Библиотека СОК

6Т8
П44
831999

ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ И ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ

КИЕВ — 1976

ГТ8
П44

ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ И ДРУГИХ СООРУЖЕНИЙ

(Аналитический обзор и исследования)

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

Издательское объединение "Вища школа"
Издательство при Киевском государственном университете

К и е в - 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

П 30210-035
М224(04)-76

831999

Чувашская республиканская
библиотека
им. М. Горького

(С) Издательское объединение "Вища 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 укладывают в землю, необходимо специально обеспечивать возможность беспрепятственного 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 иоследований разработана рацио-нальная конотрукция узлов скольжения и рекомендованы расчетные значения коэффициентов трения применительно к заданным условия эксплуатации. Анализ такого обширного материала выполнен впер-вые, а результаты его предотавляют научный и практический инте рес для различных отраолей отроительства – не только для трубо проводов, но и моотов, а также зданий.

В третьей отатье оиоана новая конотрукция опорных частей для трубопроводов большого диаметра и приведены результаты ис-пытаний опытных образцов, подтверждающие надежноть принятого решения. Предложенная конотрукция является наиболее эффективно и технологичной.

Самостоятельную научную и практическую ценноть имеет при веденная в оборнике библиография. Перечень публикаций включает документы нормативного характера и литературу по конструкциям опорных чаотей и опыту их экоплуатации, по свойотвам антифрик-ционных материалов и результатам иоследований окольвяших элеме тов. Впервые собрана обширная библиография изобретений, зареге-стрированных в СССР, Англии, США, ФРГ и других отранах, которы сгруппированы в зависимоти от конструктивных решений. Исполь вание этого материала облегчается наличием эскизов расоматрива мых конструкций, а также вопомогательных перечней – нумерацион го, именного, организаций и фирм.

Основной целью оборника является предоотавление проектир шикам и исследователям обобщенной информации по рассматриваемо вопросу, которая может быть использована как при выборе конкре ных конструкций применительно к уоловиям отдельных оооружений, так и при дальнейшем оовершенотвовании конотруктивных 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 содер-жат вовсе [14][1] либо содержат весьма общие рекомендации [12] , относящиеся к опорным частям; то же относится и к справочной и иноструктивной литературе. Стандартизация элементов опорных частей весьма ограничена [6–8] , но имеется ряд ведомственных и межведомственных [16] нормалей, 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 скольэящего (сталь по стали) и кат-кового типов. Исследования таких конструкций проводились в очень ограниченном объеме, а обследования технологических тру-бопроводов свидетельствуют о многочисленных дефектах эксплуа-тации опорных частей [84, 85] . Этот, хоть и не всегда положи-тельный опыт эксплуатации, относится, в основном, к трубопро-водам малых и средних диаметров до (0,6 м) и при небольших (не более 0,2 м) линейных перемещениях. Однако в трубопроводном отроительстве, особенно магистральных трубопроводов, набл-дается устойчивая тенденция к увеличению диаметров труб. До недавнего времени применяли трубы диаметром 0,6–0,8 м, сейчас

[1] Вся библиография дана в отдельной статье настоящего оборника. См. В.И.С к у ц к и й "Подвижные опорные части. Антифрикционные материалы. Библиография".

прокладывают трубы диаметром 1,2–1,4 м, а в перспективе наме-
чаются прокладки из труб диаметром 2–2,5 м. Значительно увели
чивается рабочее давление в трубопроводах. Возникает необходи
мость изыскивать новые схемы прокладки трубопроводов, как пра
вило, без устройства компенсаторов обычного типа, обладающих
рядом эксплуатационных недостатков. Соответственно существенн
изменяются требования к подвижным опорным частям. Традиционны
конструкции таким требованиям не удовлетворяют.

Поэтому в последние годы как в нашей стране, так и за ру
бежом предложен ряд новых конструктивных решений подвижных оп
ных частей трубопроводов; аналогичные работы проводятся также
в других отраслях строительства – для мостов и зданий. Причем
мнение специалистов о рациональной области применения различн
конструктивных решений еще не установилось, а правила проекти
рования опорных частей пока не разработаны. Специальная лите-
ратура по опорным частям не издавалась и их конструкции опис
ваются только в отдельных разделах книг [120] и справочников
[160] по трубопроводным сооружениям. Между тем, опорные час
ти являются весьма ответственным элементом многих трубопровод
ных 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 укладыва
под землей (при этом труба может быть уложена непосредственн
в земле, либо в канале (тоннеле)); на земле (в этом случае
труба может быть как открытой, так и обвалована грунтовой об-
сыпкой); 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 прокла
ка на отдельно стоящих опорах с усилением трубы шпренгелем).

Схемы прокладки. При надземной балочной пр
ке, а также при подземной прокладке в каналах необходимо, как
правило, компенсировать продольные деформации трубы, вызывае
изменением температуры ее стенок и внутреннего давления. Обыч
но в некоторых местах трубу прикрепляют к основанию неподвиж
с помощью анкерных опор и при проектировании учитывают дефор-
мации, которые накапливаются на участке между соседними анкер-
ными опорами. Для компенсации этих деформаций используют различ-
ные способы (рис.1).

При прямолинейной прокладке посередине между анкерными опо-
рами на трубе устанавливают специальные компенсаторы: сальнико-
вые, линзовые, П-образные и т.п. Однако для труб большого диа-
метра такие компенсаторы обычно непригодны. Поэтому в последние
годы предложен ряд схем непрямолинейной прокладки с компенсацией
деформаций за счет работы участков трубы на изгиб. Наиболее из-
вестны из них схемы с упругим изгибом трубы, в виде ломаной линии
со сварными вставками в местах поворота (в том числе зигзагооб-
разная прокладка), с наклонным и слабоизогнутым компенсирующими
участками. Естественно, что повороты трубы в плане и профиле, вы-
зываемые условиями ее прокладки, также используют для компенса-
ции продольных перемещений.

Таким образом, все рассмотренные прокладки требуют устрой-
ства опор, допускающих перемещение трубы относительно основания.
Опоры трубопровода обычно включают несущую конструкцию и располо-
женную между этой конструкцией и трубой опорную часть. Конструк-
тивные решения последних и являются объектом настоящего обзора.

Требования к опорным частям. Под-
вижные опорные части должны выполнять одновременно несколько
функций. Прежде всего, они передают усилия опорной реакции тру-
бы на несущую конструкцию. Желательно, чтобы место приложения
вертикальной составляющей опорной реакции не изменялось. В про-
тивном случае приходится усложнять решение несущей конструкции.
Кроме того, конструкция опорной части должна обеспечивать такое
опирание трубы, чтобы напряжения в стенках последней, вызывае-
мые действием реактивных усилий, были минимальными. И, наконец,
опорная часть должна допускать свободу перемещений трубы отно-
сительно несущей конструкции. При эксплуатации трубопровода под-
вижные опорные части должны обеспечивать (в общем случае) пере-
мещения трубы относительно несущей конструкции: линейные в гори-
зонтальной (или близкой к ней) плоскости, которые могут быть
продольными и поперечными по отношению к продольной оси трубы,

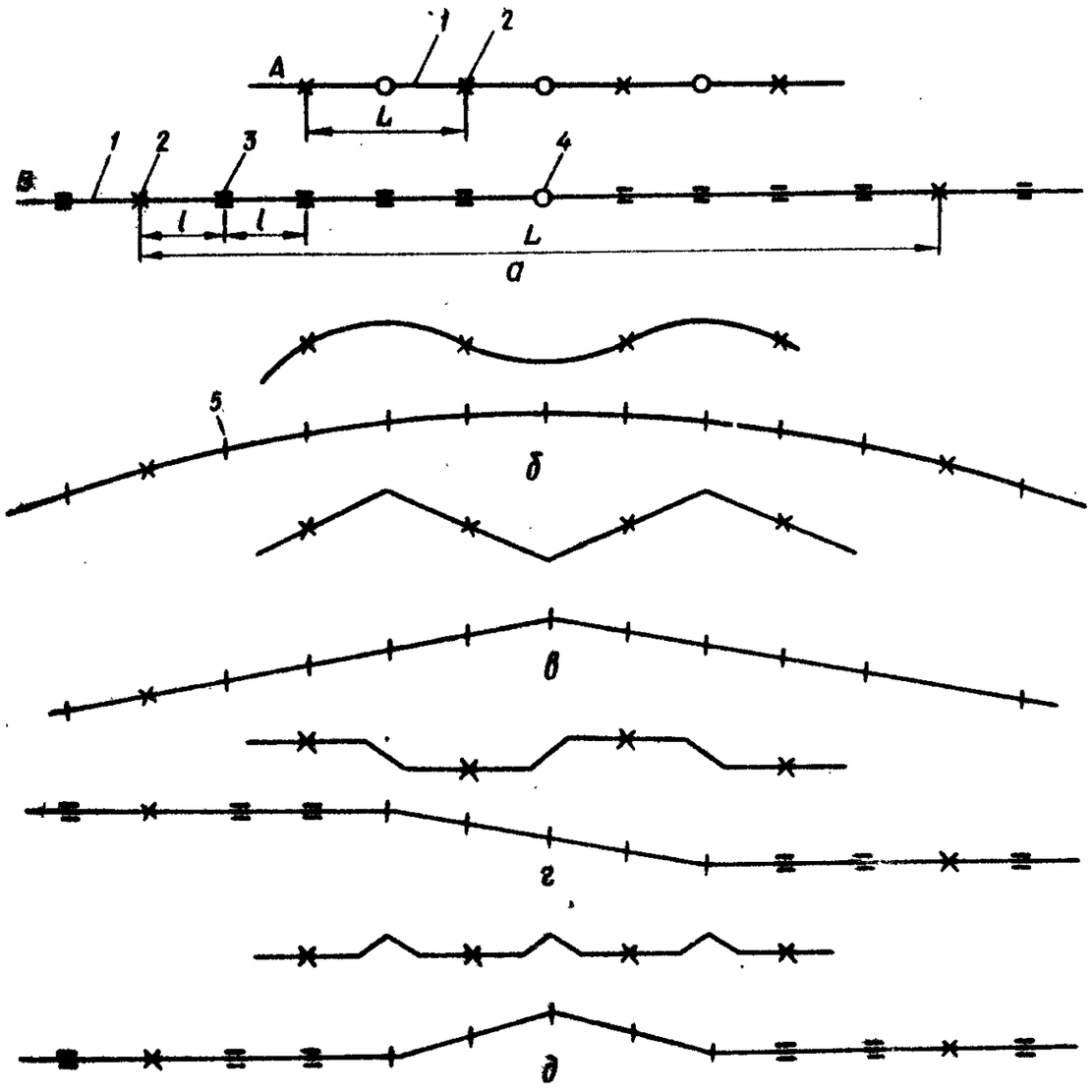


Рис.1. Схемы балочной прокладки трубопроводов /план/:
А – общая схема; В – деталь прокладки; а – прямолинейная; б – с упругим изгибом трубы; в – в виде ломаной линии, зигзагообразная; г – то же, с наклонными компенсационными участками; д – то же, с пологими; 1 – труба; 2 – анкерная опора; 3 – продольно-подвижная опора; 4 – компенсатор; 5 – свободноподвижная опора; L – шаг анкерных опор; l – 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 $T = Rf \pm V\operatorname{tg}\beta$, 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 β может быть как положительным, так и отрицательным – в зависимости от направления перемещения трубы. Значение угла β для скользящих, катковых и других опорных частей зависит от положения несущей конструкции. Смонтировать эту конструкцию строго горизонтально практически невозможно; так что значение β всегда отлично от нуля. Поэтому при проектировании следует принимать /с некоторым запасом/ значение $\operatorname{tg}\beta$ 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

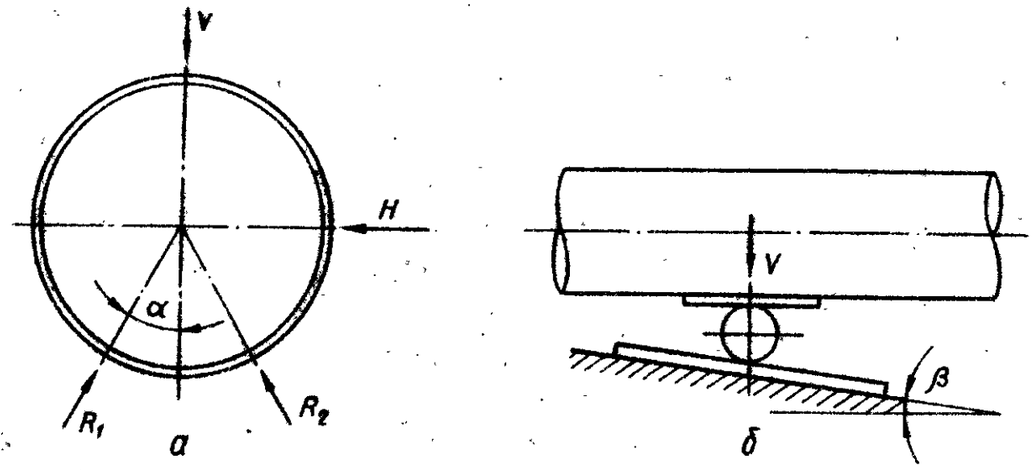


Рис.2. К определению силы T сопротивления перемещению трубы.

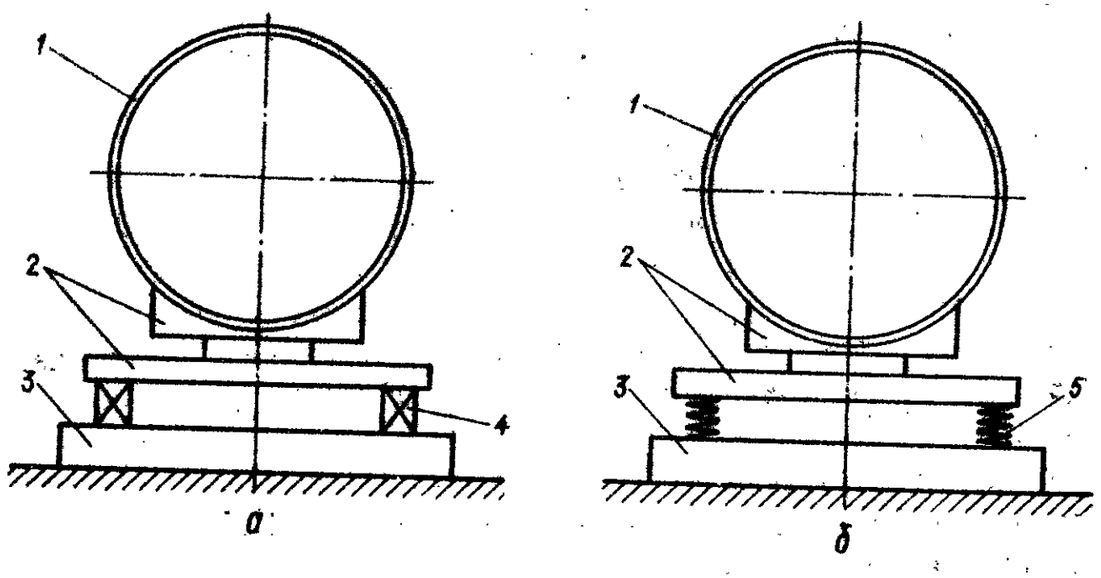


Рис.3. Специальные конструкции опор:
а – регулируемая; б – подпружиненная; 1 – труба; 2 – элементы опорной части; 3 – несущая конструкция; 4 – регулировочные устройства; 5 – упругие элементы.

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 отнесен 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 регули-
рующих или подпружинивающих элементов (см. рис.3), что не
меняет существенно конструктивное решение собственно опорной
части.

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

И, наконец, габаритные размеры опорной части в ряде случа-
ев зависят от диаметра трубы, значения опорной реакции, величи-
предельных линейных и угловых перемещений. Определенное влияни
оказывает также диапазон эксплуатационных температур и степени
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 перекатыва-
ются между двумя контактирующими с ними прямыми деталями. При
этом катки могут быть цилиндрическими, шаровыми и сложной форм

роликовыми, т.е. с круглыми элементами, которые установле-
на оси с возможностью поворота и перекатываются по одному кон-
тактирующему с ними элементу. При этом ролики могут быть цилин-
дрическими, коническими и сложной формы (например: повторяющие
форму трубы);

на подвесках, один конец которых укреплен на несущей кон-
струкции, а второй перемещается вместе с трубой;

комбинированными, конструкция которых включает два или не-
сколько 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 симметри

опорной части, которое может быть центральным (одиночные эле-
менты) и парным (симметрично расположенные элементы);

количество подвижных элементов в каждом ряду, которое мо-
жет 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 под-
вижными элементами и др. Такие элементы могут быть выполнены в
виде шаровых шарниров, балансиров, упругих элементов и т.д. Иног-
да использование таких элементов не требуется. В ряде случаев
отсутствие их снижает эксплуатационные качества конструкции.

2. Унифицированные конструкции. Ленинградским филиалом ин-
ститута "Оргэнергострой" 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 скользя-
щие и катковые конструкции. Аналогичные решения частично стандар-
тизованы.

С к о л ь з я щ и е о п о р н ы е ч а с т и СП. Унифици-
рованная конструкция (рис.4,а) состоит из башмака и опорной пли-
ты (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 нормалями TGL 163-67101 для труб
диаметром до 0,8 м. Английская фирма Humphreys and Glasgow LD
использует приварные башмаки из таврового профиля, укрепленного
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 предусматри-
вают 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 опирание
на ригель из профильной стали (рис.4,г) или трубы.

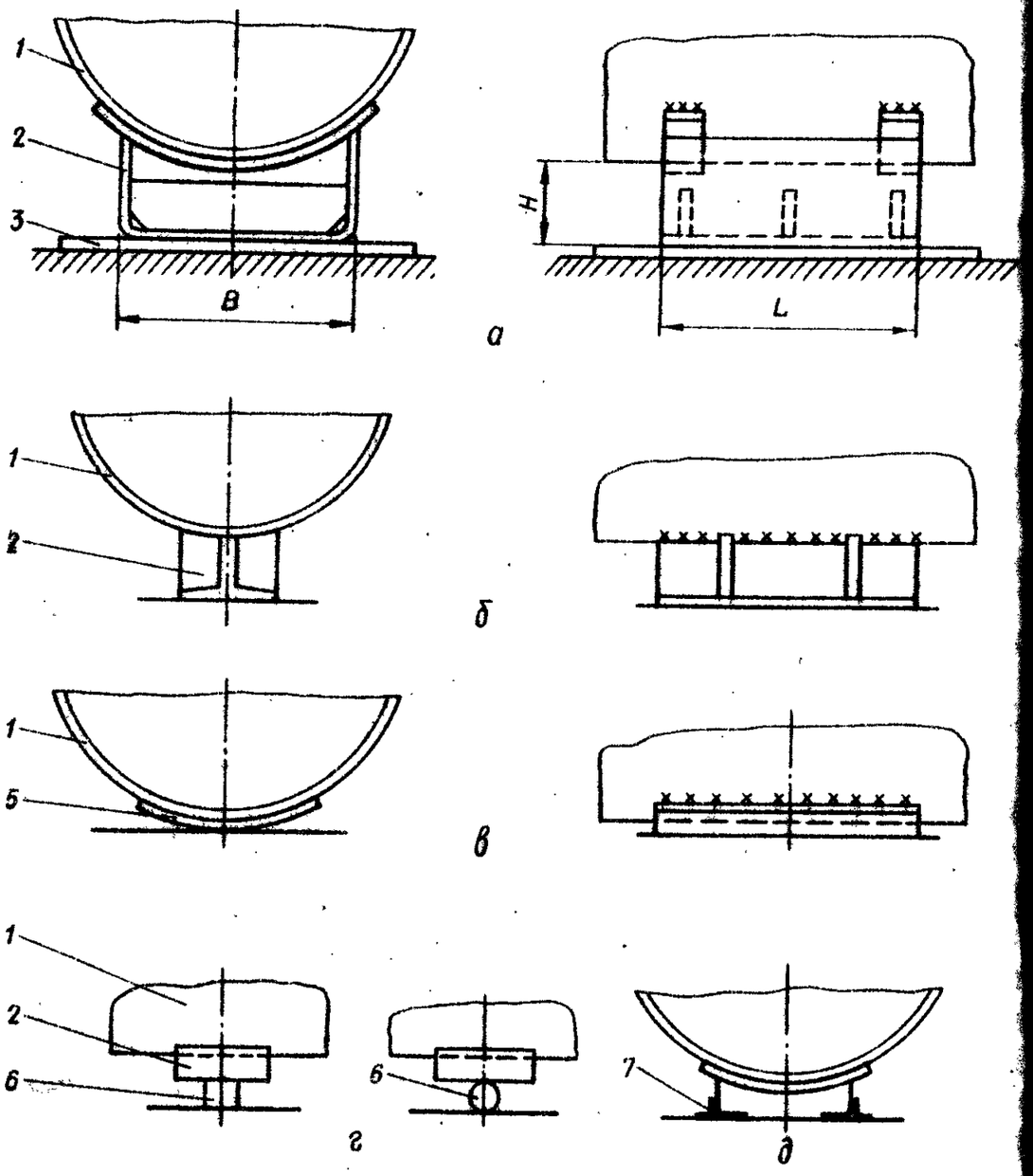


Рис.4. Традиционные конструкции опорных частей скользящего типа СП:

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

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

Условный диаметр трубы, м	Вертикальная нагрузка (макс.), тс	Размеры башмака (см. рис.4,а), мм B	L	H	Номинальное перемещение, мм	Масса, кг, при L = 680мм, H = 100 мм
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 ШI 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 сущест-

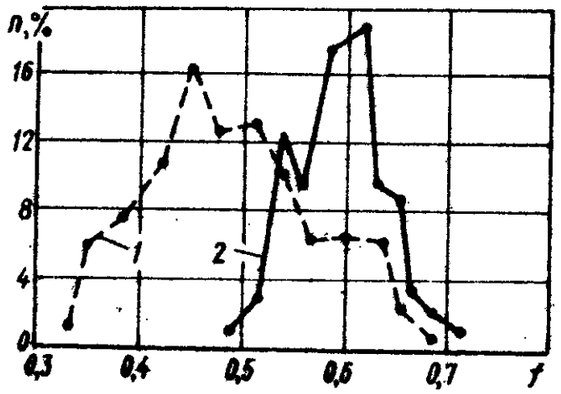


Рис.5. Опытные значения коэффициентов трения для конструкций:

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 /$n_2 = 214$; $f_2 = 0{,}603$; $\sigma_2 = 0{,}045$/.

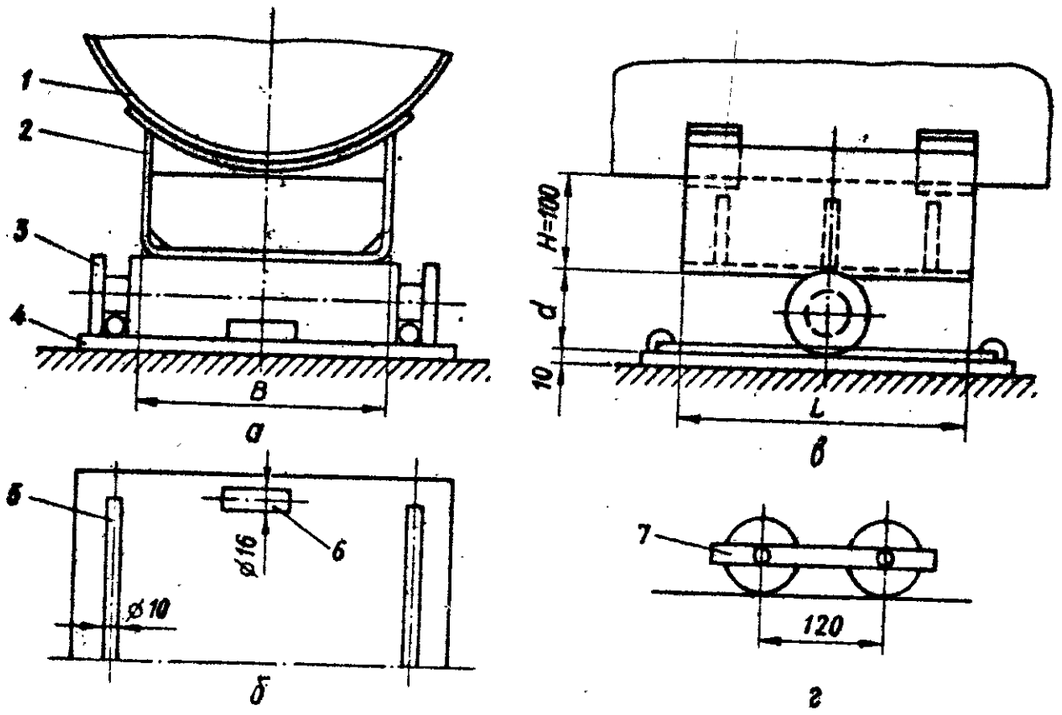


Рис.6. Традиционная конструкция катковой опорной части ПШ: а – общий вид; б – опорная плита; в – однокатковый блок; г – двухкатковый блок; 1 – труба; 2 – башмак; 3 – каток; 4 – опорная плита; 5 – направляющая; 6 – упор; 7 – обойма.

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.

К а т к о в ы е о п о р н ы е ч а с т и 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.

Т а б л и ц а 2. Основные показатели для опорных частей ПШ по [24]

Условный диаметр трубы, м	Вертикальная нагрузка /макс./, тс	Размеры башмака /см.рис. 3/, мм		Диаметр катка, мм	Номинальное перемещение, мм	Масса при L /макс./, кг
		B	L	d		
Однокатковые						
0,2	2,2	160	170	40	180	15
					320	
0,4	7,0	280	340		100	35
0,6	12,5	380			440	51
0,8	12,5	500				67
1,0				90		104
1,2	30,0	700	340		440	106
1,4						116
Двухкатковые						
0,8	22,0	560	360, 640		200 800	130 197
1,0	36,0					
1,2	36,0 48,0	760	640 360	90	800 200	198 150
1,4	36,0 60,0		640 360		800 200	214 160

П р и м е ч а н и е . Стандартизировано [6] с другими показателями.

831999

Чувашская республиканская библиотека им. М. Горького

1 См. статью настоящего сборника В.И.Скуцкий и Г.Г.Кононенко "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 = 0,01–0,03; это на порядок ниже нормированного (0,1). Ржавление катка и засорение песком опорного листа приводят к увеличению коэффициента трения до f = 0,04–0,08. 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 = 0,1–0,17.

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 мм. Поэтому для катковых опорных частей расчетное значение коэффициента трения следовало бы принимать f = 0,15–0,2 (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.

К а т к о в ы е о п о р н ы е ч а с т и СП. Унифицированная конструкция (рис.7) включает: башмак (такой же, как и для опорных частей скользящего типа); шарнирно сопряженную 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 (даже 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

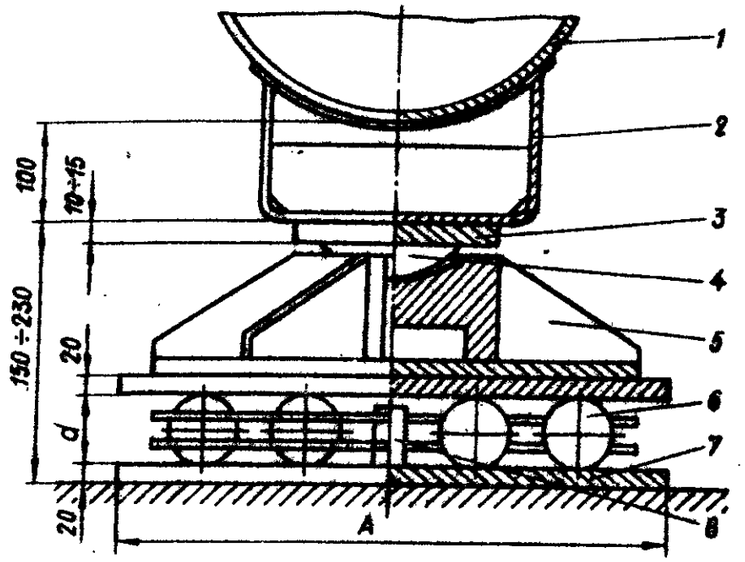


Рис.7. Традиционная конструкция катковой опорной части СП: 1 – труба; 2 – башмак; 3 – подкладка (при диаметре более 0,7 м); 4 – шаровой шарнир; 5 – распределительная конструкция; 6 – блок катков в обойме; 7 – опорная плита; 8 – упор.

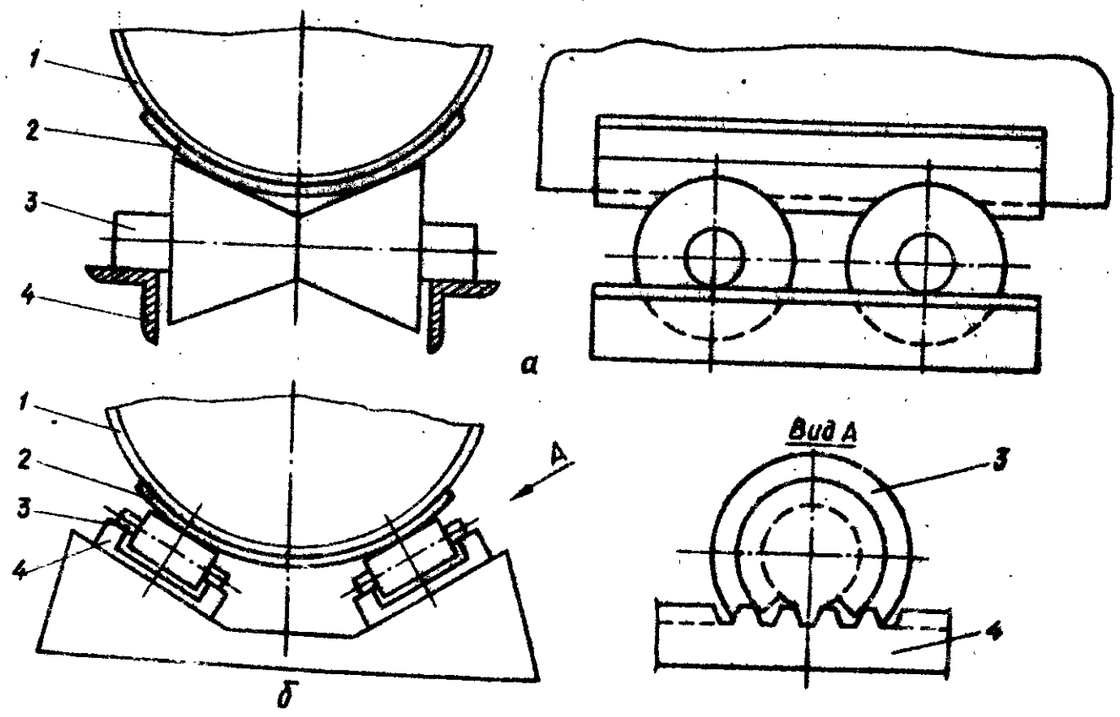


Рис.8. Катковые опорные части ШИ по [2.8]: а, б – варианты конструкций; 1 – труба; 2 – подкладной лист; 3 – шаровые катки; 4 – направляющая.

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: диаметр d, мм	Катки: количество, шт.	Номинальное перемещение, мм	Масса при А (макс.), кг
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	700 800		60	200 400	330
1,0	36,1					
1,2	45,0	850, 950	60	88		530
1,4						

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

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

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

К а т к о в ы е о п о р н ы е ч а с т и. Опорная час ПШ по [2.8], показанная на рис.8,а, имеет характерные осо ности. С одной стороны, она обеспечивает рассосредоточение опорной реакции на четыре точки: в двух точках вдоль окру ти и в двух сечениях вдоль образующей. Это снижает концент напряжений в стенке трубы в местах опирания и является пол тельным. Но для опирания на направляющие форму катка усло В этой конструкции перекос катков затруднен упором их в тр

но возможность угона катков сохраняется.

Опорная часть ПШ также по [2.8], показанная на рис.8,о, 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.

Р о л и к о в ы е о п о р н ы е ч а с т и. 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 ПШ [3.3, 182], показанная на рис.10,а.

Для прокладки с упругим изгибом трубы (по рис.1,б) были предложены [3.8] опорные части ПШ 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.

С к о л ь з я щ и е о п о р н ы е ч а с т и. 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

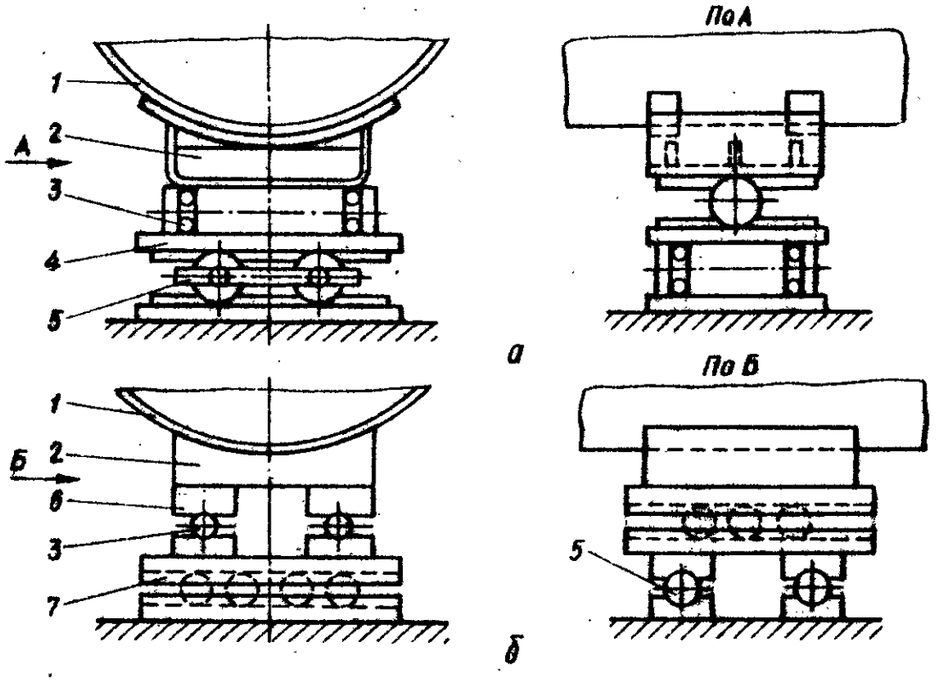


Рис.9. Катковые опорные части СП:
а – по [2.5]; б – по [2.1]; 1 – труба; 2 – башмак; 3 – ки продольного перемещения; 4 – прокладная плита; 5 – катки перечного перемещения; 6 – продольная направляющая; 7 – поп ная направляющая.

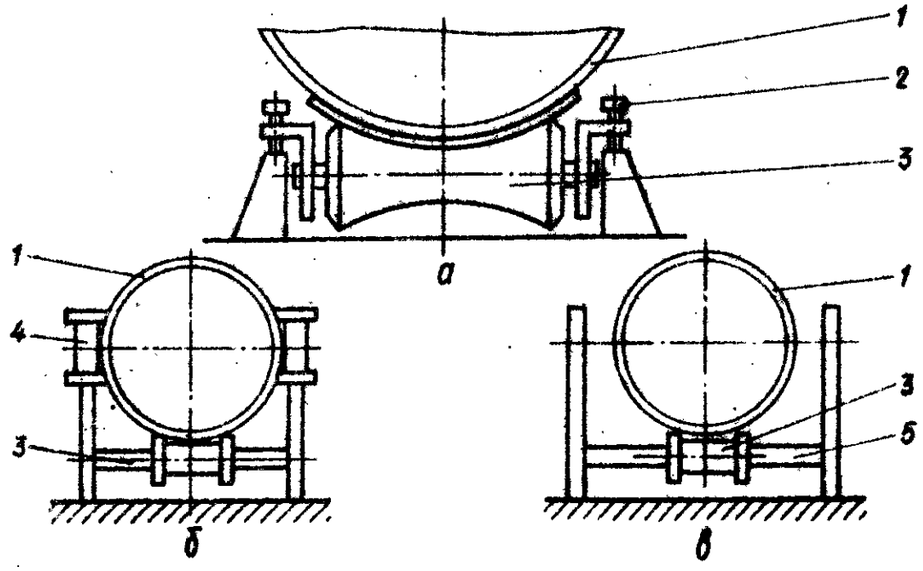


Рис.10. Роликовые опорные части:
а–регулируемая ПП по [3.3, 182]; б–ПП по [3.8]; в – С [3.8]; 1 – труба с прокладным листом; 2–регулировочнре уст во (винтовой домкрат); 3–несущий ролик; 4– упорный ролик; 5 равляющая поперечного перемещения.

в эксплуатации, но применение их сдерживается высоким значением сил сопротивления смещениям 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.11,а). Известно предложение [1.20, 76] обтягивать 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.11,в). Эта конструкция допускает угловые перемещения трубы в горизонтальной плоскости.

Для обеспечения всех необходимых угловых перемещений трубы в опорной части ПП по [1.2] предусмотрено устройство шарового шарнира (рис.11,г).

4. Опорные части магистральных трубопроводов большого диаметра. В настоящее время для надземных магистральных трубопроводов большего диаметра (1,2–1,4 м) одной из эффективных считается прямолинейная схема прокладки со слабоизогнутыми участками [55]/см. рис. 1,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° 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 ВНИИСТа [3.1;120] запроектированы „Гипроспецгазом". При этом для СП и ПП принята конструкция по рис.12. ПП – вариант имеет те же несущие трубу 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. Несущая конструкция опоры представ-

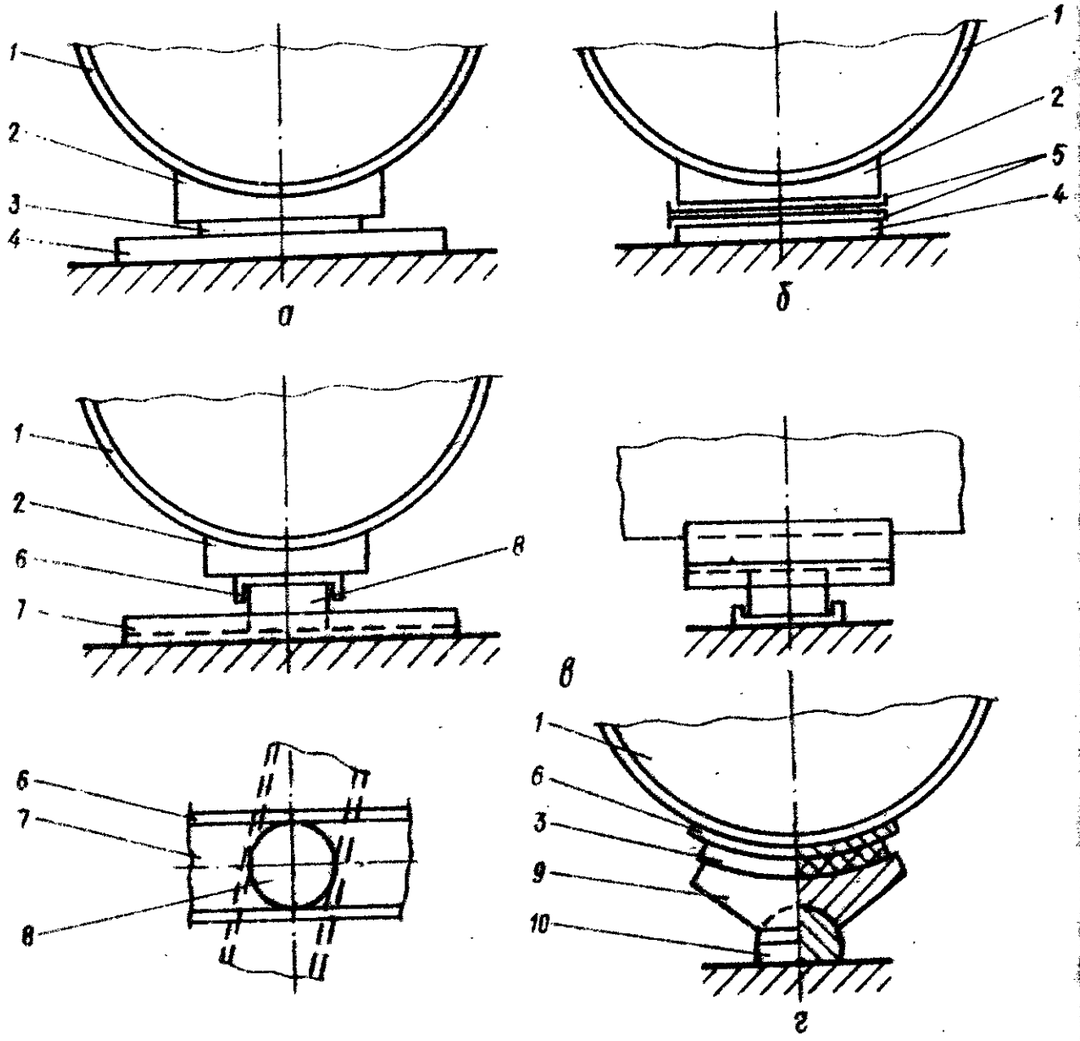
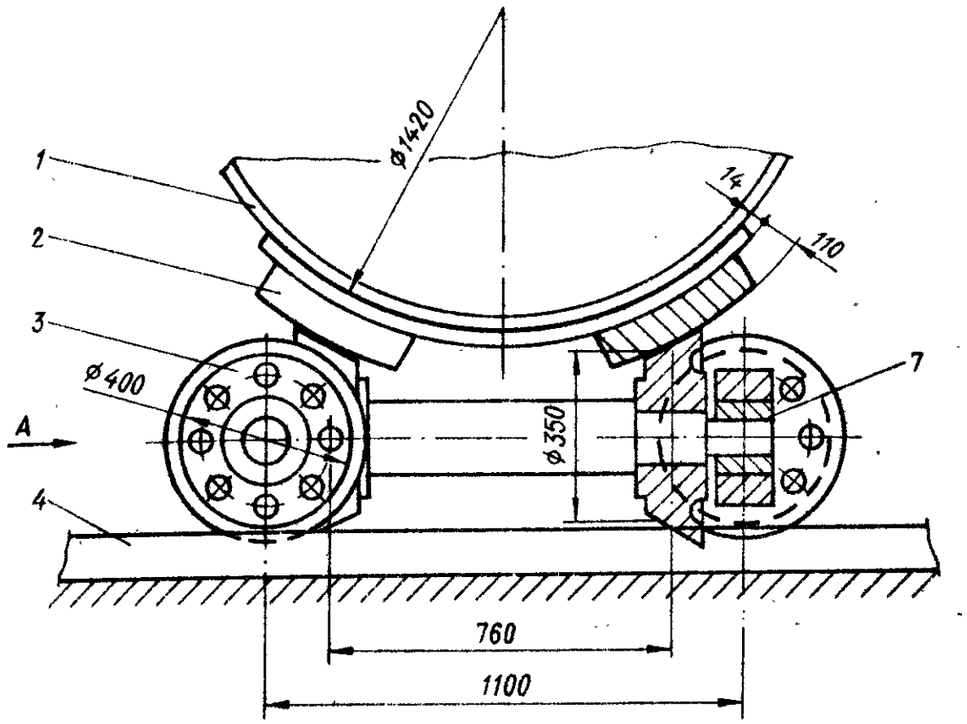


Рис.11. Скользящие опорные части с применением антифрикционных материалов:
а – СП по [1.7]; б – СП по [1.20,76]; в – СП по [1.4]; г – ШП по [1.2]; 1 – труба; 2 – башмак; 3 – антифрикционный слой; 4 – опорный лист; 5 – пленка 0,3–0,5 мм из фторопласта-4; 6 – направляющая продольного перемещения; 7 – то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



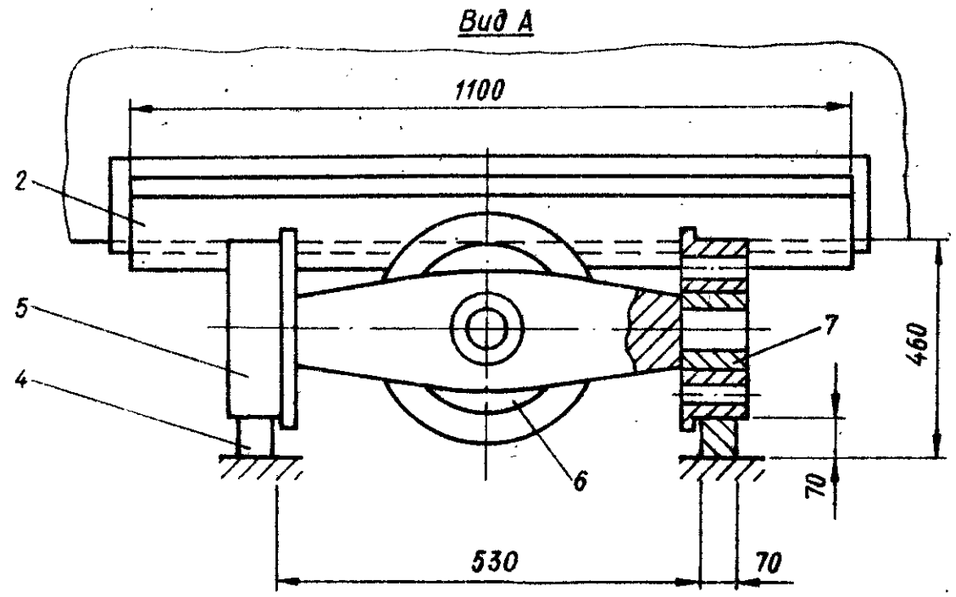


Рис.12. Роликовая опорная часть СП по [3.1, 120]:
1 – труба; 2 – направляющая продольного перемещения; 3 – тележка; 4 – направляющая поперечного перемещения; 5 – колесо тележки; 6 – конический ролик, несущий трубу; 7 – подшипники.

Таблица 4. Основные расчетные условия.

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

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

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

значительная сложность изготовления /много токарных и ф нечных работ, термическая обработка роликов и направляющих/. Необходимость использования тяжелых подшипников качения, кот рые требуют периодического обслуживания;

возможность существенного увеличения сил сопротивления нейным перемещениям вследствие практического опирания конич роликов на продольные направляющие в различных точках по выс /разница в радиусах качения вызывает проскальзывание/ и пере са тележки на поперечных направляющих;

увеличенное сопротивление угловым перемещениям в горизо тальной плоскости и относительно продольной оси трубы.

Таблица 5. Показатели для опор с роликовыми опорными частями под трубопровод диаметром 1420 мм

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

Примечание. Опорная часть ПП 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 раопределить опорное давление по стенке трубы. Детальные иоследования 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 отановятся недопустимо большими.

"Точечное" опирание катков или роликов характерно также возникновением больших контактных напряжений. Это обуоловливает 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

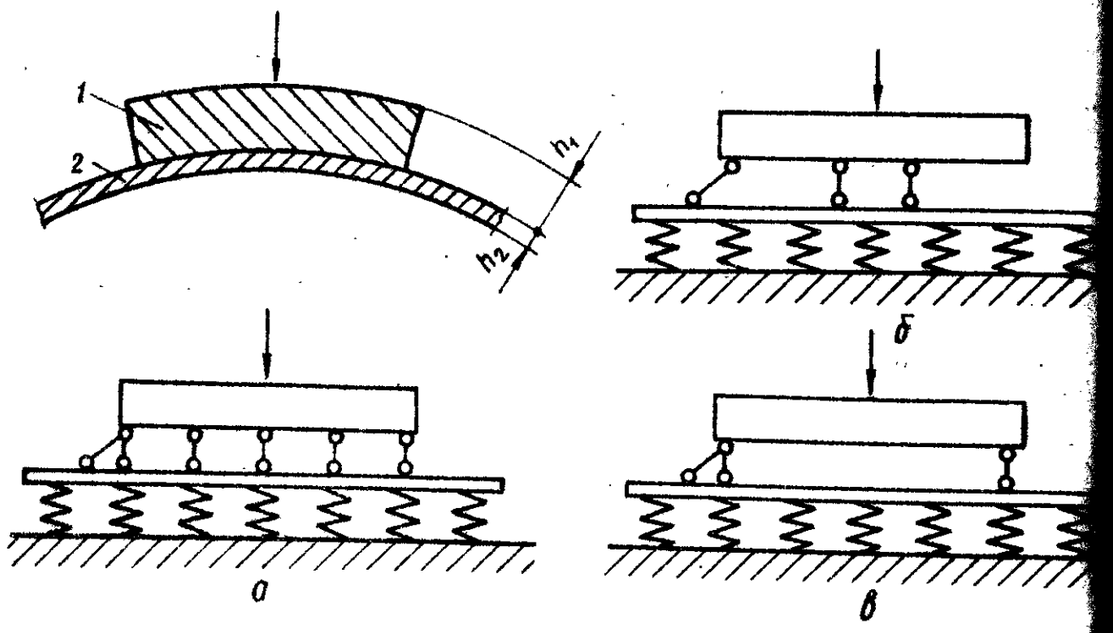


Рис.13. Усиление трубы в местах опирания:
а – расчетная схема, принимаемая при проектировании; б,в – то же, возможная в натуре; 1 – направляющая /подложка/; 2–ст ка трубы.

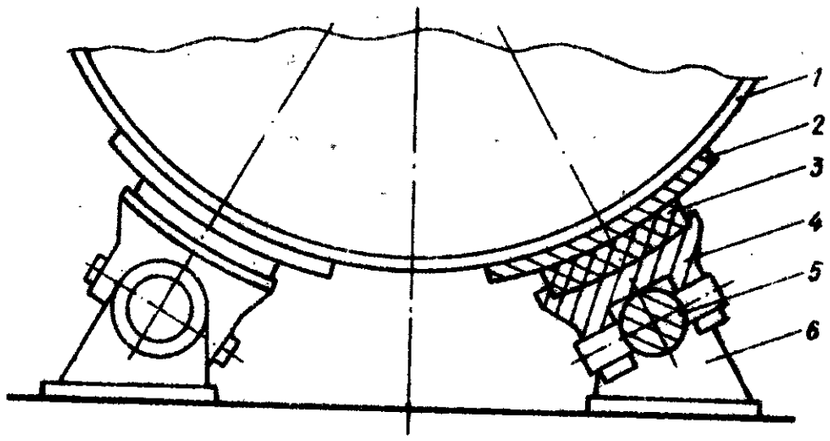


Рис.14. Конструкция опорной части скользящего типа ПП по [1.3]:
1 – труба; 2 – продольная направляющая; 3 – антифрикционный материал; 4 – корпус; 5 – шарнир; 6 – башмак.

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 „Гипроспецгазом". Опытные образцы по первоначальному варианту испытаны НИИСКом, а усовершенствованный вариант опробуется на опытном участке трубопровода диаметром 1220 мм. Конструкция опорной части ПП по [1.3] включает /рис.14/ парные опорные элементы, соединенные с несущей конструкцией посредством шарнирных 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 кгс/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 кгс/см^2 / с учетом опирания под углом 30^0 к вертикальной оси трубы/ при расчетном сопротивлении для использованной композиции 80 кгс/см^2. После закрепления в опорной части рабочая поверхность всей группы вкладышей была обработана по форме поверхности направляющей. Вкладыши имели

высоту 40 мм, что обеспечивало возможность выравнивания дав
ний за счет деформативности материала. И несмотря на все эт
после нагружения прижимающей нагрузкой в 15 тс и немногочис
ных сдвигов пять вкладышей оказались разрушенными.

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

Однако более важным является второй недостаток: высоко
чение коэффициента трения. При испытании отдельных вкладыш
опытного образца опорной части получены значения $f = 0{,}23$–
Таким образом, использование этого антифрикционного материа
приводит к передаче на несущие конструкции опоры весьма зна
тельных горизонтальных нагрузок.

Сказанное наглядно свидетельствует о том, что выбор ан
фрикционного материала является весьма ответственным делом.
тально этот вопрос рассмотрен в статье В.И.Скуцкого и Д.А.К
ва "Антифрикционные элементы опорных частей скользящего ти
в настоящем сборнике.

Кроме описанных выше, сейчас разрабатываются и исследу
и другие конструкции. Но данные о них пока не опубликованы
слишком скудны. Так, например, сведения о канадских работах
свидетельствуют лишь о том, что там в опытном порядке испол
ются опорные части скользящего типа с антифрикционными про
ками из полимера тетрафторэтилена, но конструктивное решени
раскрыто.

Надземная прокладка магистральных трубопроводов больш
диаметра – дело пока новое и требует решения многих проблем
одной из которых являются подвижные опорные части. Как пока
ет выполненный аналитический обзор, большинство известных к
струкций не может быть рекомендовано для применения. Поэтом
следует признать, что в области разработки конструкций подв
опорных частей магистральных трубопроводов сделаны пока лиш
первые шаги. Однако уже вполне четко определилась тенденция
пользования опорных частей скользящего типа с применением э
тивных 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

АНТИФРИКЦИОННЫЕ 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°С/, 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 непрямолинейных прокладок по рис.1[1] / – до 2–3 м и более. Представляет интерес оценка возможной длины скольжения за весь срок службы опорной части. Если перепад температур в 100°С соответствует перемещение в 1 м, то при несуточном изменении температуры на 15°С длина пути скольж за год будет равна 0,01·15·365 = 50 м. Таким образом, за 2 эксплуатации длина пути скольжения для продольных перемеще составляет до 1 км, а для поперечных – до 5 км. /Заметим, полученная длина пути характерна и для мостов. При длине п ного строения 100 м, коэффициенте линейного расширения 1·1 том же суточном перепаде температур в 15°С и сроке службы длина пути скольжения $100 \cdot 10^{-5} \cdot 15 \cdot 365 \cdot 100 \simeq 500$ м/. В тех условиях даже при перепаде температур 10°С в час скорость с ния не превышает 0,1 мм/с.

Кроме того, для строительных конструкций характерна з тельно меньшая, по сравнению с машиностроением, точность и товления деталей, а для трубопроводов, работающих по схеме гопролетной неразрезной балки, возможно значительное измен опорных реакций из-за неравномерной осадки опор.

И, наконец, следует ограничить верхнее значение коэфф та трения для того, чтобы избежать утяжеления несущих конс ций и передачи на трубу больших реактивных нагрузок. Пред ляется, что это значение не должно превышать 0,1 для худши ловий эксплуатации. В таком случае сопротивления перемещен не будут существенно превышать тех, которые могут возникат опорных частях каткового и роликового типов /с учетом возм перекосов, упора в направляющие и ограничители и т.д./.

Наряду с этими особенностями при проектировании антиф ционных элементов следует учитывать и общие положения, обес чивающие нормальную работу узлов трения. Так, в принципе в но два вида сочетаний элементов трущейся пары: с одинаково с различной твердостью.

Применение пары из твердых материалов при сухом трени целесообразно, так как практичеоки невозможно обеспечить

[1] См. статью Д.А.Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике.

контакт по большой площади; при этом контактные давления существенно возрастают, происходит местное разрушение одного из элементов пары и соответствующее значительное увеличение сопротивления сдвигу. 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°С;

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

А н т и ф р и к ц и о н н ы й м а т е р и а л. Среди антифрикционных материалов, выпускаемых промышленностью, удовлетворительные значения коэффициента трения в определенных условиях обеспечивают только графит и графитопласты, 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 0,2. Эти материалы имеют высокую прочность при сжатии / до 1000 – –3000 кгс/см^2/, 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^2. Неблагоприятным свойством является увеличение значения коэффициента трения вслед за повышением давления из-за включения в работу материала основы. Графитопласты обычно хорошо противостоят химической агрессии и работоспособны в широком диапазоне температур – от –200 до +500^{0}С. 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. Приготовляются такие смазки в виде суспензий, наносятся обычно тонким слоем /0,05-0,5 мм/, сохранность которого может быть обеспечена только при высокой чистоте обработки контртела / 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 флоном, 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 стоек к химическим воздействиям, не впитывает жидкости. Он работоспособен в широком диапазоне температур / от близкой к абсолютному нулю и до примерно 330^{0}С, когда происходят необратимые изменения его структуры/. Физико-механические свойства фторопласта в значительной мере зависят от условий эксплуатации, и, прежде всего, от температуры.

Этот материал обладает невысоким пределом текучести и значительной деформативностью /табл.1/. Коэффициент трения фторопласта-4 в паре с твердым контртелом 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^2/ и снижении температуры

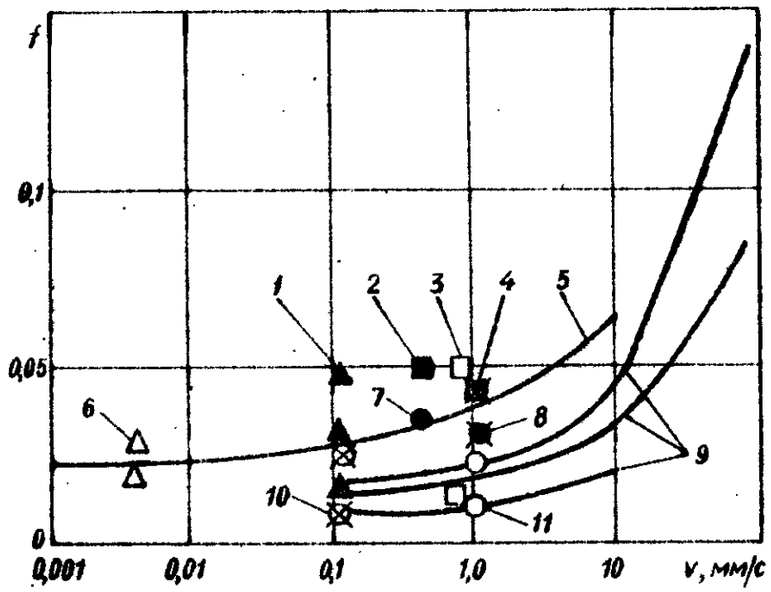


Рис.1 . Зависимость коэффициента трения f от скорости скольжения v при положительной температуре и давлении p = 50–500 кгс/см^2:
1 – [187]; 2 – [104]; 3 – [184]; 4 – [94]; 5 – [17
6 – [113]; 7 – [42]; 8 – [177]; 9 – [186]; 10 – [169];
11 – [115].

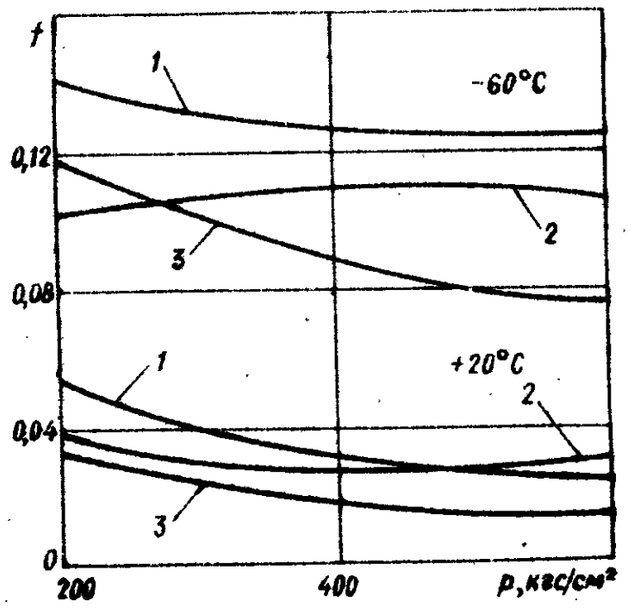


Рис.2 . Зависимость коэффициента трения от давления и температуры:
1 – материал Ф4К20; 2 – материал ФКП-7; 3 – чистый фторопласт-4.

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

Характеристика	Единица измерения	Температура, °С	Значение характеристики
Плотность	г/см^3	–	2,2
Предел прочности при растяжении	кгс/см^2	+20	200
		0	300
		–40	350
Относительное удлинение при разрыве	%	+20	470
		0	150
		–40	70
Модуль упругости при сжатии,	кгс/см^2	+20	7000
		0	11000
		–40	17000
Сжимающее напряжение, вызывающее относительную деформацию 5%	кгс/см^2	+25	130
		0	260
		–50	390
Ударная вязкость не менее	кгс/см/см^2	–	100
Коэффициент термического линейного расширения, среднее значение	град.$^{-1}$	от –50 до +25	$1,4 \cdot 10^{-6}$
		от 0 до +25	$2 \cdot 10^{-6}$
Горючесть		–	Не горит
Влагопоглощение за 24 час		–	Нет
Удельная теплоемкость	кал/г.град.	–	0,25

/ниже +20°С/. При скорости скольжения не более 1 мм/с, давления в пределах 100–400 кгс/см^2 и интервале температур от –60 до 40°С 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 фторопласта-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 мм 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] /.

К о н т р т е л о. 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^2. 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 машиностроителями 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 проката/ 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 /применялось 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^2/; кроме того, у нас такой материал изготовляется 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.

Т а б л и ц а 2. Значение коэффициентов трения фторопласта-4 при давлении 140-160 кгс/см^2 и комнатной температуре

Состояние рабочей поверхности контртела	Диапазон опытных значений при материале контртела		
	сталь-3	нержавеющая сталь	шлакоситалл
Без обработки после проката	0,09-0,6	0,11-0,18	0,12-0,14
Шлифованная	Не определялся	-	0,16-0,17
Полированная	То же	0,03-0,04	0,03-0,07

Таблица 3. Значение коэффициентов трения фторопласта-4
при давлении 100–200 кгс/см^2 и комнатной те
пературе

Материал покрытия рабочей поверхности контртела	Диапазон опытных значений	Источник
Силиконовое	0,04–0,1	НИИСК
Хромирование		[113,169,17 177,184,18
после полирования	0,03–0,1	
через 1 год	0,07–0,12	
Полиамидный материал	0,015–0,03	[169,170,18 186,187]
Фторопластовая пленка	0,03–0,08	[76]

Поверхность напыленного слоя получается бугристой и тре
ет механической обработки, что вполне выполнимо. Однако сам
слой неплотен и не обеспечивает долговечной защиты стальной
конструкции от коррози. Толстолистовая конструкционная стал
односторонне планированная нержавеющим слоем толщиной I–I,5
весьма дефицитна и дорога /около 80 руб./м^2 при общей толщи
20 мм/. Таким образом, практически наиболее доступно и надеж
покрытие направляющей тонким /I–2 мм/ листом нержавеющей ста
в виде облицовки. Такие листы выпускаются некоторыми металл
гическими заводами с полированной поверхностью. Стоимость и
порядка 20 руб./м^2, что не обременительно. Недостатком явля
ся некоторая сложность крепления облицовки к направляющим,
также стыкование листов по длине поперечной направляющей.

На основании изложенного для дальнейших исследований конструктивной разработки принято покрытие направляющих обл
цовкой из тонколистовой нержавеющей стали с полированной ра
бочей поверхностью /обработка не ниже 8 класса чистоты/.

3. Антифрикционные свойства фторопласта-4. Предварител
но выбранный антифрикционный материал требует более детальн
рассмотрения с привлечением опубликованных результатов иссл
ваний.

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 контртела/. 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 покоя $f_п$ 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 /в несколько меньшем объеме/ $f_{п1}$ при положительной температуре / рис.4 и 5 соответственно/. Значительная ширина диапазона опытных значений объясняется разницей в условиях испытаний и характеристик поверхности трения контртела /материала, твердости и чистоты обработки). Максимальные значения коэффициентов трения находятся в пределах:

p, кгс/см^2	200	400	600	800
f	0,04	0,03	0,02	0,015
$f_{п1}$	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°С и охватывают давления не более 300 кгс/см^2. Здесь также наблюдается широкий диапазон опытных данных. Во всяком случае видно, что снижение температуры от +20 до –60°С 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^2 и более/ даже при положительной

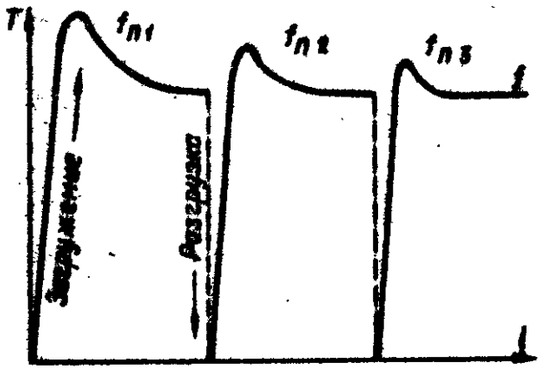


Рис.3. Характер изменения значений коэффициента трения от длины пути скольжения и количества сдвигов /при первом проходе по дорожке трения/.

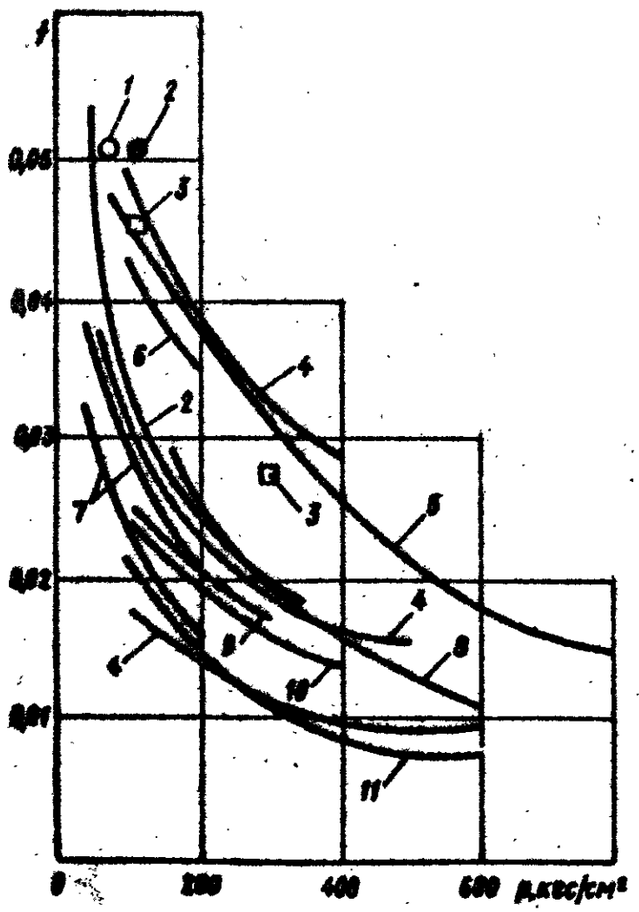


Рис.4. Зависимость коэффициента трения скольжения от давления при положительной температуре:
1 – [104]; 2 – [94]; 3 – [177]; 4 – [187]; 5 – [76]; 6 – [42]; 7 – [118]; 8 – [1]; 9 – [17]; 10 – [115]; 11 – [170].

Таблица 4. Основные сведения об используемых литературных источниках по опытным значениям коэффициентов трения

Источник	Контртело		Условия испытания		
	материал	чистота обработки	V, мм/с	диапазон 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

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

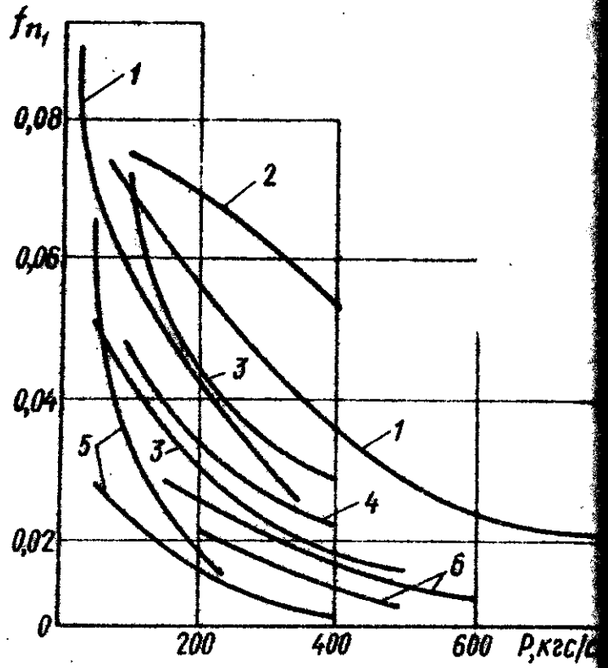


Рис.5. Зависимость коэффициента трения при первом сдвиге от давления при положительной температуре:
1 – [76]; 2 – [17]; 3 – [187]; 4 – [115]; 5 – [184]; 6 – [169].

Рис.6. Зависимость коэффициента трения скольжения от температуры при давлении p = 100–300 кгс/см²:
1 – [177]; 2 – [42]; 3 – [17].

Методика исследования. Для исследования образцов из фторопласта–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 шарнирно–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.

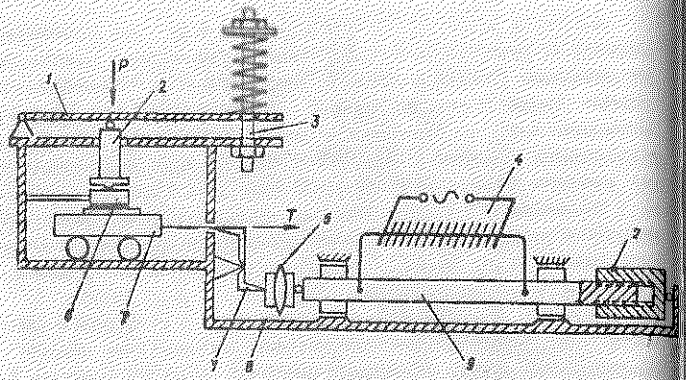
Значение прижимающей нагрузки определяли с погрешностью не более 1% по осадке загрузочной пружины, которая была заранее протарирована вместе с рычажной системой. Значение сдвигающей нагрузки определяли по показаниям образцового динамометра, включенного в силовую цепь. При испытаниях в климатической камере 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 расстоянии 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.

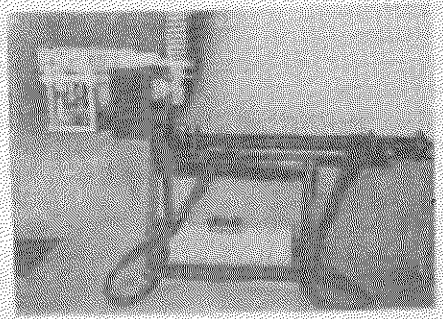
Испытываемые образцы фторопласта–4 выполняли цилиндрической формы с площадью рабочей поверхности 12,8 /при давлении не более 600 кгс/см²/ и 6,3 см² /при давлении более 600 кгс/см²/. Для предотвращения изменения формы при давлениях, превышающих предел текучести материала, образцы помещали в жесткую стальную обойму. В качестве контртела использовали нержавеющую сталь /марки Х18Н10Т/ с обработанной до 8 класса чистоты поверхностью /полировка/.

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

Испытания проводили при возвратно–поступательном движении



а



б

Рис.7. Испытательная установка:
а – схема конструкций; б – общий вид; 1–загрузочные рычаги; 2–винтовые устройства для выбора зазоров в силовых цепях; 3–винт; 4–трансформатор; 5–динамометр; 6–элементы опытного образца; 7–платформа; 8–рама; 9–нагреваемый стержень;

с периодическими тремя–четырьмя остановками. Общая длина пути скольжения составляла при этом 40–60 мм. Использованное нагрузочное устройство обеспечивало плавное /без "скачков"/ скольжение. Температура +20, –30 и –60°С в диапазоне давлений от 100 до 900 кгс/см^2.

С о п р о т и в л е н и е с к о л ь ж е н и ю. 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^2, а затем практически стабилизируется. При этом на полированной поверхности контртела наблюдается образование рисок вдоль направления смещения образца. Предполагается, что поверхностная твердость примененной стали недостаточна при давлениях свыше 600 кгс/см^2.

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.

С о п р о т и в л е н и е с д в и г у. Однако приведенные данные еще недостаточны для оценки значения сопротивлений, которые возникают в антифрикционном узле / см.рис.3/.

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

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

При том же первом проходе уже второй сдвиг характеризуется

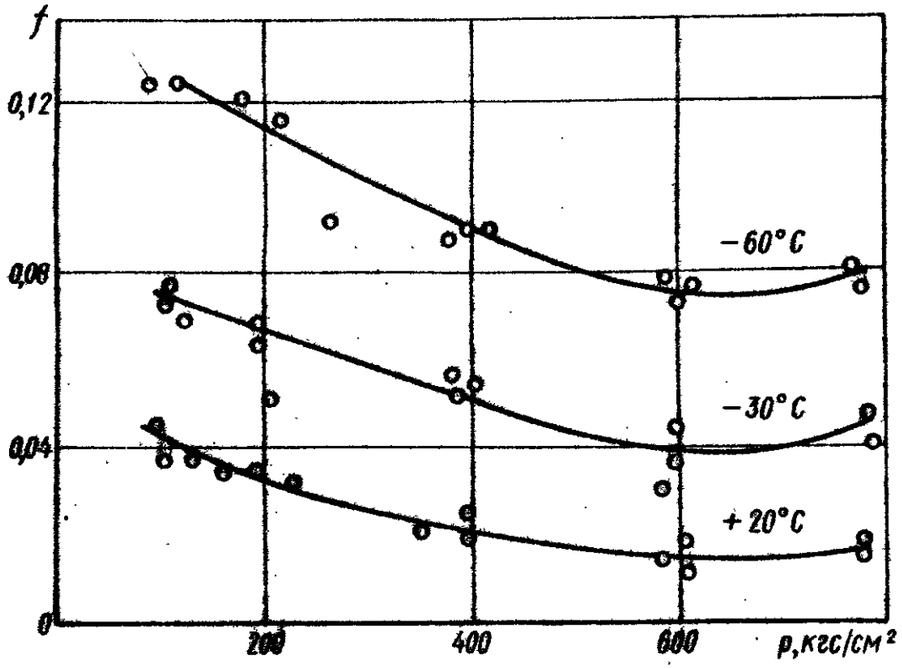


Рис.8 . Опытные значения коэффициентов трения скольжени при различных давлениях и температурах.

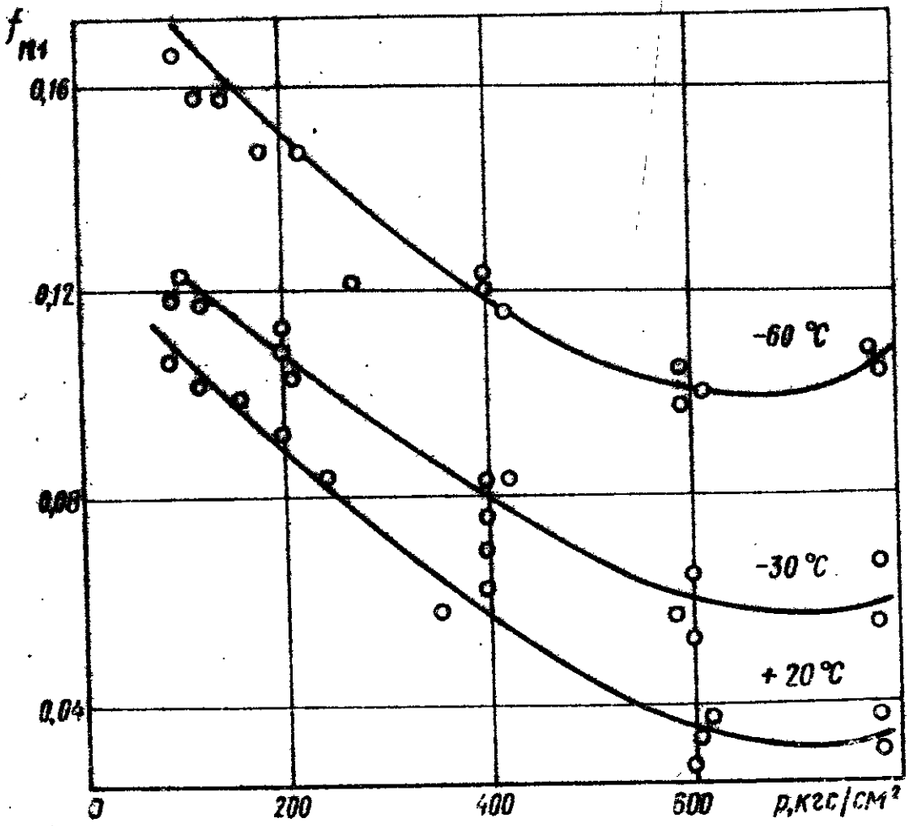


Рис.9 . Опытные значения коэффициентов трения при первом сдвиге при различных давлениях и температурах.

значительным уменьшением $f_п$, хотя значение f остается практически постоянным, так что в среднем

$t°C$	+20	−30	−60
$f_{п2} : f$	1,12	1,05	1,02

в [170] при контртеле с хромированным покрытием для давления 100 кг/см^2 и t = 22°С получено $f_{п2} : f$ = 1,1.

П р и р а б о т к а и в ы д е р ж к а. Повторные проходы по одной дорожке трения приводят к снижению значений $f_п$ и f, которые постепенно стабилизируются /эффект "приработки"/. Так, в работе [187] после пяти проходов получены значения $f_п : f$, равные при положительной температуре 1,15 и 1,05 для давлений 100 и 400 кгс/см^2; в [170] при контртеле с полиамидным покрытием для давления 300 кгс/см^2 и t = 22°С после 100 проходов $f_п : f$ = 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 $f_п$ после первоначальной приработки сохранялось неизменным на протяжении 4 тыс.проходов.

Приведенные выше значения $f_п$ получены при выдержке под прижимающей нагрузкой от 0,2–1 час до двух-четырех суток. Заметное влияние выдержки на $f_п$ и f не обнаружено. Этот результат не покажется неожиданным, если вспомнить об исключительной инертности фторопласта.

В л и я н и е с м а з к и. Описанные испытания проводили при тщательной очистке и обезжиривании контактных поверхностей. В литературе часто отсутствуют сведения о такой очистке. Возможно, этим и объясняется относительно низкие значения f и $f_п$, 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 = 90–100 кгс/см^2 и v = 1 мм/с уменьшается до 0,03 при смачивании контактных поверхностей водой. В [104] для p = 60–70 кгс/см^2 и v = 0,4 мм/с при влажной поверхности получено f = 0,04. Значения f при трении тефлонового покрытия лыж по снегу и льду изменялись от 0,02–0,03 при 0°С до 0,08–0,1 при морозе в 20–30°С [49, 92] .

В л и я н и е з а с о р е н и я. Во многих работах

отмечается высокая способность фторопласта–4 поглощать абраз
ные частицы и повышенная работоспособность фторопластовых по
шипников в запыленной среде. Так, в [159] указывается на то,
что кварцевые зерна полностью внедряются в поверхностный сло
прокладки даже при давлении порядка 5 кгс/см^2. Характер тако
поглощения иллюстрируется рис.10. Но это не значит, что фтор
пластовые прокладки вовсе не нуждаются в защите от засорения
Наоборот, наличие такой защиты некоторые авторы считают обяз
тельным для сохранения благоприятных антифрикционных свойств
[162, 182] . Исследования НИИСКа показывают, что засорение
рабочей площади прокладки кварцевым песком ведет к значитель
му увеличению сопротивления первому сдвигу

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

которое, правда, существенно уменьшается при повторных прохо

4. Исследования прокладки. Для проектирования антифрикц
ного узла одних лишь исследований образцов материала недост
но. Необходимо еще выбрать рациональную конструкцию и назнач
размеры прокладки. В литературе пока нет для этого обоснован
рекомендаций, которые учитывали бы достаточно сложные требов
ния, предъявляемые к антифрикционным узлам. Вместе с тем, вы
бор рациональной конструкции прокладки привлекает внимание с
циалистов, о чем свидетельствует ряд изобретений.

Деформативность прокладки. Рассм
тривались различные возможные конструкции антифрикционных эл
ментов с прокладками из чистого фторопласта–4 и контртелом и
нержавеющей стали с полированной рабочей поверхностью.

Простейший случай установки плоской прокладки на гладко
основание /рис.11,а/ обычно никогда не применяется, так как
дает минимальную несущую способность. Последнюю можно несколь
ко увеличить, если опорную поверхность сделать шероховатой
[1.46] ; что создает эффект односторонней обоймы /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 прокла
ки уменьшается наполовину.

Размещение фторопласта в обойме связано прежде всего с

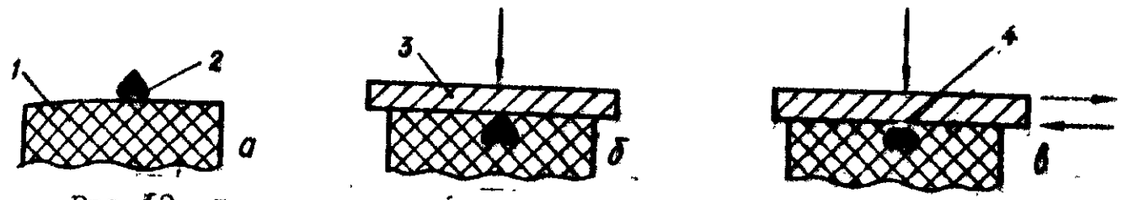


Рис.10. Влияние засорения:
а, б, в – последовательные стадии; 1 – прокладка из фторопласта–4; 2 – абразивная частица; 3 – контртело; 4 – пленка из фторопласта–4.

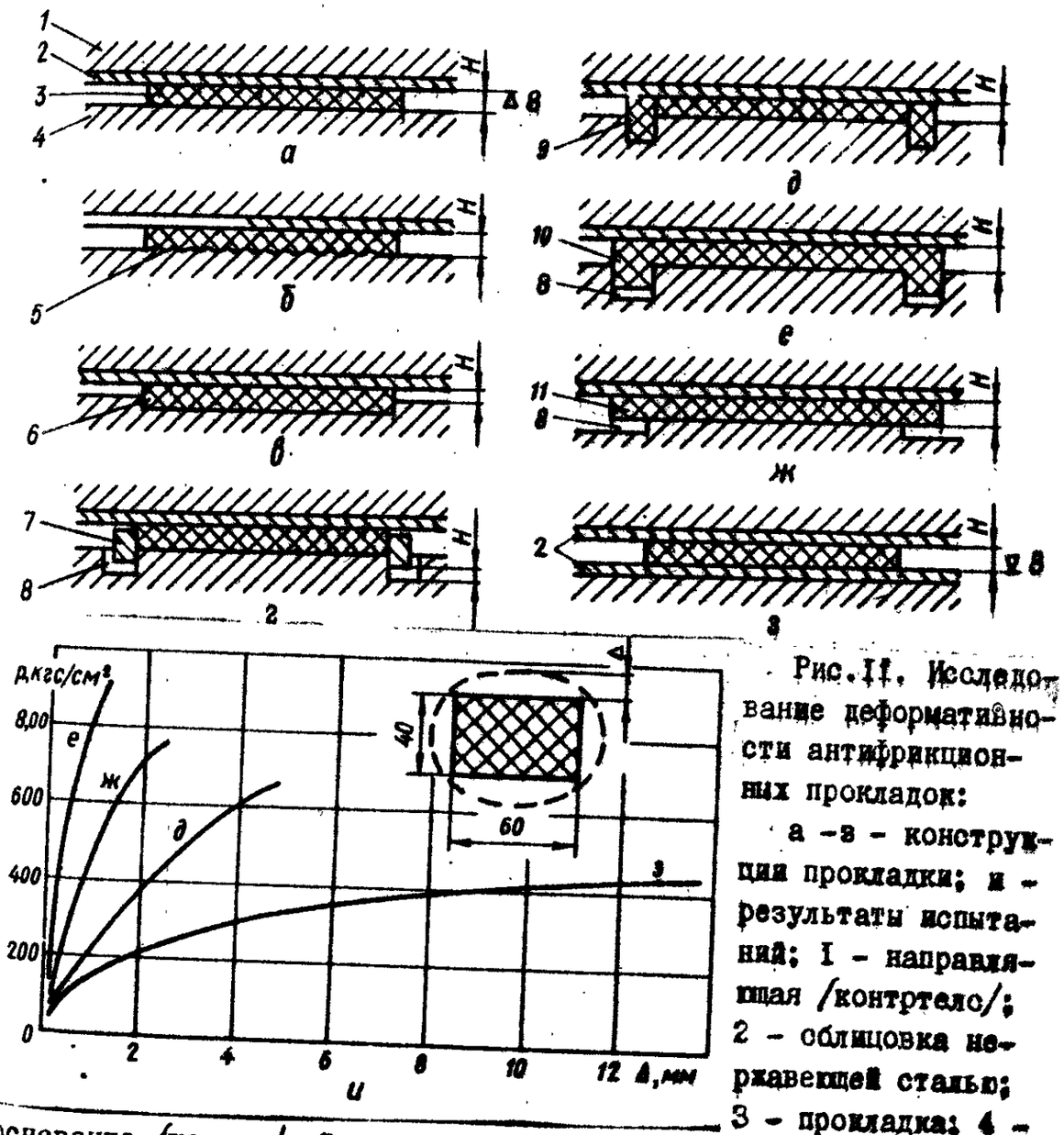


Рис.11. Исследование деформативности антифрикционных прокладок:
а –з – конструкции прокладки; и – результаты испытаний; I – направляющая /контртело/; 2 – облицовка нержавеющей сталью; 3 – прокладка; 4 – основание /корпус/; 5 – шероховатая поверхность; 6 – углубление по размеру прокладки; 7 – стальная обойма; 8 – зазор; 9 – обойма из фторопласта–4; I0 – утолщение по контуру; II – свес за пределами рабочей части прокладки; Н – 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 фторопласта /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 60х40 мм и толщиной 4 мм, для которых определялись поперечные перемещения Δ вблизи поверхности контртела. Результаты этих испытаний приведены на рис. 11,и; давление p отнесено к первоначальной площади прокладки, причем прокладка по рис.II, обжималась между двумя полированными опорными поверхностями. Эти испытания подтвердили высокую эффективность конструкции, приведенной на рис.II,е.

М е т о д и к а и с п ы т а н и я. 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 40х60 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 2х1 мм, предназначенные для уменьшения поперечных перемещений материала.

При давлении 400 кгс/см^2 несущая способность опытного образца составляет около 10 тс, так что он может рассматриваться как натурная конструкция или модель в масштабе 1:2 – 1:3.

Основная цель испытаний заключалась в изучении характера ползучести материала и получении численных характеристик ползучести 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 защиты рабочей части прокладки от засорения.

П о л з у ч е с т ь ф т о р о п л а с т а. Деформации ползучести в значительной мере ограничивают применение чистого фторопласта в узлах машин, к которым предъявляются высокие требования стабильности геометрических размеров. Исходя из этого, допускаемые давления на фторопластовые вкладыши подшипников ограничивают значением 30–70 кгс/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 кгс/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 $T \to 0$ и дополнительного обжатия h_{n1} , обусловленного деформациями ползучести

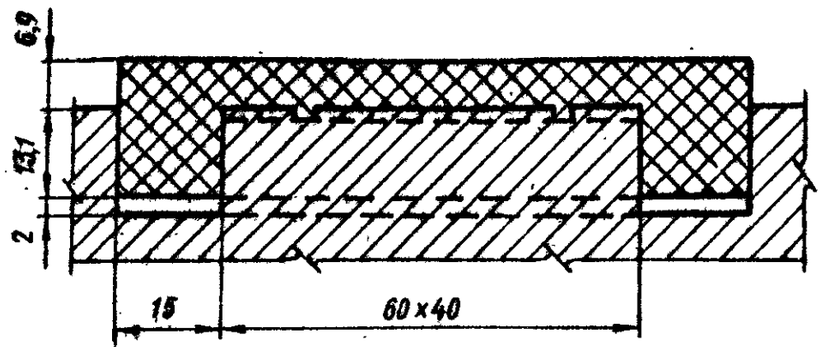


Рис.12. Конструкция опытной прокладки из фторопласта-4.

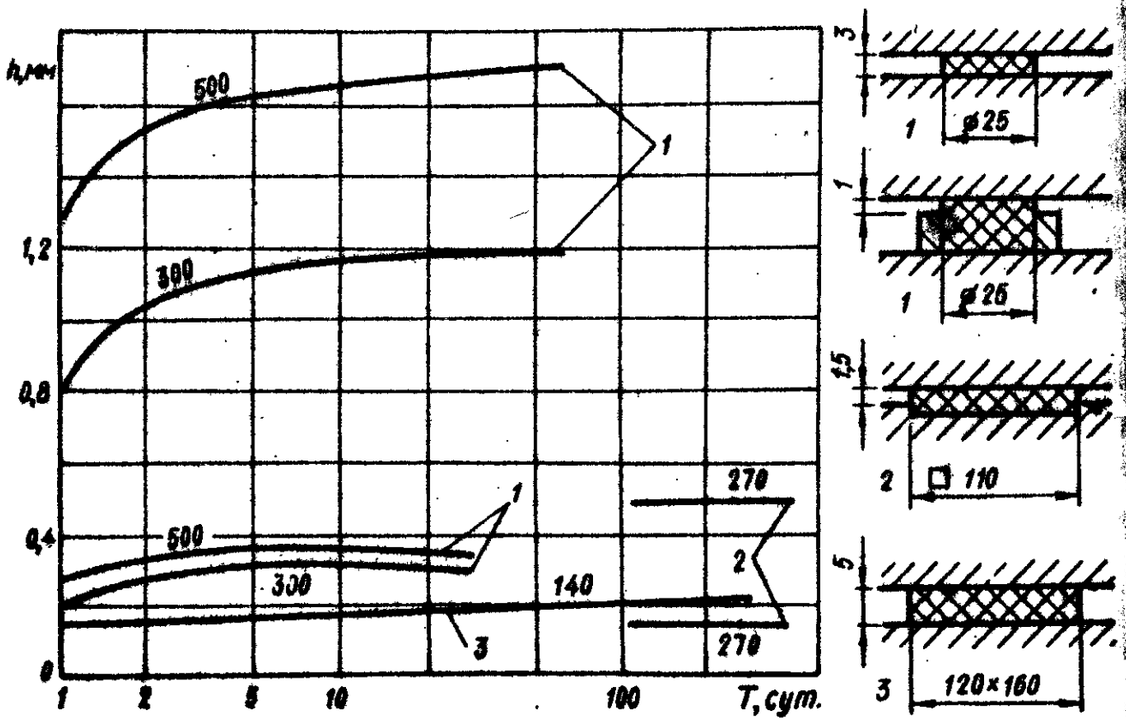


Рис. 13. Деформации прокладок при длительном обжатии:
1 – по [187] ; 2 – по [115] ; 3 – по [76] .

$\varepsilon_{п1} = (h - h_0)/H$, 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 $\varepsilon_{п1}$ от 0,015 до 0,15 относительных единиц. Эту разницу нельзя объяснить только конструкцией испытанных прокладок. По-видимому, сказались 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 $\varepsilon_{п1}$ 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^2 в течение 19 месяцев. Обжатие h определяли как полусумму показаний двух симметрично установленных индикаторов. Начальные отсчеты сняли при давлении 25 кгс/см^2. 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 деформации ползучести стабилизировались, примерно, через 7 месяцев и привели к дополнительному обжатию на $h_{п1}$ = 0,665 мм, чему соответствует $\varepsilon_{п1}$ = 0,665 : 6,9 ≃ 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 наблюдались примерно равномерные незатухающие деформации

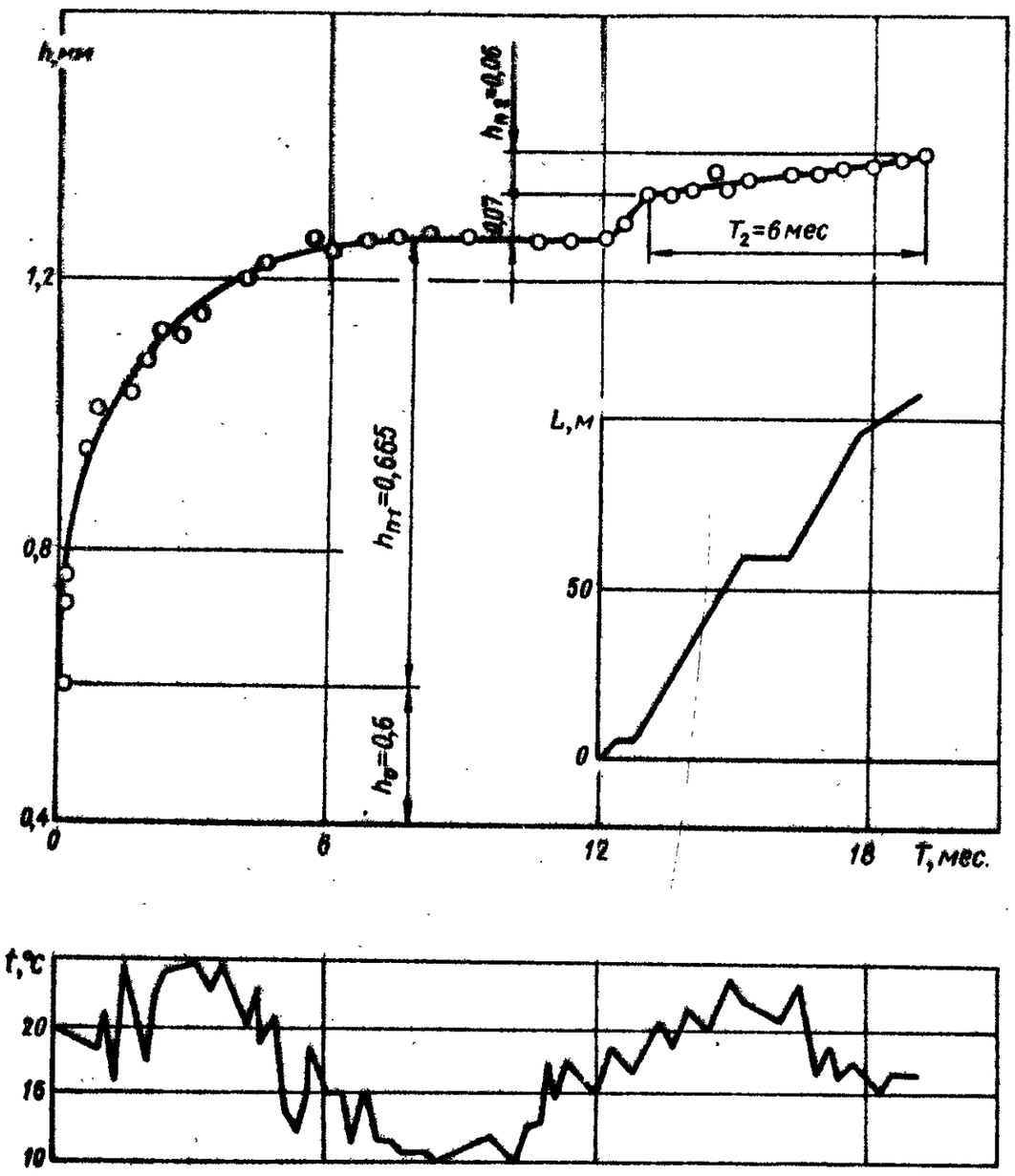


Рис.14. Деформативность прокладки по рис.12 при длительном обжатии и повторных сдвигах.

/см. рис.14/, которые привели к дополнительному обжатию на $h_{пл}$ = 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

$$\varepsilon'_{пл} = \frac{0,06}{6,9} \cdot \frac{12}{6} = 0,02.$$

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

И з н а ш и в а н и е. 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°С. В работах [162, 180] чистый фторопласт рекомендуют применять в подшипниках, у которых значение pv не превышает 350–600 кгс/см^2·м/с. Рекомендации машиностроителей не следует, 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 $\varepsilon_и$ /в мм/км/ от основных влияющих факторов /рис.15/. Эти данные достаточно разноречивы. Однако при расчетных условиях эксплуатации опорной части pv = 400 · 0,1 = = 40 кгс/см^2·мм/с ожидаемое значение $\varepsilon_{и.л}$ может находиться в пределах от 0,01 до 0,15 мм/км. Испытания прокладки принятой конструкции проводили в более интенсивном режиме /при скорости 0,7–0,8 мм/с/ для которого параметр pv = 300 кгс/см^2·мм/с, так что ожидаемое значение $\varepsilon_{и.л}$ может находиться в пределах от 0,05 до 0,3 мм/км /см. рис.15,в/.

В результате испытания при общей длине пути скольжения L = 110 м потеря массы прокладки составила g = 0,136 г. Взвешивание производили на аналитических весах с ценой деления 0,1 мг. До взвешивания /до и после испытания/ прокладку тщательно очищали от загрязнения и продуктов износа. Опытное значение объемной массы фторопласта составило γ = 2,19 г/см^2

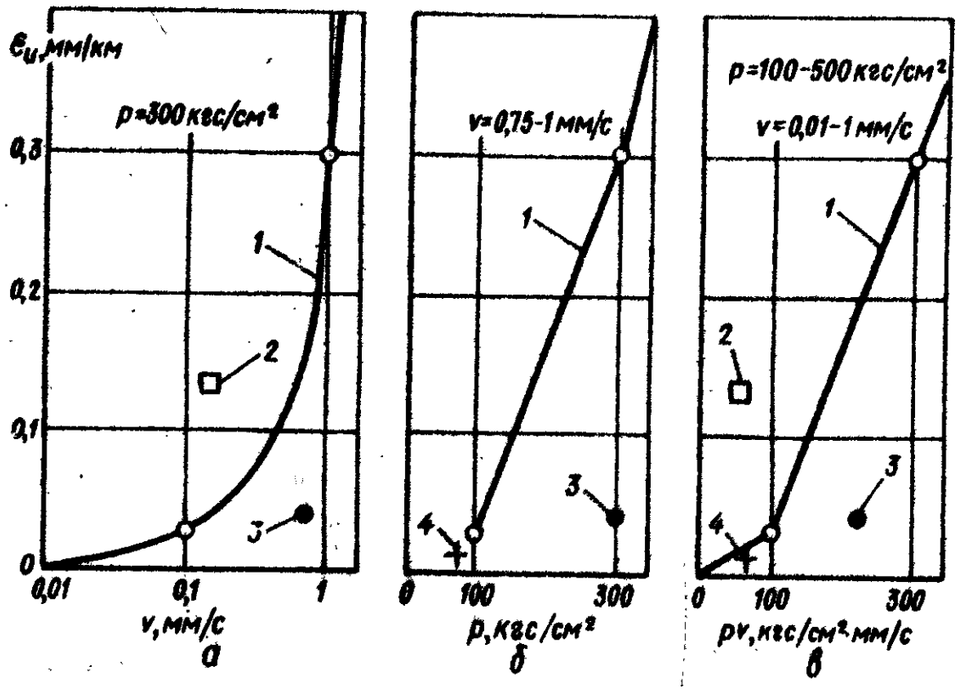


Рис.15. Опытные данные об изнашивании прокладки из фторопласта-4 в зависимости от:

а – скорости скольжения V ; б – давления p ; в – характеристики pV ; 1 – по [186] ; 2 – по [169] ; 3 – по [115] ; 4 – по [184].

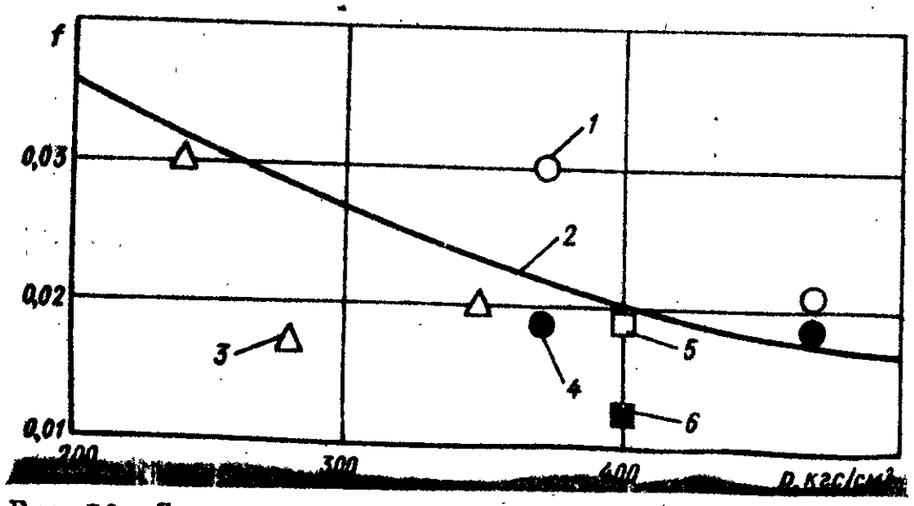


Рис.16. Сводные данные о зависимости коэффициента трения от давления при положительной температуре:

1,4 – испытания отдельных прокладок; 2 – по рис.8; 3 – стендовые испытания (см. статью Д.А.Корщунов 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.

Таблица 5. Основные сведения об используемых литературных данных по опытным значениям интенсивности линейного износа

Источник	Контртело		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	300	500
[184]			0,75	300	100
[186,187]			0,01	100	
			0,1	300	200
			1,0	500	

(что соответствует данным табл.1). При площади прокладки $F = 24$ см² линейный износ

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

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

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

что находится в пределах указанного выше диапазона ожидаемых значений $\delta_{и.л}$. Вместе с тем, линейный износ $h_и$ 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 $L = 5$ км составит $h_и = \delta_и \cdot L = 0,24 \cdot 5 = 1,2$ мм, но это значение получено с запасом, так как относится к $V \simeq 0,8$ мм/с и не учитывает известных [73,105] сведений о том, что максимальное изнашивание происходит в период приработки. При $T = 15$; минимальной толщине прокладки $H = 5$ мм от ползучести $h_п = \delta_{пл} HT = 0,02 \cdot 5 \cdot 15 = 1,5$ мм, причем это значение получено из условия, что все изнашивание происходит в течение короткого приработочного периода.

Таким образом, при определении толщины прокладки прямой учет изнашивания не требуется. Этот вывод относится к контртелу с полированной поверхностью.

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 значени коэффициентов трения на прокладки рассматриваемой конструкции

Демпфирующие свойства. Как известно, колебания трубы под действием изменяющегося давления транспорируемого продукта и ветровой нагрузки весьма нежелательны; поэтому в ряде случаев необходимо устраивать специальные вибр гасящие опоры. В связи с этим весьма ценна способность фторопласта интенсивно гасить колебания, отмечаемая в ряде работ [4 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 мо но утверждать, что эта способность гораздо выше, чем у опор о опиранием стальных элементов, особенно катковых и роликовых.

5. Рекомендации по проектированию. Проектирование антифр ционного узла включает выбор конструктивного решения, назначе ние размеров прокладки и определение силы сопротивления сдвиг Исходными данными для проектирования являются:

общее конструктивное решение опорной части;

значение составляющих нагрузок, передаваемых трубопровод на опорную часть;

допускаемое давление на прокладку, которое может достига 600 кгс/см^2. Однако при таких больших давлениях следует увели чивать твердость рабочей поверхности контртела. Поэтому реком дуется для нормальных условий эксплуатации принимать давлени порядка 400 кгс/см^2;

расчетная температура эксплуатации антифрикционных элеме тов, зависящая от географического положения сооружения, а в ряде случаев - и от температуры транспортируемого по трубе пр дукта;

расчетные значения коэффициентов трения.

Конструктивное решение. Антифрикцио ный узел /рис.17,а/ состоит из вкладыша и направляющей. После няя, как уже отмечалось, должна иметь покрытие из тонколистов

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 фторопласта-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 обмятие 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 при первом проходе. Здесь учитывается наличие факторов, способствующих снижению коэффициента трения: приработка элементов антифрикционной пары, действие вибрации, наличие различного вида смазок /остатки жира, влага и пр./. Предполагается, что эти факторы превалируют над отрицательными влияниями: превышение f_a над f , наличие случайных засорений. Соответствующие численные значения коэффициентов трения приведены в табл.6.

Следует отметить, что уменьшение f 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^2/ увеличивает силу трения всего в два с половиной раза, а в интервале давлений от 300 до 600 кгс/см^2 сила трения изменяется только до 20%. Правда, при низкой температуре этот эффект выражен слабее. Но и при $t = -60^0$C увеличение прижимающей нагрузки вдвое /от 300 до 600 кгс/см^2/ приводит к увеличению силы трения на 40%.

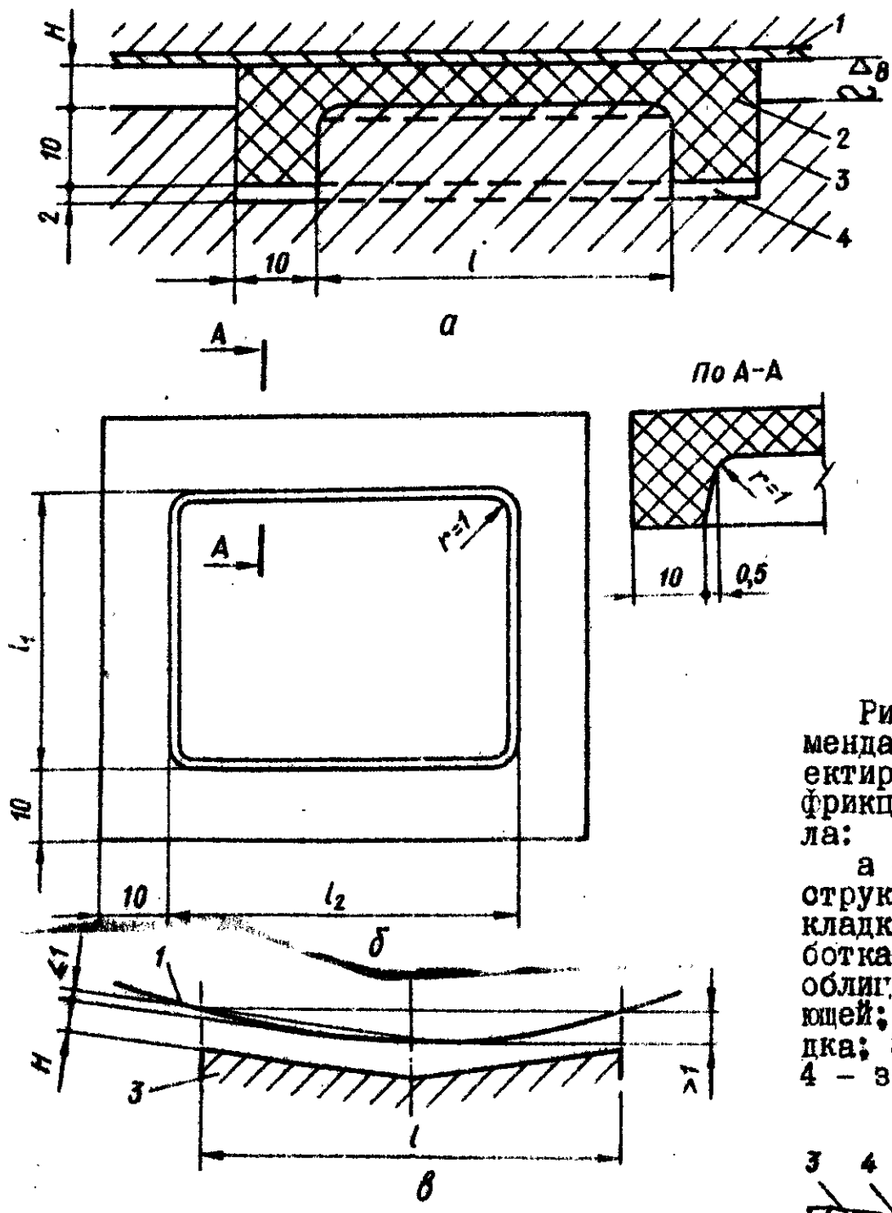


Рис.17. К рекомендациям по проектированию антифрикционного узла:

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

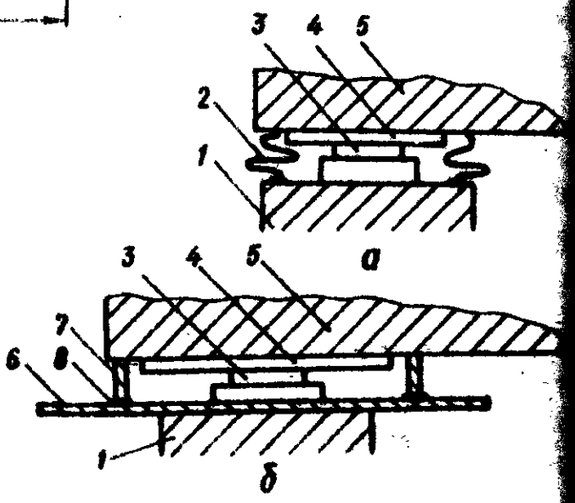


Рис.18. Защита антифрикционного узла в мостовых конструкциях от засорения:

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

Таблица 6. Расчетные значения коэффициентов трения, %

Давление, кгс/см²	Значение f при расчетной температуре, °С				
	+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	4,5	6	9,5
500	2	2,5	4	5,5	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

$$H = H_0 + h_0 + h_n$$

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_n – уменьшение первоначальной толщины прокладки вследствие ползучести, которое определяется по формуле $h_n = 1,5(H_0 + h_0)\varepsilon T + 0,5$ мм, где ε – деформация ползучести, принимаемая равной 0,02 год$^{-1}$; T – расчетный срок службы опорной части в годах. Принято $\delta = \varepsilon'_{n2}$, а добавка 0,5 мм учитывает деформации ползучести в начальный период действия обжимающей нагрузки (h_{n1}). 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)0,02·15+ + 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 Д.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/.

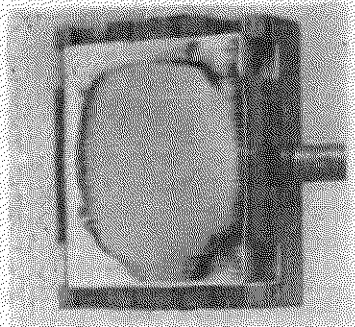


Рис.19. Антифрикционная прокладка в корпусе после испытания. Видны места задержки пылевидных частиц по контуру рабочей части.

Описанные 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 зависят от величины составляющих опорной реакции, схемы опирания, а также значения коэффициента трения, и подлежат расчету. Обычность такого расчета в сравнении с практикуемым заключается в существенной зависимости значения коэффициента трения для фторопласта-4 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 каких-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 нереальна в течение срока эксплуатации. Более логичным представляется выполнять расчет по средней температуре наиболее холодных суток, которая определена в СНиП II-А.6-72 "Строительная климатология и геофизика" для наиболее холодных суток из всех зим за 50-летний период.

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

1/ среднюю и максимальную нагрузки на прокладки

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

2/ требуемую площадь прокладки, считая, что при нормальной эксплуатации/нормативные нагрузки/ давление $p_{макс} = 400$ кгс/см^2, определим из выражения $F = \frac{R_{макс} \cdot n}{p_{макс}}$, где $n = 1,1$ - усредненный коэффициент перегрузки;

3/ среднее давление на прокладку $p_{ср} = R_{ср} : F$;

4/ соответствующее ему значение f по табл.6. Как следует из этой таблицы, в небольшом интервале значений p значение

---

1 Д.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 перемещениям $T=(2fR_{ср}+0,01V)$, учитывающую дополнительное сопротивление от возможного уклона направляющей.

Результаты расчета для минимальной температуры -40^0, -50 и -60^0С 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,I
α, град.	30	45
$\sin\alpha$	0,50	0,7I
$\cos\alpha$	0,86	0,7I
$R_{ср}:V$	0,58	0,7I
$R_{макс}:V$	0,78	0,78
$F:V$, $см^2$	I,77	I,77
$P_{ср}$, $кгс/см^2$	330	400

Таблица 8. Определение сил сопротивления перемещению

Исходные данные и элементы расчета	Значение для опорных частей тип					
	П П			С П		
	при t , ^{0}С					
	-40	-50	-60	-40	-50	-6
f, %	8,4	9,1	9,8	6	7,8	9
$2fR_{ср}:V$	0,097	0,105	0,114	0,085	0,110	0,1
$T:V$, %	II	II,5	I2,5	9,5	I2	I4,

Таким образом, сопротивление перемещению в опорных частя скользящего типа с применением фторопласта-4 при температуре д -40^0С находятся 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[1]. 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 перемещениям 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 $t=-60^0$С показывают, что в интервале изменения m от 0,5 до 1

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

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, практически значение прижимающей нагрузки следует учитывать с коэффициентом $m=55:78=0,7$. Это эквивалентно уменьшению Т на 15%.

Таким образом, для скользящих опорных частей с применением фторопласта-4 при максимальном давлении на него от нормативных нагрузок не менее 400 $кгс/см^2$ и оптимальном шаге опор расчетное сопротивление сдвигу можно принимать равным $T_{макс}=0,12\cdot0,85=0,1\cdot70=7$ тс, кроме опорных частей СП при поперечном перемещении, для которых при температуре ниже -50^0С величина $T_{макс}=0,145\times0,85\,V=1,23\cdot70=9$ тс. Отмечается также, что для свайных опор максимальные моменты имеют место при работе сваи в талом грунте. Поэтому увеличение нагрузки до $T_{макс}$ 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

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

или начения. Опыт эксплуатации конструкций в таких суровых у
ловиях также отсутствует. Поэтому из осторожности можно реко
мендовать увеличивать вычисленные значения сопротивления в о
ших частях, эксплуатируемых при температуре ниже -50^{0}С, на 1
-20%. В дальнейшем необходимость введения таких запасов дол
на быть уточнена на основе накопления опыта эксплуатации.

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

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ ЧАСТЕЙ

1. Конструкции опытных образцов. Опытные образцы подви
опорных частей скользящего типа были разработаны с учетом вы
явленных основных тенденций развития и результатов анализа ко
структивных решений[1] и с использованием результатов детальн
лабораторного исследования антифрикционных элементов[2].

При проектировании была предусмотрена необходимость уд
летворить все требования к опорным частям, сформулированные
п.1 /расчетные значения нагрузок и перемещений приняты по
табл.4/[3].

Разработаны продольноподвижные /ППФ/ и свободноподвижны
/СПФ/ опорные части /индекс "Ф" обозначает, что в качестве а
тифрикционного материала использован фторопласт-4 /. В обще
случае опорная часть включает: две продольные направляющие
линдрической формы, симметрично укрепленные на трубе под уг
30^{0} к вертикали. Направляющая выполнена в виде стальной под
ки, облицованной листом нержавеющей стали с полированной ра
чей поверхностью /чистота обработки до 8-10 класса/; собст

1 Д.А.Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике.

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

3 Д.А.Коршунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике.

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

Собственно опорная часть ППФ /рис.1,а/ выполнена в виде
парных треугольных башмаков, с которыми посредством сферичес
ких шарниров соединены опорные элементы, несущие антифрикцион
ные 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, выполнен
ного из отрезка толстостенной стальной трубы. Сверху на корпу
се установлены парные башмаки с опорными элементами по аналогии
с ППФ. На внутренней поверхности корпуса находятся антифрикцио
нные вкладыши, контактирующие с поперечной направляющей; они
также снабжены защитными устройствами. На каждом из опорных
элементов установлены два вкладыша, разнос которых обеспечива
ет 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, уста
новленного в пазу на поверхности опорного элемента. По сторо
нам, перпендикулярным направлению перемещения, опорные элемен
ты 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. Поэ
тому необходимо провести стендовые испытания опытного образца
для выявления особенностей работы под нагрузкой при значитель
ных по величине перемещениях трубопровода. Испытывалась опор
ная часть СПФ, имеющая более сложную конструкцию. Результаты
испытаний в полной мере относятся и к опорной части ППФ. Ва

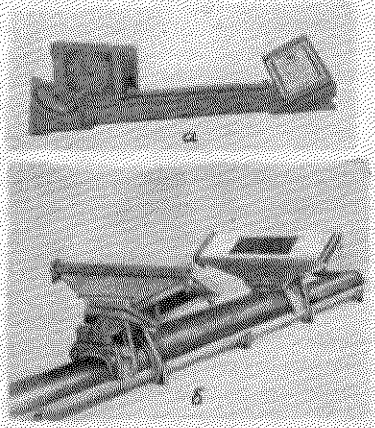


Рис.1. Опытные образцы опорных частей:
а – ПШФ; б – СПФ.

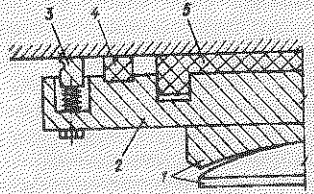


Рис. 2. Конструкция опорного элемента:
1– шаровой шарнир; 2 – корпус; 3 – подпружиненный скребок; 4 – вальник из фторопласта-4; 5 – прокладка из фторопласта-4.

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/.

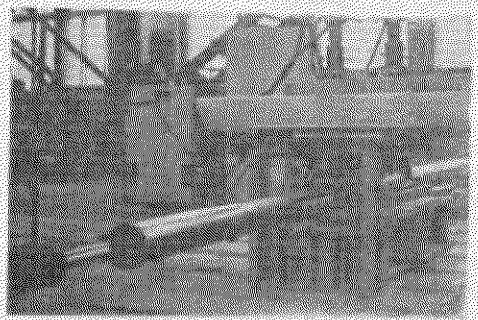


Рис. 3. Общий вид стендового испытания опытного образца СПФ.

Испытательное устройство /рис.4/ состоит из следующих основных элементов: упорных конструкций, закрепленных к силовому полу; опорных конструкций, сопряженных с испытываемой опорной частью через посредство скользящих элементов, и загрузочных устройств в виде гидравлических домкратов грузоподъемностью 3х50 тс и 5 тс для создания прижимающей и одвигающей нагрузок соответственно.

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

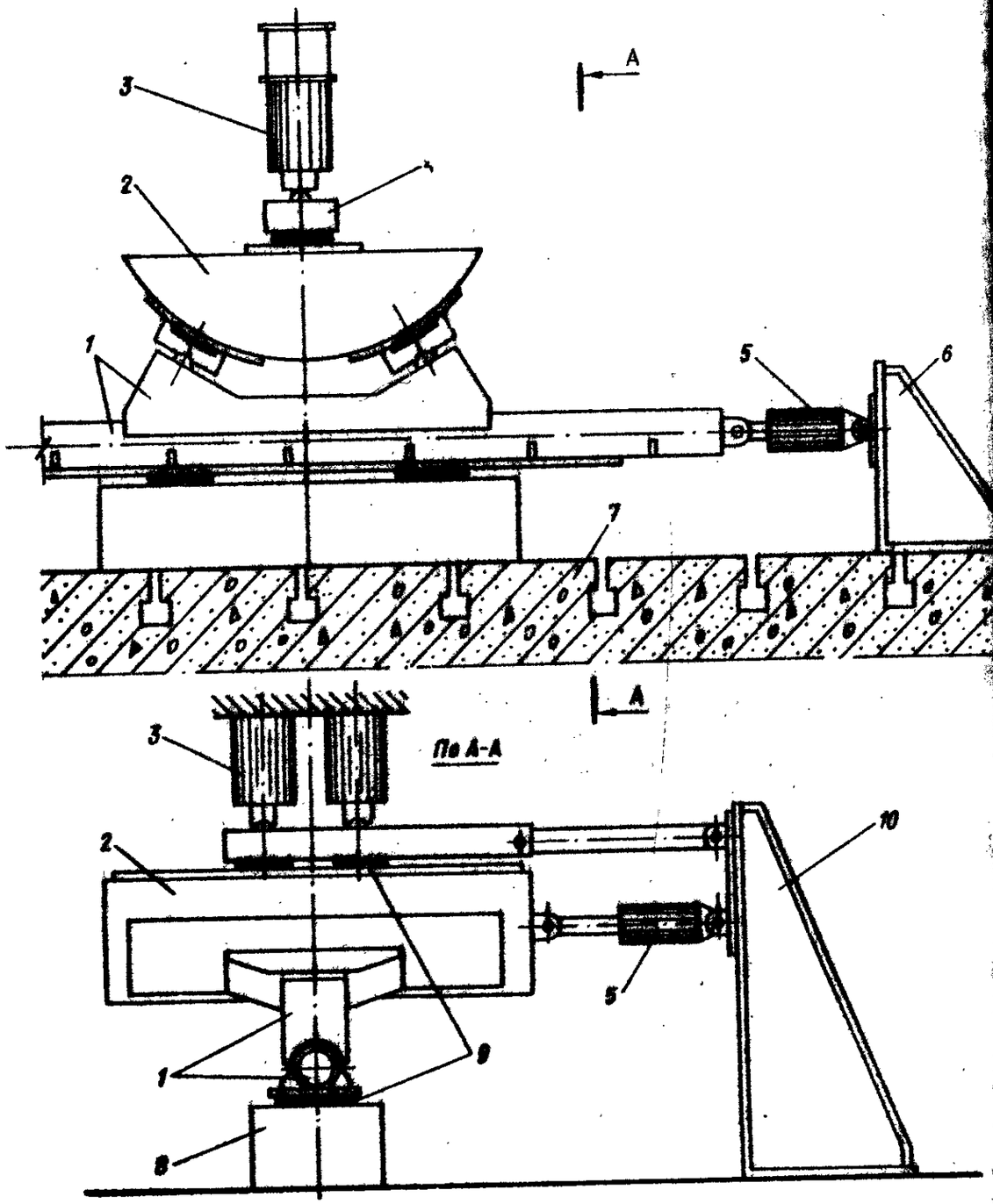


Рис.4. Схема испытательной установки:
1 – испытываемая опорная часть; 2 – отрезок трубы диамет 1420 мм; 3 – гидродомкраты 2xQ = 50 тс; 4 – упорная рама; 5 – гидродомкрат Q = 5 тс; 6 – упор поперечного перемещения; 7 – ловой пол; 8 – основание; 9 – плоскости сдвига опорной части; IO – упор продольного 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/см2, в швах скольжения		Значения коэффициентов трения, %, в швах скольжения			
			продольного		поперечного	
	продольного	поперечного	$f_п$	f	$f_п$	f
I5	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	I00	60	2,5	2	3	2,5
60	I50	85	2	I,5	2,5	2

Примечание. $f_п$ – 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 3^0 /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 1^0 /тангенс угла 0,02/. Этот перекос 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

температуре, так как осуществить эффективное охлаждение конс
рукций не представилось возможным. Рабочие поверхности антиф
ционных вкладышей и направляющих были сохранены в состоянии
ставки опытных образцов: без специальной очистки или смазки.
После проведения испытаний все элементы опорной части тщате
но обследовали.

Результаты испытаний. Испытания при
жительной температуре под действием прижимающей нагрузки до
в условиях нормального, а также с угловыми смещениями до 0,
горизонтальной и до 0,02 в вертикальной плоскостях положени
бы относительно опорной части позволили установить, что кон
ция опорной части оказалась вполне устойчивой против опроки
ния, несмотря на наличие двух шарниров в направлении дейст
прижимающей нагрузки: сферического на корпусе опорной части
цилиндрического по поперечной направляющей. Устойчивость об
печивалась разносом антифрикционных элементов вдоль образую
трубы /см. рис.1/.

Сферические шарниры интенсивно срабатывали, главным об
при монтаже трубы. Поворот трубы в горизонтальной плоскост
пенсировался в основном обмятием антифрикционных прокладок
частично поворотом в одном из сферических шарниров. Поворо
бы в вертикальной плоскости компенсировался скольжением ко
по поперечной направляющей, так как сопротивление такому с
нию оказалось меньшим, чем сопротивление в сферических шар

Контурная защита /сальник/ из фторопластовых стержне
контактировала с поверхностью направляющих по всей длине
выполнила поэтому свое назначение. Однако пыль и другие м
частицы на поверхности направляющих, в основном, задержива
на границе рабочей части антифрикционного вкладыша, выпол
ного с утолщенной по краям частью[1], что подтверждает опио
вные положительные особенности прокладки принятого типа.

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

[1] В.И.Скуцкий и др. "Антифрикционные элементы опорных час
скользящего типа" в настоящем сборнике /рис.19/.

случаях наблюдалось плавное /без "скачков"/ движение. Получен-
ные 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[1].

После проведения серии испытаний никаких видимых повреж-
дений опорной части или ее элементов не обнаружено.

Испытание опорных частей на
опытном участке. Положительные результаты стендо-
вых испытаний позволили принять решение об установке изготов-
ленных 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/ ком-
пенсировано 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 сдвинулась по поперечной направ-
ляющей в необходимое положение.

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

3. Рекомендуемая конструкция. Результаты проведенных иссле-
дований, испытаний и натурных наблюдений вместе с дополнительной
конструктивной проработкой позволили без изменения общего реше-
ния существенно улучшить первоначальную конструкцию опорных
частей, сделать их более технологичными и повысить эксплуатацион-
ные качества.

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

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

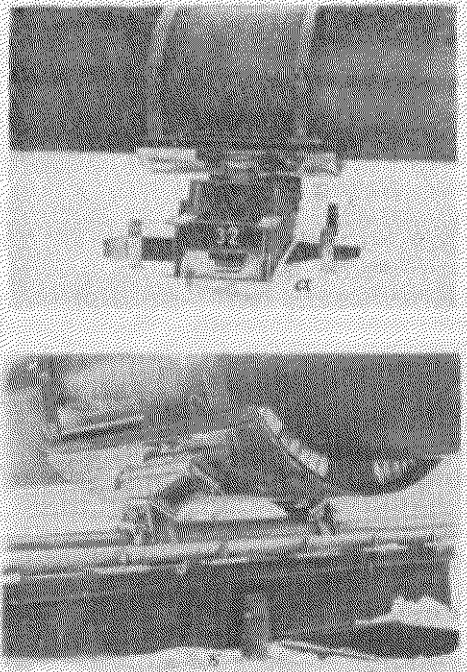


Рис. 5. Опытные образцы опорных частей, смонтированные на экспериментальном участке трубопровода диаметром 1220 мм:
а – ПНФ; б – СПФ.

Таблица 2. Результаты испытания опытного образца опорной части СПФ

Принимающая нагрузка V, тс	Среднее давление на прокладку, кгс/см2	Тангенс угла поворота трубы в вертикальной плоскости	Сдвигающая нагрузка T_0, тс		Коэффициенты сопротивления, κ	
			сдвиг	скольжение	$K_п$	K
Продольное смещение						
50	140	0,006 в горизонтальной плоскости	3,1	1,1	6,9	1,5
		0,05	2,0	1,3	3,7	2
60	280	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
Поперечное смещение						
30	180	–	2,25	1,45	4,5	2,3
40	240	0,02	2,7	2,25	3,8	3,1
50	350	–	3,05	2,25	2,8	1,7
		0,009	3,1	2,5	3,7	2,2
		–	3,3	2,5	3,0	2,2

Примечания. 1. Среднее давление определено по фактической площади контакта прокладки с направляющими после обжатия прижимающей нагрузкой 70 тс.

2. Указано измеренное значение сдвигающих нагрузок.

3. Коэффициенты сопротивления $\kappa = T : V$ определены с учетом сопротивления в дополнительных швах 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 стенке в местах приложения опорной реакции.

Изменена конструкция и поперечной направляющей. Использование для нее толстостенной трубы из нержавеющей стали весьма нежелательно: такие трубы весьма дефицитны, а обработка их поверхности до 8 класса чистоты оказалась очень сложной. Стендовые испытания показали /рис.6/, что достаточная свобода

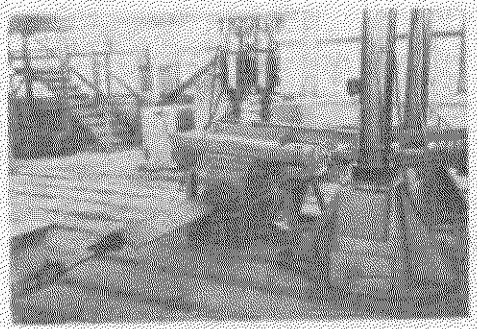


Рис.6. Стендовое испытание опытного образца опорной части с поперечной направляющей треугольного сечения.

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 125х16 мм, поставленного вверху полкой. Уголок усилен поперечными ребрами жесткости, а перья его соединены горизонтальной полосой толщиной 12 мм. Эта направляющая приваривается к двутавровому ригелю свайной опоры. Использование прокатного профиля несколько увеличивает силы сопротивления сдвигу /из-за увеличения угла α до 45^0 /[1], 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 трубу, в опорных частях типа ШИ и СП полностью унифицированы. Улучшена защита антифрикционных прокладок от засорения.

ЭКБ НИИСК разработаны рабочие чертежи опорных частей ПШ-1,4 /рис.7/ и СШ-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	Опорные части ШИ
Масса /всего/	кг	3695	2093
собственно опорная часть	кг	490	370
сварной ригель	кг	830	153
металлические сваи с опорными плитами	кг	2975	1570
Количество свай	шт.	3	2
Материалы			
нержавеющая сталь толщиной 1мм	м^2	2	1
фторопласт-4			
вкладыши	кг	4	2
стружка для уплотнения	кг	2	1
превесина	м^3	0,07	0,07

Применение опорных частей скользящего типа ШИ-1,4 и СШ-1,4 взамен рекомендуемых ВНИИСТом роликовых конструкций[1] 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 5 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

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

[1] Л.А.Корнунов и др. "Подвижные опорные части трубопроводов" в настоящем сборнике /рис.12, табл.5/.

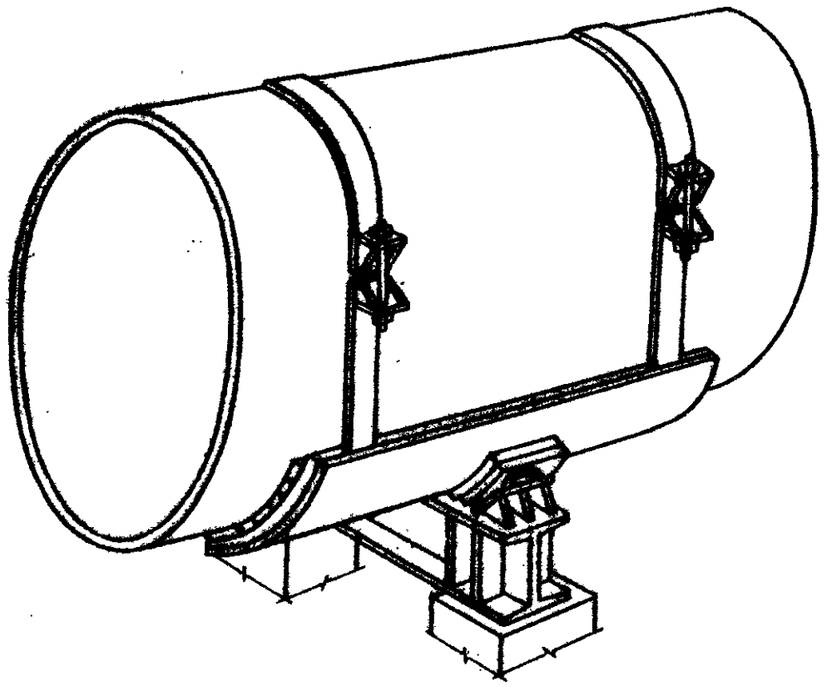


Рис. 7. Схема конструкции опорной части ШФ-1,4.

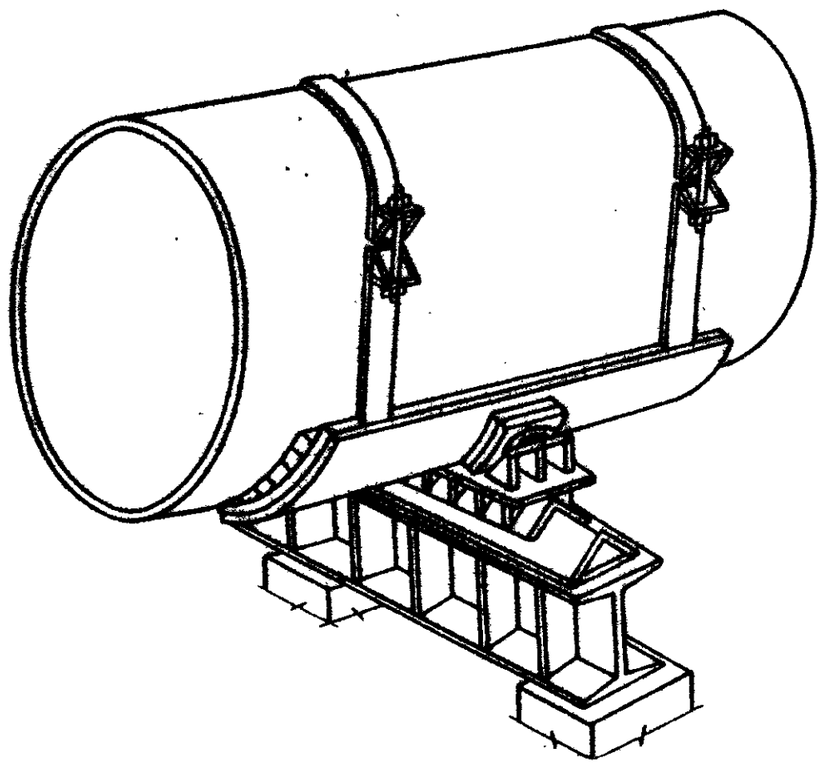


Рис.8 . Схема конотрукции опорной части СПФ-1,4.

/не более 10% принимаемой 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 сжатие".

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 отроительные 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 условным давлением до 100 кг/см^2 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., ЦИТП, 1963.

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

23. Типовые детали и конструкции зданий и сооружений. Серия ИС-01-07. Унифицированные сборные железобетонные двухъярусные эстакады под технологические трубопроводы. М., ЦИТП, 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., ЦИТП, 1972.

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

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

27. TGL -18204. Резиновые и слоистые опорные части мостов /проект отандарта ГДР/.

Литературные источники

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

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

30. Алексеев В.В., Пшеничников 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. Астряб 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., ВИНИТИ, 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 произвольном 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. Бородавкин 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 "т
чих" трубопроводов в виде упругонокривленной "змейки". - "Из
вузов, Сер. Нефть и газ", 1964, № 7.

48. Бородавкин П.П., Таран В.Д. Трубопроводы в сложны
условиях. М., "Недра", 1966.

49. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых те
М., "Машиностроение", 1968.

50. Вулканов А.В. Надземные газопроводы с самокомпенс
ей температурных напряжений. Опыт строительства и эксплуат
М., ВНИИСТ, 1959.

51. Вайнштейн В.Э., Трояновская Г.И. Сухие смазки и с
смазывающие материалы. М., "Машиностроение", 1968.

52. Васильев Б.Б., Гальперин А.И. Оптимальные геометр
кие параметры опирания тонкостенного трубопровода. - "Строите
ство трубопроводов", 1968, № 11.

53. Виноградов Ю.М., Васильев И.В. Опыт применения под
ников из фторопласта. М., Изд. ИТЭИН, 1956.

54. Виноградов Ю.М. и др. Исследование новых антифрикц
ных материалов на основе фторопласта для химического машино
ния. - В об.: "Применение материалов на основе пластмасс для
скольжения и уплотнений в машинах". М., "Наука", 1968.

55. Инструкция по проектированию надземных прямолинейн
трубопроводов со слабоизогнутыми участками. М., ОНТИ ВНИИСТ
1969.

56. Рекомендации по применению надземной прокладки тру
проводов на газовых и нефтяных промыслах. ЦНТИ, ВНИИСТ, 19

57. Указания по определению нагрузок, действующих на о
трубопроводов, и допускаемых пролетов между их опорами. М.,
ОНТИ ВНИИСТ, 1959.

58. Ганз С.Н., Пархоменко В.Д. Применение пластмасс в
лах трения. К., Изд. ИТИ, 1964.

59. Ганз С.Н., Пархоменко В.Д. Исследование деформаций
наполненных фторопластовых материалов. - "Пластические массы"
1964, №11.

60. Ганз С.Н., Пархоменко В.Д. Антифрикционные химичес
стойкие материалы в машиностроении. М., "Машиностроение", 1

61. Голиков С.П. Использование статистических данных пр
типовом проектировании стальных опор самонесущих трубопровод
"Промышленное строительство", 1968, № 4.

62. Горяинова А.В. и др. Фторопласты в машиностроении.
"Машиностроение", 1971.

63. Гостева Л.М. Влияние низких температур на трение и
нос металлополимерных пар. - "Труды Новочеркасского политехни
ческого ин-та", 1974, т.295.

64. Гриб В.В., Лазарев Г.Е. Лабораторные испытания мате
риалов 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 сооружение 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 фторопласты. К., "Техніка", 1965.

73. Истомин 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. Истомин Н.П. Изыскание оптимальных наполнителей для антифрикционных пластмасс на базе фторопласта-4. - В об.: "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", 1965, № 3.

78. Кокорев А.А. и др. Металлопластмассовый антифрикционный материал для изготовления свернутых втулок, работающих в условиях сухого трения. - "Порошковая металлургия", 1966, 12.

79. Кокорев А.А. и др. Металлофторопластовый 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 эксплуатации в Коми АССР/. М., ГОСИНТИ, 1960.

81. Конопасевич С.В. и др. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации магистральных газопроводов в С верных районах СССР.–"Газовая промышленность", 1967, № 5.

82. Конструкционные свойства пластмасс /физико-химичес основы применения/. Под ред.Э.Баэра. М., "Химия", 1967.

83. Копьев С.Ф. Теплофикация, теп. опотребление, теплов сети. М.–Л., Стройиздат, 1940.

84. Коршунов Д.А. и др. Результаты натурных обследован трубопроводных сооружений.–"Промышленное строительство", 19 № 6.

85. Коршунов Д.А. и др. Обследование эксплуатируемых т бопроводных сооружений.– "Строительные конструкции", 1969, вып.ХШ.

86. Коршунов Д.А. и др. Исследование работы промежуточ опоры трубопроводов.–"Промышленное строительство", 1970, №

87. Коршунов Д.А. и др. Опытное определение сдвигающих усилий в скользящих опорах трубопроводов.–"Строительство тр бопроводов", 1971, № 1.

88. Коршунов Д.А. и др. О применении закаленного стекл и шлакоситалла в опорных частях трубопроводов.–"Промышленное строительство", 1971, № 4.

89. Костецкий Б.И., Колисниченко Н.Ф. Качество поверх- ности и трение в машинах, К., "Техніка", 1969.

90. Крагельский И.В. Трение и износ. М., Машгиз, 1962.

91. Крагельский И.В. Трение и износ. М., "Машиностроени 1968.

92. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты тре ния. 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. Кутьков 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 свойст антифрикционных полимерных материалов.–В кн.:"Применение мат риалов на основе пластмасс для опор скольжения и уплотнения машинах", М., "Наука", 1968.

98. Лазар М. и др. Фторопласты. М.–Л., 1965.

99. Лейман П.Л., Диадимов Г.Л. Опыт проектирования и эк сплуатации магистральных газопроводов в условиях Крайнего Се ра.–"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.–"Научн.-техн.обзор. Сер. Проектирование и строительство трубопроводов и газонефтепромысловых сооружений", М., ВНИИЭгазпром, 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 об.:"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 об.: "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 об.: "Пластмассы как антифрикционные материалы", М., Изд-во АН СССР, 1961.

109. Натансон Э.М., Ульберг З.Р. Коллоидные металлы и металлополимеры. К., "Наукова думка", 1971.

110. Нестерова 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 тефлона /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., Спиридонов В.В. Расчет опор для надземной прокладки трубопроводов.–"Строительство трубопроводов", 196 № 4.

119. Петров И.П., Спиридонов В.В. Надземные переходы трубопроводов без компенсации продольных деформаций.–"Строительство трубопроводов", 1960, № 7.

120. Петров И.П., Спиридонов 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.11.

124. Плуталова Л.А. Антифрикционные материалы, работающие без смазки. М., Трудрезервиздат, 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.УI.

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 тефлона в мостовых подвижных опорах. Краткие сообщения.–"Гражданское строительство" (США), 1970, № 11.

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, наносимого 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. Скала Г.С. и др. Резиновые опорные части с антифрикционными прокладками из фторопласта.–"Транспортное строительство", 1968, № 5.

146. Скворцов А.А. Компенсационные устройства теплофикационных 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 об.: "Руководящие указания по проектированию тепловых сетей". М., ОНТИ, 1939.

150. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.-Л., Госэнергоиздат, 1963.

151. Спиридонов 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. Спиридонов В.В. Экспериментальные исследования работы надземного самокомпенсирующегося газопровода.–"Инженерные сети в условиях вечной мерзлоты", АКХ им.К.Д.Панфилова, 1962, вып.XII.

153. Спиридонов В.В. Рациональные системы прокладки тр
бопроводов в Западной Сибири и на Крайнем Севере. "Строител
во трубопроводов", 1966, № 4.

154. Спиридонов В.В. Новая система надземной прокладки
северных газапроводов. "Строительство трубопроводов", 1968,

155. Спиридонов В.В., Техман А.С. Для изучения работы
газопроводов в условиях Севера. "Строительство трубопроводо
1968, № 3.

156. Справочник по пластическим массам. Под ред.М.И.Г
бара 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 пластмассы о сталь в подшипниках скольжения сельскохо
зяйственных машин. В сб.: "Пластмассы в подшипниках скольжен
М., "Наука", 1965.

160. Справочник проектировщика. Проектирование тепловы
сетей, М., Стройиздат, 1965.

161. Харитонова Л.Д. Применение и фрикционные свойства
фторопластов при низких температурах. "Известия вузов. Сер.
Машиностроение", 1968, № 8.

162. Хуго И. и др. Конструкционные пластмассы. Свойств
и применения. М., "Машиностроение", 1969.

163. ЦНИИСК. Рекомендации по определению нагрузок на от
но стоящие опоры и эстакады под трубопроводы. М., Стройиздат
1973.

164. Чегодаев Д.Д. и др. Фторопласты. Л., Госхимиздат,
1960.

165. Черешкевич Л.В. и др. Фторопластовые подшипники,
работающие без смазки. Л., Машгиз, 1959.

166. Швеик Э. Трубопроводы высокого давления электрост
ций. М.-Л., Госэнерго издат, 1959.

167. Эдин В.К. Надземная прокладка трубопроводов. К.,
Стройиздат УССР, 1963.

168. Якимов Д.К. Расчет теплосетей и испытание опор и
компенсаторов. В сб.: "Тепловые сети", ОНТИ, 1936.

169. Andrä W., Beyer E., Vintergerst I. Versuche und Er
fahrungen mit neuen Kipp-und Gleitlagern. - "Der Bauingenieur
1962, 37, N 5.

170. Andrä W., Leonardt F. Neue Entwicklungen für Lager
von Bauwerken, Gummi und Gummitopflager. - "Die Bautechnik", 1

171. Beyer E., Wintergerst L. Neue Brückenlager, neue
Pfeilerform. - "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 propertiea. - "Machine Design", 29, 1957,
20.

174. Flom D.G., Forill N.T. Friction silding on teflon. -
"J. Applied Phys.", 1955, 26, 9.

175. Fluorocarbon plasties. - "Materials in Design Engi-
neering", 1964, 59, 2.

176. GHH Esslingen. Die zwei grössten Brückenlager der GHH.
Крупные мостовые опоры. Проспект фирмы /нем./.

177. Götz H. Gleitreibungsverhalten von PTFE geschmiert
und ungeschmiert, insbesondere bei tiefen temperaturen. - "Mine-
raloeltechnik", 1972, 17, 15.

178. King R.F., 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, 3.

183. Rohre gleiten frei. Rollenlager für Rohrleitungen. -
"Rohre, Rohrleitungsbau, Rohrleitungstransport", 1973, X, Bd.12,5-6.

184. Spaethe G., Mahlo G. Gummi and Polytetrafluoräthylen
als Werketoffe im Brückenbau. - "Die Strasse", 1966, 6. II.

185. The frictional properties of thermoplsetics. -
"Plastics", 1961, 26, 281.

186. Vetz H., Hakenjos V. Gleitreibungs - und Gleitver-
schleißversuche an Kunststoffen. - "Kunststoffe", 1969, 59, 3.

187. Wellinger K., Vetz H., Hakenjos V. Gleitreibungsver-
suche mit Tellon. - "VDI - Zeitschrift", 1962, 104, 28.

В.И.Скуцкий и Т.Ф.Корниенко,
инженеры

ПОДВИЖНЫЕ ОПОРНЫЕ ЧАСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Библиографический указатель изобретений

Таблица 1. Нумерационный перечень изобретений, включенных в указатель

№ документа	Пункт по табл.2	Наличие материалов в фонде НИИСК
1	2	3
Авторские свидетельства СССР		
50540	2.6	Полное описание
129077	3.6	То же
136124	3.11	"
174473	3.12	"
178615	1.52	"
178619	2.2	"
185636	3.16	"
186225	1.58	"
207584	1.51	"
211244	2.14	"
214959	1.55	"
229127	4.4	"
257722	1.20	"
257954	3.1	"
263337	2.11	"
284126	2.1	"
291066	4.8	"
307239	1.2	"
308143	1.38	"
308243	3.20	"
312088	1.56	Полное описа
316254	3.21	То же
319800	4.7	"
333306	3.15	"
355315	2.3	"
336442	1.57	"
363778	1.50	"
379809	3.2	"
387180	3.4	"
398801	2.5	"
404921	2.18	"
414352	4.11	Формула изобр
417568	4.14	То же
443221	1.3	Полное описа
447539	4.2	То же
450051	2.4	Формула изобр
451885	4.3	То же
451886	4.1	Полное описан
480769	1.42	То же
1745819/29-14	1.1	"
Патенты США		
2103811	3.3	Аннотация
2106956	4.10	"
2738151	3.5	"
2893669	2.8	"
3016219	3.8	"
3105252	1.6	Полное описание
3151015	1.48	Аннотация
3243236	1.43	Полное описание
3272570	3.18	То же
3288406	4.6	"
3298644	1.5	"
3301609	1.35	Полное описан
3306561	4.9	"
3315927	1.7	"
3329472	1.25	"
3342534	2.20	"
3349418	1.21	"
3350143	1.53	"
3390854	1.4	"
3398998	4.16	"
3417422	3.13	"
3422732	3.14	"

Продолжение табл.1

1	2	3
3427080	2.19	Полное описание
3436129	1.49	"
3436132	2.21	"
3467447	3.17	"
3472474	1.10	"
Патенты Англии		
883436	4.19	Полное описание
961823	1.44	Аннотация
961824	1.45	"
976069	1.14	Полное описание
987187	4.23	То же
989863	4.5	"
989955	3.10	"
991469	1.19	"
994426	4.32	"
994711	4.22	"
1025037	1.36	То же
1030365	1.29	"
1030608	1.24	"
1042397	1.26	"
1047805	1.8	"
1048249	3.9	"
1071619	1.16	"
1073536	4.21	"
1089431	1.54	"
1091611	1.27	"
Акцептированные заявки ФРГ		
8811762	2.15	Аннотация
864338	2.13	Полное описание
883683	3.7	То же
884225	2.7	Аннотация
1007576	1.12	"
1027018	2.12	Полное описание
1035988	2.9	Аннотация
1069437	2.10	"
1185207	1.46	Полное описание
1225452	1.11	То же
1230826	1.47	Аннотация
1233426	1.17	"
1263805	1.13	"
1264482	1.15	"
1284699	3.19	Полное описание
1284742	1.9	То же
1459949	1.28	Аннотация
1658897	1.30	Аннотация
1759755	4.28	"
1901771	4.24	"
1937593	1.34	"
1939450	4.31	"
2002270	1.32	"
2002271	1.33	"
2002979	4.30	"
2007767	4.13	"
2039631	1.40	"
2050691	4.17	"
2063746	4.25	"
2114391	4.27	"
2114662	4.26	"
2131920	2.17	"
2314900	1.18	"
Патенты Франции		
1362639	1.39	Полное описание
1589550	1.41	Аннотация
2049523	1.22	"
2089380	1.23	То же
2112701	4.20	"
2142638	4.18	"
Патенты Японии		
48-6229	2.16	Аннотация
48-27027	4.12	То 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
Байбородов 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
Гершгейн 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
ЖуковаН.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.Д. – 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
Кудьшин Н.В. – 4.3
Купчиков Б.Н. – 1.57
Курапов А.Е. – 1.3;4.2
Кутилин 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
Пацков 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
Скудкий В.И. – 1.1;1.42;4.1
Соколов С.М. – 4.8
Спиридонов В.В. – 3.1; 3.
Старцев В.М. – 1.20
Сторожук 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
Рейтин Б.З. – 2.3
Филимонова Г.Н. – 2.11
Фокин А.А. – 4.8
Хазан И.А. – 1.38
Цыганков Б.Я. – 1.3;4.2
Чичко Г.М. – 4.3
Швецов А.Н. – 1.52
Шипов 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
Fyfe 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
Herzog E.A. – 3.5
Huettner 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 E. – 1.4; 1.5
Schwarz E. – 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 ПИТЭП "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 металлополимерных систем АН Белорусской ССР – 1.56; 1.57.

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

Ленинградский филиал Всесоюзного института по проектированию организаций энергетического строительства "Оргэнергострой" – 2.3.

Львовское отделение Всесоюзного государственного ПИТЭП "Теплоэлектропроект" - 1.4.

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.

Союзный трест производственно-экспериментальных работ /"Союзгазспецстрой"/ - 1.1; 2.1.

США

Pabrecks Products Company	- I.35; I.36
General Tire Rubber Company	- I,2I
Grinnell Corporation, a Corporation of Delaware	- I,4; I,5
Union Carbide Corporation	- I.7;I.8;I.9;I.I0

Англия

Amper Industrial Products Limited	- I,24; I,25
Clacier Matal Company Limited	- I.27;I,28; I.54
Kins Developments Limited	- 4.29; 4.32

ФРГ

Continental Gummi - Werke AG	- I.34; 4.3I
Maschinenfabrik Esslingen	- I,44; I.45; I.46; 4.22
Orenstein Koppel AG	- 4.28
Solinger Hütte	- 4.I7

Франция

Usines Paulstra et M.Jean Morlon	- I,39

Швейцария

Firma Kober A.G.	- 4.I5; 4.25; 4.26; 4.27

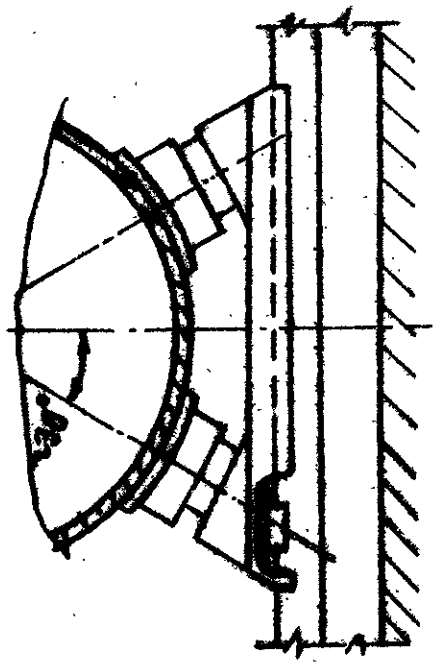
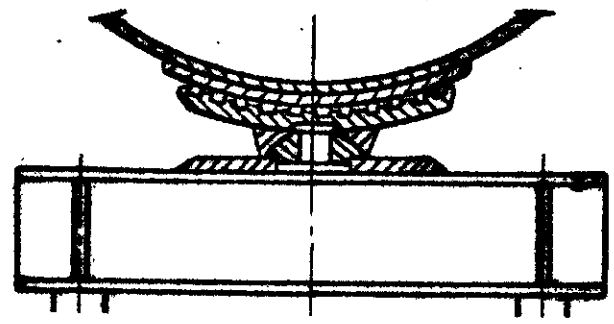
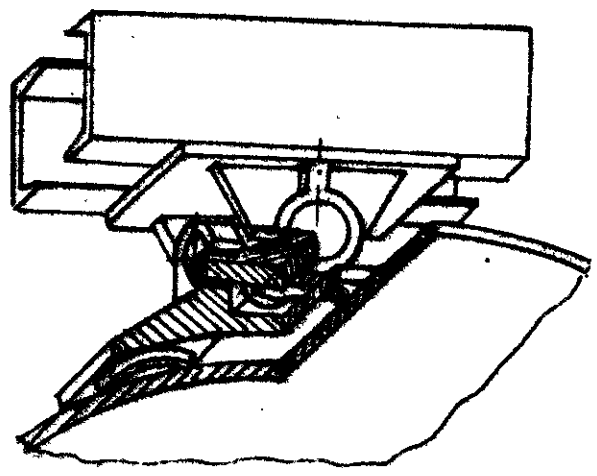


Таблица 2. Библиографический указатель изобретения

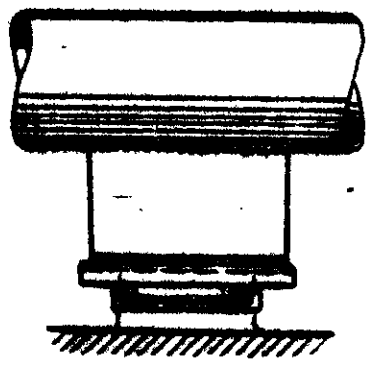
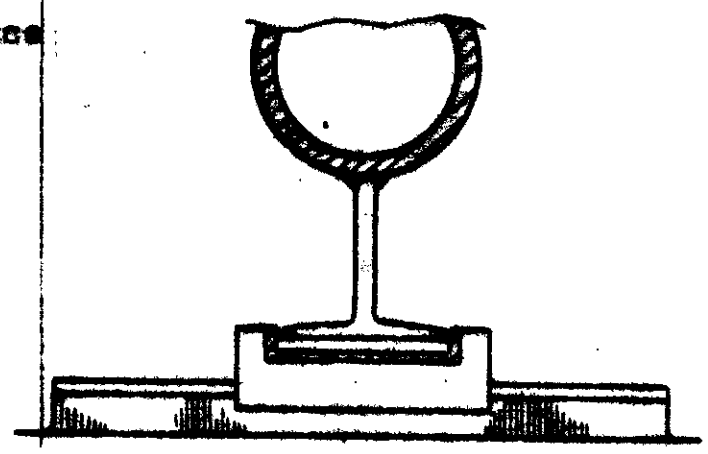
Экиз характерного элемента конструкции •

№ пп.	Страна, № патента, авт.свид. и т.п., дата подачи первичной заявки, страна приоритета	Классификация.индекс НКИ	Классификация.индекс МКИ	Заявитель, наименование изобретения, автор
I	2	3	4	5
	I. Конструкции типа			
I.I	СССР Заявка №I745819/29-I4 I5.II I972 СССР	3/I6		Научно-исследовательский институт строительных конструкций Государственный Союзпроектировальный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства /Гипроспецгаз/ и Государственный трест производственно-экспериментальных работ Аванесов А.С.; Вознесенский Л.Ф.; Горелик И.М.; Замаков А.А.; Золотарев М.Н.; Кантемиров С.О. Кортунов В.А.; Корчуганов Д.А.; Мокрушис Д.А.; Скушкин В.М. Способ трубопроводов

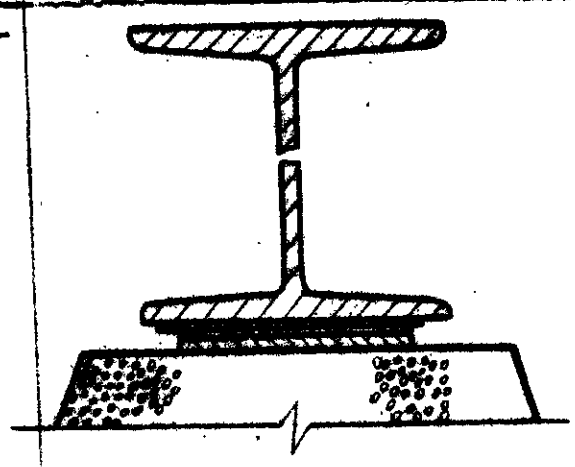
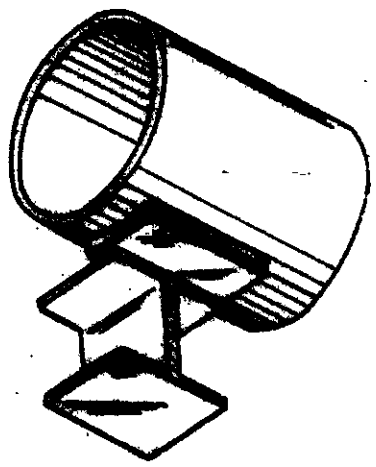
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.2	С С С Р № 307239 23.IУ 1970 С С С Р	3/18		Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства. ("Гипроспецгаз") Апарцев А.С., Контарович С.О. Опора надземного трубопровода	
1.3	С С С Р № 443221 10.IУ 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., Пилипенко Г.А., Цыганов Б.Я. Опора надземного трубопровода	

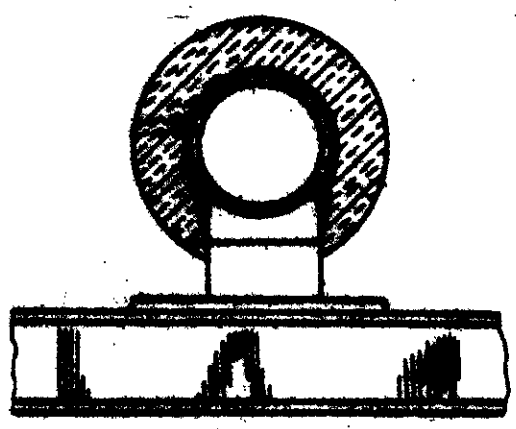
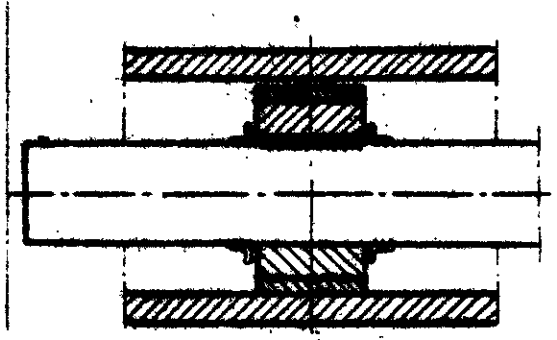
Продолжение табл.2

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

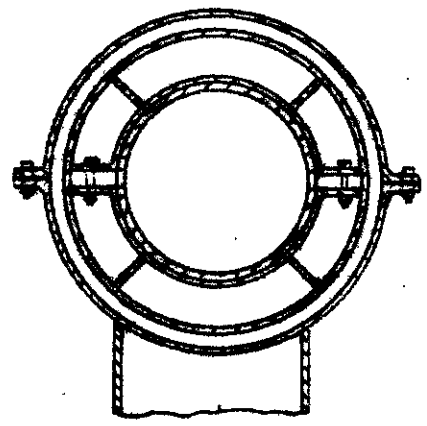
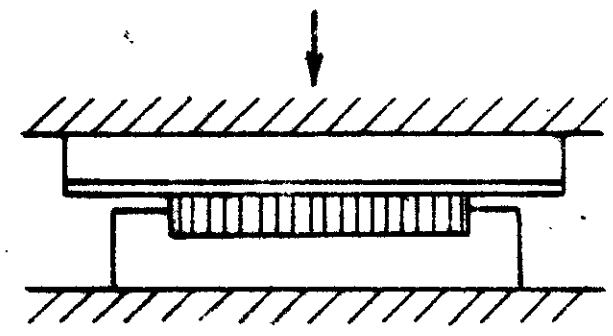
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.6	С Ш А № 3I05252 24.УШ I960 С Ш А	I4–I6		Merriman Broa, a Corporation of Massachusetts Robert L. Milk Скользящая и поворачивающаяся подшипниковая опора	
I.7	С Ш А № 33I5927 27.УI I966 С Ш А	248–55		Union Carbide Corporation John F. Malloy and William C.Turner Опорная прокладка	
I.8	Англия № I047805 23.УI I966 С Ш А	F2D34 F2A4	F06C 60Iz	Union Carbide Corporation John F. Malloy and William C. Turner Опоры труб	По п.I.7

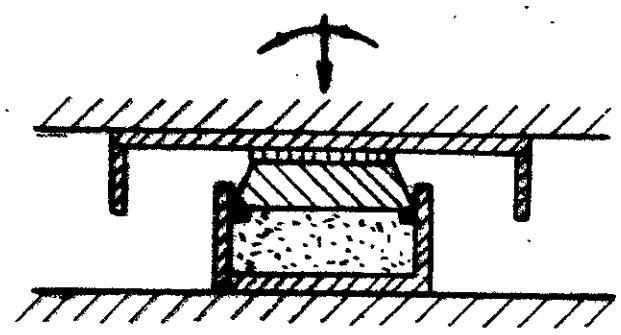
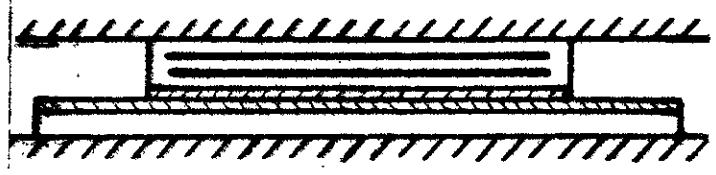
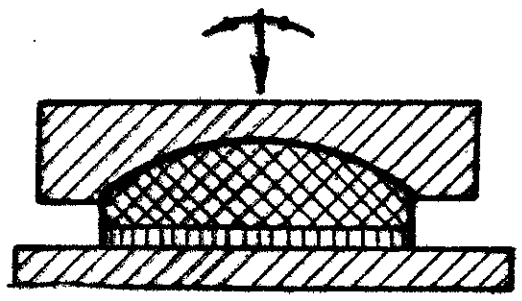
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.9	Ф Р Г № I284742 27.УI I966 С Ш А	47 f I–3/I8		Union Carbide Corporation John F. Malloy, William C. Turner Скользящая опора для трубопроводов	По п.I.7
I.I0	С Ш А №3472474 25.XI I966 С Ш А	248–55	I6 3/I6	Union Carbide Corporation Bruce A.Fountain, Neil E.Johnson, William C. Turner Скользящая опора для трубы, имеющей изолирующее покрытие	
I.II	Ф Р Г № I225452 28.Ш I963 Ф Р Г	47 f 2/03	F I6C	Kraftanlagen A.G. H.Gadow Подвижная опора для трубопроводов, уложенных в кожухе и подверженных тепловым деформациям	

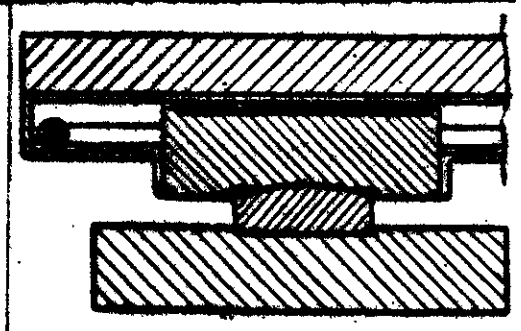
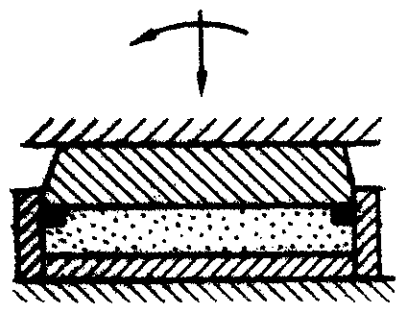
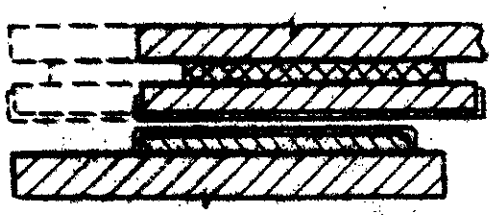
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.12	Ф Р Г № 1007576 (опубл. 24.X 1957) Ф Р Г	47f 2/03	F06 l	Essener Hochdruckkohrleitungsbau 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 Andrä Loius Wintergerst Подвижная опорная часть скольжения для мостов или тому подобных сооружений	
1.14	Англия № 976069 18.УП 1962 Ф Р Г	F2A (4,6Al, 21)	F06 c	Wlofhart Andrä Loius Wintergerst Подшипник для мостов	По п.1.13

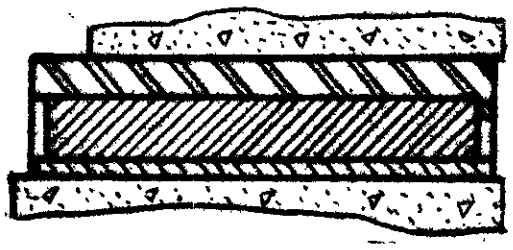
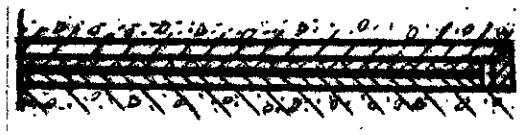
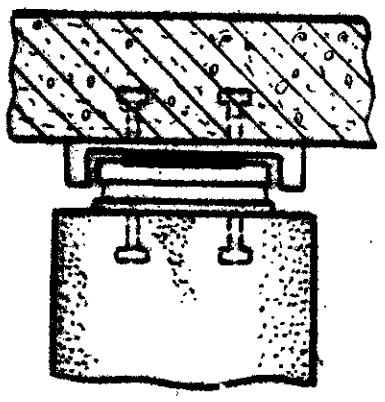
Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
1.15	Ф Р Г № 1264482 (публ. 1968) Ф Р Г	19d 19/04		Wolfhart Andrä Loius Wintergerst Качающаяся подвижная опора для мостов и тому подобных сооружений	
1.16	Англия № 1071619 24.УI 1964 Ф Р Г	F2A (4,6Al, 24)	F16c	"Cumba" Cummi in Bauwe-aen 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	

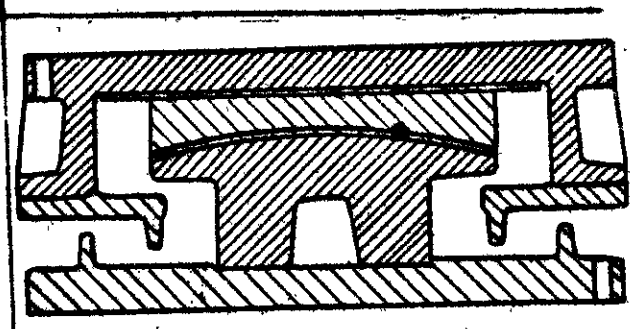
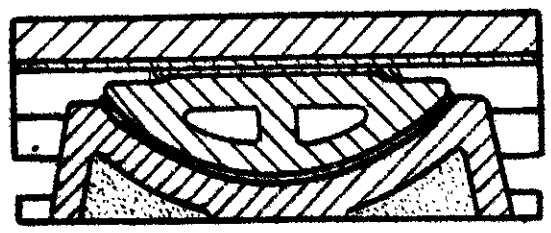
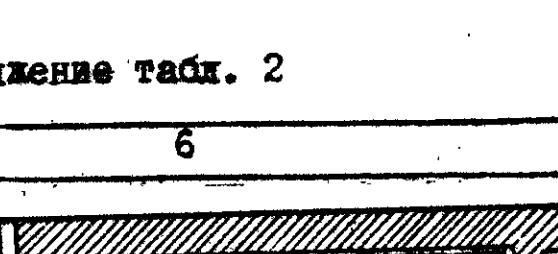
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.18	Ф Р Г № 2314900 26.III 1973 Ф Р Г	19d 19/04	F01d 19/04	Konstruktions - und Vertriebsbho GmbH. Fritz Kreutz Скользящая опора для мостов	
1.19	Англия № 991469 13.VI 1961 Ф Р Г	F2S (6D2C, 6D2D	F06f	W.Andra Пружинящие опоры	
1.20	С С С Р № 257722 19.IV 1968 С С С Р	37a, 1/36	E04b	Научно-исследовательский институт бетона и железобетона и Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных 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 строительных элементов	

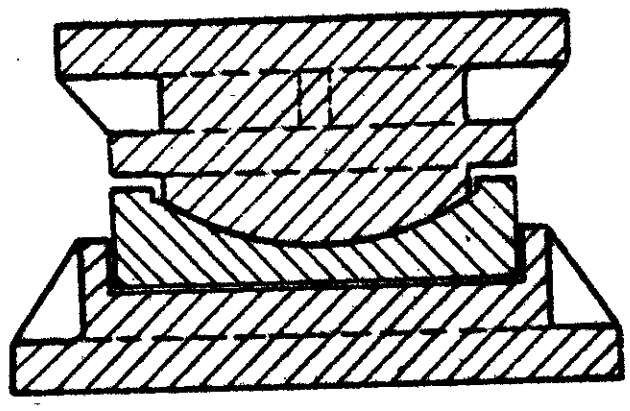
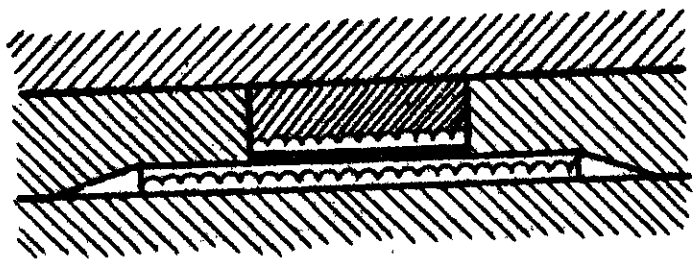
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.21	С Ш А № 3349418 20.VII 1965 С Ш А	14-16	E01d 19/04	General Tire Rubber Company Richard D. Hein Опоры с низким коэффициентом трения для строительных конструкций	
1.22	Франция № 2049523 12.VI 1969 Франция		E01d 19/00	Societe Tequnique pour l'Utilisation de la Precontrainte J.Casanova Опорная часть для искусственных сооружений	
1.23	Франция № 2089380 13.IV 1970 С Ш А		F01d 19/00 E04b 1/00	Edward Robert Fyfe Опорное устройство для конструкций мостов и зданий	

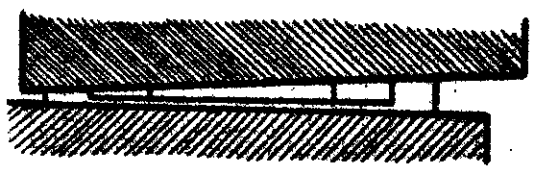
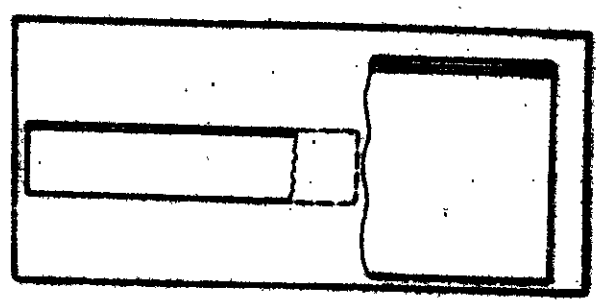
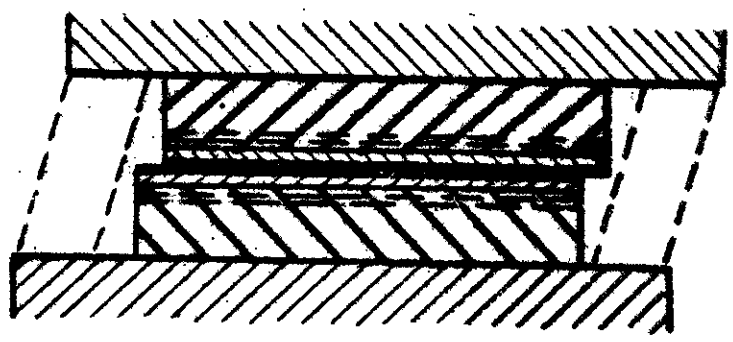
Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
1.24	Англия № 1030608 13.УШ 1963 Англия	F2A (4,6Al 10B, 10D, 10E, 23,24)	F06C	Amper Industrial Products Limited Gerald Lowe Donnelan and Cedric Geor 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 (4,6Al, 10B,24)	F06C	P.S.C. Equipment Limited John Baron Garnett Опоры	
1.27	Англия № 1091611 6.У 1963	F2A (4,6Al, 10B,	F16C 29/02	Clacier Matal Company Limited Подшипники	

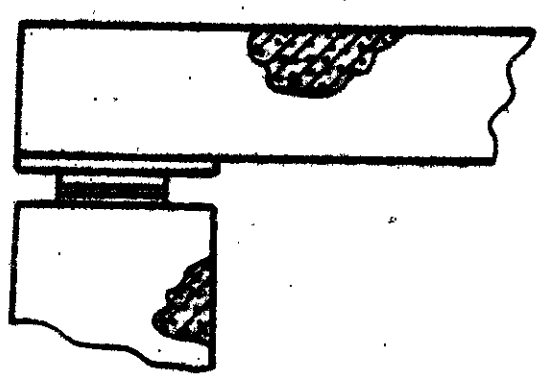
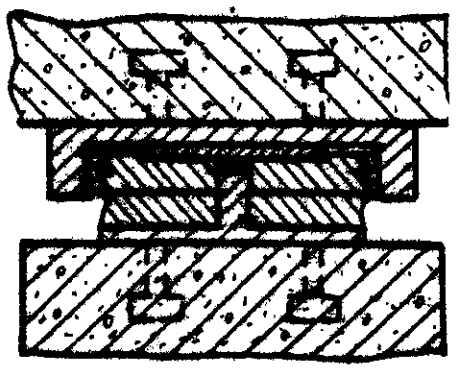
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.28	ФРГ № 1459949 6.У 1963 Англия	37 a I/36	E04b I/36	Clacier Metal Company Limited Conway-Jonea, John Michael, Niegel Wickham Балансирная скользящая опора для строительных целей	По п.1.27
1.29	Англия № 1030365 15.IУ 1964 Англия	F2A (4,6Al, 10B,23, 24)	F06C	George Richard Shaw Подшипники	
1.30	ФРГ № 1658897 20.УП 1966 Швейцария	37 a I/36	E04b I/36	F.Kilcher Опора скольжения для строительных элементов	
1.31	США № 3520096 20.УП 1966 Швейцария	52-396	E04b I/36 E01C 19/04	F.Kilcher Вкладыш между частями зданий	По п.1.30

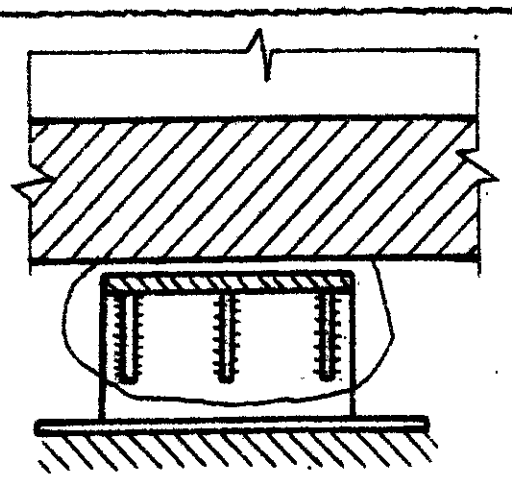
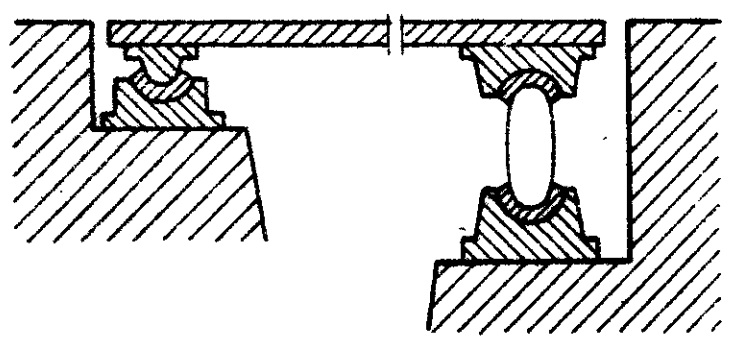
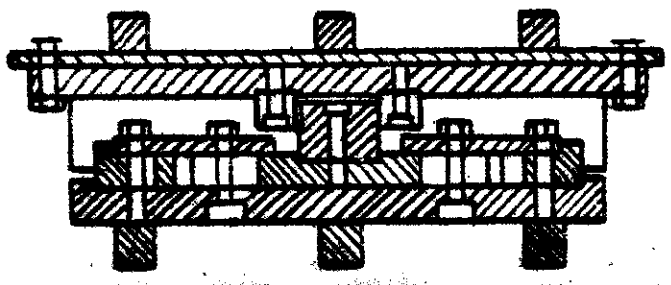
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.32	Ф Р Г № 2002270 20.I 1970 Ф Р Г	37a I/36	E04b I/36	Mayer geb. Schweers Karl Mayer Скользящая опора	
I.33	Ф Р Г № 2002271 20.I 1970 Ф Р Г	37a I/36	E04b I/36	Meyer geb. Schweers Karl Meyer Скользящая плита	
I.34	Ф Р Г № 1937593 11.2 1971 Ф Р Г	37a I/36	E04 I/36	Continental Gummi - Werke AG Walter Batterman Эластичная опора для строительных конструкций	

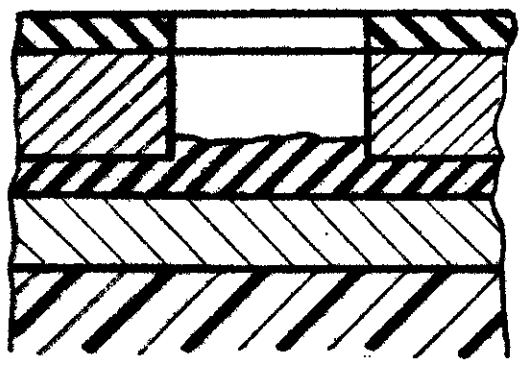
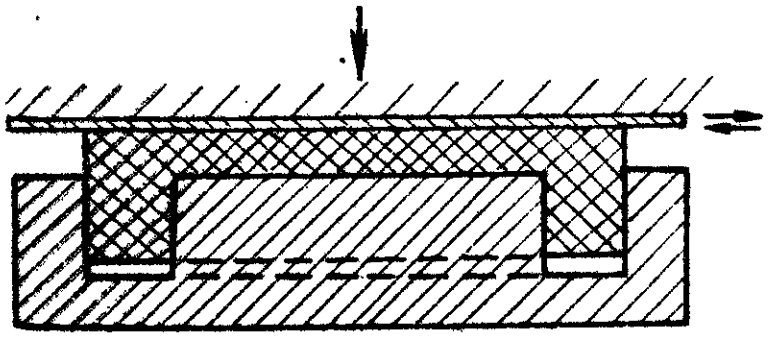
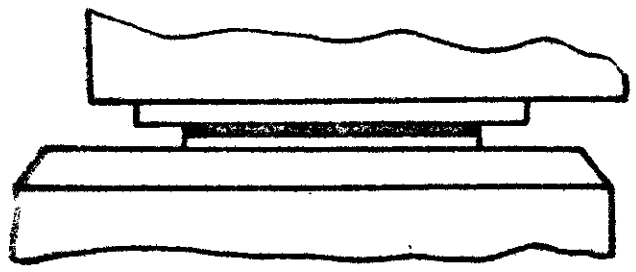
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.35	С Ш А № 3301609 23.XII 1963 С Ш А	308-3		Fabrecks Products Company D.H.Palfreyman Несмазываемое антифрикционное устройство	
I.36	Англия № I025037 23.XII 1963 С Ш А	F2A (4,6Al) BSN245 2N3,16B E16,90	F08c, B32b, E01f	Fabrecks Products Company D.H.Palfreyman Опоры	По п.I.35
I.37	С Ш А № 3806975 13.IV 1970 С Ш А	I4-I6	E01d I9/06	Elastometal Limited Edward R. Fyfe шарнирные опоры строительных конструкций	

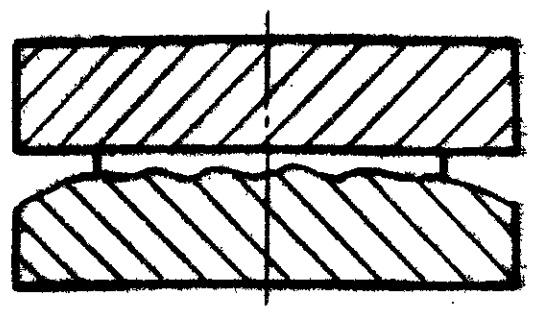
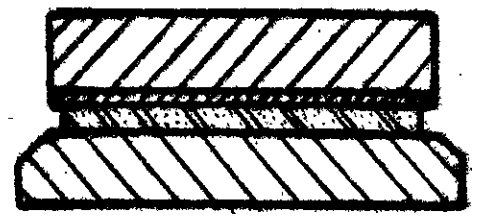
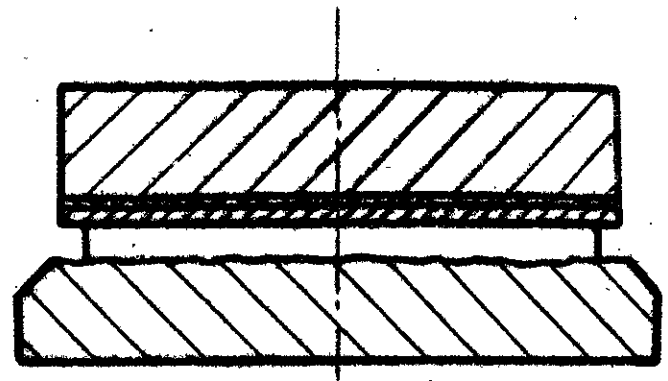
Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
1.38	СССР № 308143 25.X 1968 СССР		E01d 21/00	Киевский филиал Государственного 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.IУ 1963 Франция		E01d	Usines Paulstra et M.Jean Morlon Усовершенствования, относящиеся к мостовым опорам и их частям	
1.40	ФРГ № 2039631 10.УШ 1970 ФРГ	19d 19/04	E01d 19/04	Demag A.G. Wolfgang Kauschko Направляющая опора для мостов и других несущих сооружений	

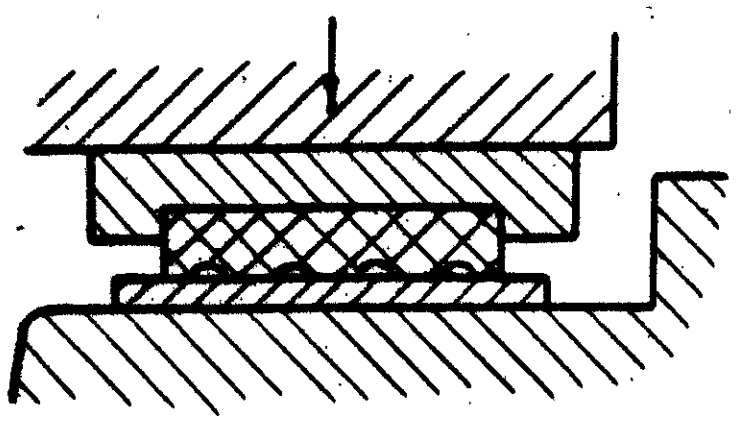
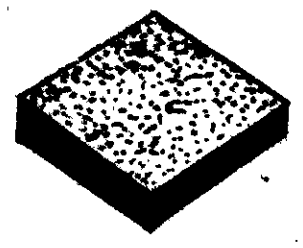
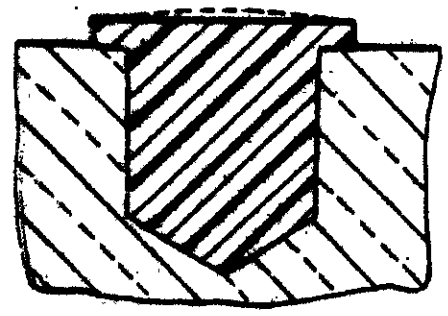
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.41	Франция № 1589550 17.X 1968 Франция		E01d	Societe Teqhnique pour l'Utilisation de la Precontrainte J.Casanova Скользящие опорные части для искусственных сооружений	
1.42	СССР № 480769 4.УI 1973 СССР			Научно-исследовательский институт строительных конструкций Коршунов Д.А., Скуцкий В.И, Вознесенский Л.Ф. Антифрикционный вкладыш	
1.43	США № 3243236 25.УП 1963 США	308-3		John M.Graham Низкофрикционные опорные прокладки	

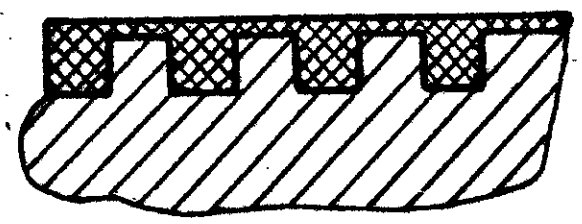
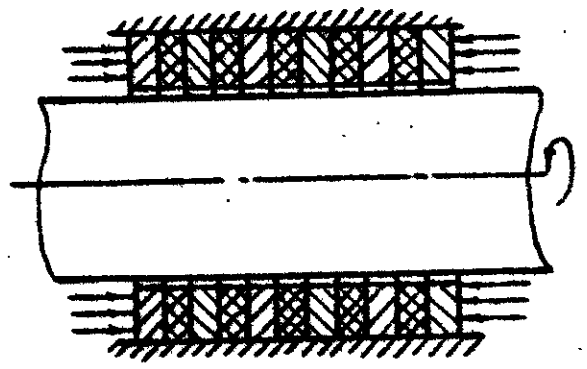
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
I.44	Англия № 961823 26.I I963 Ф Р Г	F2A	F06c	Maschinenfabrik Esslingen ——— Опоры для мостов и других конструкций	
I.45	Англия № 961824 29.I I963 Ф Р Г	F2A	F06c	Maschinenfabrik Esslingen ——— Опоры для мостов и других конструкций	
I.46	Ф Р Г № II85207 29.I I963 Ф Р Г	I9d I9/04	F01d	Maschinenfabrik Esslingen Karl Bayer Скользящая /подвижная/ опора для мостов и тому подобных сооружений	

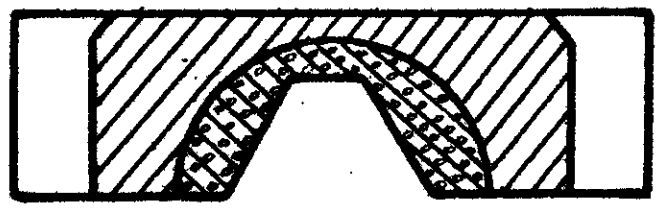
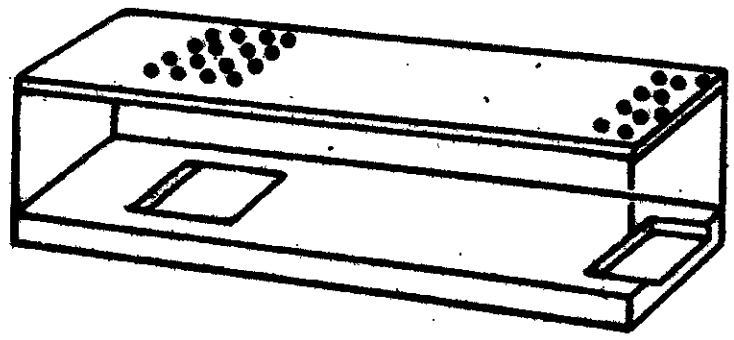
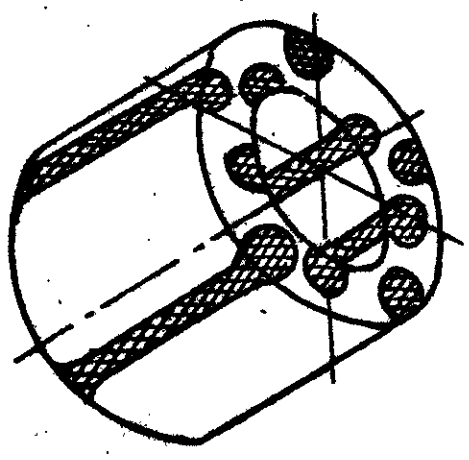
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
I.47	Ф Р Г № I230826 25.4 I964 Ф Р Г	I9d I9/04	F01d	Gutehofnungshutte Sterkrado Aktiengesellschaft W.Andrä, E.Beyer, L.Wintergerst K.Bayer Скользящая опора для мостов или подобных сооружений	
I.48	С Ш А № 3151015 30.I I96I С Ш А	I6I- -I58		American Brake Shoe Company a Corporation of Delaware Arvon M. Griffith Подшипники ———	
I.49	С Ш А № 3436I29 9.I I967	308-3	F16c, 33/22 33/26 F01d I9/06	Robert A. James Подшипник	

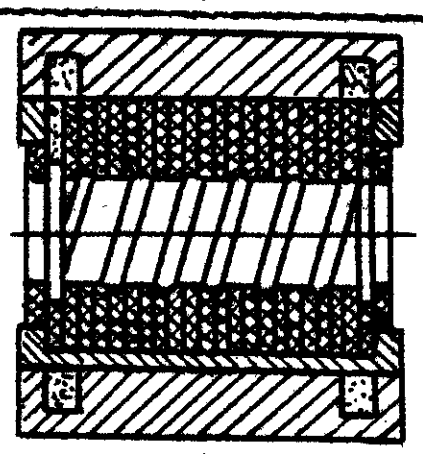
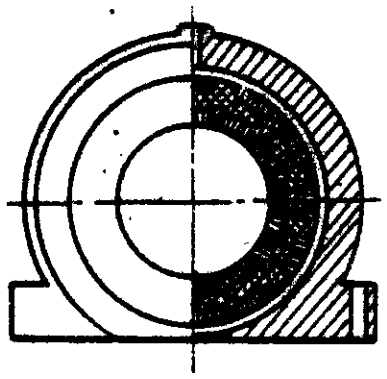
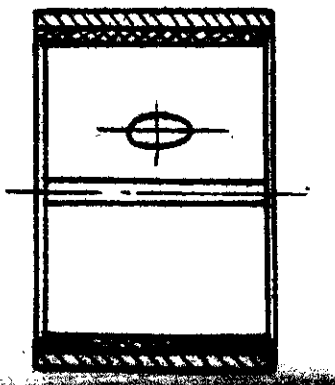
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
1.50	С С С Р № 363778 25.I 1971 С С С Р		E01d 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	47в,9	F06c	Шевцов А.В., Краузе Г.Н., Карпышев М.С., Кутилин Н.Д., Барбаш И.Д. и Мирзоев Р.Г. Подшипник скольжения	
1.52	С С С Р № 178615 23.У 1963 С С С Р	47в,9	F06c	Краузе Г.Н., Швецов А.Н., Гольдинов Г.В. Сборный вкладыш подшипника скольжения	

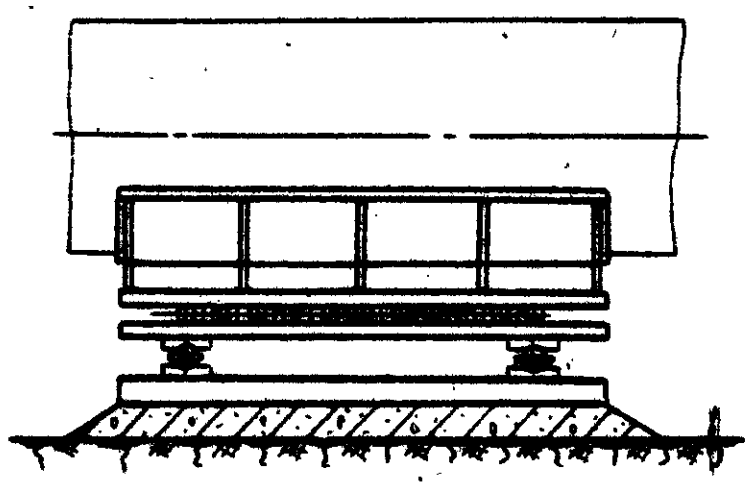
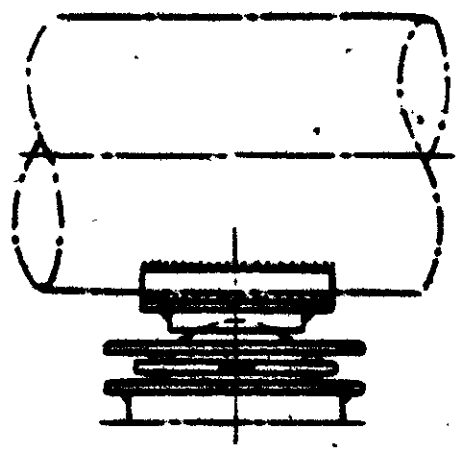
Продолжение табл.2.

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, смазываемая фторуглеродистой смазкой	
1.54	Англия № 1089431 3.I 1964 Англия	F2A	F16c	Glacier Metal Company Limited ——— Подшипники, пропитка пористых материалов	
1.55	С С С Р № 214959 19.I 1967 С С С Р	47в,9	F06c	Московский институт электронного машиностроения Никитин Г.А., Папцов Г.М. Подшипник скольжения с твердой смазкой	

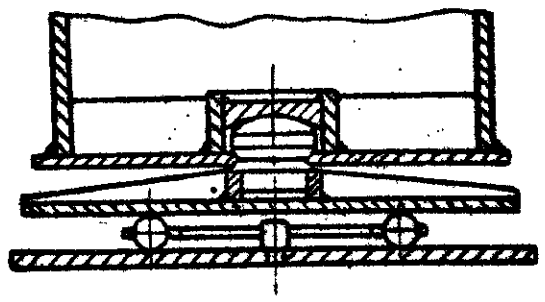
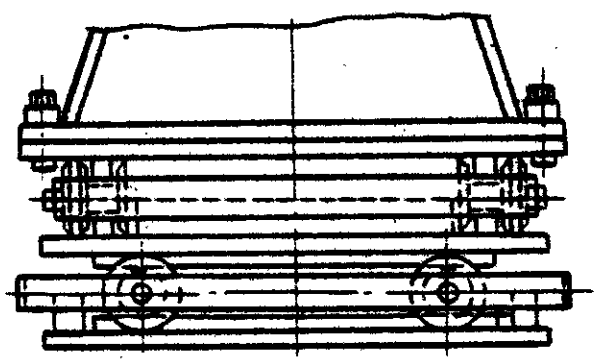
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
I.56	СССР № 312088 12.I 1970 СССР		F16c 33/04	Институт механики металлополимерных систем АН БССР Сысоев П.В., Кухаренко Л.Б., Новиков К.С., Корщунов А.И., Емельянов Н.И. и Гереншгейн А.Н. Подшипник скольжения	
I.57	СССР № 336442 16.VI 1970 СССР		F16c 27/02 F16c 33/04	Институт механики металлополимерных систем АН БССР Белый В.А., Купчинов Б.И., Врублевская В.И., Бороуля М.В. Подшипник скольжения	
I.58	СССР № I86225 22.X I963 СССР	47в,9	F06c	Сойфер А.М., Коднир Д.С., Байбородов Б.И. Трехслойный подшипник скольжения	

Продолжение табл.2

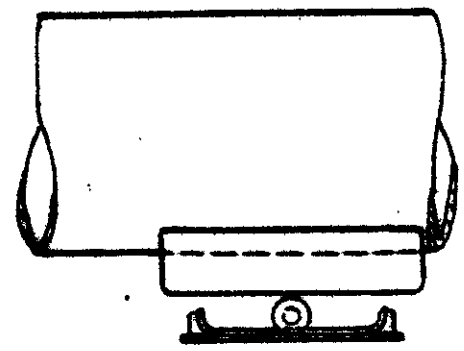
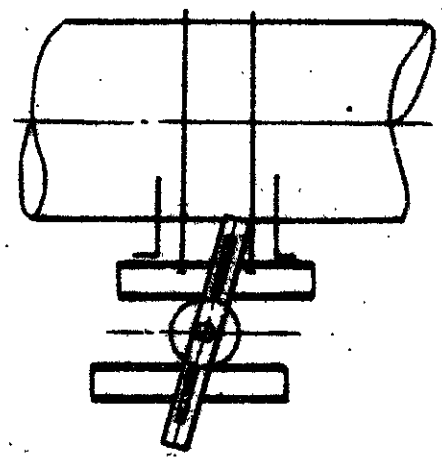
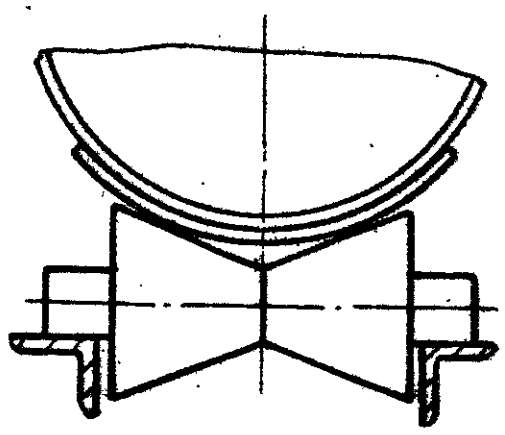
I	2	3	4	5	6
				2. К о н с т р у к ц и и к а т к о в о г о т и п а	
2.I	СССР № 286426 25.VII 1969 СССР	47f 2/03	F16l 3/16	Трест "Союзгазспецстрой" Кортунов В.А., Моргулис Л.А., Золотарев М.П., Карпачев В.И., Коптев А.Л. и Жаров В.В. Опора для надземного трубопровода	
2.2	СССР № I78619 I9.X I964 СССР	47f I2	F06c	Всесоюзный государственный ПИТЭП "Теплоэлектропроект" Далин А.М., Бурягина В.И., Жукова Н.А. Шариковая опора	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.3	СССР № 355315 3.IX 1964 СССР		F04 b, 1/36	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		F16l, 3/16	Львовское отделение Всесоюзного государственного ПИТЭЭП "Теплоэлектропроект" Маевский Ю.А., Немоловский В.Н. Опора для трубопроводов	
2.5	СССР № 398801 23.VI 1971 СССР		F16l 37/14	Гаврилов В.Г., Денисов А.А., Зайцев Э.А. и Маркова М.Ф. Опора для крепления трубопровода	

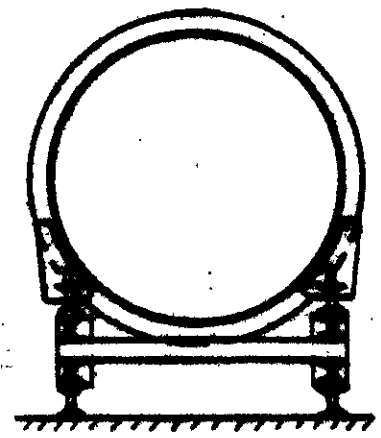
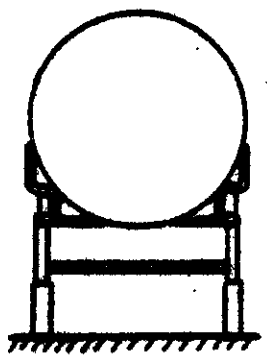
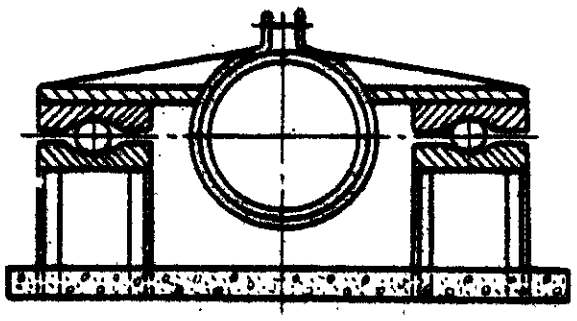
118

Продолжение табл.2

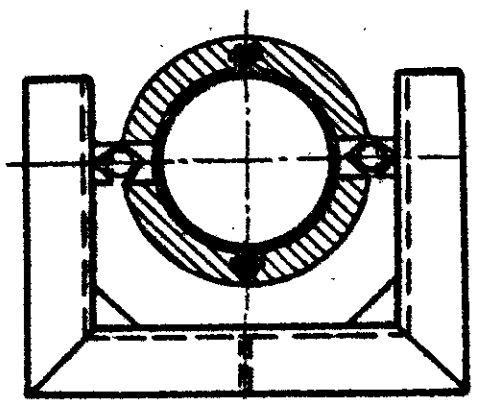
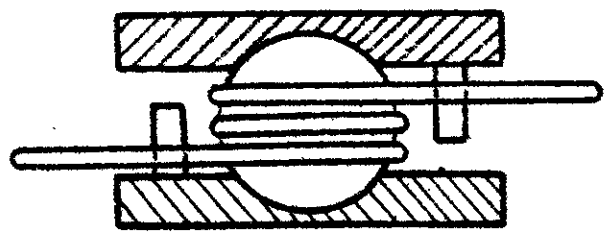
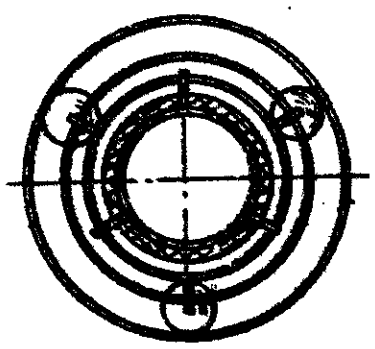
I	2	3	4	5	6
2.6	СССР № 50540 20.IV 1936 СССР	47f 2	F16l, 03/18	Тоншев В.А. и Шнейдер О.В. Катковая опора для труб	
2.7	ФРГ № 884255 (опубл. 23.VI 1953) ФРГ	47f 2/03		Borsig A.G. Катковая опора для трубопроводов	
2.8	США № 2893669 23.XI 1956 США	248-55		Kindorf O.C. Kindorf O.C. Опора для трубопровода	

119

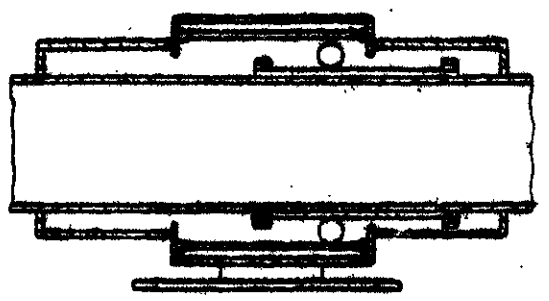
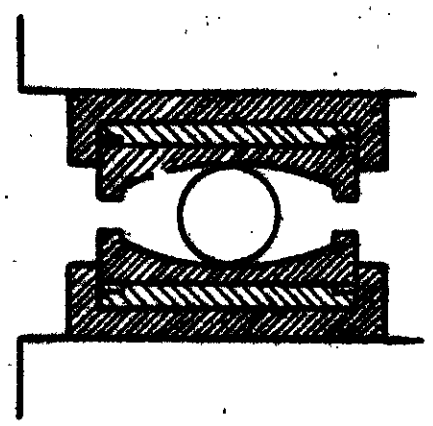
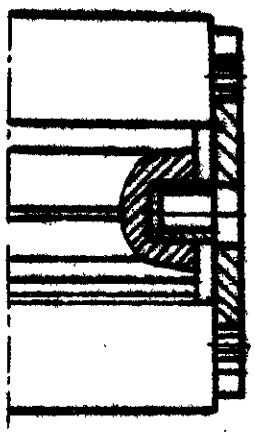
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.9	Ф Р Г № 1035988 /опубл. 15.I 1959/ Ф Р Г	47f 2/03	F06l	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	47f 2/03	F06l	FA. G. Kuntze ——— Подвижная опора для подземных трубопроводов	
2.11	СССР № 263337 27.У 1968 СССР	47f 2/01	F06l	Норильский ордена Ленина горно-металлургический комбинат им.А.П.Завенягина и Красноярский институт "ПромстройНИИпроект" Лютов А.В., Филимонова Г.Н. Шаровая опора для наземного трубопровода	

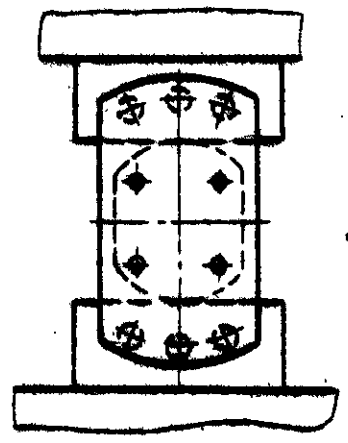
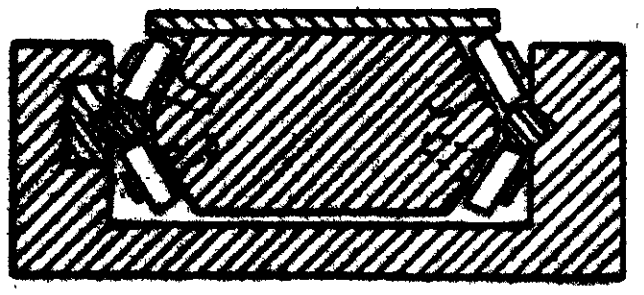
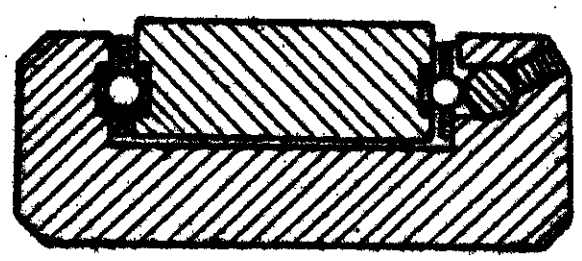
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
2.12	Ф Р Г № 1027018 14.XI 1956 Ф Р Г	47f 2/03	F06l	——— Willi Keil Перемещающаяся вдоль оси опора трубопроводов	
2.13	Ф Р Г № 864338 5.УI 1952 Ф Р Г	47f 2/03	F06l	Essener Hochdruck-Rohrleitungsbau Gesellschaft mit Beschrankter Haftung Otto Fastenrath Подвижная опора для трубопроводов и других конструкций	
2.14	СССР № 211244 5.I 1967 СССР	47f 2/01	F06l	——— В.И.Сульженко Подвижная опора	

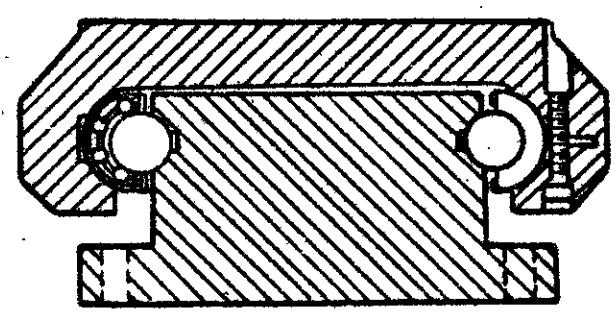
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
2.15	Ф Р Г № 811762 /опубл. 23.УШ 1951/ Ф Р Г	47f 2/01		Essener Hochdruck-Rohrleitungsbau Gesselschaft mit Beschrankter Haftung Опоры для продольного перемещения труб, снабженные шарами или роликами	
2.16	Япония № 48-6229 8.X 1969 Япония	87c 14, 86/4/ A6	F01d 19/04	Оирэсу Коге К.К. Роликовая опора моста	
2.17	Ф Р Г № 2131920 21.УI 1971 Ф Р Г	19d 19/04	F01d 19/04	Konstruktions - und Vertriebsbüro GmbH Fritz Kuntz Мостовая опора	

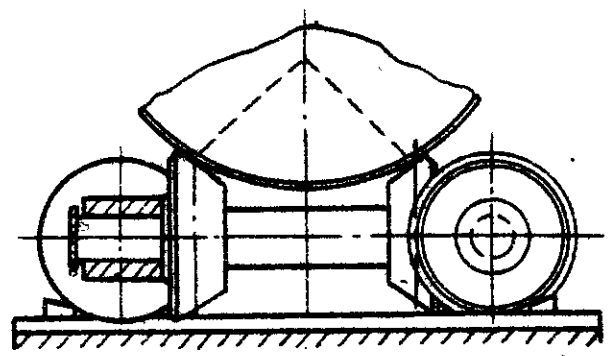
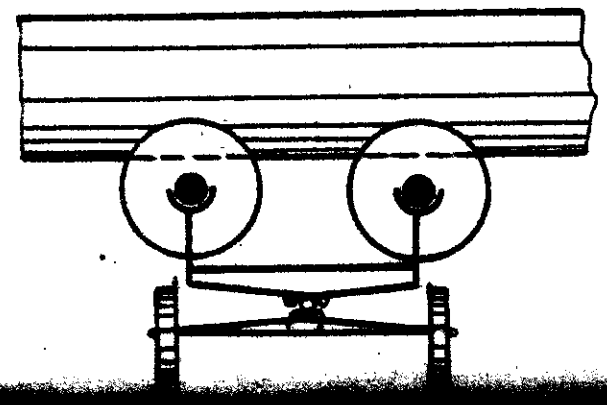
Продолжение табл.2

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	С Ш А № 3427080 17.IX 1966 С Ш А	308-6	F16c, 17/00, 21/00, 19/00	Leo E. Folk Несущее устройство с роликами и направляющим стержнем	
2.20	С Ш А № 3342534 12.IУ 1965 С Ш А	308-6	F16c	Grace Hornbrook Manufacturing Coo. Francis N. King Направляющее устройство шарикового подшипника	

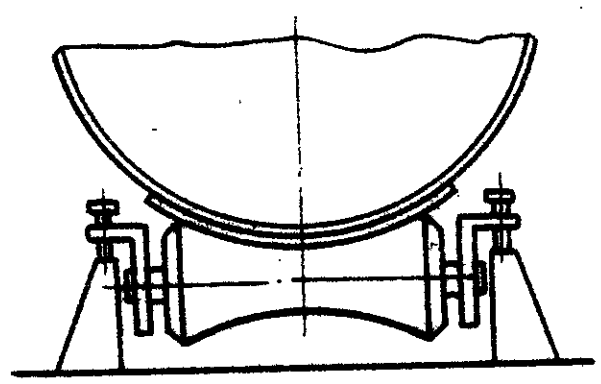
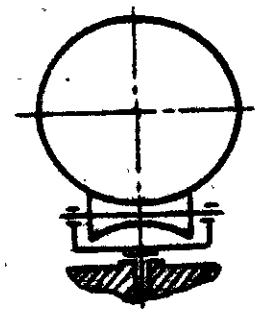
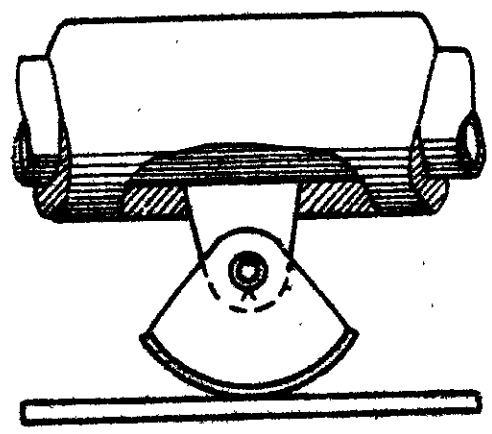
Продолжение табл.2

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

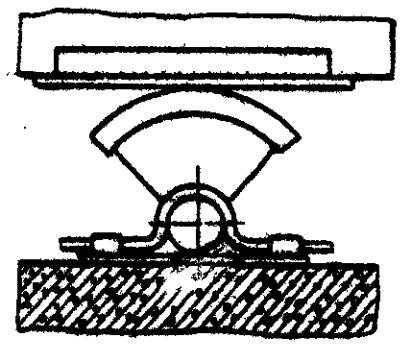
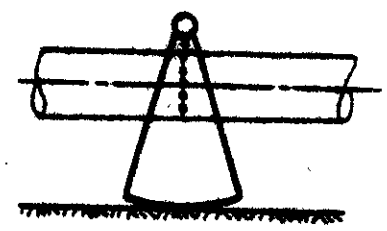
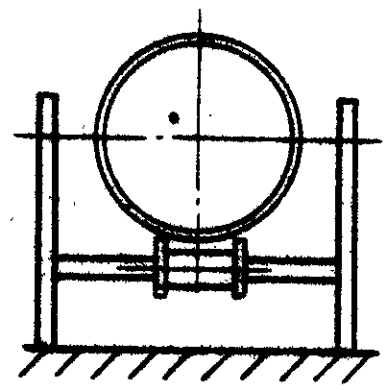
3. Конструкции роликового типа

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. Ш 1968 СССР		F16 l 3/16	Спиридонов В.В. Роликовая опора под трубопровод	

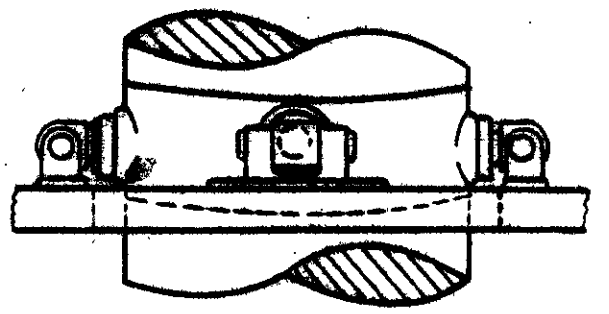
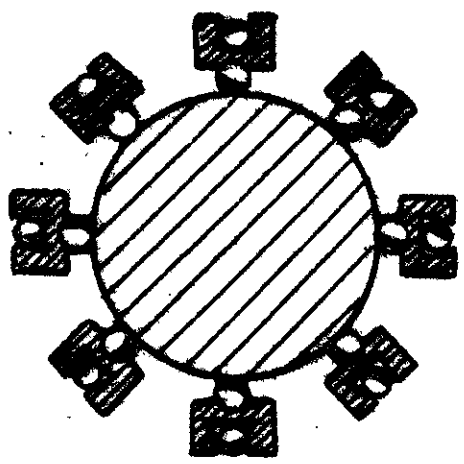
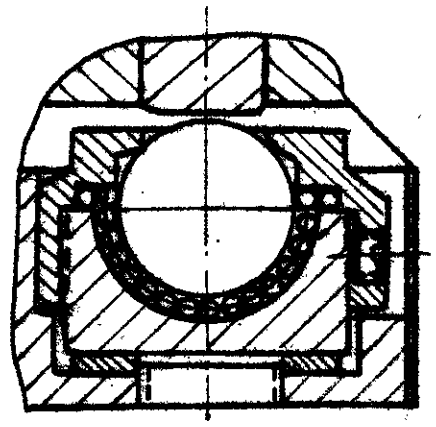
Продолжение табл.2

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

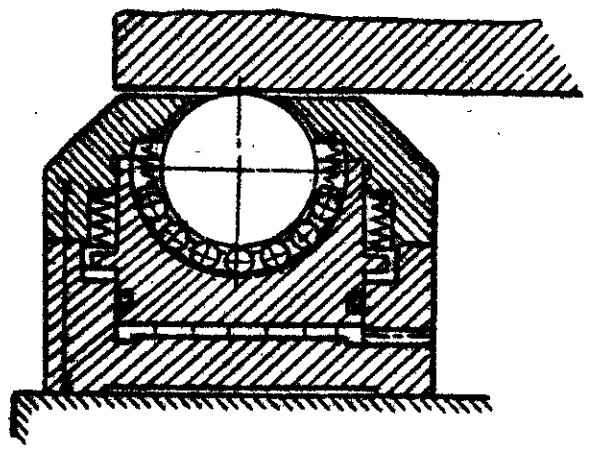
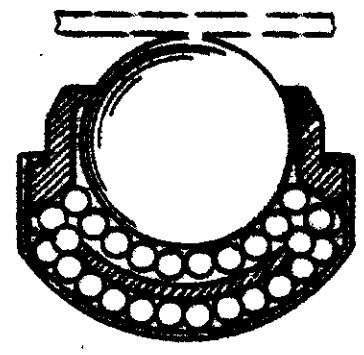
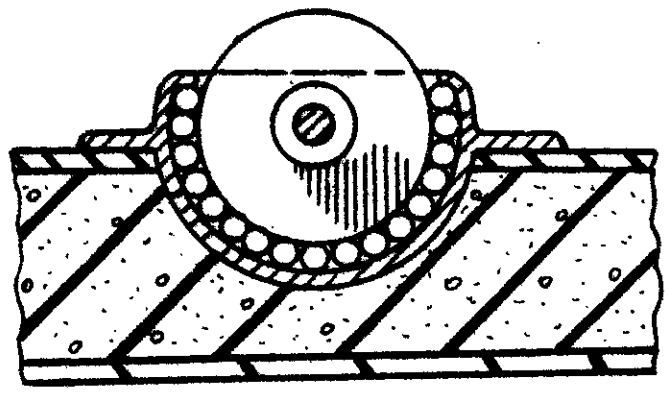
Продолжение табл.2

1	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 /опубл. 20.VI 1953/ Ф Р Г	47f, 2/03		Borsig A.G. Роликовая опора для трубопроводов	
3.8	С Ш А № 3016219 30.VI 1958 С Ш А	248-55		Conch International Methane Ltd Murphy I.A. Опора трубопровода для сжиженных газов	

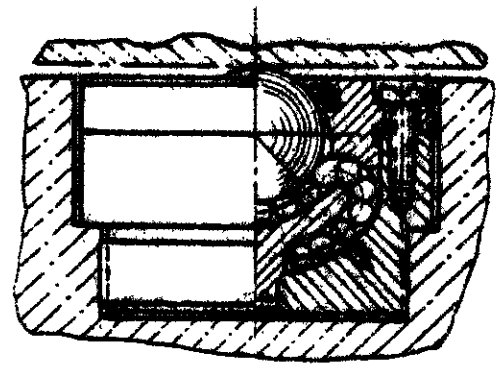
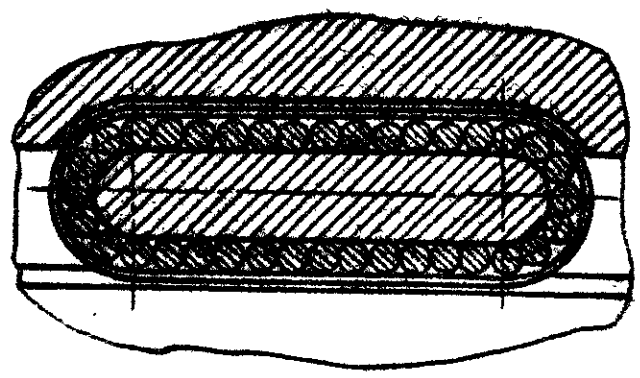
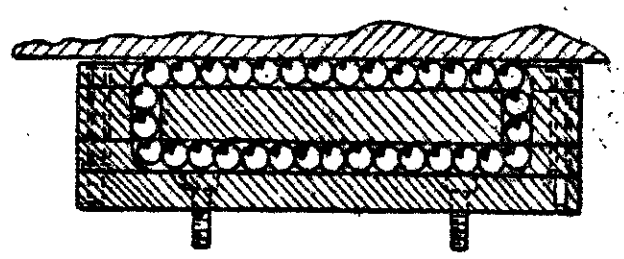
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
3.9	Англия № 1048249 29.X 1963 Англия	F2 P34 E2F (1K3,4Y)	F 06(	Joseph Lucas (Industries)Limited Опоры для труб	
3.10	Англия № 989955 15.X 1960 Ф Р Г	F2A4	F 06(	Firm Emil Fichthorn Erwin Schwarz Опоры для прямолинейного движения	
3.11	СССР № 136124 12.III 1960 СССР	47b, 12		Каллистии В.В. Шаровая опора	

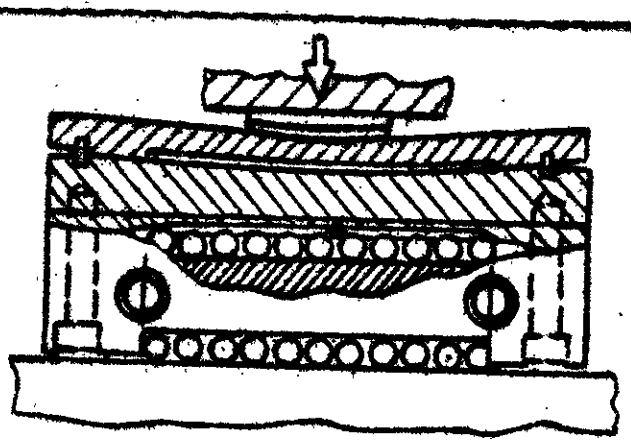
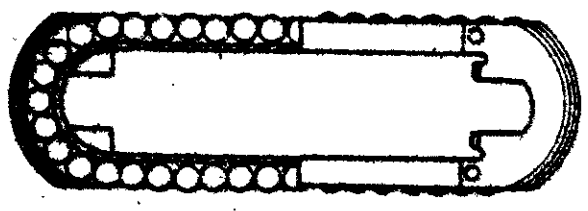
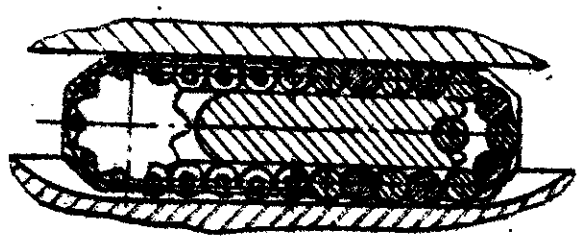
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
3.12	СССР № 174473 3.У 1963 СССР	47в, 12	F06c	——— Певзнер С.А. Шаровая опора	
3.13	С Ш А № 3417422 16.УШ 1966 Англия	I6–26		Autoset (Production) Limited Samuel B. Dale Шариковая опора	
3.14	С Ш А № 3422732 15.УП 1966 С Ш А	94–3		——— Ralph Jork Искусственный мат для катания на лыжах	

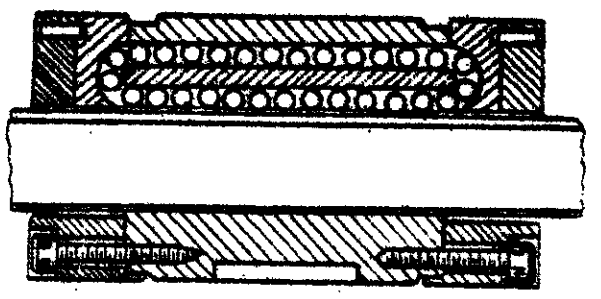
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
3.15	СССР № 333306 I.IX 1969 СССР		F16c 29/06	——— Ольхов В.В., Андреев И.Я., Потоцкий П.Д., Кучерявенко В.В., Трещенков Н.В. Шаровая опора	
3.16	СССР № 185636 23.IУ 1965 СССР	47в, 12	F06c	——— Меницкий И.Д., Карпенко П.А. Опора качения для поступательно-движущихся плоских деталей	
3.17	С Ш А № 3467447 12.П 1965 С Ш А	308–6	F16c 17/00 21/00 19/00	Assignor to Beaver Precision Products, a Corporation of Delaware William G.Newman Шариковый блок для направляющего станка	

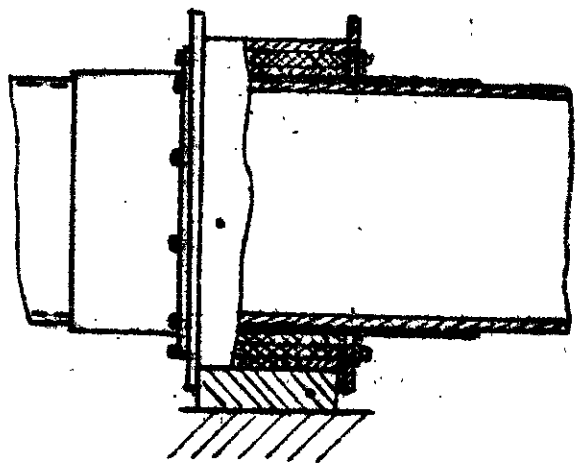
Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
3.18	С Ш А № 3272570 I.X I963 С Ш А	308-6		Gislfolt G/Corp., a Corporation of Wisconsin Robert R.Zenk Подпружиненная подшипниковая опора	
3.19	Ф Р Г № I284699 3.VI I965 Ф Р Г	47б 29/04 3/035		SKF Kugellagefabriken GmbH Fritz Günther Продольно-подвижные роликовые опоры	
3.20	СССР № 308243 I.XII 1969 СССР		F16 c. 35/06	Моргулис Ю.Р., Сторожук Е.К. Опора качения для поступательного перемещения	

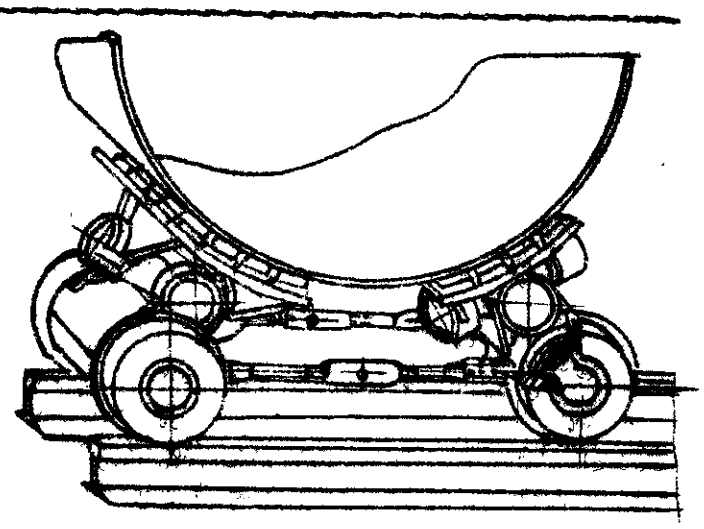
Продолжение табл.2

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 Хоуард /Великобритания/ Направляющая для прямолинейного перемещения	

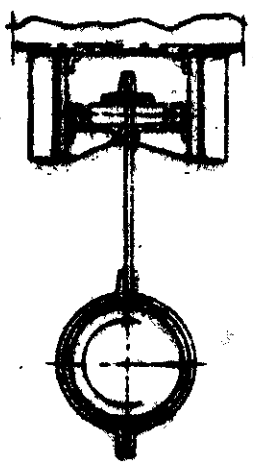
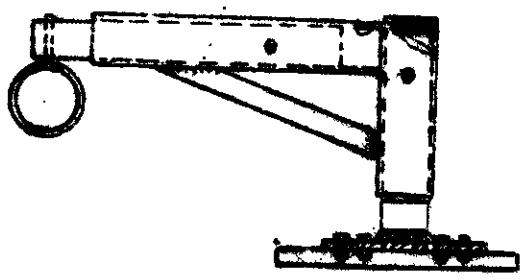
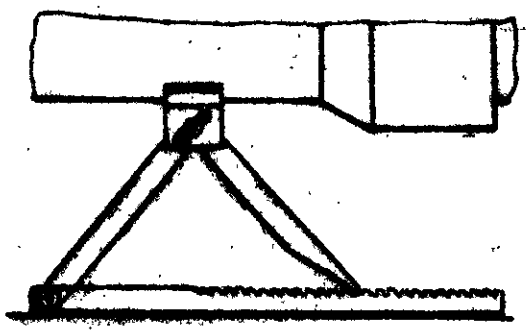
4. Конструкции других типов

4.1	СССР № 451886 19.VI 1972 СССР		F16 l, 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., Скупский В.И. Подвижная опора надземного трубопровода	

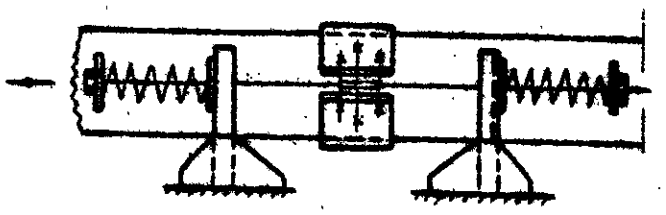
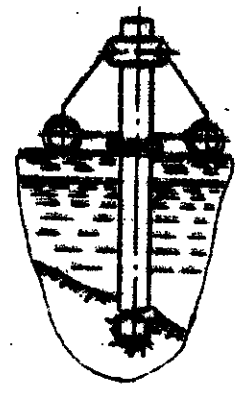
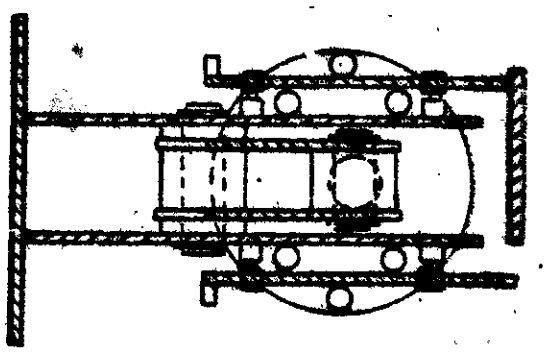
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.2	СССР № 447539 27.УП 1972 СССР		F16l. 3/18	Государственный институт по проектированию магистральных трубопроводов и специального строительства "Гипроспецгаз" Курапов А.Е., Иванов С.А., Пилипенко Г.А., Цыганов Б.Я. Опора надземного трубопровода	
4.3	СССР № 451885 4.УП 1972 СССР		F16l. 3/00	Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов Чичко Г.М., Тишин В.Г., Кулыгин Н.В. Свободно-подвижная опора надземного трубопровода, выполненного по зигзагообразной линии	

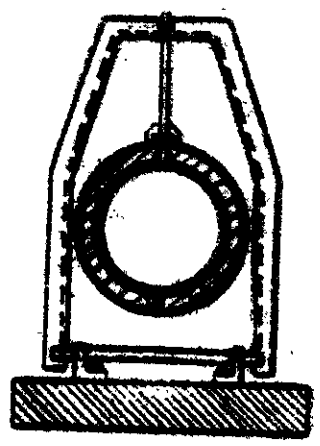
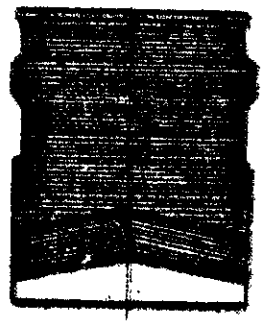
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.4	С С С Р № 229127 29.У 1967 С С С Р	47+ 2/01	F06l	Всесоюзный государственный ПИТЭП "Теплоэлектропроект" Палин А.М. Катковая опора теплофикационного трубопровода	
4.5	Англия № 989863 13.XI 1962 Англия	F2 P34	F06l	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	

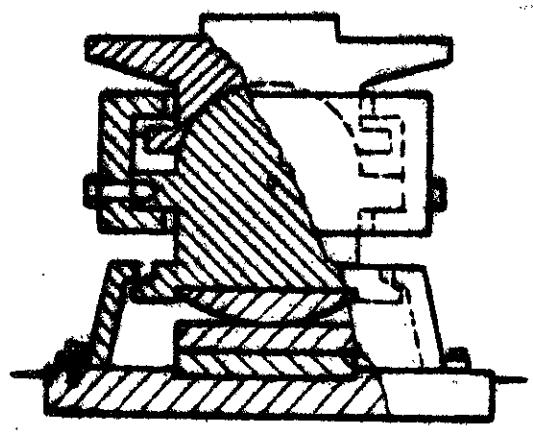
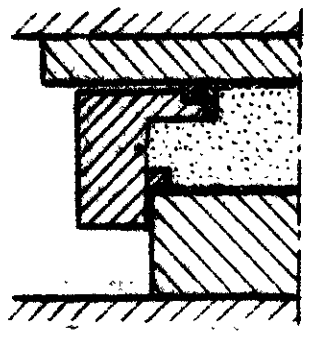
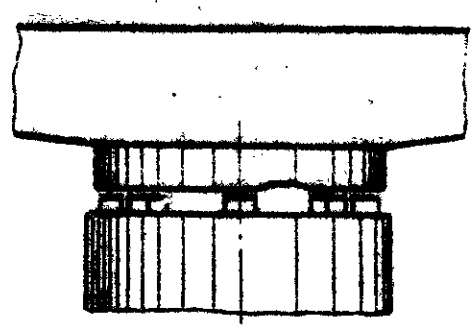
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.7	СССР № 319800 21.УШ 1969 СССР		F16L 3/18	Всесоюзный государственный трест по организации и рационализации районных электростанций и сетей Осиповский Н.Ф. Опора трубопровода	
4.8	СССР № 291066 18.УП 1969 СССР		F16L 3/00	Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов Фокин А.А, Соколов С.М. Опора трубопровода	
4.9	США № 3306561 27.IУ 1965 США	248-54		National Vaive and Manufacturing Co. Huettner H.F. Подрессорная опора для трубы	

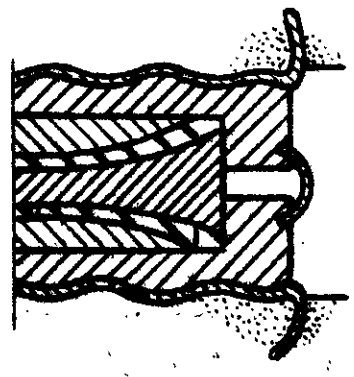
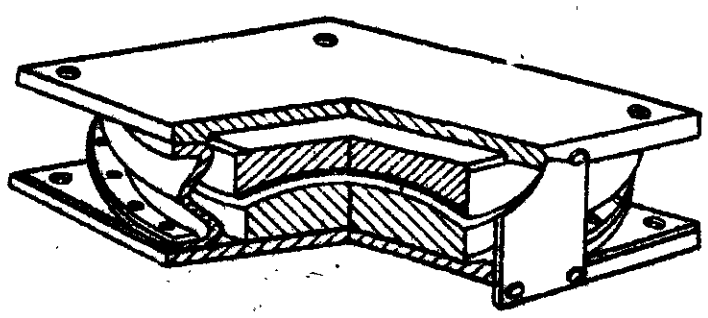
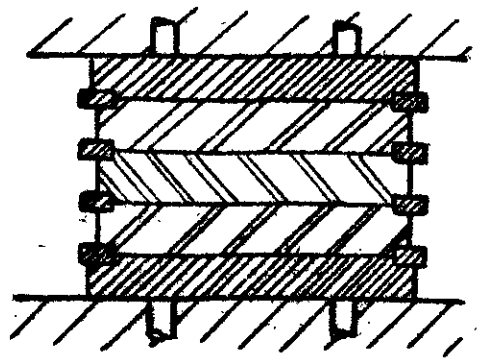
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.10	США № 2106956 22.УI 1935 Япония	248-49		Uhei Nakamura Uhei Nakamura Опора для трубопроводов	
4.11	СССР № 414352 17.XI 1969 СССР		F01d 19/04	Жиянов И.М. Подвижная опорная часть секторного типа для балочных пролетных строений мостов	

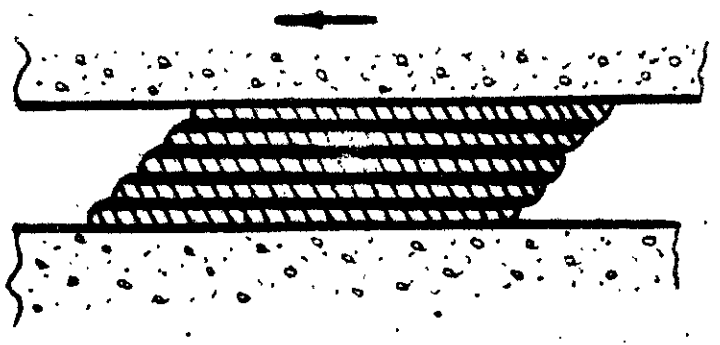
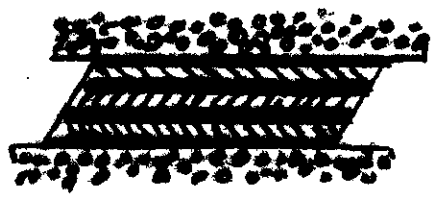
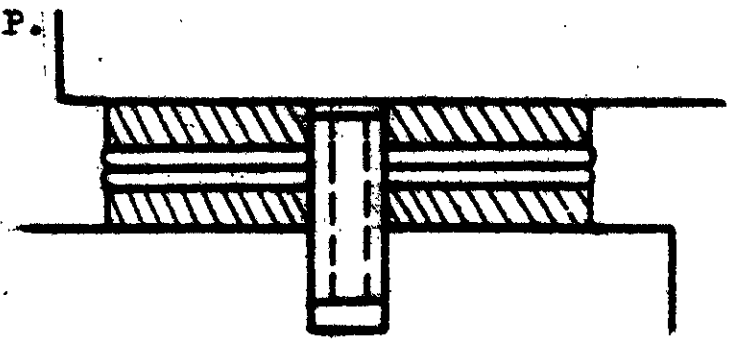
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.12	Япония № 48-27027 31.УП 1970 Япония	87a14 86/4/ A6	E01d 19/04	Ниппон Тодзо К.К. Подвижная мостовая опора	
4.13	Ф Р Г № 2007767 20.П 1970 Ф Р Г	19d 19/04	E01d 19/04	W.Andrä, F.Leonhardt, E.Beyer, H.Thul Качающаяся опора скольжения для мостов и других подобных сооружений	
4.14	СССР № 417568 23.Ш 1972 СССР		E01d 19/02	Киевский филиал Государственного проектного института "Союздорпроект" Воловик А.Б., Вольпов М.М., Гиль Б.М., Жемчужников Ю.С., Золотарев В.И., Либерберг Ф.Р., Шипов Н.Д. Опора для поворотного пролетного строения разводного моста	

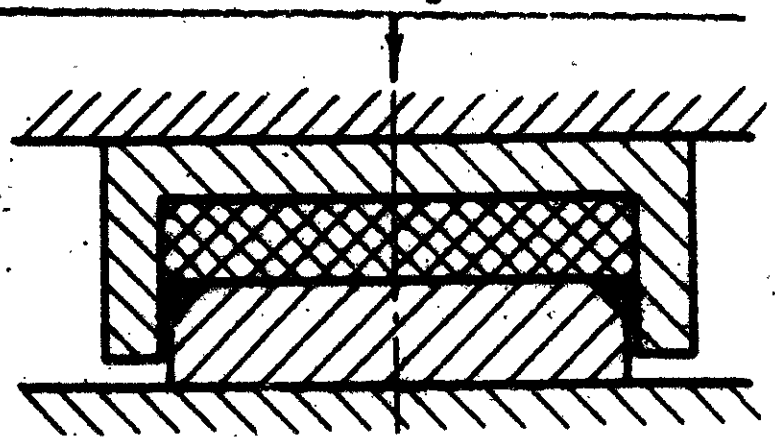
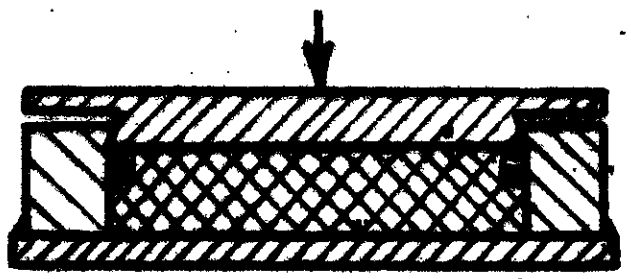
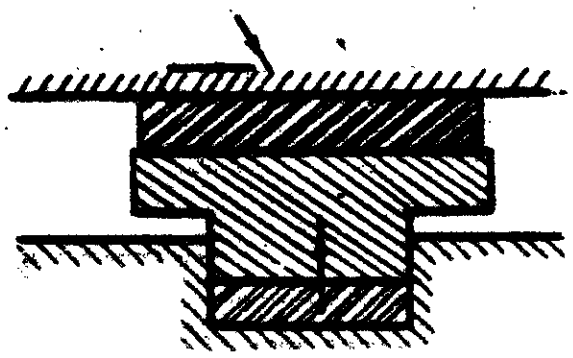
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.15	С Ш А № 3703014 2.П 1971 Швейцария	14-16	E01d 19/06	Firma Kober A.G. Waldemar Koester Шарнирная опора для мостов	
4.16	С Ш А № 3398998 8.IУ 1965 Англия	308-3		Mesmo Assignments, a Corporation of Delaware Frank Burnett, Costa Mesa Узел опоры строительной конструкции	
4.17	Ф Р Г № 2050691 15.X 1970 Ф Р Г	37a 1/36	E04b 1/36	Solinger Hütte Solinger Hütte Многослойная резиновая опора для строительных конструкций, в частности мостов и тому подобных	

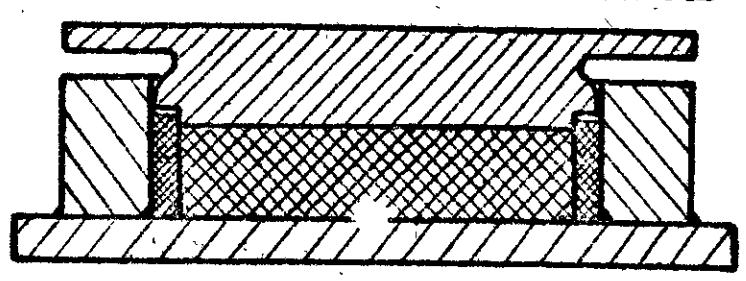
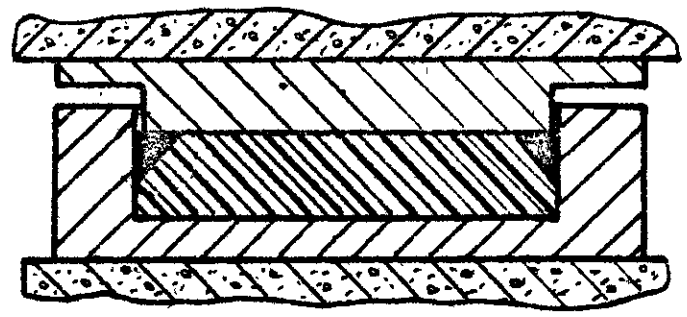
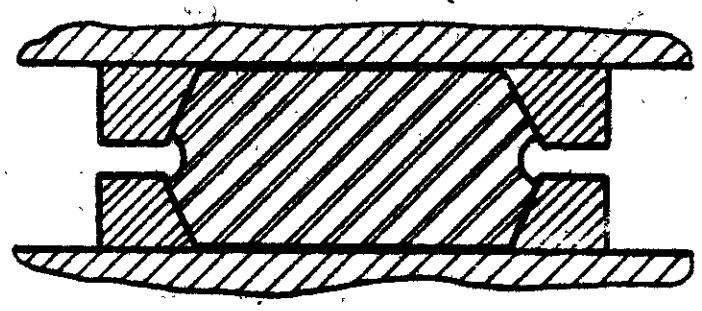
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.18	Франция № 2142638 22.VI 1971		E01d 19/00	Societe Anonyme Ditte: Compagnie Industrielle de Precontrainte et d'Equipement des Constructions C.I.P.E.C. Опорные части для искусственных сооружений и сооружений на указанных опорах	
4.19	Англия № 883436 26.VII 1957 Франция	20/2/ 011	E02d	P.S.C. Equipment Limited Опорная часть для строительных конструкций	
4.20	Франция № 2112701 6.XI 1970 Франция		E01d. 19/00 E04b 1/00	Societe Anonyme Ditte: Societe Technique pour l'Utilisation de la Precontrainte (S.T.U.P. Procedes Freyssinet) Устройство упругой опоры, в частности, для строительных объектов	

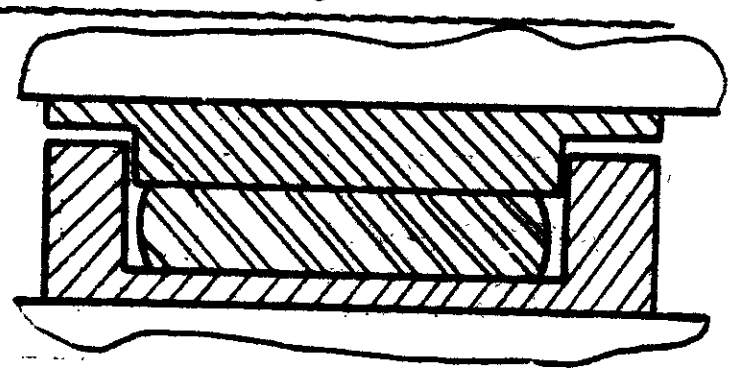
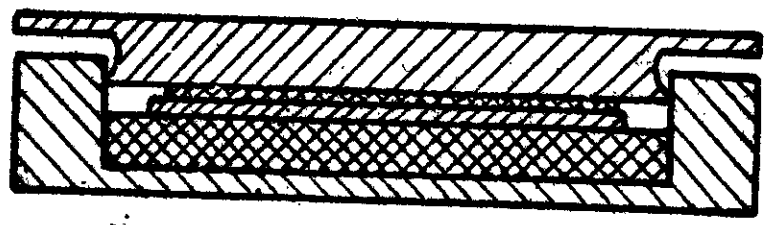
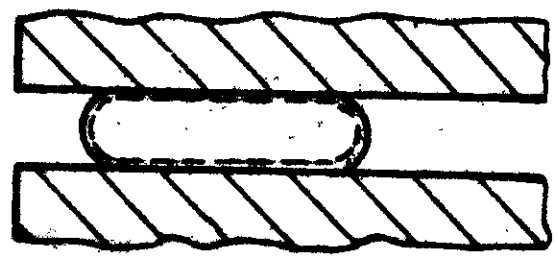
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.21	Англия № 1073536 18.XII 1963 ФРГ	F2A (4,6D, 7B1,7B2, 10B) E2F (1c,1k1 A1,1K3, 3A2)	F16c	Gutehoffmungshütte Sterkrade Aktiengesellschaft Опора	
4.22	Англия № 994711 10.VIII 1961 ФРГ	F2S (5N5B 6D2D, 8M2A); B3A85	F06f, B23p	Maschinenfabrik Baulingen Качающаяся опора моста или подобных сооружений	
4.23	Англия № 987187 2.II 1962 Франция	F2S (6D2D, 6D3A, 6D3B)	F06	Compagnie d'Ingenieurs et Techniciens (C.I.T.E.) Эластичные основания	

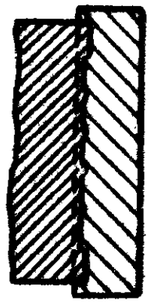
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
4.24	Ф Р Г № 1901771 15.I 1969 Ф Р Г	37a 1/36	E04b 1/36	Fritz Kreutz Konstruktions und Vertriebsburo 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

1	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	E04b 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	14-16	E01d 19/04 F16c 33/22	Kins Developments Limited Roy A.Waller Прокладка мостовых опор	

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6
4.30	ФРГ № 2002979 23.I 1970 ФРГ	37a 1/35	E 04b, 1/35	Hans Alfred Nell Эластичная опора для строительных конструкций	
4.31	ФРГ № 1939450 II.II 1971 ФРГ	37a 1/35	E04b, 1/35	Continental Gummi-Werke A.G. Walter Battermann Эластичная опора для строительных конструкций	
4.32	Англия № 994426 26.IV 1961 Англия	F25 (6Д2В, 6Д2Д, 6Д3А)	F06f	Kina Developments Limited Petter Lane Упругие опоры	

РЕФЕРАТЫ

УДК 624.078.5: /696.II5/.00I.8

Подвижные опорные части трубопроводов. К о р ш у н о в Д.А., С к у ц к и й В.И., К о н т о р о в и ч С.О., А п а р ц о в А.С.-Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, I976, 5-3I.

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

Табл.5. Ил.I9.

УДК 624.078.5.00I.2

Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа. С к у ц к и й В.И., К о р ш у н о в Д.А.-Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, I976, 3I-68.

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

Табл.8Ил.I9.

УДК 624.078.5:696.II5.00I.2

Разработка и исследование конструкций опорных частей. К о р ш у н о в Д.А., С к у ц к и й В.И., З е л е н к о в А.А. Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, I976, 68-8I.

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 624.078.5.00I.92

Подвижные опорные части. Антифрикционные материалы. Библиография. С к у ц к и й В.И.-Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений,I976, 8I-9I.

Включает данные о I62 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.I87.

УДК 624.078.5.00I.92

Подвижные опорные части строительных конструкций. Библиографический указатель изобретений. С к у ц к и й В.И., К о р н и е н к о Т.Ф.- Подвижные опорные части трубопроводов и других сооружений, I976, 92-I42.

Приведены библиографические данные и конструктивные схемы по 40 авторским свидетельствам СССР, 3I 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.Апарцев. Подвижные опорные части трубопроводов	5
В.И.Скуцкий, Д.А.Коршунов. Антифрикционные элементы опорных частей скользящего типа	3I
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	.8I
В.И.Скуцкий, Т.Ф.Корниенко. Подвижные опорные части троительных конструкций. Библиографический указатель зобретений	92
Рефераты	I43

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-I, 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 1/16.
Физ.-печ.л. 9. Уч.-изд.л.6,7. Тираж 500. Усл. л. 8,37.
Издат. № 684-к. БФ 34535. Цена 60 коп. Зак. № 5

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