

**ПОДШИПНИКИ**



**Подшипники** - это технические устройства, являющиеся частью опор вращающихся осей и валов. Они воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу или оси, и передают их на раму, корпус или иные части конструкции. При этом они должны также удерживать вал в пространстве, обеспечивать вращение, качание или линейное перемещение с минимальными энергопотерями. От качества подшипников в значительной мере зависит коэффициент полезного действия, работоспособность и долговечность машины...

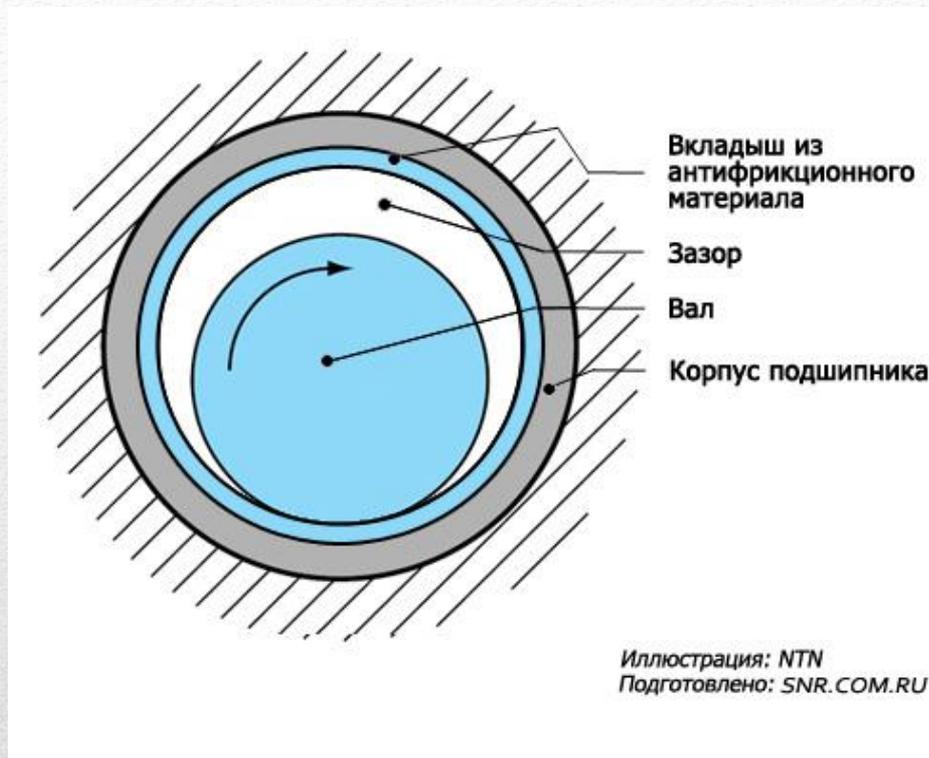
**В настоящее время широко находят применение подшипники:**

- **контактные** (имеющие трущиеся поверхности) - **подшипники качения и скольжения**;
- **бесконтактные** (не имеющие трущихся поверхностей) - **магнитные подшипники**.

**По виду трения различают:**

- **подшипники скольжения**, в которых опорная поверхность оси или вала скользит по рабочей поверхности подшипника;
  - **подшипники качения**, в которых используется трение качения благодаря установке шариков или роликов между подвижным и неподвижным кольцами подшипника.
-

# ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ



**Подшипник скольжения** представляет собой корпус, имеющий цилиндрическое отверстие, в которое вставляется вкладыш или втулка из антифрикционного материала (часто используются цветные металлы), и смазывающее устройство. Между валом и отверстием втулки подшипника имеется зазор, который позволяет свободно вращаться валу. Для успешной работы подшипника зазор предварительно рассчитывается.

---

## Основные виды смазки

## Смазочные материалы и материалы для создания смазочных покрытий. Варианты смазки

### Сухая

- В наноструктурном состоянии: C, BN, MoS<sub>2</sub> и WS<sub>2</sub>;
- в виде нанокпозиционных покрытий: WC/C, MoS<sub>2</sub>/C, WS<sub>2</sub>/C, TiC/C и наноалмаза;
- в виде алмазных и алмазоподобных углеродистых покрытий: пленок из алмаза, гидrogenизированного углерода (a-C:H), аморфного углерода (a-C), нитрида углерода (C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) и нитрида бора (BN);
- в виде твердых и сверхтвердых покрытий из VC, B<sub>4</sub>C, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, Si<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, TiC, TiN, TiCN, AlN и BN,
- в виде чешуйчатых пленок из MoS<sub>2</sub> и графита;
- в виде неметаллических пленок из диоксида титана, фтористого кальция, стекла, оксида свинца, оксида цинка и оксида олово,
- в виде пленки из мягких металлов: свинца, золото, серебра, индия, меди и цинка,
- в виде самосмазывающихся композитов из нанотрубок, полимеров, углерода, графита и металлокерамики,
- в виде чешуйчатых пленок из углеродных составов: фторированного графита и фторид графита;
- углерод;
- полимеры: PTFE, нейлон и полиэтилен,
- жиры, мыло, воск (стеариновая кислота),
- керамика и металлокерамика.

<p>Жидкостная</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Гидродинамическая смазка: толстослойная и эластогидродинамическая;</li><li>- гидростатическая смазка;</li><li>- смазка под высоким давлением.</li></ul>
<p>Тонкопленочная</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Смешанная смазка (полужидкостная);</li><li>- граничная смазка.</li></ul>
<p>Газовая</p>	<p>Газодинамическая смазка</p>

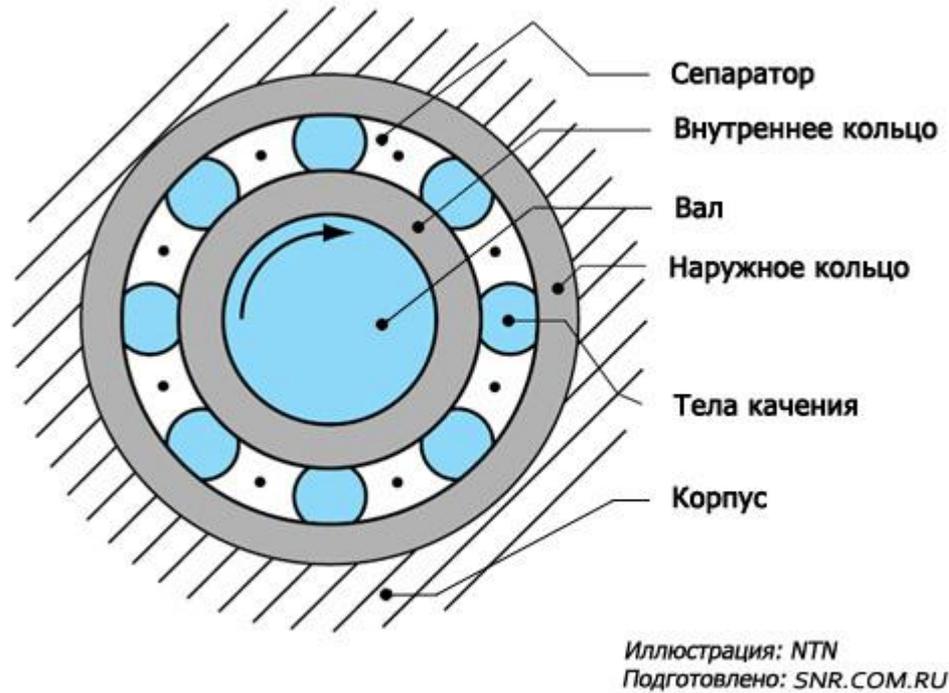
### **Подшипники скольжения имеют следующие преимущества:**

- допускают высокую скорость вращения;
- позволяют работать в воде, при вибрационных и ударных нагрузках;
- экономичны при больших диаметрах валов;
- возможность установки на валах, где подшипник должен быть разъемным (для коленчатых валов);
- допускают регулирование различного зазора и, следовательно, точную установку геометрической оси вала.

### **Недостатки подшипников скольжения:**

- высокие потери на трение и, следовательно, пониженный коэффициент полезного действия (0,95... 0,98);
  - необходимость в непрерывном смазывании;
  - неравномерный износ подшипника и цапфы;
  - применение для изготовления подшипников дорогостоящих материалов;
  - относительно высокая трудоемкость изготовления.
-

# ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ



**Подшипники качения** работают преимущественно при трении качения и состоят из двух колец, тел качения, сепаратора, отделяющего тела качения друг от друга, удерживающего на равном расстоянии и направляющего их движение. По наружной поверхности внутреннего кольца и внутренней поверхности наружного кольца (на торцевых поверхностях колец упорных подшипников качения) выполняют желоба – дорожки качения, по которым при работе подшипника катятся тела качения.

---

## **По сравнению с подшипниками скольжения имеют следующие преимущества:**

- значительно меньше потери на трение, а, следовательно, более высокий КПД (до 0,995) и меньший нагрев;
- в 10...20 раз меньше момент трения при пуске;
- экономия дефицитных цветных материалов, которые чаще всего используются при изготовлении подшипников скольжения;
- меньшие габаритные размеры в осевом направлении;
- простота обслуживания и замены;
- меньше расход смазочного материала;
- невысокая стоимость вследствие массового производства стандартных подшипников;
- простота ремонта машины вследствие взаимозаменяемости подшипников.

## **Недостатками подшипников качения являются:**

- ограниченная возможность применения при очень больших нагрузках и высоких скоростях;
  - непригодность для работы при значительных ударных и вибрационных нагрузках из-за высоких контактных напряжений и плохой способности демпфировать колебания;
  - значительные габаритные размеры в радиальном направлении и масса;
  - шум во время работы, обусловленный погрешностями форм;
  - сложность установки и монтажа подшипниковых узлов;
  - повышенная чувствительность к неточности установки;
  - высокая стоимость при мелкосерийном производстве уникальных по размерам подшипников.
-

# МАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ

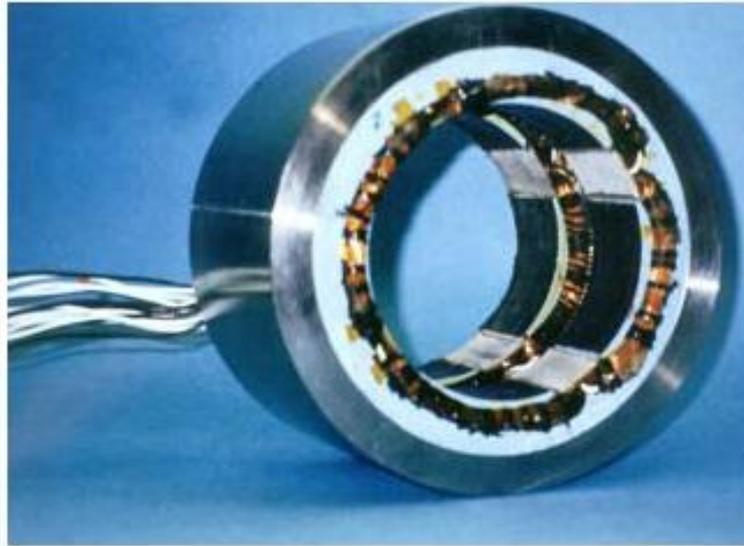


Фото: AVCON, Inc / NASA  
Подготовлено: SNR.COM.RU

Принцип работы **магнитного подшипника (подвеса)** основан на использовании левитации, создаваемой электрическими и магнитными полями. Магнитные подшипники позволяют без физического контакта осуществлять подвес вращающегося вала и его относительное вращение без трения и износа.

---

## **Электрические и магнитные подвесы, в зависимости от принципа действия, принято разбивать на девять типов:**

- электростатические;
  - на постоянных магнитах;
  - активные магнитные;
  - LC- резонансные;
  - индукционные;
  - кондукционные;
  - диамагнитные;
  - сверхпроводящие;
  - магнитогидродинамические.
-

## Подшипники можно классифицировать на следующие основные типы:

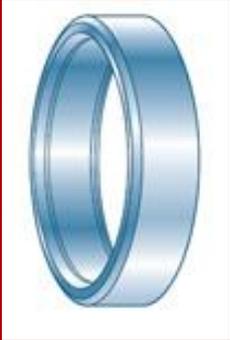
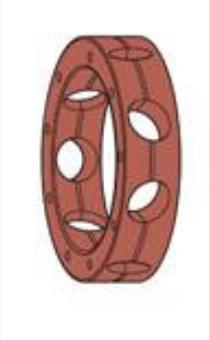
- шариковые,
  - роликовые цилиндрические,
  - роликовые конические,
  - двухрядные самоустанавливающиеся подшипники,
  - игольчатые подшипники,
  - упорные шариковые,
  - упорные роликовые.
-

## Шариковые подшипники

Шариковые подшипники наиболее распространенный тип подшипников. В них применяются шариковые тела качения, которые катятся в беговых дорожках, выполненных на поверхностях наружных колец (обойм), и заключены в штампованные или механически обработанные или синтетические (полимерные) сепараторы. Благодаря точечному контакту между шариками и беговой дорожкой момент трения у такого типа подшипников не велик, поэтому они могут развивать большие скорости вращения.



## Элементы шарикового подшипника

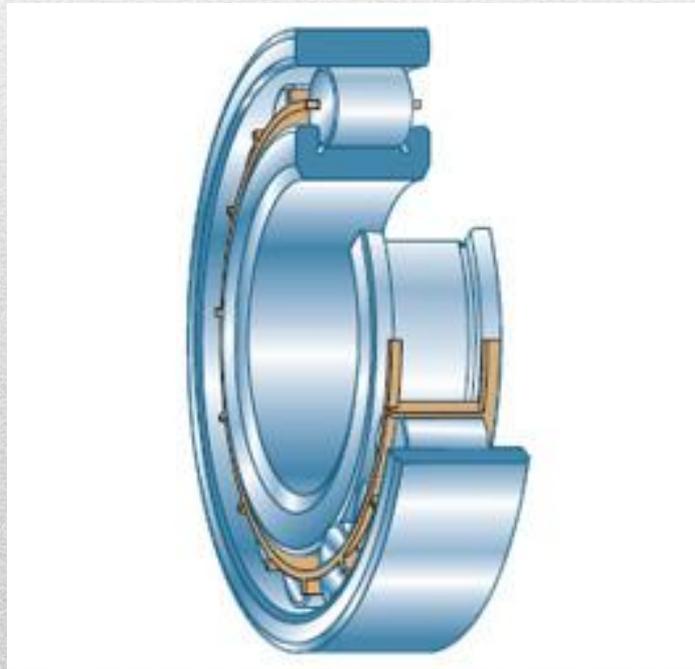
Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Типы сепараторов		
			полимерный	штампованный	механически обработанный
					

## Применение:

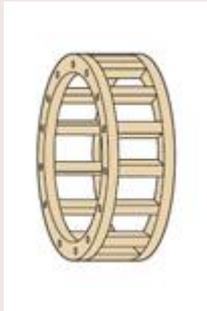
- радиальные шариковые подшипники - электродвигатели, электробытовая техника, небольшие высокоскоростные редукторы, деревообрабатывающие станки, медицинское оборудование....;
  - радиально-упорные шариковые подшипники - станочные шпиндели, электродвигатели, насосы...;
  - с четырёхточечным контактом - редукторы ...
-

## Роликовые цилиндрические подшипники

Отличительной особенностью этого типа подшипников является применение в качестве тел качения цилиндрических роликов, заключенных в сепараторы, изготавливаемых из различных материалов. Предназначены для несения высоких радиальных нагрузок при отсутствии осевых. Повышенная несущая способность роликовых цилиндрических подшипников (в 1.5-2 раза большая, чем одинаковых по размерам шарикоподшипников) обусловлена линейным контактом между роликами и беговыми дорожками.



## Элементы роликового цилиндрического подшипника

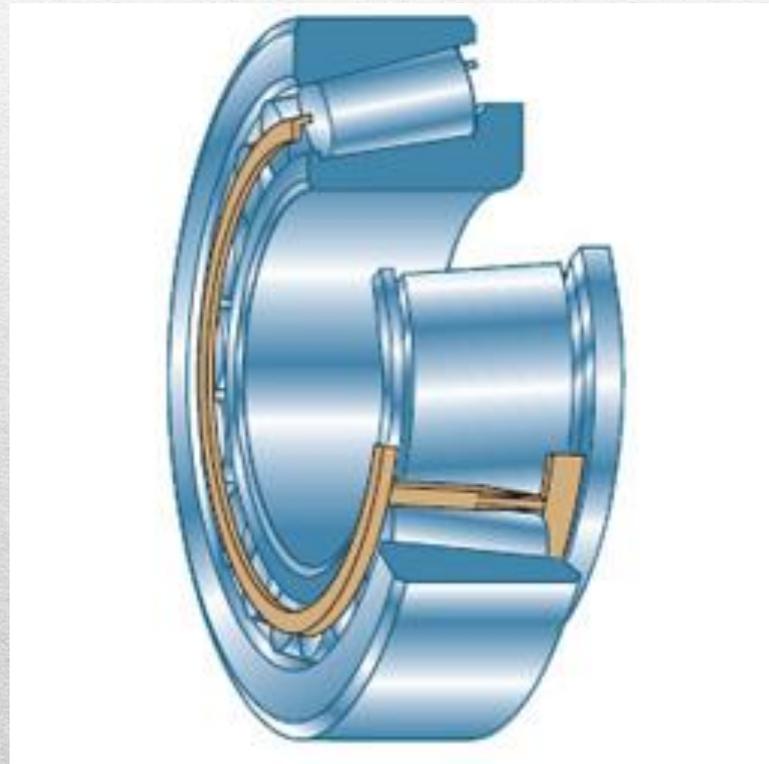
Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Типы сепараторов		
			полимерный	стальной	латунный
					

## Применение:

- большие электродвигатели,
  - осевые буксы железнодорожного транспорта,
  - гильотины,
  - мощные редукторы,
  - насосы;
  - шпиндели металлорежущих станков...
-

## Роликовые конические подшипники

Благодаря применению конических роликов расположенных под некоторым углом к оси вращения подшипника, данный тип подшипников воспринимает комбинированные нагрузки (совместное действие радиальных и осевых сил).



## Элементы роликового конического подшипника

Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Типы сепараторов	
			полимерный	стальной
				

## **Применение:**

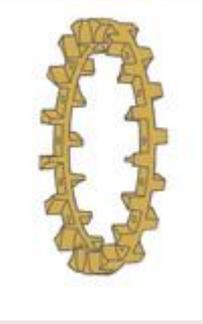
- косозубые механические передачи,
  - осевые буксы железнодорожного транспорта,
  - ступицы легкового и коммерческого автотранспорта...
-

## Двухрядные самоустанавливающиеся подшипники

У этих подшипников внутренняя поверхность наружного кольца выполнена по сфере, придавая способность самоустанавливаться, что позволяет им работать при значительном перекосе внутреннего кольца относительно наружного, вызванном несоосностью посадочных мест или прогибом вала от действия нагрузок. Двойной ряд тел качения обеспечивает повышенную грузоподъемность и компенсирует отрицательные конструктивные особенности.



# Элементы двухрядного самоустанавливающегося подшипника

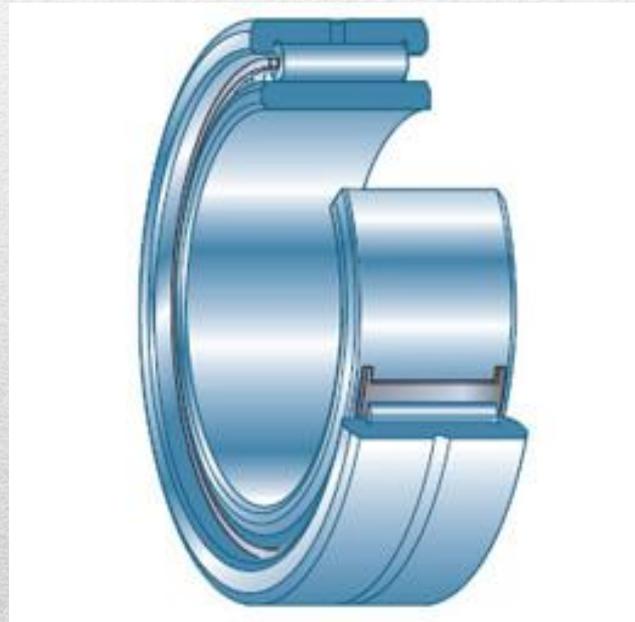
Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Типы сепараторов		
			полимерный	стальной	латунный
					

## Применение:

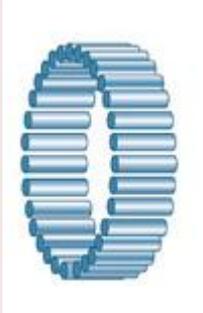
- бумагоделательные машины,
  - металлургические прокатные станы,
  - большие вентиляторы;
  - опоры ветряных электрогенераторов;
  - карьерные машины...
-

## Игольчатые подшипники

Использование тонких цилиндрических тел качения (иголок) в игольчатых подшипниках, позволяет снизить радиальные размеры по сравнению с обычными роликовыми цилиндрическими подшипниками и уменьшить себестоимость, при сохранении примерно такой же (или даже большей) несущей способности, однако имеют ограничения по скорости вращения.



## Элементы игольчатого подшипника

Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Типы сепараторов	
			полимерный	стальной
				

## Применение:

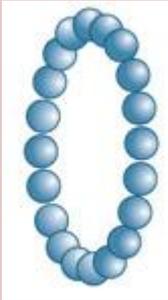
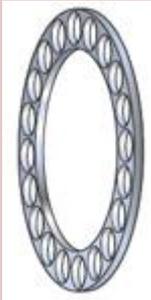
- редукторы,
  - двигатели внутреннего сгорания,
  - системы рулевого колеса,
  - тормозные системы,
  - опоры осей,
  - двигатели для моторных лодок,
  - электроинструмент,
  - копировальная техника,
  - факсовые аппараты,
  - агрегаты для продвижения бумажного листа,
  - держатели для бумажных полотенец,
  - спортивные тренажёры...
-

## Упорные шариковые подшипники

Являются разновидностью шариковых подшипников. Предназначены для восприятия только осевых нагрузок - радиальную нагрузку воспринимать не могут.



## Элементы упорного шарикового подшипника

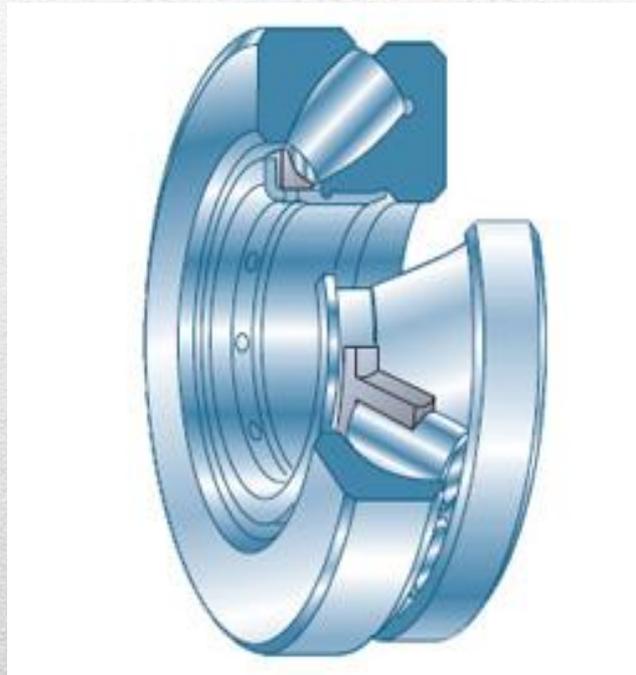
Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Стальной сепаратор
			

## Применение:

- вертикальные валы,
  - вращающие центра металлорежущих станков,
  - домкраты...
-

## Упорные роликовые подшипники

Используются в тех случаях, когда действуют крайне большие осевые нагрузки.



## Элементы упорного роликового подшипника

Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Тела качения	Стальной сепаратор
			

## Применение:

- тяжело нагруженные вертикальные валы,
  - упорные блоки прошивных станков,
  - генераторы переменного тока,
  - экструдеры,
  - поворотные узлы металлургического оборудования...
-