения подников из фторопласта. М., Изд. ИТЭИН, 1956.
54. Виноградов Ю.М. и др. Исследование новых антифрикционных материалов на основе фторопласта для химического машиностроения. - В сб.: "Применение материалов на основе пластмасс для скольжения и уплотнений в машинах". М., "Наука", 1968.
55. Инструкция по проектированию надземных прямолинейных трубопроводов со слаботягнутыми участками. М., ОНТИ ВНИИСТ, 1969.
56. Рекомендации по применению надземной прокладки трубопроводов на газовых и нефтяных промыслах. ЦНИИ; ВНИИСТ, 1969.
57. Указания по определению нагрузок, действующих на трубопроводы, и допускаемых прогибов между их опорами. М., ОНТИ ВНИИСТ, 1969.
58. Ганз С.Н., Пархоменко В.Д. Применение пластмасс в задачах трения. К., Изд. ИТИ, 1964.
59. Ганз С.Н., Пархоменко В.Д. Исследование деформации заполненных фторопластовыми материалов. - "Пластические массы", 1964, № 11.
60. Ганз С.Н., Пархоменко В.Д. Антифрикционные химически стойкие материалы в машиностроении. М., "Машиностроение", 1968.
61. Голиков С.П. Использование статистических данных при проектировании стальных опор самонесущих трубопроводов. - "Промышленное строительство", 1968, № 4.
62. Горянкова А.В. и др. Фторопласти в машиностроении. - "Машиностроение", 1971.
63. Гостева Л.М. Влияние низких температур на трение и износ металлоорганических пар. - "Труды Новочеркасского политехнического ин-та", 1974, т. 295.
64. Гриб В.В., Лазарев Г.Е. Лабораторные испытания материалов на трение и износ. М., "Наука", 1968.
65. Дерцакян А.К., Макуров Б.Д. Переходы магистральных трубопроводов через болота. Л., "Недра", 1965.
66. Дроздов Ю.А. Антифрикционные свойства фторопласта при низких температурах. - "Труды Таганрогского радиотехнического ин-та", 1971, т. 31.
67. Елисеев М.Я., Васильев Н.П. Проектирование и оборудование магистральных нефтепроводов в Западной Сибири. М., "Недра", 1967.
68. Елсуфьев С.А. Исследование деформирования фторопласта-4 при линейном и плоском напряженном состояниях. - "Механика полимеров", 1968, № 4.
69. Захаренко С.Е. Справочник по тепловым сетям. М.-Л., Госэнергоиздат, 1948.
70. Захаренко С.Е. Выбор рациональной конструкции подвижных опор тепловых сетей. - "Электрические станции", 1952, № 1.
71. Златкин В.П., Тищенко С.Я. Опыт строительства магистральных газопроводов в условиях Северо-Западных районов СССР. М., Гостоптехиздат, 1962.
72. Зубин Ю.А., Самосатский Н.Н. Наполненные фторопласти. К., "Техника", 1965.
73. Итомин Н.П. Антифрикционные свойства и износостойкость фторопласта-4 с различными наполнителями. - "Новые материалы в машиностроении. Полимеры в машинах. Серия С-IX". М., НИИМаш, 1968.
74. Итомин Н.П. Изыскание оптимальных наполнителей для антифрикционных пластмасс на базе фторопласта-4. - В сб.: "Применение материалов на основе пластмасс для опор скольжения и уплотнений в машинах", М., "Наука", 1968.
75. Камерштейн А.Г. и др. Расчет трубопроводов на прочность. Справочная книга. М., "Недра", 1969.
76. Клевцов В.А. и др. Конструкции температурных швов зданий с применением полимерных материалов. - "Промышленное строительство", 1971, № 9.
77. Козулин Н.А. и др. Исследование влияния скорости скольжения на коэффициенты трения пластмасс. - "Вестник машиностроения", 1966, № 3.
78. Кокорев А.А. и др. Металло-пластмассовый антифрикционный материал для изготовления свернутых втулок, работающих в условиях сухого трения. - "Порошковая металлургия", 1966, № 12.
79. Кокорев А.А. и др. Металло-фторопластовый ленточный материал для подшипников, работающих без смазки. - "Новые материалы в машиностроении. Полимеры в машинах. Серия С-IX". М., НИИМаш, 1968.
80. Коновалов В.А., Перельцвайг М.О. Надземные газопроводы / опыт строительства и эксплуатация в Коми АССР/. М., ГОСИНТИ, 1960.

81. Конопасевич С.В. и др. Особенности проектирования строительства и эксплуатации магистральных газопроводов в Северных районах СССР.-"Газовая промышленность", 1967, № 5.
82. Конструкционные свойства пластмасс /физико-химические основы применения/. Под ред. Э.Баэра. М., "Химия", 1967.
83. Копьев С.Ф. Теплофикация, тепл. спотребление, тепловые сети. М.-Л., Стройиздат, 1940.
84. Коршунов Д.А. и др. Результаты натурных обследований трубопроводных сооружений.-"Промышленное строительство", 1970, № 6.
85. Коршунов Д.А. и др. Обследование эксплуатируемых трубопроводных сооружений.-"Строительные конструкции", 1969, вып. XIII.
86. Коршунов Д.А. и др. Исследование работы промежуточных опор трубопроводов.-"Промышленное строительство", 1970, № 1.
87. Коршунов Д.А. и др. Опытное определение сдвигающих усилий в скользящих опорах трубопроводов.-"Строительство трубопроводов", 1971, № 1.
88. Коршунов Д.А. и др. О применении закаленного стекла и шлакоизитала в опорных частях трубопроводов.-"Промышленное строительство", 1971, № 4.
89. Коцецкий Б.И., Колюниченко Н.Ф. Качество поверхности и трение в машинах. К., "Техника", 1969.
90. Крагельский И.В. Трение и износ. М., Машгиз, 1962.
91. Крагельский И.В. Трение и износ. М., "Машиностроение", 1968.
92. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты трения. М., Машгиз, 1962.
93. Инструкция по проектированию тепловых сетей. М., КТ, 1948.
94. Курицына А.Д. Полимерные материалы для подшипников скольжения.-"Вестник машиностроения", 1967, № 4.
95. Кутыков А.А. и др. Исследование в области трения и износа металло-полимерных пар. Кишинев, Изд. АН МССР, 1969.
96. Лаврентьев Г.А. Свойства антифрикционных полимерных материалов при низких температурах.-"Вестник машиностроения", 1967, № 10.
97. Лаврентьев Г.А. Влияние низких температур на свойства антифрикционных полимерных материалов.-В кн.: "Применение материалов на основе пластмасс для опор скольжения и уплотнения в машинах". М., "Наука", 1968.
98. Лазар М. и др. Фторопласти. М.-Л., 1965.
99. Лейман П.П., Диадимов Г.Л. Опыт проектирования и эксплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера.-"Строительство трубопроводов", 1970, № 5.
100. Лопатин Б.В. Тепловые сети. Строительные конструкции и их расчет. М., Госстройиздат, 1954.
101. Лямин А.А., Скворцов А.А. Проектирование и расчет тепловых сетей. М., Госстройиздат, 1965.
102. Магалиф В.Я. и др. Самокомпенсация трубопроводов с учетом трения.-"Науч.-техн. обзор. Сер. Проектирование и строительство трубопроводов и газонефтепромысловых сооружений", М., ВНИИЭгаэпром, 1972.
103. Мармер Э.Н. Углеграфитовые материалы. Справочник. М., "Металлургия", 1973.
104. Матвеевский Р.М. Исследование трения некоторых пластмасс на машине КТ-2 в условиях смазки и без смазки.-В сб.: "Пластмассы как антифрикционные материалы". М., Изд-во АН СССР, 1961.
105. Матвеевский Р.М. и др. Влияние наполнителей на износостойкость фторопласта-4 при трении по стали без смазки.-В сб.: "Пластмассы в подшипниках скольжения", М., "Наука", 1965.
106. Матвеевский Р.М. Свойства, назначение и применение твердых смазок.-"Вестник машиностроения", 1967, № 3.
107. Материалы в машиностроении. Неметаллические материалы. Т.5. Выбор и применение. Справочник. М., "Машиностроение", 1969.
108. Митрович В.П. Некоторые вопросы трения полимеров.-В сб.: "Пластмассы как антифрикционные материалы", М., Изд-во АН СССР, 1961.
109. Натансон Э.М., Ульберг З.Р. Коллоидные металлы и металлоколлоиды. К., "Наукова думка", 1971.
110. Несторова Н.П. К вопросу о применении в приборах опор скольжения из антифрикционных пластмасс.-"Труды МВТУ им. Баумана", М., 1962.
111. Новая конструкция опорных частей мостов /оборудование, материалы и методы/.- "Гражданское строительство" /США/, 1970, № 6.
112. Нормы и технические условия проектирования тепловых сетей. М.-Л. Госиздат, 1933.
113. Опорные части мостов с покрытием из тefлона /оборудование, материалы и методы/.- "Гражданское строительство" /США/, 1969, № 8.
114. Опыт применения фторопластов в машиностроении. Материалы Латвийского республиканского семинара. Июнь 1968, Рига, Латвийский институт НТИ, 1969.
115. Пассек Г.А. Антифрикционные прокладки из фторопласта-4.-"Транспортное строительство", 1967, № 7.
116. Перельцвайг М.О. Прокладка газопроводов в условиях вечной мерзлоты.-"Инженерные сети в условиях вечной мерзлоты". М.-Л., АКХ им. К.Д. Панфилова, 1962, вып. XII.
117. Петров И.П. Спиридонов В.В. Прокладка трубопроводов "змейкой".- "Строительство трубопроводов", 1959, № 3.

118. Петров И.П., Спиридов В.В. Расчет опор для надземной прокладки трубопроводов. — "Строительство трубопроводов", 1964, № 4.
119. Петров И.П., Спиридов В.В. Надземные переходы трубопроводов без компенсации продольных деформаций. — "Строительство трубопроводов", 1960, № 7.
120. Петров И.П., Спиридов В.В. Надземная прокладка трубопроводов. М., "Недра", 1973.
121. Пластмассы в подшипниках скольжения. Сб. статей. М., "Наука", 1965.
122. Пластмассы как антифрикционные материалы. Сб. статей. М., Изд-во АН СССР, 1961.
123. Пластические смазки и твердые смазочные покрытия. — Труды ВНИИнефтеперерабатывающей промышленности, 1969, вып. II.
124. Плуталова Л.А. Антифрикционные материалы, работающие без смазки. М., Трудрезервзат, 1957.
125. Плуталова Л.А. Влияние низких температур на трение графитовых антифрикционных материалов. — "Трение и износ в машинах", 1962, вып. XУ.
126. Плуталова Л.А. Графитовые антифрикционные материалы. — "Новые материалы", М., Ин-т машиноведения, 1963, сер. УІ.
127. Плуталова Л.А., Понюшева З.А. Интенсивность изнашивания графитовых материалов. — "Машиноведение", 1970, № 4.
128. Подвижные опоры строительных конструкций (оборудование, материалы и методы). — "Гражданское строительство" /США/, 1972, № 1.
129. Применение материалов на основе пластмасс для опор скольжения и уплотнений в машинах. М., "Наука", 1968.
130. Применение тefлона в мостовых подвижных опорах. Краткие сообщения. — "Гражданское строительство" /США/, 1970, № II.
131. Проников А.С. Пластмассы для направляющих скольжения. В кн.: "Пластмассы в машиностроении". М., "Машиностроение", 1964.
132. Пружанский Л.Ю. Испытание фторопласта-4 на трение. — В сб.: "Пластмассы как антифрикционные материалы", М., Изд-во АН СССР, 1961.
133. Рамазанов Р.А. и др. Износостойкость фторопластовых материалов. — "Вестник машиностроения", 1972, № 8.
134. Ротницкий Г.С., Плуталова Л.А. Деформационные характеристики графитовых материалов. — "Вестник машиностроения", 1969, № 3.
135. Ручимский М.Н. Расчет нагрузок, действующих на опоры трубопроводов. — "Строительство предприятий нефтяной промышленности", 1958, № 3.
136. Рыков Э.В. и др. О прочности сцепления покрытия, нанесенного напылением, со стальной основой. — "Вестник машиностроения", 1973, № 12.
137. Ряполов А.Ф. Технологические трубопроводы высокого давления. М., Госстройиздат, 1962.
138. Савинский Ю.Э. Применение металлофторопластовых подшипников в тяжелонагруженных узлах трения. — "Машиноведение", 1971, № 1.
139. Севостьянов М.И. Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов. Справочная книга. М., "Химия", 1972.
140. Семенов А.П., Поздняков В.В. Исследование антифрикционных свойств пластмасс при трении со смазкой и без смазки. — В сб.: "Пластмассы как антифрикционные материалы". М., Изд-во АН СССР, 1961.
141. Семенов А.П. и др. Технология изготовления и свойства содержащих фторопласт антифрикционных материалов. М., Изд-во АН СССР, 1963.
142. Семенов А.П. Подшипники скольжения. М., НИИМаш, 1969.
143. Сенторихина Л.Н. и др. Твердые смазочные покрытия. — "Химия и технология топлив и масел", 1960, № 7.
144. Сенторихина Л.Н. и др. Исследование долговечности и антифрикционных свойств твердых смазочных покрытий. — "Теория смазочного действия и новые материалы". М., "Наука", 1965.
145. Скада Г.С. и др. Резиновые опорные части с антифрикционными прокладками из фторопласта. — "Транспортное строительство", 1968, № 5.
146. Скворцов А.А. Компенсационные устройства теплофизионных трубопроводов. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.
147. Скуцкий В.И., Вознесенский Л.Ф. Экспериментальное исследование сил сопротивления в подвижных опорных частях технологических трубопроводов. — "Строительные конструкции", 1971, вып. XУШ.
148. Скуцкий В.И. Антифрикционные свойства фторопластовых материалов при высоком давлении и сверхмедленном смещении. — "Вестник машиностроения", 1974, № 2.
149. Соколов В.Я. Механическое оборудование. — В сб.: "Руководящие указания по проектированию тепловых сетей". М., ОНТИ, 1939.
150. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.-Л., Госэнергоиздат, 1963.
151. Спиридов В.В. Особенности строительства магистральных газопроводов в районах вечной мерзлоты. — "Инженерные сети в условиях вечной мерзлоты", АКХ им. К.Д. Панфилова. М.-Л., 1962, вып. XII.
152. Спиридов В.В. Экспериментальные исследования работы надземного самокомпенсирующегося газопровода. — "Инженерные сети в условиях вечной мерзлоты", АКХ им. К.Д. Панфилова, 1962, вып. XII.

153. Спиридов В.В. Рациональные системы прокладки трубопроводов в Западной Сибири и на Крайнем Севере. "Строительство трубопроводов", 1966, № 4.
154. Спиридов В.В. Новая система надземной прокладки северных газопроводов. "Строительство трубопроводов", 1968, № 3.
155. Спиридов В.В., Техман А.С. Для изучения работы газопроводов в условиях Севера. "Строительство трубопроводов", 1968, № 3.
156. Справочник по пластическим массам. Под ред. М.И. Гара и др. М., "Химия", 1967.
157. Суровяк В., Худзиньски С. Применение пластмасс в машиностроении. М., "Машиностроение", 1965.
158. Таран В.Д. Сооружение магистральных трубопроводов. М., "Недра", 1964.
159. Тененбаум М.М. Анализ абразивного изнашивания при трении пластмасс о сталь в подшипниках скольжения сельскохозяйственных машин. В сб.: "Пластмассы в подшипниках скольжения". М., "Наука", 1965.
160. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. М., Стройиздат, 1965.
161. Харитонова Л.Д. Применение и трение пластмасс при низких температурах. "Известия вузов. Сер. Машиностроение", 1968, № 8.
162. Хуге И. и др. Конструкционные пластмассы. Свойства и применения. М., "Машиностроение", 1969.
163. ЦНИИСК. Рекомендации по определению нагрузок на относящие опоры и эстакады под трубопроводы. М., Стройиздат, 1973.
164. Чегодаев Д.Д. и др. Фторопласти. Л., Госхимиздат, 1960.
165. Черешкевич Л.В. и др. Фторопластовые подшипники, работающие без смазки. Л., Машгиз, 1959.
166. Швейк Э. Трубопроводы высокого давления электростанций. М.-Л., Госэнергоиздат, 1959.
167. Один В.К. Надземная прокладка трубопроводов. К., Стройиздат УССР, 1963.
168. Якимов Л.К. Расчет теплосетей и испытание опор и компенсаторов. В сб.: "Тепловые сети", ОНТИ, 1936.
169. Andrä W., Beyer E., Wintergerst I. Versuche und Erfahrungen mit neuen Kipp- und Gleitlagern. - "Der Bauingenieur", 1962, № 5.
170. Andrä W., Leonardt F. Neue Entwicklungen für Lager von Bauwerken, Gummi und Gummitopflager. - "Die Bautechnik", 1962, № 5.
171. Beyer E., Wintergerst I. Neue Brückengleitlager, neue Pfälzerform. - "Der Bauingenieur", 1960, № 5.
172. Buckley D.H., Johnson R.L. Lubrication with solids. "Chim. Technol.", 1972, 2, 5.
173. Designing with Teflon. Part 3. Thermal, chemical, wear and Electrical properties. - "Machine Design", 29, 1957, 20.
174. Flom D.G., Forilli N.T. Friction sliding on teflon. - "J. Applied Phys.", 1955, 26, 9.
175. Fluorocarbon plastics. - "Materials in Design Engineering", 1964, 59, 2.
176. GHH Kesslingen. Die zwei grössten Brückengleitlager der GHH. Крупные мостовые опоры. Проспект фирмы /Герм./.
177. Götz H. Gleitreibungsverhalten von PTFE geschmiert und ungeschmiert, insbesondere bei tiefen temperaturen. - "Mineraloeltechnik", 1972, 17, 15.
178. King R.P., Tabor D. - "Proc. Phys. Soc.", 1953, 60, 728.
179. "Mackenzie Valley Pipe Line Research Limited". Исследовательские работы в Инувике. Проспект фирмы /Канада/.
180. Meyzenburg C.M. Kunatstoffe als Lagerwerkstoffe. - "Kunatstoffe", 1967, 57, 1.
181. Milz W.C., Sargent L.B. Frictional characteristic of plastics. - "Lubricat Engng.", 1955, II, 5.
182. Morgan R.L. Pipe supporting for process plant. "Pipe and Pipelines International", 1971, 5.
183. Rohre gleiten frei. Rollenlager für Rohrleitungen. - "Rohre, Rohrleitungsbau, Rohrleitungstransport", 1973, I, Bd. 12, 5-6.
184. Spaethe G., Mshlo G. Gummi und Polytetrafluorethylen als Werkstoffe im Brückenbau. - "Die Strasse", 1966, 6, II.
185. The frictional properties of thermoplastics. - "Plastics", 1961, 26, 281.
186. Vetz H., Hakenjos V. Gleitreibungs- und Gleitverschleißversuche an Kunststoffen. - "Kunststoffe", 1959, 59, 5.
187. Wellinger K., Vetz H., Hakenjos V. Gleitreibungsversuche mit Teflon. - "VDI - Zeitschrift", 1962, 104, 28.

В.И.Скуцкий и Т.Ф.Корниенко,  
инженеры

Продолжение табл. I

ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Библиографический указатель изобретений

Таблица I. Нумерационный перечень изобретений, включенных в указатель

№ документа	Пункт по табл. 2	Наличие материалов в фонде НИИСК		№ документа	Пункт по табл. 2	Наличие материалов в фонде НИИСК	
		1	2			3	1
Авторские свидетельства СССР							
50540	2.6	Полное описание		312088	1.56	Полное описание	
129077	3.6	To же		316254	3.21	To же	
136124	3.11	"		319800	4.7	"	
174473	3.12	"		333306	3.15	"	
178615	1.52	"		355315	2.3	"	
178619	2.2	"		366442	1.57	"	
185636	3.16	"		363778	1.50	"	
186225	1.58	"		379809	3.2	"	
207584	1.51	"		387180	3.4	"	
211244	2.14	"		398801	2.5	"	
214959	1.55	"		404921	2.18	"	
229127	4.4	"		414352	4.11	Формула изобр.	
257722	1.20	"		417568	4.14	To же	
257954	3.1	"		443221	1.3	Полное описание	
263837	2.11	"		447539	4.2	To же	
284126	2.1	"		450051	2.4	Формула изобр.	
291066	4.8	"		451885	4.3	To же	
307239	1.2	"		451886	4.1	Полное описание	
308143	1.38	"		480769	1.42	To же	
308243	3.20	"		1745819	1.1	"	
				29-14			
Патенты США							
2103811	3.3	Аннотация		3301609	1.35	Полное описание	
2106956	4.10	"		3306561	4.9	"	
2738151	3.5	"		3315927	1.7	"	
2893669	2.8	"		3329472	1.25	"	
3016219	3.8	"		3342534	2.20	"	
3105252	1.6	Полное описание		3349418	1.21	"	
3151015	1.48	Аннотация		3350143	1.53	"	
3243236	1.43	Полное описание		3390854	1.4	"	
3272570	3.18	To же		3398998	4.16	"	
3288406	4.6	"		3417422	3.13	"	
3298644	1.5	"		3422792	3.14	"	

I	2	3	I	2	3
3427080	2.19	Полное описание	3491392	4.29	To же
3436129	1.49	"	3520096	1.31	Аннотация
3436132	2.21	"	3703014	4.15	"
3467447	3.17	"	3806975	1.37	"
3472474	1.10	"			
Патенты Англии					
883436	4.19	Полное описание	1025037	1.36	To же
961823	1.44	Аннотация	1030365	1.29	"
961824	1.45	"	1030608	1.24	"
976069	1.14	Полное описание	1042397	1.26	"
987187	4.23	To же	1047805	1.8	"
989863	4.5	"	1048249	3.9	"
989955	3.10	"	1071619	1.16	"
991469	1.19	"	107536	4.21	"
994426	4.32	"	1089431	1.54	"
994711	4.22	"	1091611	1.27	"
Акцептированные заявки ФРГ					
8811762	2.15	Аннотация	1658897	1.30	Аннотация
864338	2.13	Полное описание	1759755	4.28	"
883683	3.7	To же	1901771	4.24	"
884225	2.7	Аннотация	1937593	1.34	"
1007576	1.12	"	1939450	4.31	"
1027018	2.12	Полное описание	2002270	1.32	"
1035988	2.9	Аннотация	2002271	1.33	"
1069437	2.10	"	2002979	4.30	"
1185207	1.46	Полное описание	2007767	4.13	"
1225452	1.11	To же	2039631	1.40	"
1230826	1.47	Аннотация	2050691	4.17	"
1233426	1.17	"	2063746	4.25	"
1263805	1.13	"	2114391	4.27	"
1264482	1.15	"	2114662	4.26	"
1284699	3.19	Полное описание	2131920	2.17	"
1284742	1.9	To же	2314900	1.18	"
1459949	1.28	Аннотация			
Патенты Франции					
1362639	1.39	Полное описание	2089380	1.23	To же
1589550	1.41	Аннотация	2112701	4.20	"
2049523	1.22	"	2142638	4.18	"
Патенты Японии					
48-6229	2.16	Аннотация	48-27027	4.12	To же

Именной указатель /см. табл. 2, гр. 5/

Алексеев В.В.	- 1.38
Андреев И.Я.	- 3.15
Апарцев А.С.	- 1.1; 1.2; 4.1
Байбороев Ю.И.	- 1.58
Бурягина В.И.	- 2.2
Васильев Б.Ф.	- 1.20
Васьков А.И.	- 3.6
Вознесенский Л.Ф.	- 1.1; 1.42; 1.50
Воловик А.Б.	- 4.14
Вольпов М.М.	- 4.14
Врублевская В.И.	- 1.57
Гаврилов В.Г.	- 2.5
Геренштейн А.И.	- 1.56
Гиль Б.И.	- 1.38; 4.14
Гольдиков Г.В.	- 1.52
Горелик И.И.	- 1.1
Давидсон А.И.	- 3.1
Далин А.И.	- 2.2; 4.4
Денисов А.А.	- 2.5
Емельянов Н.И.	- 1.56
Жаров В.В.	- 2.1
Кемчужников Ю.С.	- 4.14
Жуков Н.А.	- 2.2
Зайцев Ю.А.	- 2.5
Заславский Ю.П.	- 2.18
Зеленков А.А.	- 1.1; 4.1
Золотарев М.П.	- 1.1
Иванов С.А.	- 1.3; 4.2
Казакевич М.И.	- 3.4
Каллиопи В.В.	- 3.11
Карпачев В.И.	- 2.1
Карпенко П.А.	- 3.16
Карпышев М.С.	- 1.51
Киянов И.И.	- 4.11
Клевцов В.А.	- 1.20
Коднир Д.С.	- 1.58
Конторович С.О.	- 1.1; 1.2; 4.1
Коптев А.Л.	- 2.1
Кортунов В.А.	- 1.1; 2.1
Коршунов А.И.	- 1.56
Коршунов Д.А.	- 1.1; 1.42; 1.50; 4.1
Краузе Г.Н.	- 1.51; 1.52
Кульпин Н.В.	- 4.3
Купчиков Б.Н.	- 1.57
Курапов А.Е.	- 1.3; 4.2

Кутидин Н.Д.	- 1.5
Кухаренко Л.Б.	- 1.5
Кучерявенко В.В.	- 3.1
Либерберг Ф.Р.	- 4.1
Лютов А.В.	- 2.1
Маевский Ю.А.	- 2.4
Маркова М.Ф.	- 2.5
Матвеев В.А.	- 1.20
Меницкий И.Д.	- 3.16
Мирзоев Р.Г.	- 1.51
Моргулис Л.А.	- 1.1
Немоловский В.Н.	- 2.4
Никитин Г.А.	- 1.55
Новиков К.С.	- 1.56
Ольхов В.В.	- 3.15
Осиповский Н.Ф.	- 4.7
Папцов Г.М.	- 1.55
Певзнер С.А.	- 3.12
Петров И.А.	- 1.20
Пилипенко Г.А.	- 1.3; 4.
Потоцкий П.Д.	- 3.15
Пясецкий А.А.	- 4.1
Рудяков Г.Я.	- 1.38
Слоним Э.Я.	- 3.4
Скуцкий В.И.	- 1.1; 1.42;
Соколов С.М.	- 4.1
Спиридонов В.В.	- 3.1; 3.
Старцев В.И.	- 1.20
Стэрэжук Е.К.	- 3.20
Сысоев П.В.	- 1.56
Тишин В.Г.	- 4.3
Толоконников К.С.	- 1.20
Тоншев В.А.	- 2.6
Трещенков Н.В.	- 3.15
Рейгин Б.З.	- 2.3
Филимонова Г.Н.	- 2.11
Фокин А.А.	- 4.8
Хазая И.А.	- 1.38
Цыганков Б.Я.	- 1.3; 4.2
Чичко Г.М.	- 4.3
Швецов А.Н.	- 1.52
Шилов Н.Д.	- 4.14
Шнейдер О.В.	- 2.6

Andra W.	- 1.13; 1.14; 1.15; 1.17; 1.19; 1.47; 4.13
Battermann W.	- 1.34; 4.31
Bayer K.	- 1.46; 1.47
Beyer E.	- 1.47; 4.13
Bremer P.	- 4.24
Burnett F.	- 4.16
Casanova J.	- 1.22; 1.41
Cünther F.	- 3.19
Davis A.E.	- 3.3
Dale S.B.	- 3.13
Degen G.R.	- 4.6
Delforce G.G.	- 1.24; 1.25
Donnelan G.L.	- 1.24; 1.25
Edward W.	- 4.5
Fastenrath O.	- 2.13
Folk L.E.	- 2.19
Fountain B.A.	- 1.10
Fyffe E.R.	- 1.23; 1.37
Gadow H.	- 1.11
Garnett J.B.	- 1.26
Graham J.M.	- 1.43
Griffith A. M.	- 1.48
Grote J.	- 1.16
Hein R.D.	- 1.21
Herzoq E.A.	- 3.5
Huettnar H.F.	- 4.9
James R.A.	- 1.49
Johanson N.E.	- 1.10
Jones C.	- 1.28
Jork R.	- 3.14
Kauschke W.	- 1.40
Keil W.	- 2.12
Kilcher F.	- 1.30; 1.31
Kindorf O.C.	- 2.8
King E.N.	- 2.20
Koester W.	- 4.15
Kroutz F.	- 1.18
Kuntz F.	- 2.17
Lane F.	- 4.32
Leonhardt K.	- 4.13
Lichowsky A.	- 1.53
Maller R.A.	- 4.29
Malloy J.F.	- 1.7 - 1.9;
Mayer K.	- 1.32; 1.33
Mesa G.	- 4.16
Michael J.	- 1.29
Milk R.L.	- 1.6
Morlon M.J.	- 1.39
Murphy I.A.	- 3.8
Makamura U.	- 4.19
Nell H.A.	- 4.30
Newman W.C.	- 3.17
Palfreyman D.H.	- 1.35; 1.36
Providence B.	- 1.4; 1.5
Schwarz B.	- 3.10
Shaw G.R.	- 1.29
Sherburne P.C.	- 1.4; 1.5
Siebert K.	- 4.25 - 4.27
Spring J.	- 4.5
Thul H.	- 4.13
Turner W.C.	- 1.7 - 1.10
Waller R.A.	- 4.29
Weisler M.	- 2.21
Wickham N.	- 1.28
Wiedemann L.	- 4.28
Wintergerst L.	- 1.13 - 1.15; 1.17; 1.47
Zenk R.R.	- 3.18

Указатель основных организаций и фирм  
/ см. табл. 2, гр. 5 /  
С С С Р

Всесоюзный государственный НИТЕЭП "Теплоэлектропроект",  
г. Москва - 2.2; 4.4.

Государственный институт по проектированию магистральных  
трубопроводов и специального строительства /"Гипроспецгаз"/ -  
1.1; 1.2; 1.3; 4.1; 4.2.

Институт механики металлокомпозитных систем АН Белорусской  
ССР - 1.56; 1.57.

Киевский филиал Государственного проектного института  
"Союздорпроект" - 1.38; 4.14.

Ленинградский филиал Всесоюзного института по проектиро-  
ванию организаций энергетического строительства "Оргэнерго-  
строй" - 2.3.

Львовское отделение Всесоюзного государственного ПИТЕЭЛ  
"Теплоэлектропроект" - 4.

Научно-исследовательский институт строительных конструкций /НИИСК/ - 1.1; 1.42; 1.50; 4.1.

Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов /ВНИИСТ/ - 4.3; 4.8.  
Советский трест производственно-экспериментальных работ /"Совагазспецстрой"/ - 1.1; 2.1.

### США

Pabrecks Products Company - 1.35; 1.36  
General Tire Rubber Company - 1.21  
Grinnell Corporation, a Corporation of Delaware - 1.4; 1.5  
Union Carbide Corporation - 1.7; 1.8; 1.9; 1.10

### Англия

Amper Industrial Products Limited - 1.24; 1.25  
Glacier Metal Company Limited - 1.27; 1.28; 1.54  
Kins Developments Limited - 4.29; 4.32

### ФРГ

Continental Gummi - Werke AG - 1.34; 4.31  
Maschinenfabrik Esslingen - 1.44; 1.45; 1.46; 4.22  
Orenstein Koppel AG - 4.28  
Sollinger Hütte - 4.17

### Франция

Usines Paulstra et H. Jean Morlon - 1.39

### Швейцария

Firma Kober A.G.

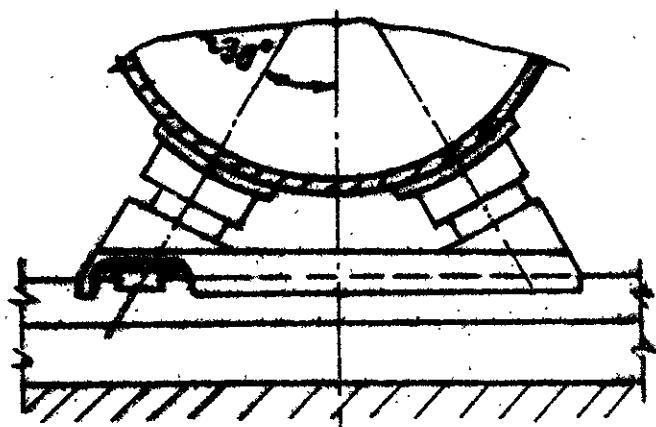
- 4.15; 4.25; 4.26; 4.27

Таблица 2. Библиографический указатель изобретения

№ пп.	Страна, № патента, авт. свид. и т.д., дата подачи первой заявки, страна при- оритета	Классифика- ция. индекс		Заявитель, автор наименование изобретения	Эскиз характерного элемента конструкции
		НКИ	МКИ		
1	2	3	4	5	6

#### 1. Конструкции скользящего типа

1.1	С С С Р Заявка №1745819/29-14 15.II 1972 С С С Р	3/16		Научно-исследовательский институт строительных конструкций Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства /"Типроспецгаз"/ и Государственный Советский трест производственно-экспериментальных работ Анащенко А.С., Вознесенский Н.Ф., Горелик И.М., Зеленков А.А., Золотарев М.Н., Конторович С.О., Кортузов В.А., Кортузов К.А., Моргулис Л.А., Скульский В.И. Опора трубопровода	
-----	--	------	--	---	--



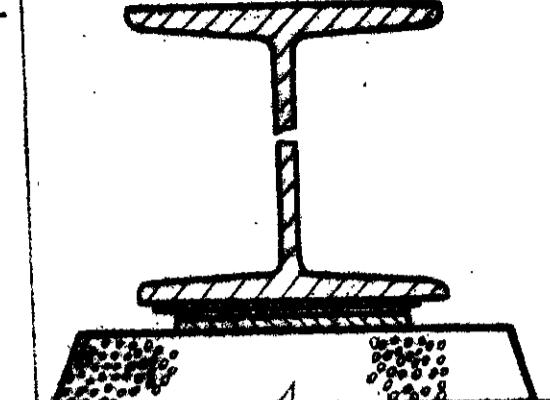
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.2	С С С Р № 307239 23.IV 1970 С С С Р	3/18		Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства. "Гипроспецгаз" Андреев А.С., Конторович С.О. Опора надземного трубопровода	
1.3	С С С Р № 443221 10.IV 1972 С С С Р	3/18		Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства "Гипроспецгаз" Баранова Н.М., Курапов А.Е., Иванов С.А., Шилиенко Г.А., Цыганов Б.Я. Опора надземного трубопровода	

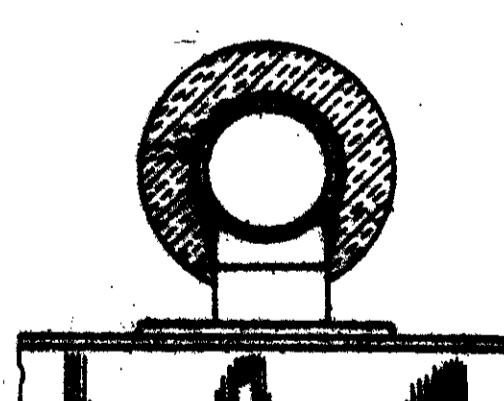
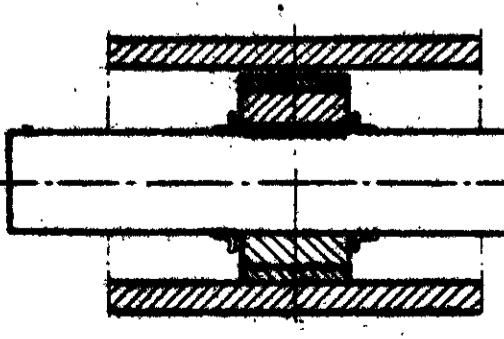
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.4	США № 3390854 28.X 1966 США	248-55		Grinnell Corporation, a Corporation of Delaware Philip C.Sherburne, East Providence  Подвижная опора	
1.5	США № 3298644 20.IV 1966 США	248-55		Grinnell Corporation, a Corporation of Delaware Philip C.Sherburne, East Providence  Скользящая опора	

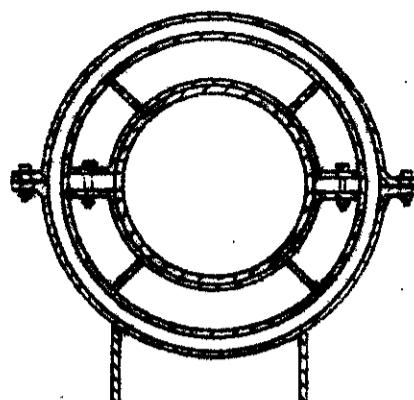
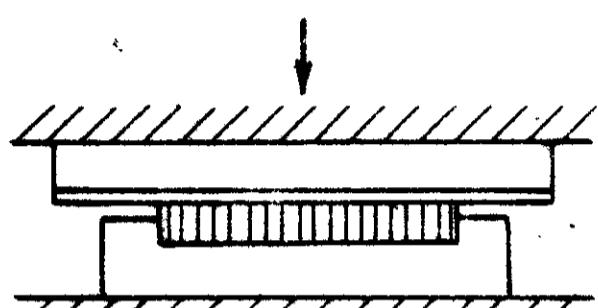
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.6	США № 3105252 24.VI 1960 США	14-16		Merriman Bros., a Corporation of Massachusetts Robert L. Milk  Скользящая и поворачивающаяся подшипниковая опора	
1.7	США № 3315927 27.VI 1966 США	248-55		Union Carbide Corporation John F. Malloy and William C. Turner  Опорная прокладка	
1.8	Англия № 1047805 23.VI 1966	F2D34 F2A4	F066 601z	Union Carbide Corporation John F. Malloy and William C. Turner  Опоры труб	По п.1.7

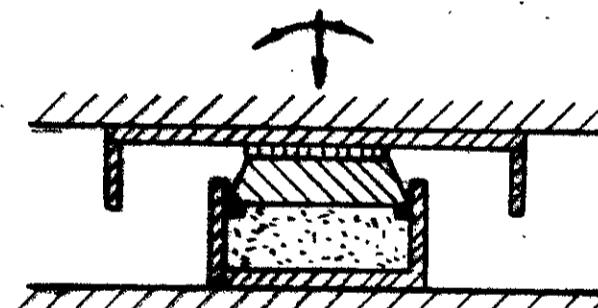
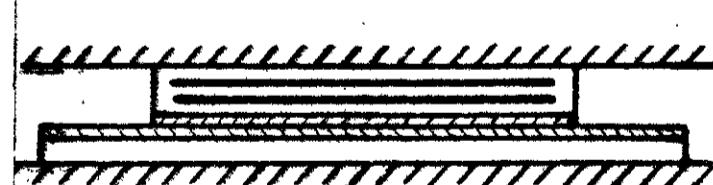
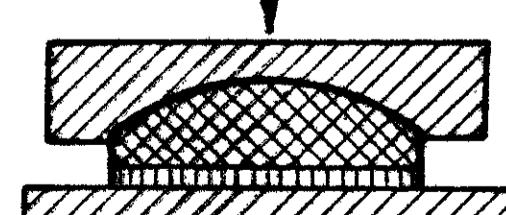
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.9	ФРГ № I284742 27.VI 1966 США	47 f 1-3/18		Union Carbide Corporation John F. Malloy, William C. Turner  Скользящая опора для тру- бопроводов	По п.1.7
1.10	США № 3472474 25.XI 1966 США	248-55	16 3/16	Union Carbide Corporation Bruce A. Fountain, Neil E. Johnson, William C. Turner  Скользящая опора для тру- бы, имеющей изолирующее покрытие	
1.11	ФРГ № 1225452 28.III 1963 ФРГ	47 f 2/03	F161	Kraftanlagen A.G. H.Gadow  Подвижная опора для трубопро- водов, уложенных в кожухе и подверженных тепловым дефор- мациям	

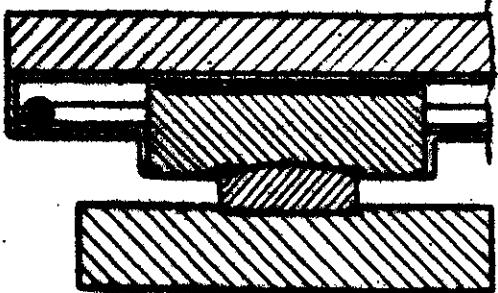
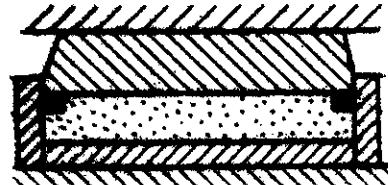
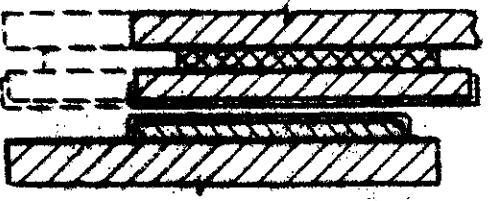
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.12	Ф Р Г № 1007576 (публ. 24.Х 1957) Ф Р Г	47+ 2/03	F06/	Безанер Hochdruckkohlelei- tungsbau G.m.b.H.  Направляющая опора для трубопроводов	
1.13	Ф Р Г № 1263805 18.УП 1962 Ф Р Г	19d 19/04	F06 C	Wolfhart Andra Loius Wintergerst  Подвижная опорная часть скольжения для мостов или тому подобных сооружений	 По п.1.13
1.14	Англия № 976069 18.УП 1962 Ф Р Г	F2A (4,6Al, 21)	F06 c	Wolfhart Andra Loius Wintergerst  Подшипник для мостов	

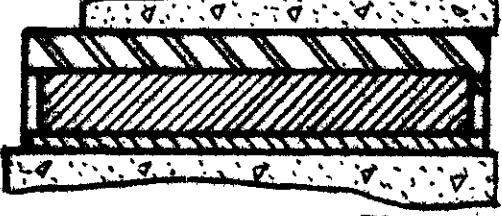
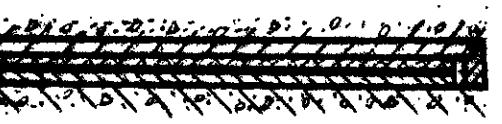
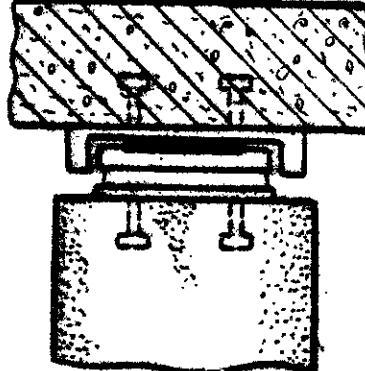
Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
1.15	Ф Р Г № 1264482 (публ. 1968) Ф Р Г	19d 19/04		Wolfhart Andra Loius Wintergerst  Качающаяся подвижная опора для мостов и тому подобных сооружений	
1.16	А н г л и я № 1071619 24.УІ 1964 Ф Р Г	F2A (4,6Al, 24)	F16c	"Cumba" Cumbi in Bauwe- sen G.m.b.H. Jupp Grote  Подшипник	
1.17	Ф Р Г № 1233426 (публ. 1967) Ф Р Г	19d 19/04	F01d	Качающаяся подвижная опора для мостов и тому подобных сооружений	

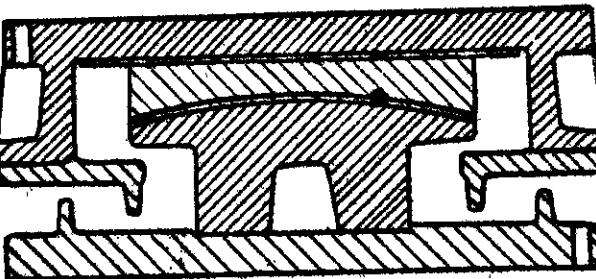
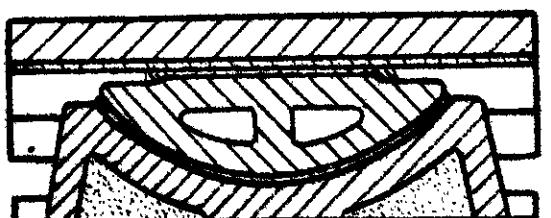
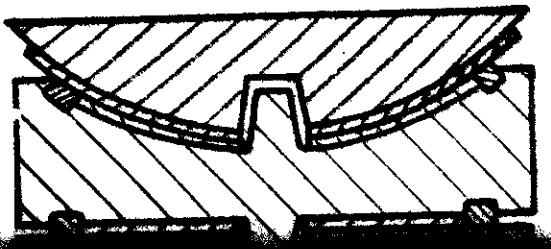
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.18 104	ФРГ № 2314900 26.III 1973 ФРГ	19d 19/04	F01d 19/04	Konstruktions - und Vertriebsbho GmbH. Fritz Kreutz  Скользящая опора для мостов	
1.19 104	Англия № 991469 13.VI 1961 ФРГ	F2S (6D2C, 6D2D)	F06f	W.Andra Пружинящие опоры	
1.20 104	СССР № 257722 19.IV 1968 СССР	37a, 1/36	E04в	Научно-исследовательский ин- ститут бетона и железобетона и Центральный научно-исследо- вательский и проектно-экспе- риментальный институт промыш- ленных зданий и сооружений Бердичевский Г.И., Васильев Б.Ф., Клевцов В.А., Матвеев К.К., Петров И.А., Старцев В.И. и Толоконников К.С.  Скользящая опора для строи- тельных элементов	

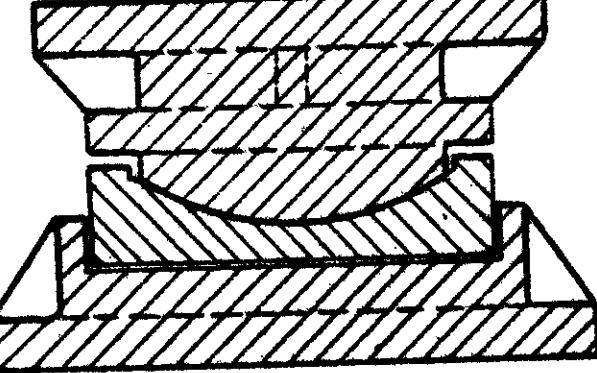
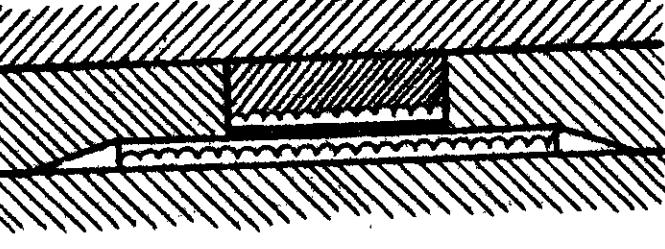
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.21 105	США № 3349418 20.VII 1965 США	14-16	E01d 19/04	General Tire Rubber Company Richard D. Hein Опоры с низким коэффициен- том трения для строительных конструкций	
1.22 105	Франция № 2049523 12.VI 1969 Франция		E01d 19/00	Societe Technique pour l'Utili- sation de la Precontrainte J.Casanova Опорная часть для искусст- венных сооружений	
1.23	Франция № 2089380 13.IV 1970 США		E01d 19/00 E04в 1/00	Edward Robert Fife Опорное устройство для кон- струкций мостов и зданий	

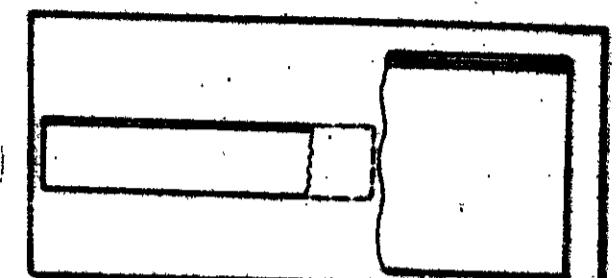
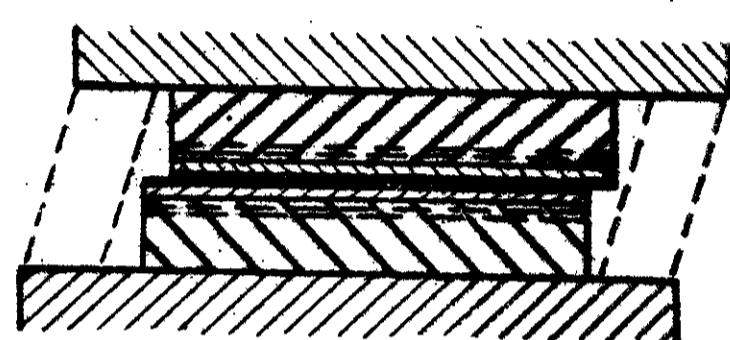
Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
1.24	Англия № 1030608 13.УШ 1963 Англия	F2A (4,6AI, 10B, 10E 23,24)	F06C	Amper Industrial Products Limited Gerald Lowe Donnelan and Cedric George Delforce Подшипники	
1.25	США № 3329472 13.УШ 1963 Англия	308-3	F06C	Amper Industrial Products Limited Gerald Lowe Donnelan and Cedric George Delforce Узел опоры	По п.1.24
1.26	Англия № 1042397 11.УШ 1964 Англия	F2A (4,6AI, 10B,24)	F06C	P.S.C. Equipment Limited John Baron Garnett Опоры	
1.27	Англия № 1091614 6.У 1963	F2 A (4,6AI, 10B, 20)	F16C 29/02	Glacier Metal Company Limited Подшипники	

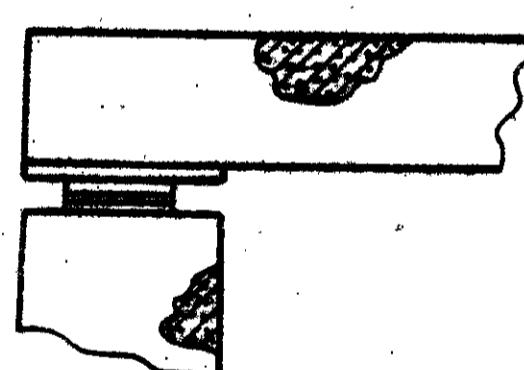
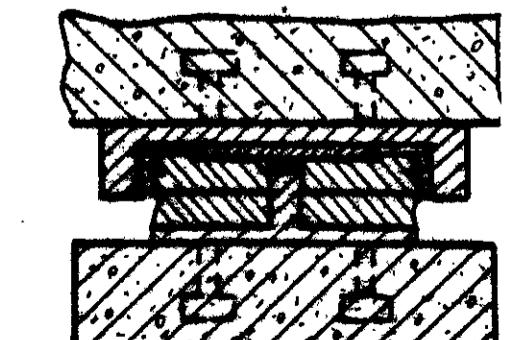
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
1.28	ФРГ № 1459949 6.У 1963 Англия	37 а I/36	E046 I/36	Glacier Metal Company Limited Conway-Jones, John Michael, Nigel Wickham Балансирная скользящая опора для строительных целей	По п.1.27
1.29	Англия № 1030365 15.IU 1964 Англия	F2 A (4,6AI, 10B,23, 24)	F06C	George Richard Shaw Подшипники	
1.30	ФРГ № 1658897 20.УП 1966 Швейцария	37 а I/36	E046 I/36	F.Kilcher Опора скольжения для строительных элементов	
1.31	США № 3520096 20.УП 1966 Швейцария	52-396	E046 I/36 F04 19/04	F.Kilcher Вкладыш между частями зданий	По п.1.30

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
I.32	Ф Р Г № 2002270 20.I 1970 Ф Р Г	37a I/36	E046 I/36	Mayer geb. Schweers Karl Mayer Скользящая опора	
I.33	Ф Р Г № 2002271 20.I 1970 Ф Р Г	37a I/36	E046 I/36	Meyer geb. Schweers Karl Meyer Скользящая плита	
I.34	Ф Р Г № 1937593 II.2 1971 Ф Р Г	37a I/36	E04 I/36	Continental Gummi - Werke AG Walter Batterman Эластичная опора для строительных конструкций	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
I.35	США № 3301609 23.XII 1963 США	308- 3		Fabrecks Products Company D.H.Palfreyman Несмазываемое антифрикционное устройство	
I.36	Англия № 1025037 23.XII 1963 США	F2A (4,6A) B5N245 2N3,16B3 E1690	F06с, B326, F01f	Fabrecks Products Company D.H.Palfreyman Опоры	 По п.1.35
I.37	США № 3806975 13.IV 1970 США	14-16	E01d 19/06	Elastometal Limited Edward R. Fyfe шарнирные опоры строительных конструкций	

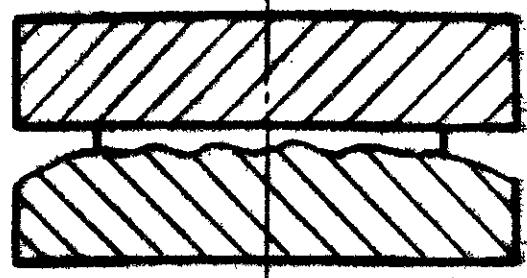
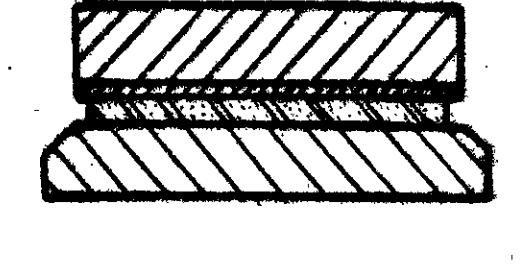
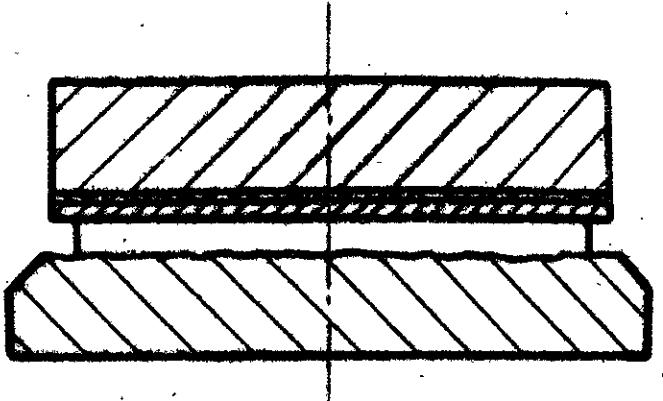
Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6
1.38	С С С Р № 308143 25.Х 1968 С С С Р		F01d 21/00	Киевский филиал Государствен- ного проектного института "Союздорпроект" Гиль Б.И., Фельдман М.Б., Хазан И.А., Рудяков Г.Я. и Алексеев В.В. Накаточная опора	
1.39	Франция № 1362639 24.ІУ 1963 Франция		E01d	Usines Paulstra et M.Jean Morlon Усовершенствования, относя- щиеся к мостовым опорам и их частям	
1.40	Ф Р Г № 2039631 10.УІ 1970 Ф Р Г	19d	E01d 19/04 19/04	Demag A.G. Wolfgang Kauschko Направляющая опора для мостов и других несущих сооружений	

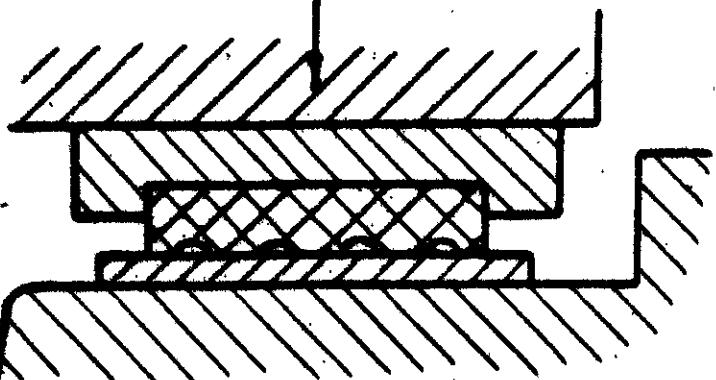
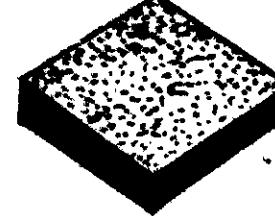
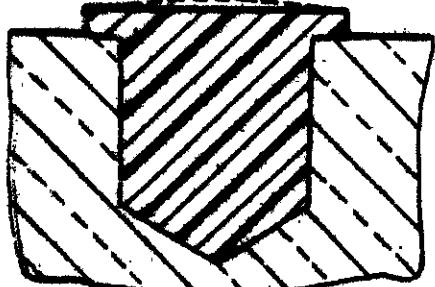
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
1.41	Франция № 1589550 17.Х 1968 Франция		E01d	Societe Technique pour l'Utilisa- tion de la Precontrainte J.Casanova Скользящие опорные части для искусственных сооружений	
1.42	С С С Р № 480769 4.УІ 1973 С С С Р			Научно-исследовательский ин- ститут строительных конструк- ций Коршунов Д.А., Скуцкий В.И., Вознесенский Л.Ф. Антифрикционный вкладыш	
1.43	С Ш А № 3243236 25.УІ 1963 С Ш А	308-3		John M.Graham Низкофрикционные опорные про- кладки	

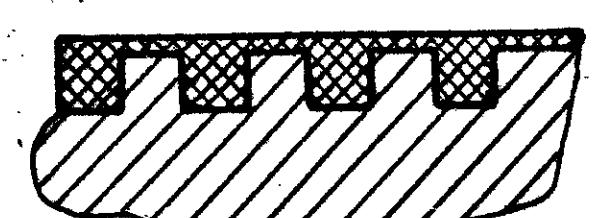
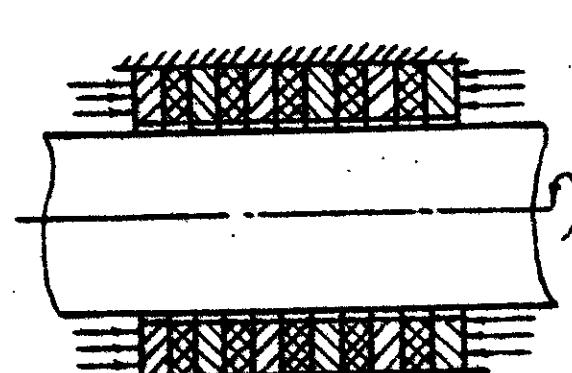
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.44	Англия № 961823 26.I 1963 ФРГ	F2A	F06d	Maschinenfabrik Esslingen Опоры для мостов и других конструкций	
I.45	Англия № 961824 29.I 1963 ФРГ	F2A	F06c	Maschinenfabrik Esslingen Опоры для мостов и других конструкций	
I.46	ФРГ № II85207 29.I 1963 ФРГ	19d 19/04	E01d	Maschinenfabrik Esslingen Karl Bayer Скользящая (подвижная) опора для мостов и тому подобных сооружений	

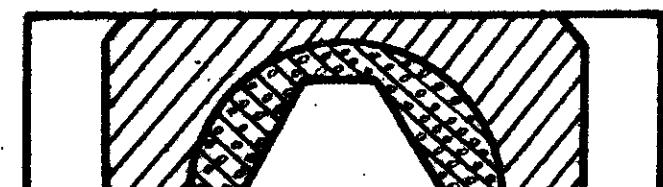
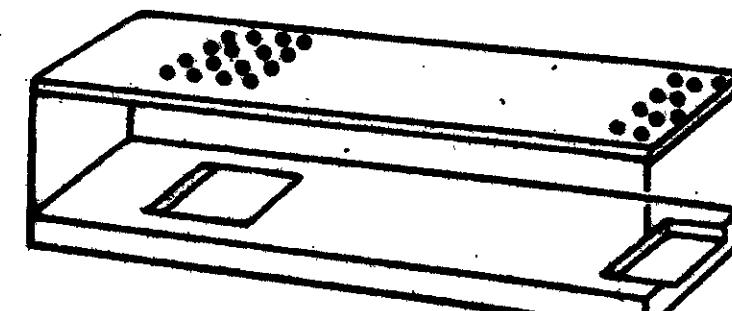
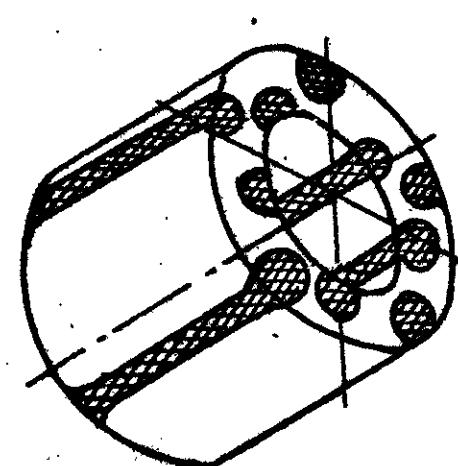
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.47	ФРГ № I230826 25.4.1964 ФРГ	19d 19/04	E01d	Gutehofnungshütte Sterkrade Aktiengesellschaft W.André, E.Beyer, L.Wintergerst K.Bayer Скользящая опора для мостов или подобных сооружений	
I.48	США № 3151015 30.I 1961 США	161-158		American Brake Shoe Company a Corporation of Delaware Arvon M. Griffith Подшипники	
I.49	США № 3436129 9.I 1967	308-3	F16c. 33/22 33/26 E01d 19/06	Robert A. James Подшипник	

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.50	С С С Р № 363778 25. I 1971 С С С Р		F01d 19/04	Научно-исследовательский институт строительных конструкций Коршунов Д.А., Скуцкий В.И., Вознесенский Л.Ф. Антифрикционный вкладыш	
1.51	С С С Р № 207584 30. I 1963 С С С Р	47B,9	F06 c	Шевцов А.В., Краузе Г.Н., Карпышев М.С., Кутинин Н.Д., Барбаш И.Д. и Мирзев Р.Г. Подшипник скольжения	
1.52	С С С Р № 178615 23.У 1963 С С С Р	47B,9	F06 c	Краузе Г.Н., Швецов А.Н., Гольдинов Г.В. Сборный вкладыш подшипника скольжения	

Продолжение табл.2.

1	2	3	4	5	6
1.53	С Ш А № 3350143 17.У 1965 С Ш А	308-3	F16c	Radio Corporation of America, a. Corporation of Delaware A.Lichowsky  Опора скольжения, смазывае- мая фторуглеродистой смазкой	
1.54	Англия № 1089431 3. I 1964 Англия	F2A	F16 c	Glacier Metal Company Limited  Подшипники, пропитка пористых материалов	
1.55	С С С Р № 214959 19. I 1967 С С С Р	47B,9	F06 c	Московский институт электрон- ного машиностроения Никитин Г.А., Папцов Г.М. Подшипник скольжения с твер- дой смазкой	

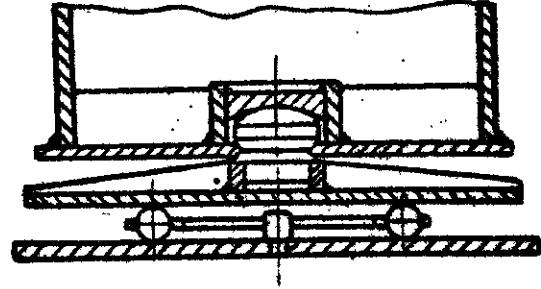
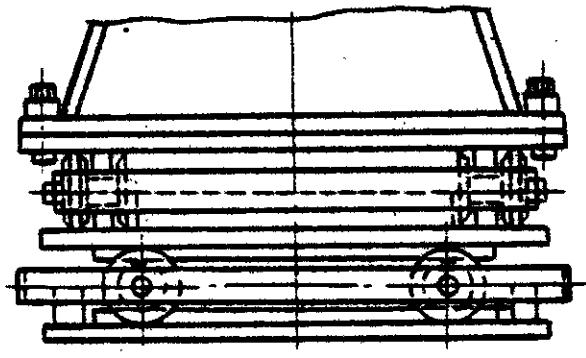
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
I.56	СССР № 312088 12.I 1970 СССР		F16с 33/04	Институт механики металлоопо- лимерных систем АН БССР Сысрев П.В., Кухаренко Л.Б., Новиков К.С., Коршунов А.И., Емельянов Н.И. и Геренштейн А.Н. Подшипник скольжения	
I.57	СССР № 336442 16.II 1970 СССР		F16с 27/02 F16с 33/04	Институт механики металлоопо- лимерных систем АН БССР Белый В.А., Купчинов В.И., Врудлевская В.И., Борисуля М.В. Подшипник скольжения	
I.58	СССР № 186225 22.X 1963 СССР	47в,9	F06с	Сайфер А.М., Коднир Д.С., Байбординов Ю.И. Трехслойный подшипник скольжения	

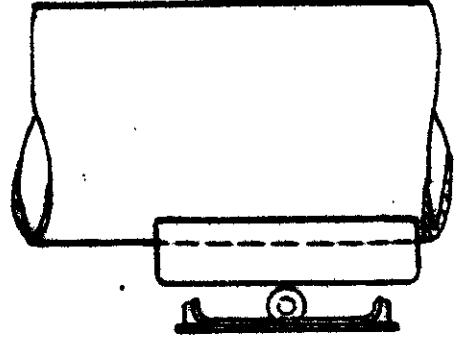
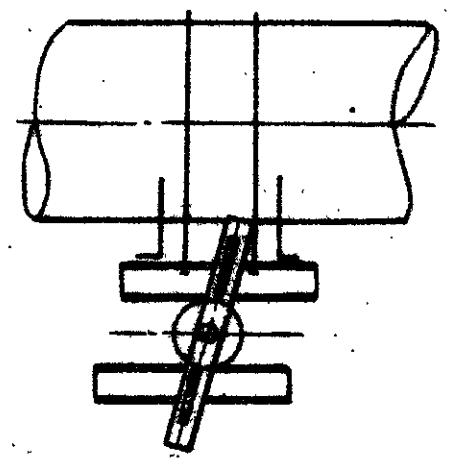
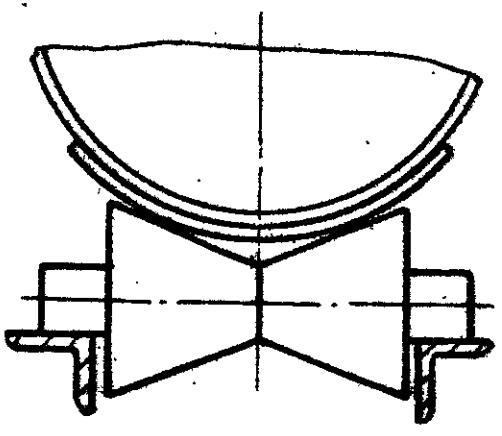
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
<u>2. Конструкции каткового типа</u>					
2.1	СССР № 286426 25.VII 1969 СССР	47+	F16с 2/03	Трест "Союзгазспецстрой"  Кортунов В.А., Моргулис Л.А., Золотарев М.П., Карпачев В.И., Коптев А.Л. и Жаров В.В.  Опора для надземного трубо- проводов	
2.2	СССР № 178619 19.X 1964 СССР	476	F06с 12	Всесоюзный государственный НИИЭП "Теплоэлектропроект"  Цалин А.М., Бурагина В.И., Кукова Н.А.  Шариковая опора	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.3	СССР № 355315 3.IX 1964 СССР		F 046, I/36	Ленинградский филиал Всесоюзного института по проектированию организации энергетического строительства "Оргэнергострой" Фейгин Б.З. Опора для строительных конструкций	
2.4	СССР № 450051 5.III 1973 СССР		F 166, 3/16	Львовское отделение Всесоюзного государственного НИИЭП "Теплоэлектропроект" Маевский Ю.А., Немоловский В.Н. Опора для трубопроводов	
2.5	СССР № 398801 23.II 1971 СССР		F 166 37/14	Гаврилов В.Г., Денисов А.А., Зайцев Ю.А. и Маркова М.Ф. Опора для крепления трубопровода	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.6	СССР № 50540 20.II 1936 СССР	47+	F 166 03/18	Тоннин В.А. и Шнейдер О.В. Катковая опора для труб	
2.7	ФРГ № 884255 Дпубл. 23.II 1953 ФРГ	47+	2/03	Borsig A.G.  Катковая опора для трубопроводов	
2.8	США № 2893669 23.XI 1956 США		248-55	Kindorf O.C. Kindorf O.C.  Опора для трубопровода	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.9	Ф Р Г № 1035988 /опубл. 15.I 1959/ Ф Р Г	47/ 2/03	F06/	S te des Forces et Ateliers du Creusot  Подвижная опора для продольных перемещений трубопроводов	
2.10	Ф Р Г № 1069437 /опубл. 19.XI 1959/ Ф Р Г	47/ 2/03	F06/	F.A. G. Kuntze  Подвижная опора для подземных трубопроводов	
2.11	СССР № 263337 27.У 1968 СССР	47/ 2/01	F06/	Норильский ордена Ленина горно-металлургический комбинат им. А. П. Завенягина и Красноярский институт "ПромстройНИИпроект" Лотав А. В., Филимонова Г. Н. Шаровая опора для наземного трубопровода	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.12	Ф Р Г № 1027018 14.XI 1956 Ф Р Г	47/ 2/03	F06/	Willi Keil.  Перемещающаяся вдоль оси опора трубопроводов	
2.13	Ф Р Г № 864338 5.VI 1952 Ф Р Г	47/ 2/03	F06/	Essener Hochdruck-Rohrleitungsbau Gesellschaft mit Beschränkter Haftung Otto Fastenrath  Подвижная опора для трубопроводов и других конструкций	
2.14	СССР № 211244 5.І 1967 СССР	47/ 2/01	F06/	В.И. Сульженко Подвижная опора	

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
2.15	ФРГ № 811762 р/спуб. 23.УШ 1951/ ФРГ	474 2/01		Essener Hochdruck-Rohrleitungsbau Gessellschaft mit Beschränkter Haftung  Опоры для продольного перемещения труб, снабженные шарами или роликами	
2.16	Япония № 48-6229 8.XI 1969 Япония	87C 14, 86/4/ A6	F01d 19/04	Оирэсу Коре К.К.  Роликовая опора моста	
2.17	ФРГ № 2131920 21.VI 1971 ФРГ	19d 19/04	F01d 19/04	Konstruktions - und Vertriebsbüro GmbH Fritz Kuntz   Мостовая опора	

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
2.18	СССР № 404921 12.I 1972 СССР		F01d 19/04	Всесоюзный проектный и научно-исследовательский институт промышленного транспорта Заславский Ю.П. Подвижная опорная часть	
2.19	США № 3427080 17.IX 1966 США	308-6	F16C, 17/00, 21/00, 19/00	Leo E. Folk  Несущее устройство с роликами и направляющим стержнем	
2.20	США № 3342534 12.IV 1965 США	308-6	F16C	Grace Horubrock Manufacturing Coo. Francis N. King Направляющее устройство шарикового подшипника	

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
2.21	США № 3436132 2.У 1966 США	308-6	F16 с. 17/00, 21/00, 19/00	Teldyne, Inc., a Corporation of Delaware Mordechai Weisler Узел направляющей	

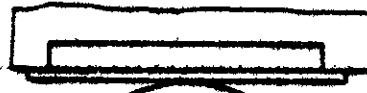
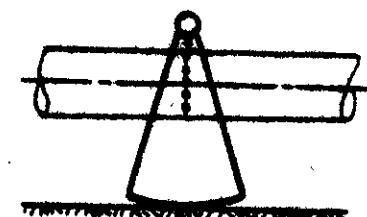
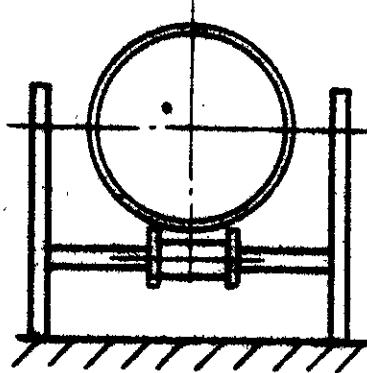
3. Конструкции роликового типа

3.1	СССР № 257954 29.У 1968 СССР	47/ 2/03	F06 l	Спиридонов В.В., Давидсон А.И. Роликовая опора под трубопровод	
3.2	СССР № 379809 14. III 1968 СССР	F16 l 3/16		Спиридонов В.В. Роликовая опора под трубопровод	

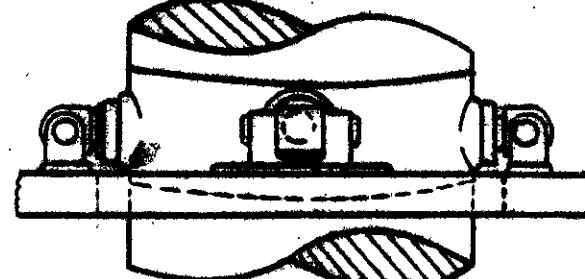
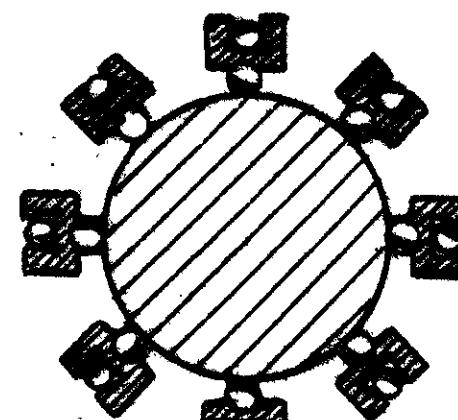
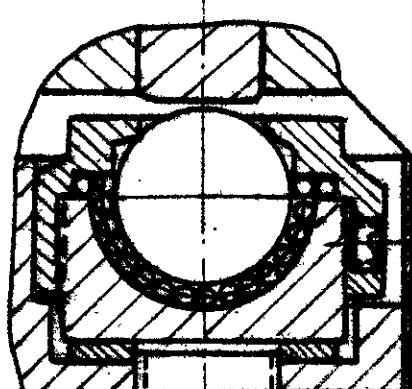
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
3.3	США № 2103811 17.УП 1937 США	248-55		Davis A.E. Регулируемая катковая опора	
3.4	СССР № 387180 20.У 1971 СССР	F16/ 3/18		Центральный научно-исследовательский и проектный институт строительных металлоконструкций Борисов Б.Н., Казакевич М.И., Слоним Э.Я. Опорное устройство трубопровода	
3.5	США № 2738151 4.X 1951 США	248-55		Carpenter and Paterson Inc. Herzog E.A.  Катковая опора для трубопровода	

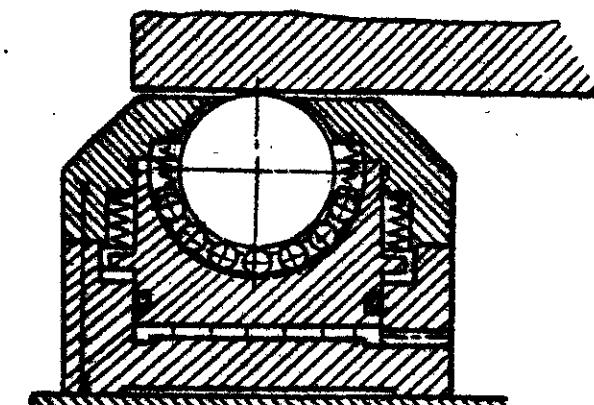
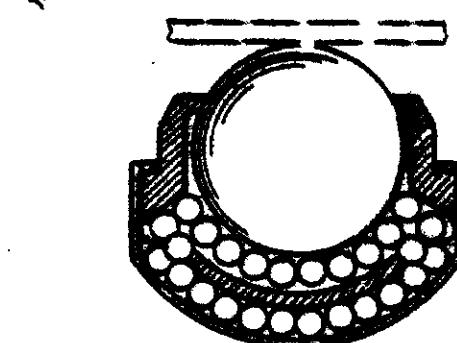
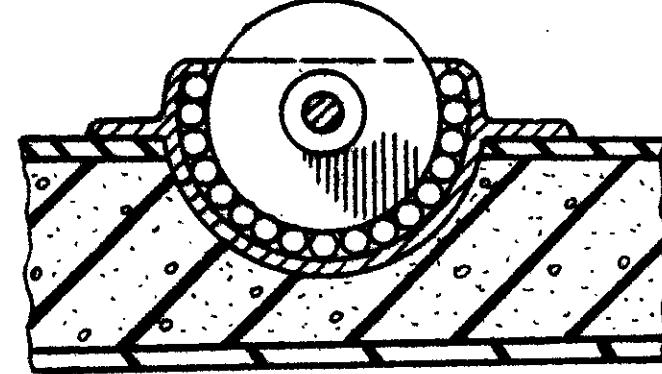
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.6	СССР № 129077 30.VI 1959 СССР	47f, 2/03		Васьков А.И. Секторная опора наземного трубопровода	
3.7	Ф Р Г № 883683 20.VI 1953 Ф Р Г	47f, 2/03		Borsig A.G.  Роликовая опора для труб- проводов	
3.8	США № 3016219 30.VI 1958 США	248-55		Conch International Methane Ltd Murphy I.A.  Опора трубопровода для сжи- женных газов	

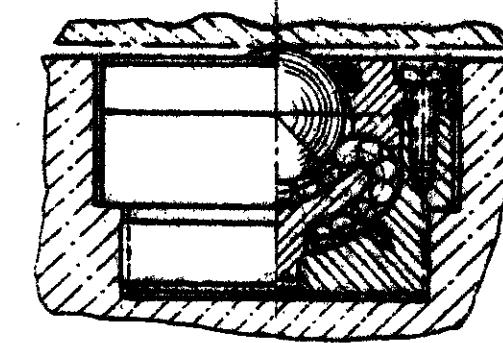
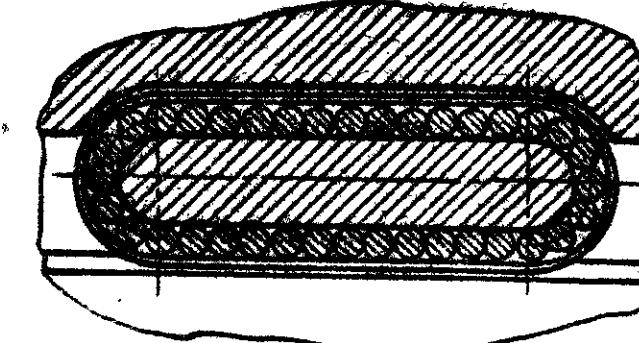
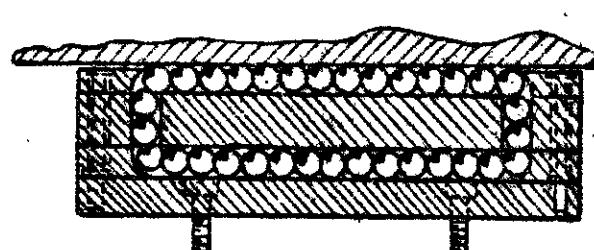
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.9	Англия № 1048249 29.X 1963 Англия	F2P34 E2F (K3,4Y)	F 060	Joseph Lucas (Industries) Limited  Опоры для труб	
3.10	Англия № 989955 15.X 1960 Ф Р Г	F2A4	F 060	Firm Emil Fichthorn Erwin Schwarz  Опоры для прямолинейного движения	
3.11	СССР № 136124 12.III 1960 СССР	476, I2		Каллионий В.В. Шаровая опора	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.12	СССР № 174473 3.У 1963 СССР	476, 12	F06c	Певзнер С.А. Шаровая опора	
3.13	США № 3417422 16.УШ 1966 Англия	I6-26		Autaset (Production) Limited Samuel B. Dale  Шариковая опора	
3.14	США № 3422732 15.УП 1966 США	94-3		Ralph Jork  Искусственный мат для катания на лыжах	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.15	СССР № 333306 1.IX 1969 СССР		F16c 29/06	Ольхов В.В., Андреев И.Я., Потоцкий П.Д., Кучерявен- ко В.В., Трешенков Н.В. Шаровая опора	
3.16	СССР № 185636 23.ІУ 1965 СССР	476, 12	F06c	Меницкий И.Д., Карпенко П.А. Опора качения для поступа- тельно-движущихся плоских деталей	
3.17	США № 3467447 12.П 1965 США	308-6	F16c 17/00 21/00 19/00	Assignor to Beaver Precision Products, a Corporation of Delaware William G. Newman  Шариковый блок для направля- ющего станка	

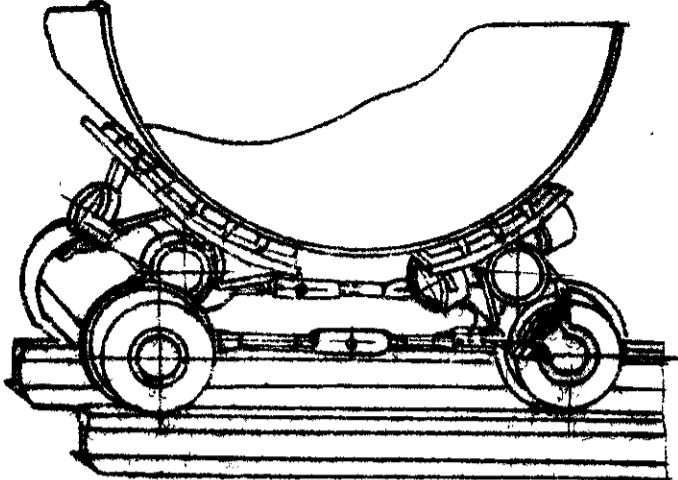
## Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.18	США № 3272570 1.X 1963 США	308-6		Gisulfolt G/Corp., a Corporation of Wisconsin Robert R.Zenk  Подпружиненная подшипниковая опора	
3.19	ФРГ № 1284699 3.II 1965 ФРГ	476 29/04 3/035		SKF Kugellagefabriken GmbH Fritz Günther  Продольно-подвижные роликовые опоры	
3.20	СССР № 308243 1.XII 1969 СССР	F16 c. 35/06		Моргулис Ю.Р., Сторожук Е.К. Опора качения для поступательного перемещения	

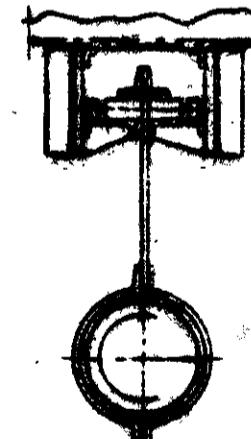
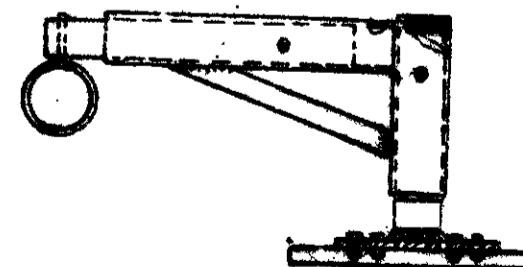
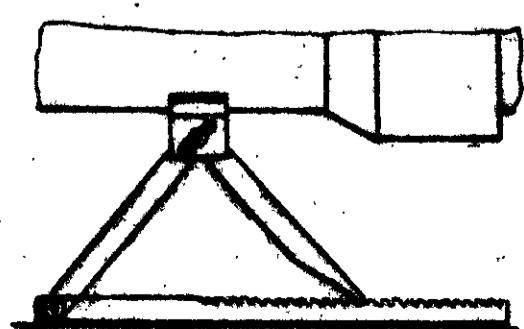
## Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.21	СССР № 316254 19.II 1968 Англия	F 16 c, 29/06		Иностранная фирма "Ротакс Лимитед" /Великобритания/ Алан Чарльз, Ричард Хэвэрд /Великобритания/ Направляющая для прямолинейного перемещения	
<b>4. Конструкции других типов</b>					
4.1	СССР № 451886 19.VI 1972 СССР	F 16 c, 3/16		Научно-исследовательский институт строительных конструкций и Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства "Гипроспецгаз" Апарцев А.С., Зеленков А.А., Конторович С.О., Коршунов Д.А., Пясецкий А.А., Скуцкий В.И. Подвижная опора надземного трубопровода	

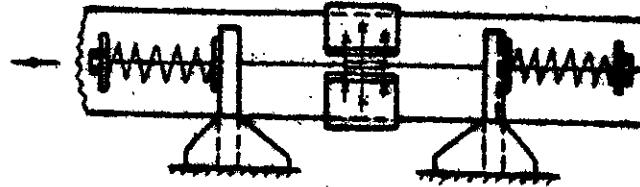
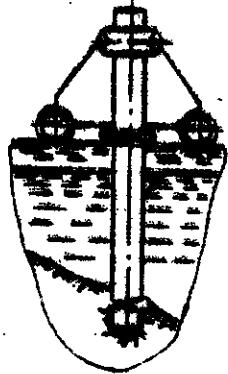
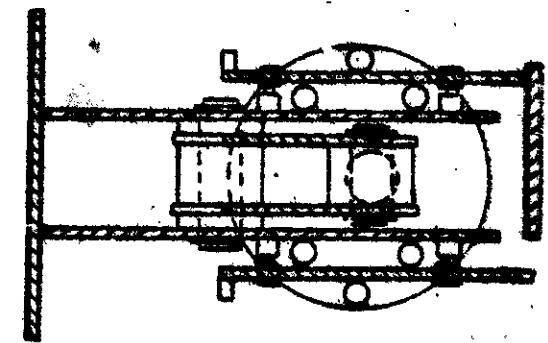
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.2	СССР № 447539 27.УЛ 1972 СССР		F16/ 3/18	Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства "Гипроспецгаз" Курапов А.Е., Иванов С.А., Пиличенко Г.А., Цыганов Б.Я. Опора надземного трубопровода	
4.3	СССР № 451885 4.УЛ 1972 СССР		F16/ 3/00	Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов Чечко Г.М., Тишин В.Г., Кумагин Н.В. Съёмочно-подвижная опора надземного трубопровода, выполненного по амгатообразной линии	

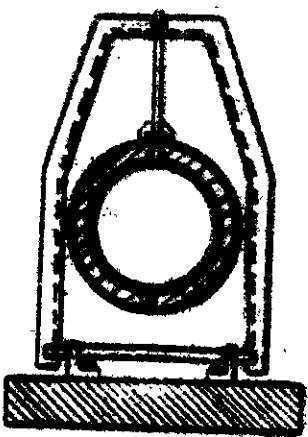
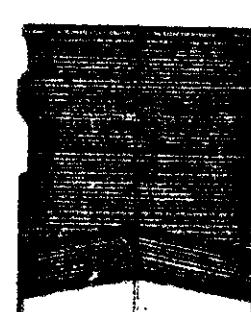
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.4	С С С Р № 229127 29.У 1967 С С С Р	2/47	F06/	Всесоюзный государственный ПИТЕЭП "Теплоэлектропроект" Налин А.М. Катковая опора теплофикационного трубопровода	
4.5	Англия № 989863 13.XI 1962 Англия	F2 D34	F06/	Esso Research and Engineering Company W.Edward, J.Spring Опоры трубопроводов	
4.6	С Ш А № 3288406 22.XI 1965 С Ш А	248-49		George R. Degen Регулируемая опора для труб	

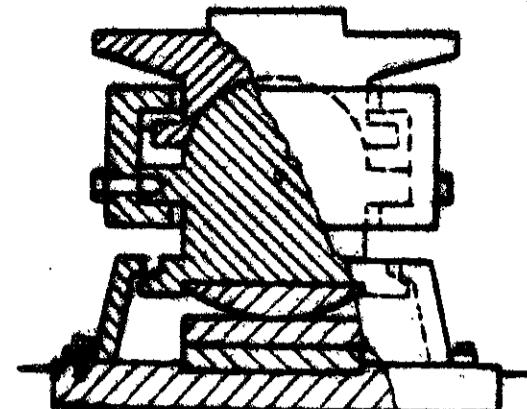
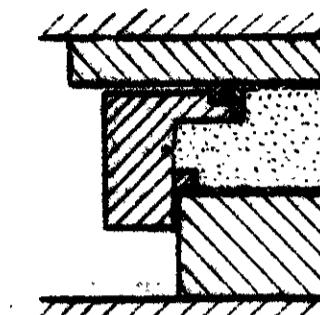
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.7	СССР № 319800 21.УП 1969 СССР		Fig 4, 3/18	Всесоюзный государственный трест по организации и рацио- нализации районных электро- станций и сетей Осиповский Н.Ф. Опора трубопровода	
4.8	СССР № 291066 18.УП 1969 СССР		Fig 4, 3/00	Всесоюзный научно-исследова- тельный институт по строитель- ству магистральных трубопро- водов Фокин А.А., Соколов С.М. Опора трубопровода	
4.9	США № 3306561 27.IV 1965 США	248-54		National Valve and Manufacturing Co. Huettnag H.F. Подрессорная опора для трубы	

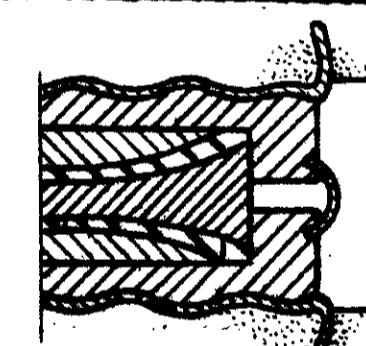
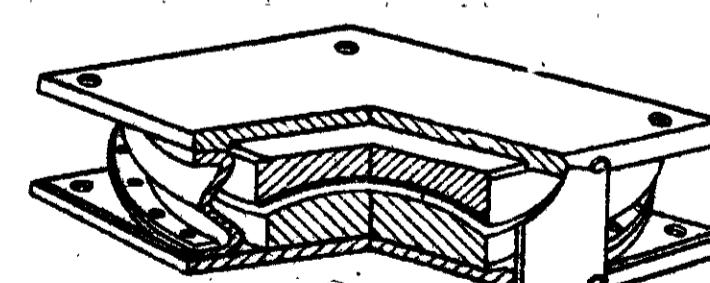
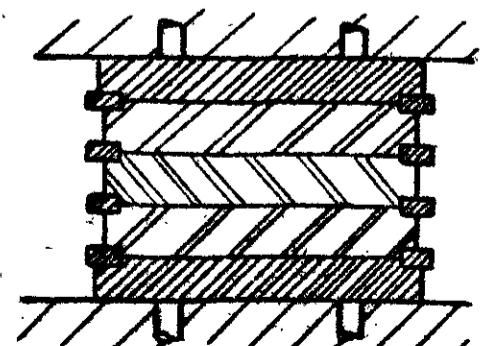
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.10	США № 2106956 22.VI 1935 Япония	248-49		Uhei Nakamura Uhei Nakamura Опора для трубопроводов	
4.11	СССР № 414352 17.XI 1969 СССР		Болт 19/04	Клянов И.М. Подвижная опорная часть сек- торного типа для балочных пролетных строений мостов	

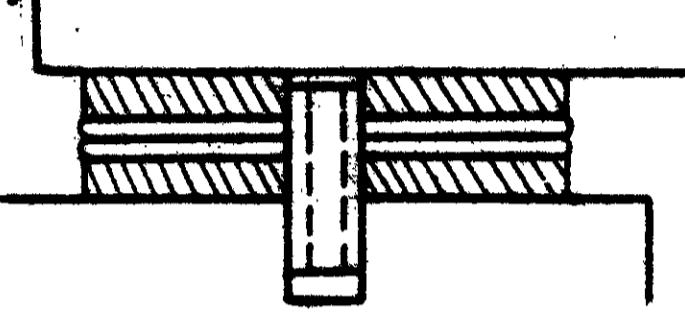
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.12	Япония № 48-27027 31. III 1970 Япония	87a14 86/4/ A6	E01d 19/04	Ниппон Тайдзю К.К.  Подвижная мостовая опора	
4.13	ФРГ № 2007767 20. III 1970 ФРГ	19d 19/04	E01d 19/04	W.Andrä, F.Leonhardt, E.Beyer, H.Thui  Качающаяся опора скольже- ния для мостов и других подобных сооружений	
4.14	СССР № 417568 23. III 1972 СССР		E01d 19/02	Киевский филиал Государст- венного проектного института "Союздорпроект" Воловик А.Б., Вольнов М.М., Гиль Б.М., Кемчужников Ю.С., Золотарев В.И., Либерберг Ф.Р., Шипов Н.Д. Опора для поворотного про- летного строения разводного моста	

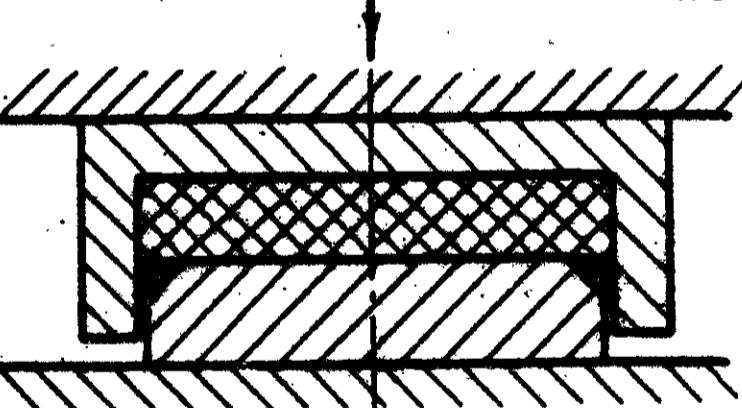
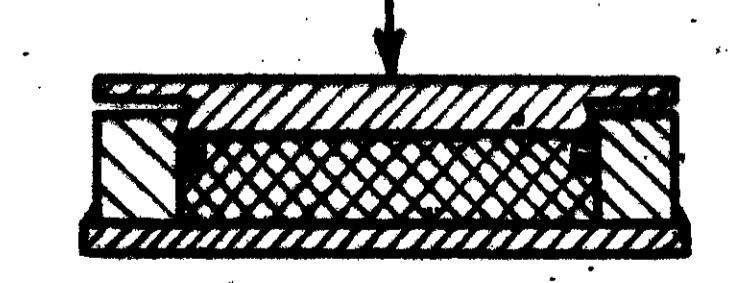
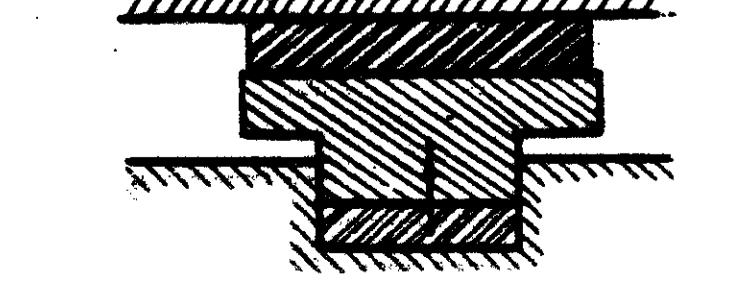
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.15	США № 3703014 2.II 1971 Швейцария	14-16	E01d 19/06	Firma Kober A.G. Waldemar Koester  Шарнирная опора для мостов	
4.16	США № 3398998 8.III 1965 Англия	308-3		Mesne Assignments, a Corporation of Delaware Frank Burnett, Costa Mesa  Узел опоры строительной кон- струкции	
4.17	ФРГ № 2050691 15.X 1970 ФРГ	37a 1/36	E04d 1/36	Solinger Hütte Solinger Hütte  Многослойная резиновая опора для строительных конструкций, в частности мостов и тому подобных	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.18	Франция N 2142638 22.VI 1971		E01d 19/00	Societe Anonyme Ditte: Compagnie Industrielle de Precontrainte et d'Equipment des Constructions C.I.P.E.C.  Опорные части для искусствен- ных сооружений и сооружений на указанных опорах	
4.19	Англия N 883436 26.III 1957 Франция	20/2/ III	E02d	P.S.C. Equipment Limited  Опорная часть для строитель- ных конструкций	
4.20	Франция N 2112701 6.XI 1970 Франция		E01d 19/00 F04b 1/00	Societe Anonyme Ditte: Societe Technique pour l'Utilisa- tion de la Precontrainte (S.T.U.P. Procedes Preyssinet)  Устройство упругой опоры, в частности, для строительных объектов	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.21	Англия N 1073536 18.XII 1963 ФРГ	F2A (4,6D, 78,78, 108)  E2F (1c,1k1 A1,1K3, 3A2)	F16c	Gutehoffnungshütte Sterkrade Aktiengesellschaft  Опора	
4.22	Англия N 994711 10.III 1961 ФРГ	F2S (SHSK 6D2D, 6M2A); B3A85	F06f, B23p	Maschinenfabrik Esslingen  Качающаяся опора моста или подобных сооружений	
4.23	Англия N 987187 2.II 1962 Франция	F2S (6D2D, 6D3A, 6D38)	F06	Companie d'Ingénieurs et Tech- niciens (C.I.T.E.)  Эластичные основания	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.24	Ф Р Г № 1901771 15. I 1969 Ф Р Г	37а 1/36	E04 б 1/36	Fritz Kreutz Konstruktions und Vertriebsbüro Peter Bremer  Перемещаемая во все стороны шарнирная опора для несущих конструкций	
4.25	Ф Р Г № 2063746 24. XII 1970 Швейцария	19d 19/04	E01d 19/04	Kober AG K.Siebert  Качающаяся опора моста или подобных сооружений	
4.26	Ф Р Г № 2114662 26. III 1971 Швейцария	19d 19/04	E01d 19/04	Kober AG K.Siebert  Качающаяся опора моста или подобных сооружений	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.27	Ф Р Г № 2114391 25. III 1971 Швейцария	19d 19/04	E01d 19/04	Kober AG K.Siebert  Качающаяся опора для мостов или других несущих сооружений	
4.28	Ф Р Г № 1759755 5. VI 1968 Ф Р Г	37 1/36	E04 б 1/36	Orenstein Koppel AG Lutz Wiedemann  Резиновая стаканообразная опора для несущих конструкций, в частности, для мостов	
4.29	С Ш А № 3491392 7. XI 1966 Англия	14-I6 19/04	E01d F16c 33/22	Rims Developments Limited Roy A.Waller  Прокладка мостовых опор	

1	2	3	4	5	6
4.30	ФРГ 23.II.1970	5.2002979 1/35	E 04/6 E 04/6, 1/35	Hans Alfred Noll Walter Battermann ContinentaL Gummi-Werke A.G.	Эластичная опора для строительных конструкций
4.31	ФРГ III.II.1971	4.193450 1/38	F 06/1 F 06/1 1/38	Kings Developments Limited Petter Lane	Упругие эпоры
4.32	Англия 26.II.1961	Ж 994426 6/27 6/27A)	F 25 (6/27 6/27 6/27A)		

## РЕФЕРАТЫ

УДК 624.078.5: /696.115/.001.8

Подвижные опорные части трубопроводов. Коршунов Д.А., Скуцкий В.И., Конторович С.О., Апарцов А.С.-Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, 1976, 5-31.

Приведен научно-технический обзор стандартных и новых продольно-свободноподвижных опорных частей для трубопроводов преимущественно большого диаметра. Описаны конструктивные решения, сформулированы основные требования, приведены технико-экономические показатели.

Табл.5. Ил.19.

УДК 624.078.5.001.2

Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа. Скуцкий В.И., Коршунов Д.А.-Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, 1976, 31-68.

Сформулированы общие требования к узлам скольжения, обоснован выбор антифрикционного материала и контртela, обобщены литературные данные о свойствах фторонаст-4 и применяемых типах прокладок; приведены результаты исследований узлов скольжения с использованием нового типа прокладки; разработаны рекомендации по проектированию узла.

Табл.8.Ил.19.

УДК 624.078.5:696.115.001.2

Разработка и исследование конструкций опорных частей. Коршунов Д.А., Скуцкий В.И., Зеленков А.А. Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, 1976, 68-81.

Описаны конструкция и результаты испытания опытных образцов, приведены основные данные о рекомендуемой конструкции и ее технико-экономических показателях. Новые конструкции предназначены для прокладки магистральных и технологических трубопроводов.

Табл.3.Ил.8.

УДК 624.078.5.001.92

Подвижные опорные части. Антифрикционные материалы. Библиография. Скуцкий В.И.-Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, 1976, 81-91.

Включает данные о 162 отечественных и 25 зарубежных документах нормативного характера и публикациях по вопросам схем надземной прокладки трубопроводов, конструкций опорных частей, антифрикционных узлов и материалов, включая исследования, проектирование и опыт эксплуатации.

Список лит.187.

УДК 624.078.5.001.92

Подвижные опорные части строительных конструкций. Библиографический указатель изобретений. Скуцкий В.И., Коринчикот Ф. Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, 1976, 92-142.

Приведены библиографические данные и конструктивные схемы по 40 авторским свидетельствам СССР, 31 патенту США, 20 патентам Англии, 33 акцептированным заявкам ФРГ, шести патентам Франции и двум патентам Японии.

Табл.2.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Д.А.Коршунов, В.И.Скуцкий, С.О.Конторович, А.С.Алар- цев. Подвижные опорные части трубопроводов . . . . .	5
В.И.Скуцкий, Д.А.Коршунов. Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа . . . . .	31
Д.А.Коршунов, В.И.Скуцкий, А.А.Зеленков. Разработка и исследование конструкций опорных частей . . . . .	66
В.И.Скуцкий. Подвижные опорные части. Антифрикционные материалы. Библиография . . . . .	81
В.И.Скуцкий, Т.Ф.Корниенко. Подвижные опорные части строительных конструкций. Библиографический указатель вобретений . . . . .	92
Рефераты . . . . .	143

## ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ И ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ (Аналитический обзор и исследования)

Под редакцией Д.А.Коршунова

Издательское объединение "Вища школа"  
Издательство при Киевском государственном университете  
252001 Киев-І, Крещатик, 4

Редактор Е.М.Миронец  
Технический редактор Е.Д.Окопная  
Корректоры Л.А.Букреева, А.Н.Кайдалова

Подписано к печати 23/XII 1975 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Физ.-печ.л. 9. Уч.-изд.л.6,7. Тираж 500. Усл. л. 8,37.  
Изdat. № 684-к. БФ 34535. Цена 60 коп. Зак. № 5

НИИСК Госстроя СССР. Ротапринт. Киев-37, И.Клименко, 5/2