

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Институт природных ресурсов  
Кафедра бурения скважин



# Монтаж и эксплуатация бурового оборудования

*Курс лекций*

**Автор: Епихин А.В.**  
**ст. преп. каф. бурения скважин**

Томск-2015 г.



# **Модуль 1**

## **Лекция №3**

# ***Забойные двигатели:***

- ***Типы, классификация, устройство***
- ***Проектирование и расчет забойных двигателей для сооружения скважины***



# **ТЕМА 1.**

*Типы, классификация, устройство забойных двигателей*



# Что такое забойный двигатель?





# Что такое забойный двигатель?



**Забойный двигатель** (а. face engine; н. Bohrlochsohlenantrieb; Bohrlochsohlenmotor; ф. moteur d'attaque; и. motor de frente de arranque) — погружная машина, преобразующая гидравлическую, пневматическую или электрическую энергию, подводимую с поверхности, в механическую работу породоразрушающего инструмента (долота) при бурении скважин.



# Классификации забойных двигателей

По типу  
энергоносителя

По особенностям ПРИ

По конструкции

По принципу работы



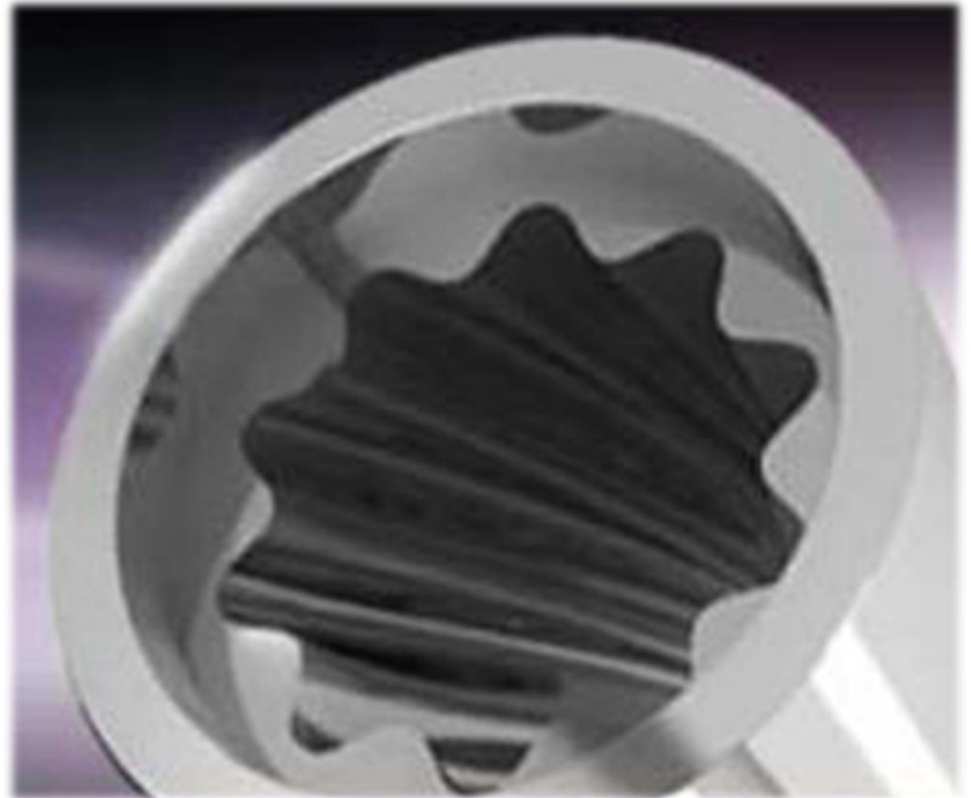
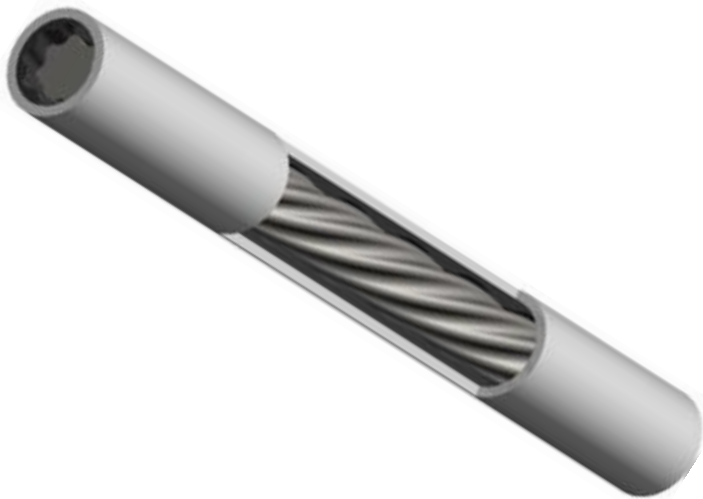


# Классификации забойных двигателей

По типу ПРИ

для бурения сплошным  
забоем

для колонкового бурения





# Классификации забойных двигателей

По принципу работы

вращательные

ударные







# Классификации забойных двигателей

По конструкции

одинарные

секционные

шпиндельные

редукторные





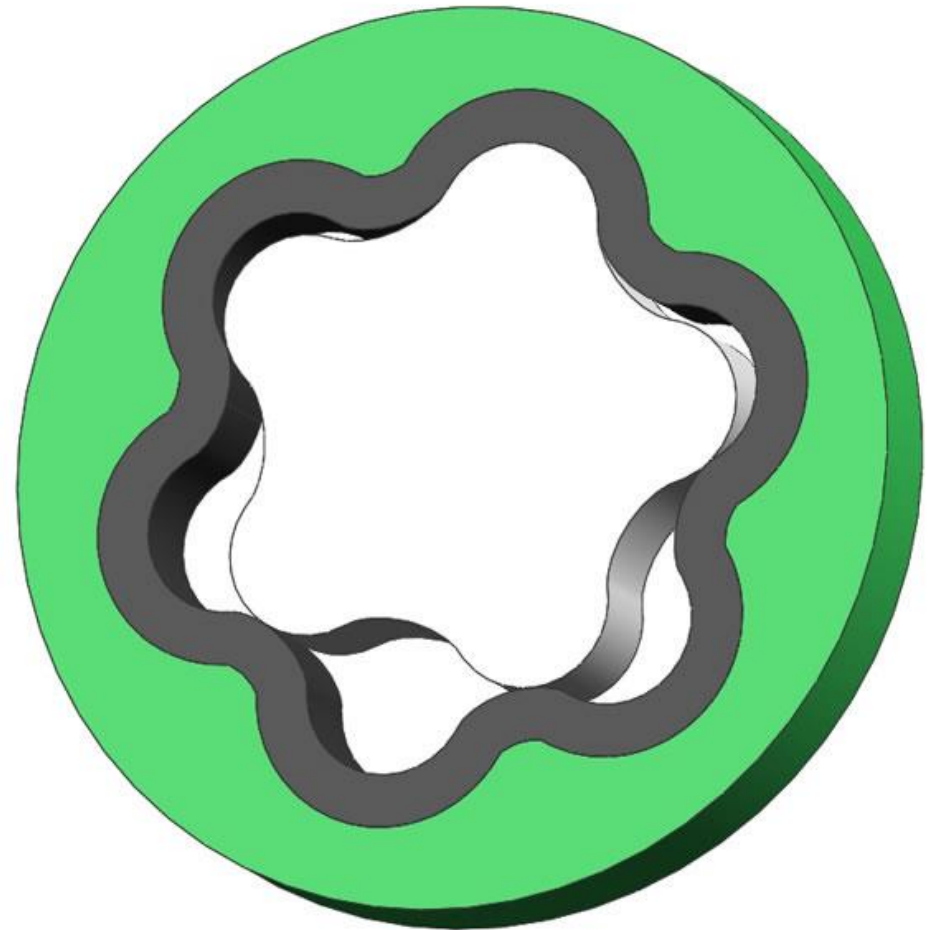
# Классификации забойных двигателей

По типу  
энергоносителя

гидравлические

пневматические

электрические





# Классификации забойных двигателей

По типу  
энергоносителя

гидравлические

пневматические

электрические

гидроударник

турбобур

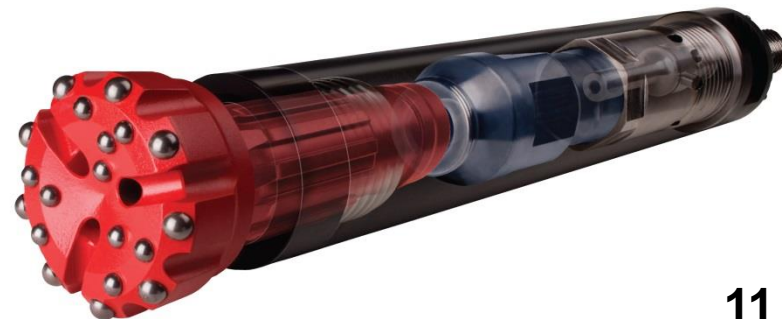
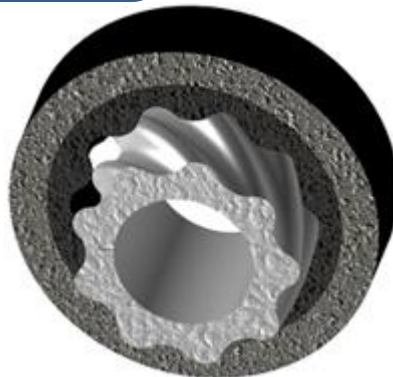
пневмоударник

электробур

РТБ

ВЗД

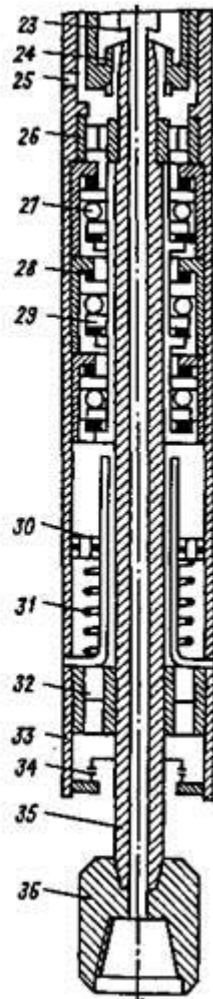
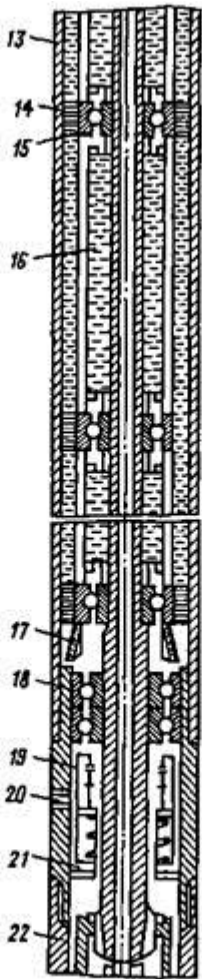
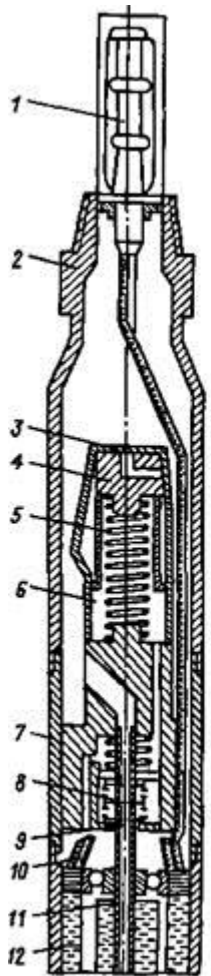
ТВД





# Электробур: конструкция, принцип работы

1950-1960 – изобретен электобур



1 — контактный стержень; 2 — переводник; 3 — резиновая диафрагма компенсации двигателя; 4 — поршень компенсатора; 5, 31 — пружины; 6 — цилиндр компенсатора; 7 — соединительный корпус двигателя; 8, 19\_ — верхний и нижний сальники двигателя соответственно; 9 — верхний клапан двигателя; 10, 17 — верхняя и нижняя части обмотки статора; И — вал двигателя; 12 — пакет магнитопроводной стали статора; 13 — корпус статора из немагнитопроводного материала; 14 — пакет немагнитопроводной стали; 15, 18 — промежуточный и нижний подшипники двигателя соответственно; 16 — секция ротора двигателя; 20 — клапан; 21 — нижний соединительный корпус; 22 — корпус шпинделя; 23 — втулка; 24 — зубчатая муфта; 25 — клапан; 26, 32 — верхний и нижний радиальные подшипники соответственно; 27 — упорный подшипник; 28 — наружная обойма распределителя осевой нагрузки; 29 — внутренняя обойма; 30 — поршень компенсатора шпинделя; 33 — пробка; 34 — сальник шпинделя; 35 — вал шпинделя; 36 — переводник на долото



# Турбобур:

## конструкция, принцип работы

**1873** г. – первый патент на турбину для бурения скважин получен Гроссом.

**1890** г. – **Симченко Г.Г.** (г. Баку) разработал проект первого забойного круговращательного гидравлического двигателя.

Начало **1900-х** – **Вольский** разработал и использовал на практике для быстроударного бурения твердых пород забойный гидравлический двигатель, создававший 500-600 ударов/минуту.

**1923** г. – **Капелюшников М.А.** совместно с **Волохом С.М.** и **Корневым Н.А.** разработал турбинный аппарат для бурения скважин, называемый турбобуром Капелюшникова (12 л.с., одноступенчатая турбина, многоярусный планетарный редуктор).

Итоговый вид турбобура, получивший широкое распространение был создан **Шумиловым П.П., Иоаннесяном Р.А., Тагиевым Э.И., Гусманом М.Т.**

**1950-е** гг. – разработка секционных турбобуров для снижения частоты вращения долот. Позже осевая опора была вынесена отдельно в шпинедль.

Конец **1950-х** гг. – работы по разработке опоры качения турбобура.

Начало **1960-х** – **Иоаннесяном Р.А., Малышевым Д.Г., Иоаннесяном Ю.Р.** создана упорно-радиальная шаровая опора (многоступенчатый шарикоподшипник).



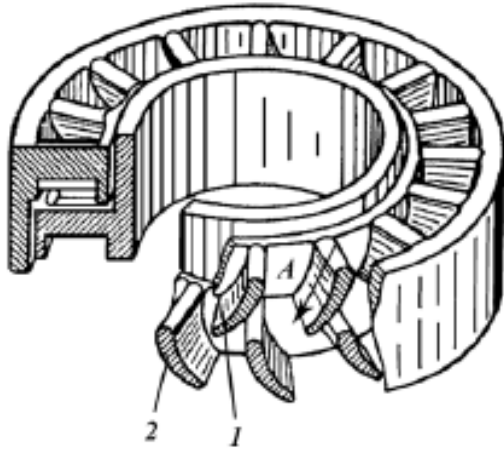
# Турбобур: классификация

- с системой гидродинамического торможения;
- многосекционные;
- с высокоциркулятивной турбиной и клапаном – регулятором расхода бурового раствора;
- с системой демпфирования вибрации;
- с разделенным потоком жидкости и полым валом;
- с плавающей системой статора;
- с тормозной приставкой гидромеханического типа;
- с редукторной вставкой.



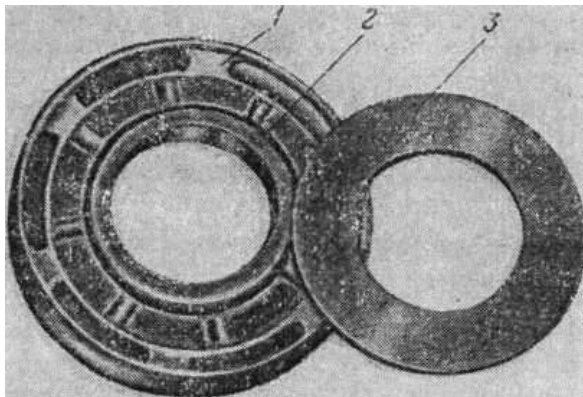


# Турбобур: конструкция, принцип работы

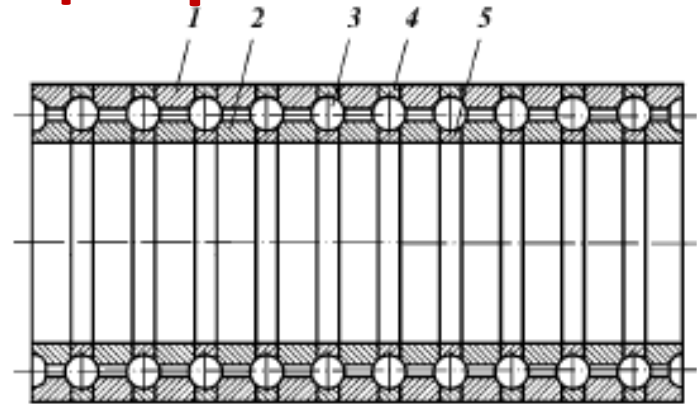


## Турбинка:

- 1- лопатка статора
- 2 – лопатка ротора

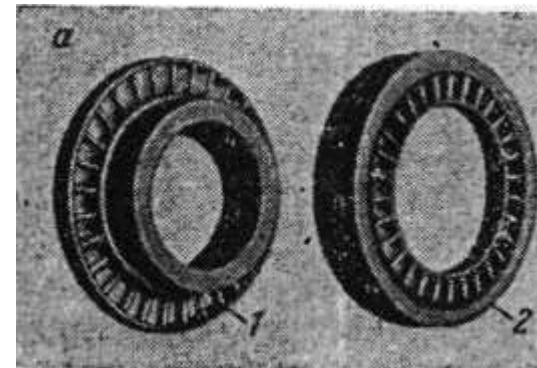


1 – пята, 2 – подпятник, 3 – диск пята



## Опорный подшипник:

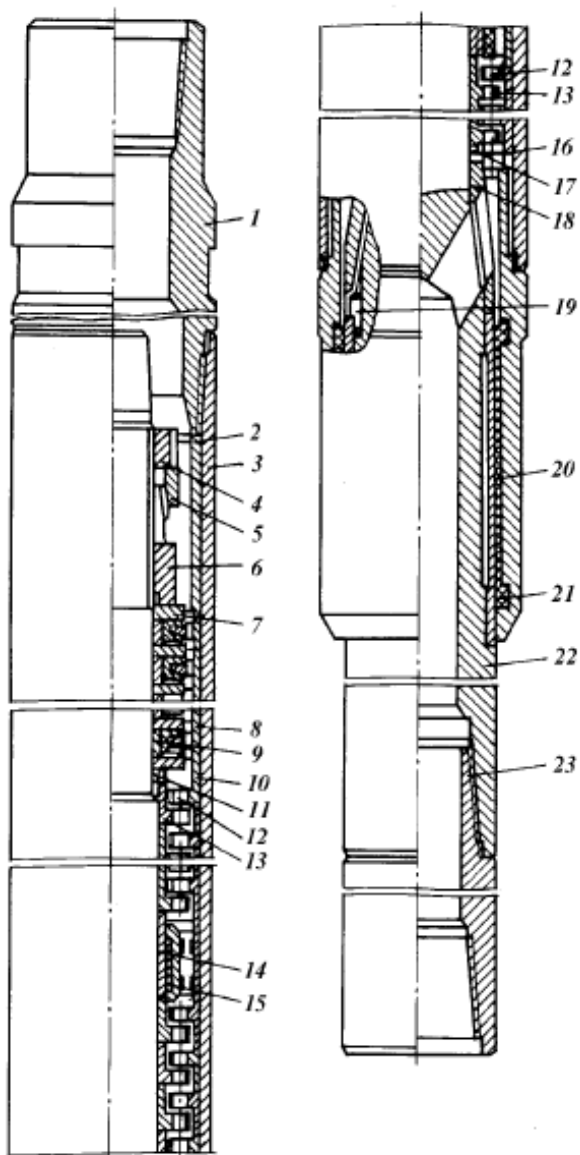
- 1 – наружное рабочее кольцо
- 2 – внутреннее рабочее кольцо
- 3 – кольцо
- 4 – наружное распорное кольцо
- 5 – внутреннее распорное кольцо



1 – статор, 2 - ротор



# Односекционные турбобуры: конструкция, принцип работы



1- переводник, 2 – втулка корпуса, 3 - корпус, 4 – кортргайка, 5- колпак, 6 – роторная гайка 7 – диск пяты, 8 подпятник, 9 – кольцо пяты, 10,16 - регулировочные кольца, 11, 17 – уплотнительные кольца, 12 – статор, 13 – ротор, 14, 20 – втулки средней и нижней опоры соответственно, 15 -средняя опора, 18 – упорная втулка, 19 – шпонка, 21 – ниппель, 22 – вал, 23 – переводник вала

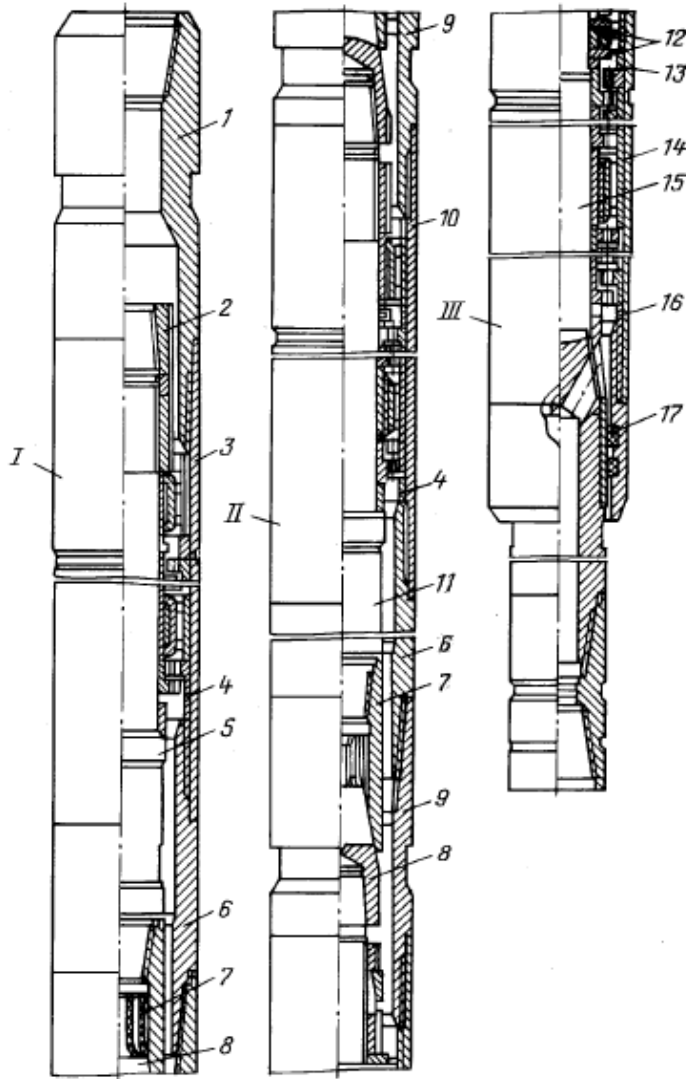
**1952** г – начало серийного выпуска турбобуров типа Т12М3. Основные типоразмеры: **172, 195, 212, 240** мм.

Турбина состоит из **100-120** ступеней, резинометаллическая пята и корпусные детали.





# Секционный турбобур: конструкция, принцип работы

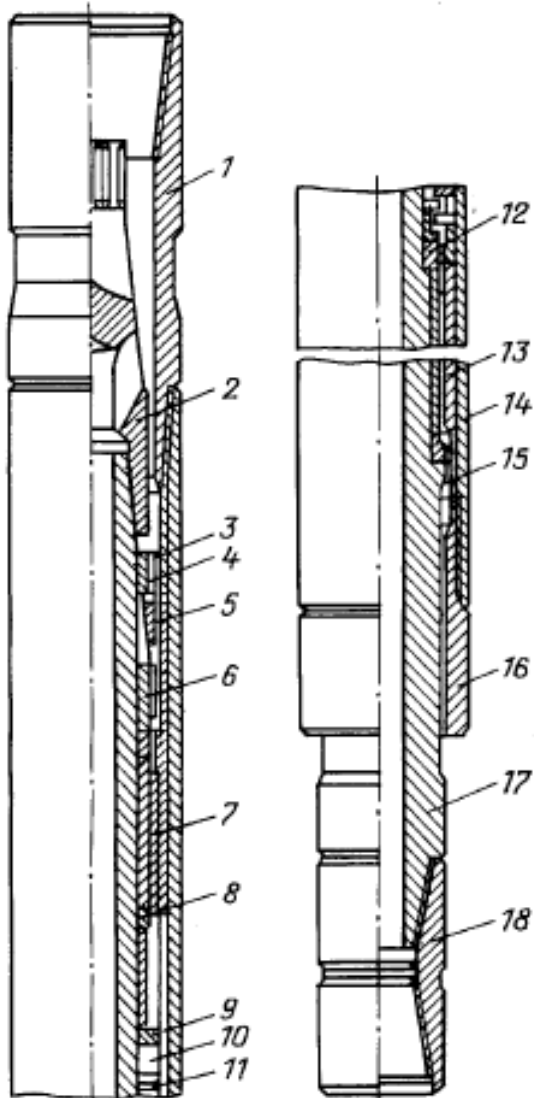


I, II, III – верхняя, средняя, нижняя секции, 1 – переводник, 2 – контргайка, 3, 10, 14 – корпуса секций, 4 – регулировочные кольца средней и верхней секции, 5, 11, 15 – валы средней, нижней и верхней секций, 6, 9 – верхний и нижний соединительные переводники, 7, 8 – верхняя и нижняя полумуфты, 12 – осевая опора, 13 – регулировочное кольцо нижней секции, 16 – регулировочное кольцо ниппеля, 17 – ниппель

Секции состоят из **100** и более ступеней в отдельных корпусах . Имеют повышенную мощность. Турбины работают синхронно. Максимальное число секций – до **4**.



# Шпиндельный турбобур: конструкция, принцип работы



## Шпиндель

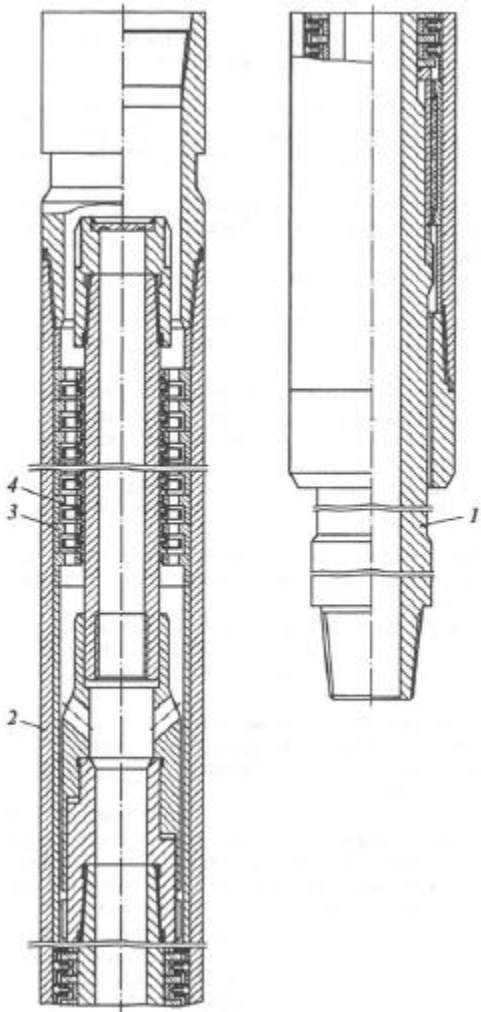
1, 18 – переводник, 2 – нижняя полумуфта, 2, 15 – регулировочные кольца, 4 – контргайка, 5- колпак, 6 – гайка, 7, 13 – радиальные опоры, 8, 12 – уплотнительные кольца, 9 - пята, 10 – подпятник, 11 – осевая опора, 14 – корпус, 16 – ниппель, 17 – вал.

Осевая опора вынесена в отдельный узел. Позволяет эффективно бурить гидромониторными долотами: снижаются утечки в зазоре между валом и ниппелем (опора не проточная в нижней части турбобура).

Типоразмеры: **164, 172, 185, 195, 240** мм



# Турбобур со вставным шпинделем: конструкция, принцип работы



**Единая** турбинная и шпиндельная секция.

Соединение валов турбинной и шпиндельной секций с помощью разъемной муфты с эксцентричным соединением.

Число турбин **уменьшается** на 6%.

Длина турбобура **сокращается** на длину шпиндельной секции.

Применяются для роторно-турбинных буров.

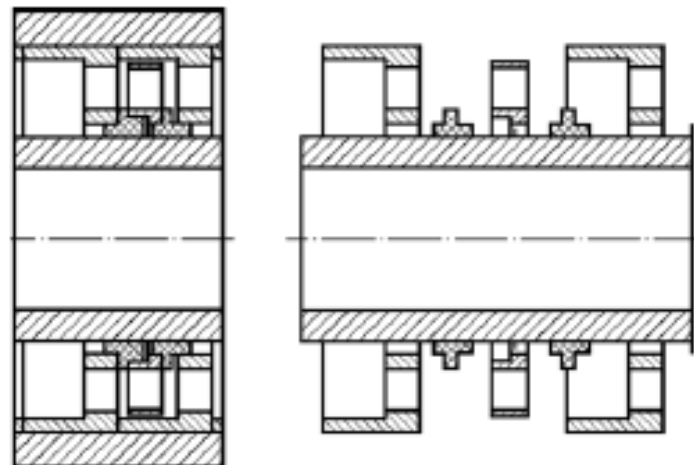
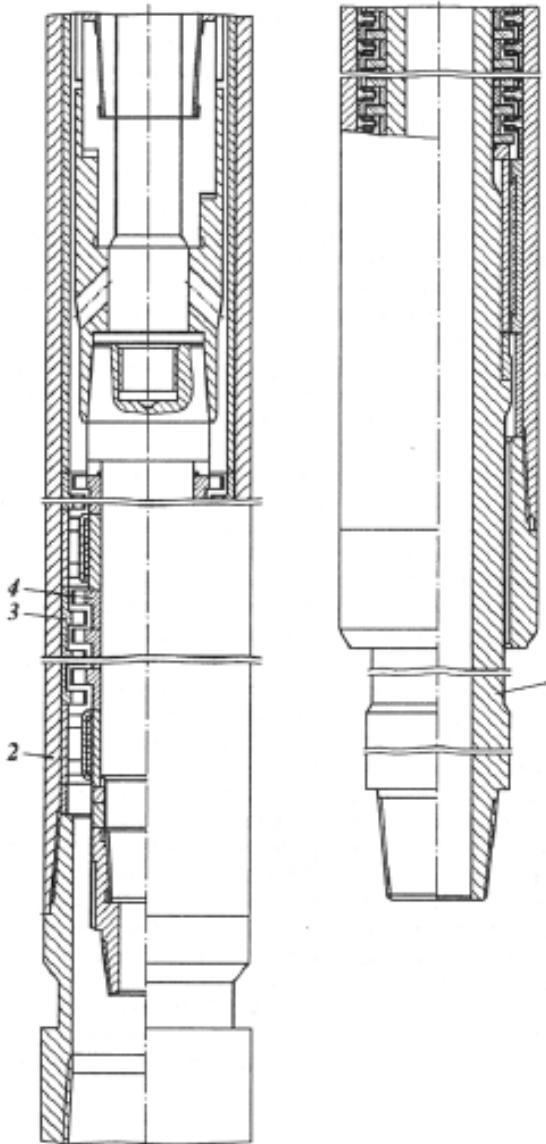


# Турбобур с независимым креплением роторов: конструкция, принцип работы

Применяются для роторно-турбинных буров. Имеет **опорное кольцо** на наружной поверхности для передачи осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент (создается грузами-утяжелителями).

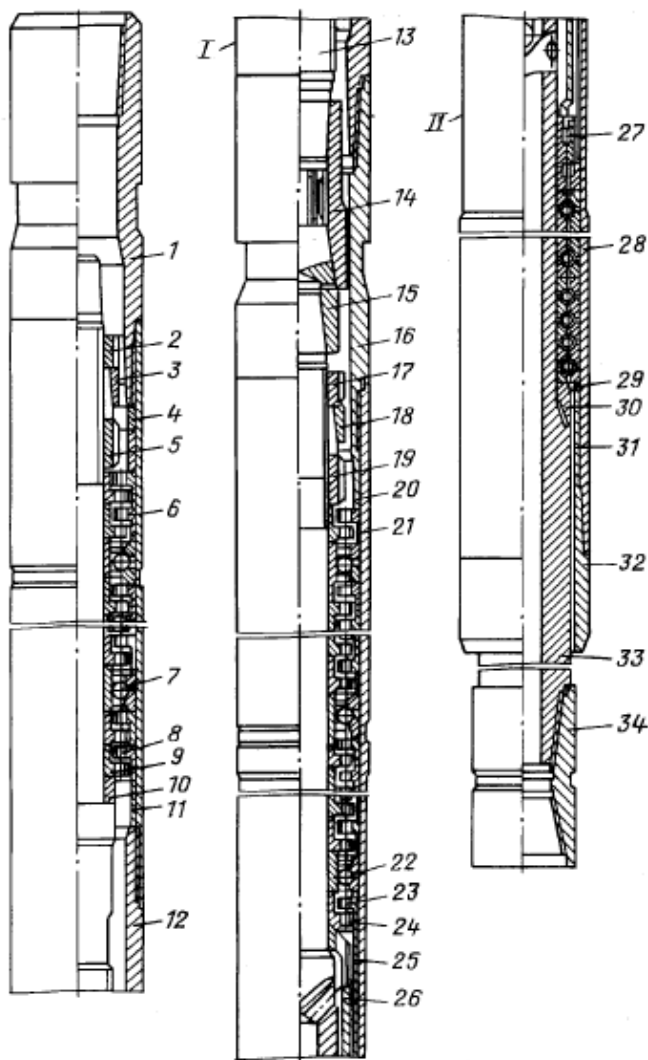
**Нет** торцевого сжатия пакета роторов на валу. Каждый ротор крепится **независимо** с помощью **индивидуального** подшипника. В осевом направлении роторы неподвижны.

**Преимущество:** увеличение срока службы опор, возможность сбора больших секций.





# Высокомомментный турбобур с предельными турбинами: конструкция, принцип работы



I, II – верхняя и нижняя секции, 1 – переводник корпуса, 2, 17 – контргайка, 3, 18 – колпак, 4 – регулировочное кольцо резьбы, 5, 19 – роторная гайка, 6, 21 – корпус, 7, 22 – средняя шаровая опора, 8, 23 – статор, 9, 24 – ротор, 10, 26 – втулка вала, 11 – регулировочное кольцо турбины, 12 – соединительный переводник, 13 – вал верхней секции, 14, 15 – верхняя и нижняя полумуфты, 16 – переводник корпуса, 20, 25 – втулки корпуса, 27 – торцовый сальник, 28 – упорно-радиальный подшипник, 29 – упорная втулка, 30 – упор, 31 – регулировочное кольцо, 32 – ниппель, 32 – вал, 33 – переводник вала.

Серия **A** – бурение глубоких скважин, с утяжеленными буровыми растворами и при температурах до 120 С. Высокие энергетические характеристики. Типоразмеры: **164, 195 и 240** мм.

Особенность: перепад давлений на турбинах при постоянном расходе **уменьшается** от режима холостого хода к тормозному режиму (благодаря высокоциркулятивным турбинам).

Стабильный режим работы. Опоры шаровые.



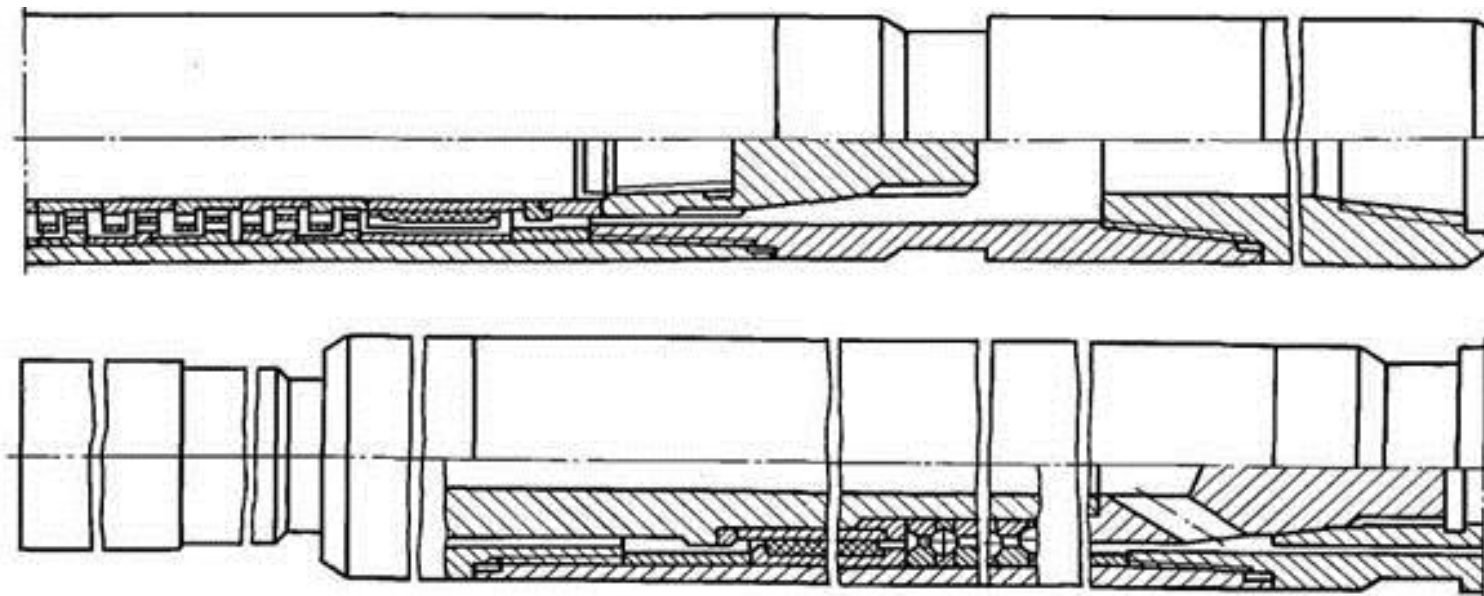
# Высокомомментный турбобур с системой гидроторможения: конструкция, принцип работы

Серия **АГТШ**. Типоразмеры: **164, 195, 240** мм.

Три секции + шпindelь. Секции: **2** с **многоступенчатыми** высокоциркулятивными турбинами, **третья** – со ступенями **гидродинамического торможения** (ротор и статор выполнены в виде, когда происходит безударное протекание жидкости на тормозном режиме).

Возникает момент противоположный моменту основной турбины.

Подшипник: упорно-радиальный шариковый.





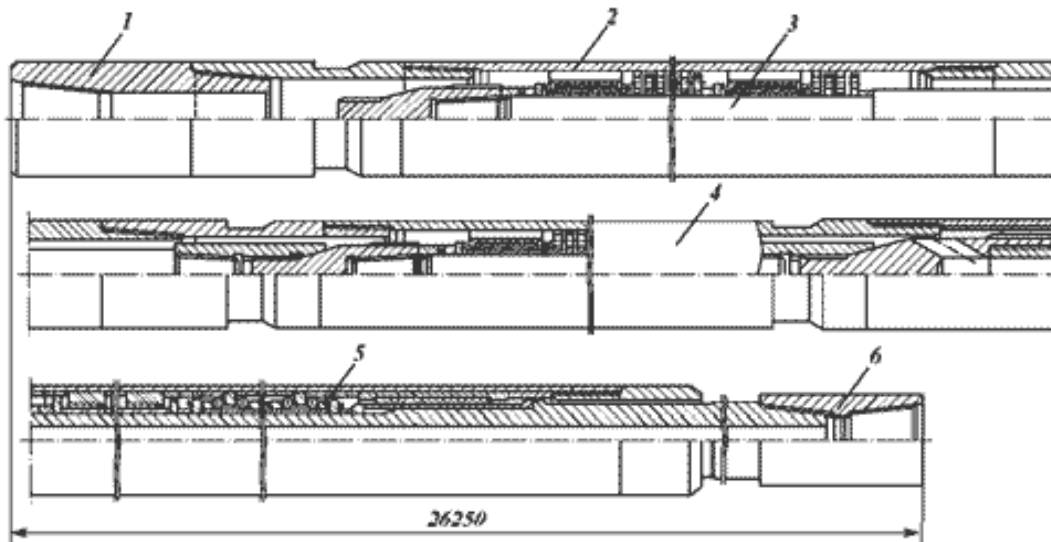
# Турбобур с плавающим статором: конструкция, принцип работы

Преимущества такие же как в турбобурах с независимой подвеской секций, но осевая опора шпинделя имеет **повышенную гидравлическую нагрузку**.

Статор имеет **свободу перемещения в осевом направлении** благодаря специальной шпонки,двигающейся в пазу корпуса. Каждый ротор представляет собой и пята для статора без проставочных дистанционных колец. Это позволяет увеличить диаметр турбины и сократить до минимума люфт. Число турбин до **1,4** раза больше, чем в обычных турбобурах.

**Недостаток:** свободный выход бурового раствора на внутреннюю поверхность корпуса турбинной секции.

Отсутствие связи между осевыми зазорами турбины и осевой опоры – **исключение** торцевого износа турбин – повышение межремонтного срока.



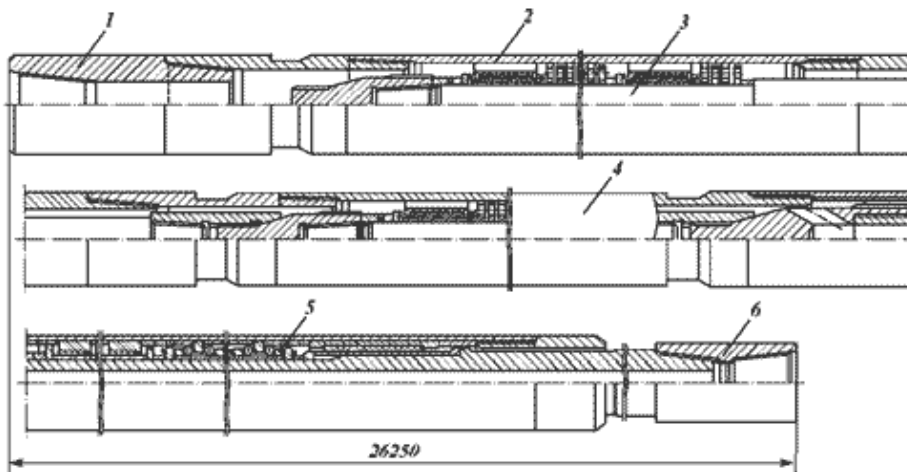


# Турбобур с полым валом: конструкция, принцип работы

Турбинные секции состоят из корпуса и пологого вала внутри корпуса на **4x** резинометаллических опорах. Между корпусом и валом до **100** ступеней турбины. Концы вала герметизированы муфтами и уплотнительными элементами, чтобы не было утечек бурового раствора из полости вала к турбине. Шпиндель турбобура состоит из корпуса и полого вала установленных на радиальных опорах и упорно-радиальном подшипнике в корпусе.

## Полый вал позволяет:

- поддерживать в насадках долота переда 6-9 Мпа
- определять прост венное положение скважины вблизи у долота
- прокачивать через полый вал различные типу наполнителей
- спускать в полость вала приборы для определения места прихвата



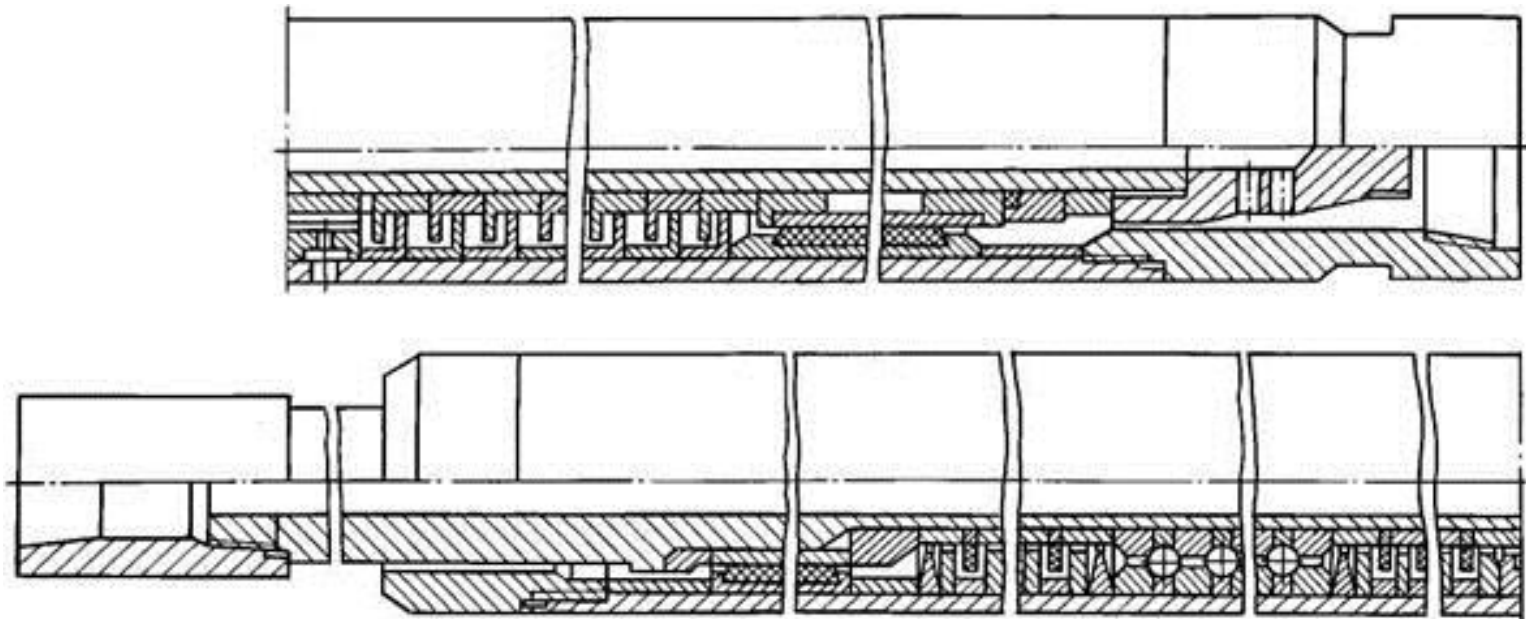




# Турбобур с независимой подвеской: конструкция, принцип работы

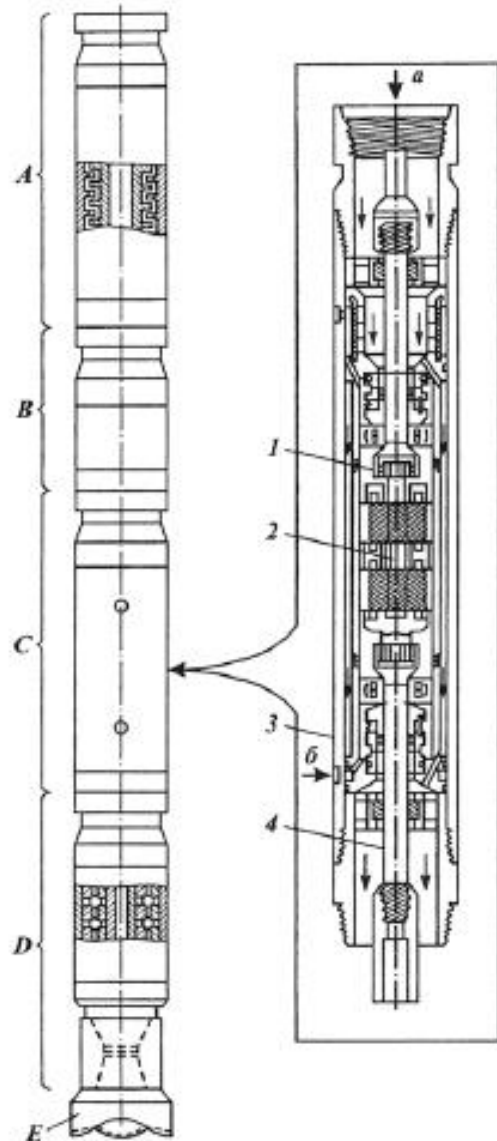
Каждая турбинная секция имеет **свой упорный шарикоподшипник**.

Валы секций соединены **квадратными полумуфтами** и могут **свободно перемещаться** в **осевом** направлении – **износ** упорного **подшипника** шпинделя **не влияет** на осевой зазор между статором и ротором турбины (он определяется только износом подшипников, установленных в турбинных секциях).





# Редукторный турбобур: конструкция, принцип работы



А - турбинная секция (модуль ВЗД), В, D – узел опорный, С - редуктор-вставка, Е – долото, 1 – входной вал, 2 - планетарная передача, 3 – корпус редуктора, 4 – вал выходной, а – буровой раствор, б - масло

Бурение скважин на **пониженных** частотах вращения и **увеличенном** моменте на выходном валу, с использованием буровых растворов различной плотности при высоких температурах (до **300**) и давлениях (до **250** Мпа).

**Состав:** секция, шпиндель, редуктор.

**Редуктор:** двухрядная планетарная передача с косозубым зацеплением Новикова, входной и выходной валы с несущими опорами, система маслозащиты.



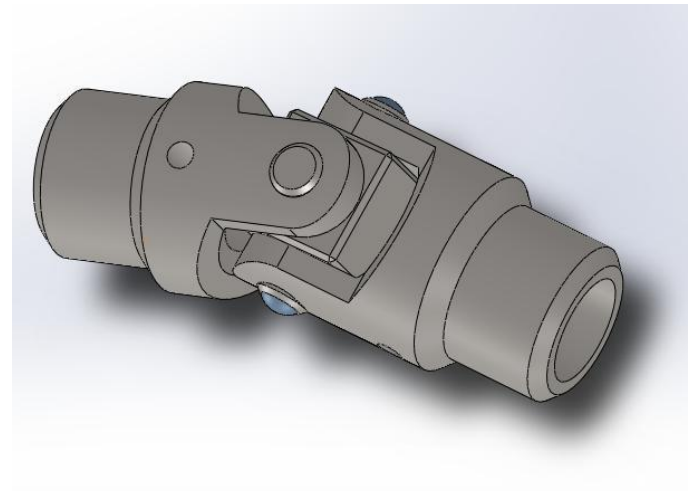
# Турбинный отклонитель и шпиндель-отклонитель: конструкция, принцип работы



Диаметры: 172, 195 и 240 мм.

Корпусы **турбинного отклонителя** соединены кривым переводником с углом до 1,5, а валы – шарнирной муфтой.

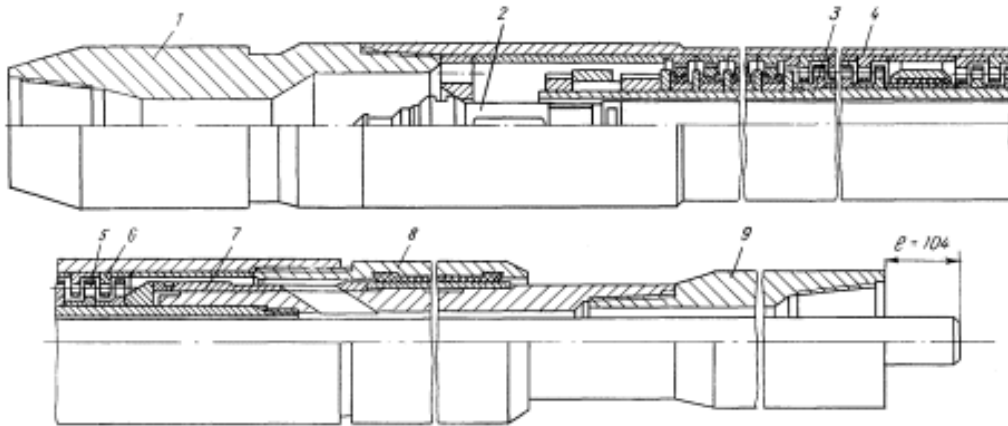
У **шпинделя-отклонителя** валы соединены двойной шарнирной муфтой с использованием шлицевых муфт.





# Турбобуры для отбора керна: конструкция, принцип работы

**Колонковое турбодолото** со съемной грунтоносной типа КТД, применяемое в турбинном бурении, представляет собой турбобур с полым валом, внутри которого размещена съемная грунтоноска, опирающаяся верхней головкой на опору, жестко соединенную с корпусом турбодолота.

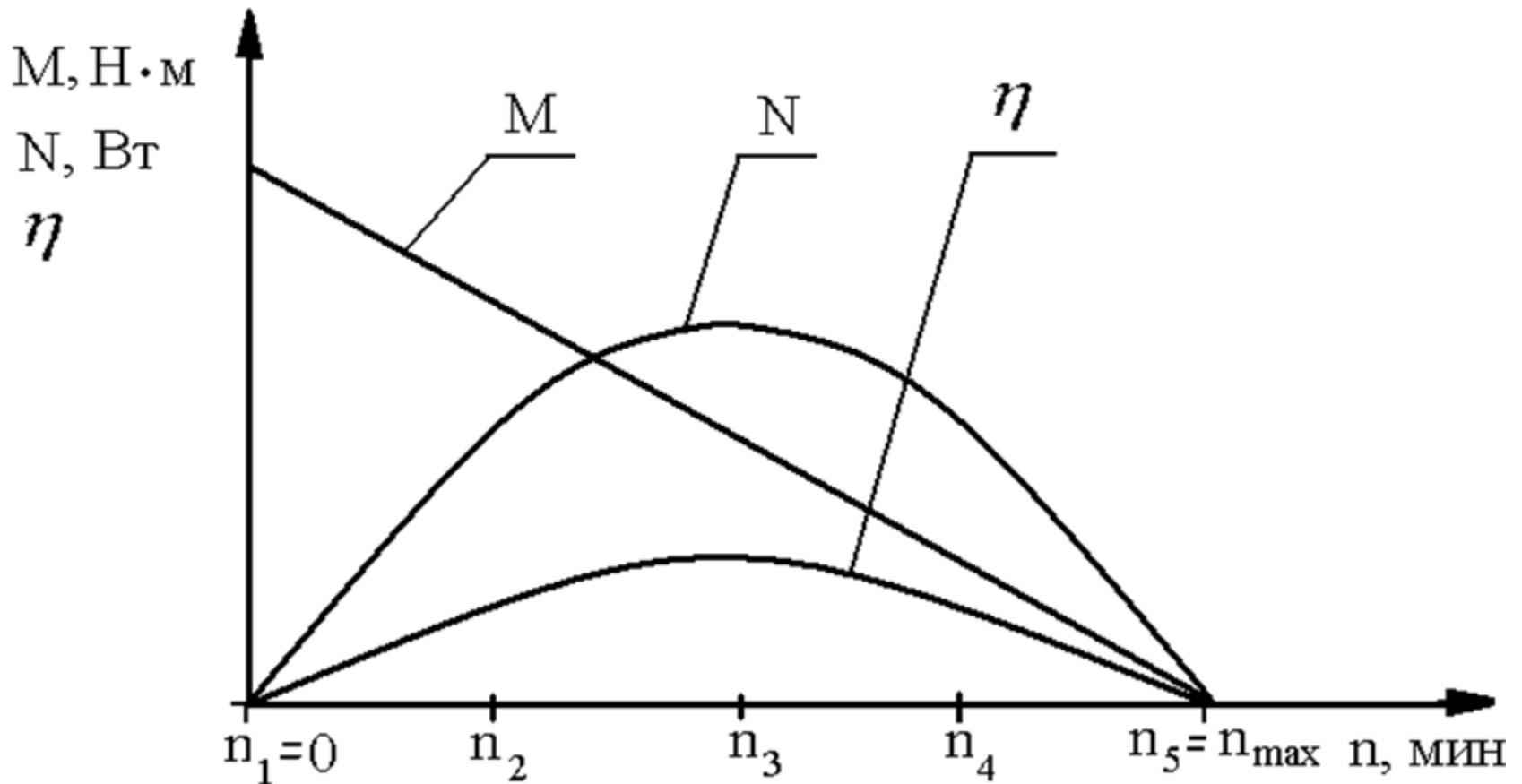


1- переводник корпуса, 2 – грунтоноска, 3 – вал, 4 – корпус, 5 – ротор, 6 – статор, 7 – фонарь, 8 – ниппель, 9 – переводник вал

**Керноприемное устройство типа УКТ** состоит из трех (или двух) турбинных и одной шпindelной секций и керноприемника.



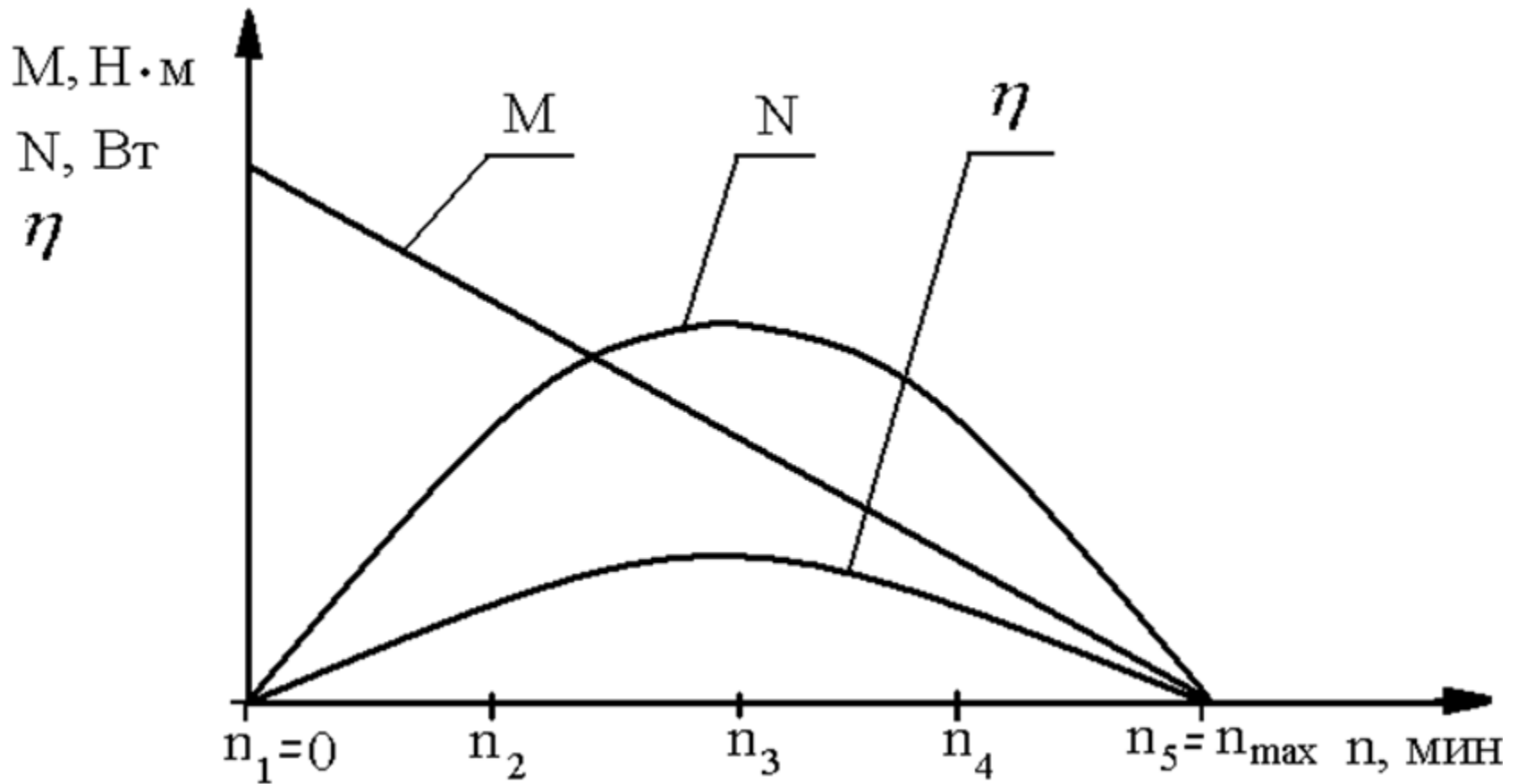
# Турбобур: характеристика



Какой тип механической характеристики у турбобура?



# Турбобур: характеристика



**Мягкая механическая характеристика** – с изменением момента сильно изменяется скорость.



# Винтовой забойный двигатель: история

**Предпосылки:** 1981-1982 гг. в США проходка за долбление была до 350 м, а в СССР – не более 90 м.

Первый работоспособный ВЗД – насос **Муано** – планетарно-роторный тип гидромашин.

**Середина 1960-х** – начало работа над создание опытных образцов ВЗД в США и СССР.

**1966 г.** – во ВНИИБТ Гусманом М.Т., Никомаровым С.С., Деркачем Н.Д., Захаровым Ю.В. и Меньшениным В.Н. первый ВЗД, рабочие элементы которого были выполнены на базе многозаходного винтового героторного механизма, выполняющего роль планетарного редуктора.

**Позже** этими учеными, а также Балденко Д.Ф. И Вадецким Ю.В. была разработана теория рабочего процесса ВЗД, технология их изготовления и эксплуатации



# Винтовой забойный двигатель: требования

1. Характеристики ВЗД должны обеспечивать высокий уровень крутящего момента, требуемую частоту вращения инструмента (для шарошечных долот 100-300 об/мин и для алмазных – 500-800 об/мин), высокий КПД двигателя (использование мощности насосов), пропорциональная зависимость между расходом и частотой вращения, а также между крутящим моментом и перепадом давления (управление режимом бурения).
2. Рабочие элементы должны быть износо- и термостойкими, обеспечивающими возможность использования требуемого бурового раствора, в том числе с наполнителями.
3. Компоновка двигателя и проектные запасы прочности обеспечивают: стойкость двигателя для стабильной работы с современными долотами, возможность искривления корпуса для нужд ННБ, возможность установки опорно-центрирующих элементов на корпусе.
4. Размеры двигателя обеспечивают сооружение заданного интервала скважины без осложнений.

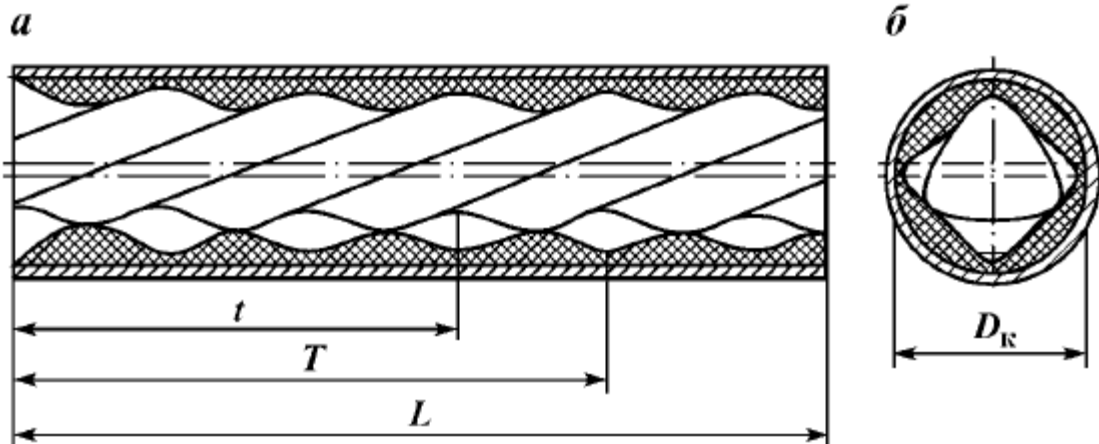




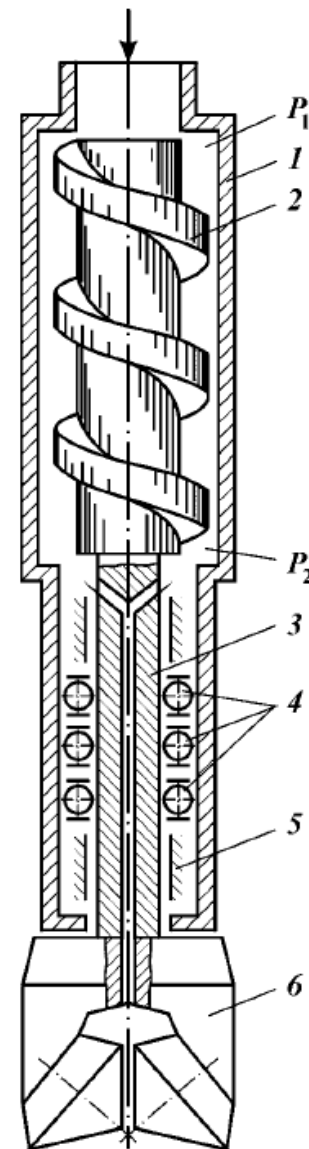
# Винтовой забойный двигатель: конструкция, принцип работы

## Рабочие органы:

- Ротор-винт
- Статор с полостями, примыкающими к камерам высокого и низкого давления
- Замыкатели-винты (уплотнение двигателя)



1 – корпус, 2 – ротор, 3 – вал, 4 – осевые подшипники, 5 – радиальный подшипник, 6 – долото

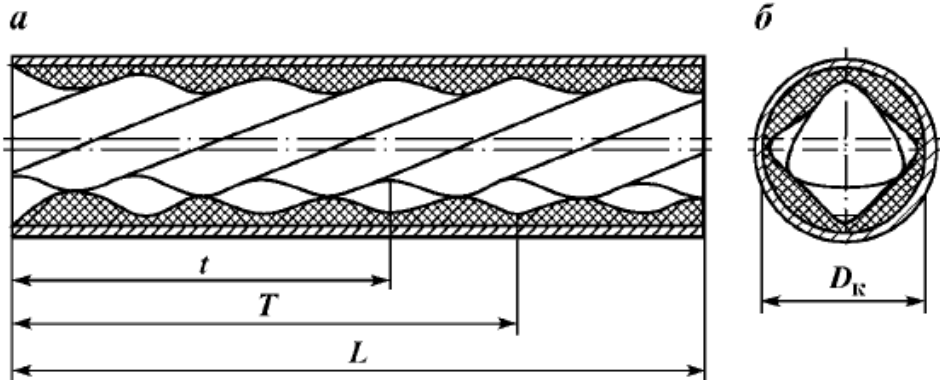




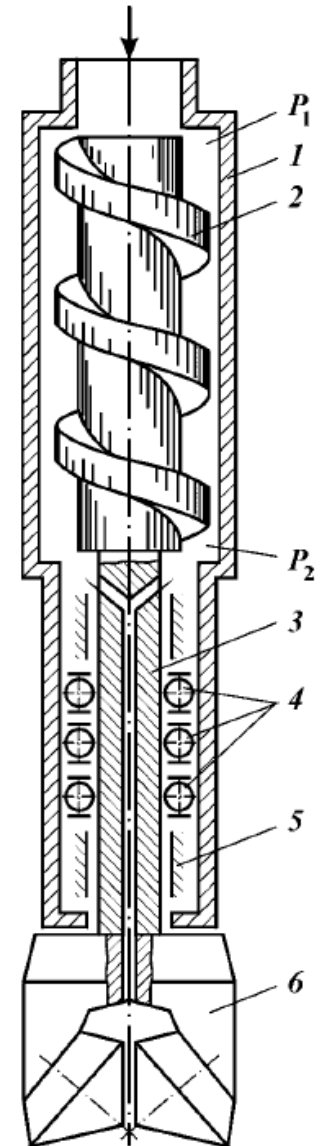
# Винтовой забойный двигатель: конструкция, принцип работы

## Признаки объемных двигателей:

- Наличие рабочих камер (периодически сообщаются с входом и выходом машины при движении жидкости);
- Изменение давления в рабочей камере от начального до конечного постепенно вследствие изменения объема камеры или скачкообразно в следствии сообщения камеры с выходом);
- Несущественная зависимость усилий в рабочих органах двигателя от скорости движения жидкости в камерах.



1 – корпус, 2 – ротор, 3 – вал, 4 – осевые подшипники, 5 – радиальный подшипник, 6- долото





# Винтовой забойный двигатель: классификация

Общего назначения

С отдельным потоком

Для наклонно-  
направленного и  
горизонтального бурения

Для ремонта скважин

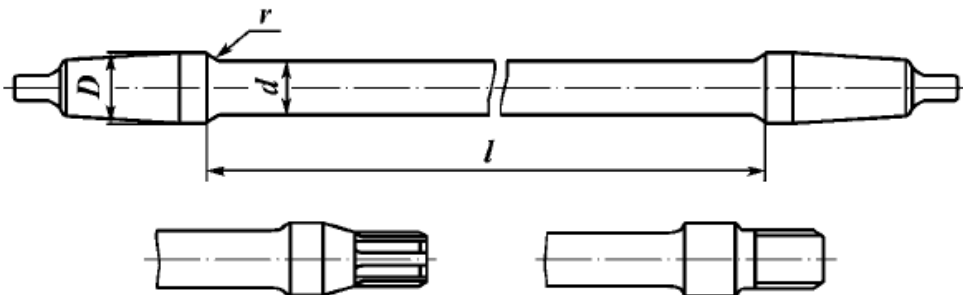
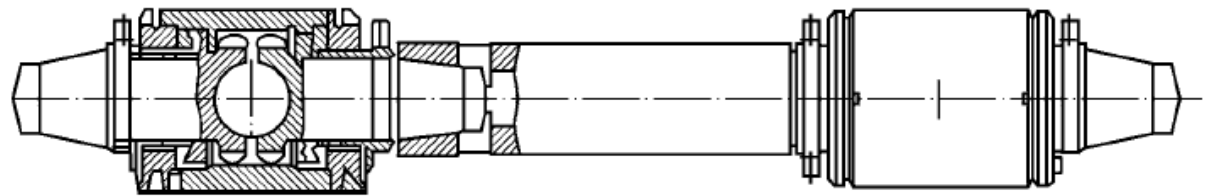
Для отбора керна

Классификация **Балденко Ф.Д.** и **Гоноевых А.Н.** по **17 признакам**: по кратности действия рабочих органов; по кинематике рабочих органов; по конструктивной компоновке; по конструкции силовой секции; по характеру распределения потока рабочей жидкости; по конструкции ротора рабочих органов; по конструкции узла соединения ротора и вала шпинделя; по типу осевой опоры в шпинделе; по конструкции уплотнения вала шпинделя; по назначению; по наружному диаметру; по термостойкости; по частоте вращения выходного вала; по типу механизма искривления; по роду рабочего реагента; по типу зацепления профилей рабочих органов.



# Винтовой забойный двигатель: конструкция, принцип работы

- Рабочие элементы (ротор, статор, уплотнения)
- Шпиндель (опорный узел – радиальная и осевая опоры)
- Соединение ротора и вала шпинделя:
  - деформация одного или нескольких элементов конструкции;
  - обеспечение свободы перемещения ротора благодаря элементам с большим зазором;
  - шарнирные соединения;
  - гибкий вал.

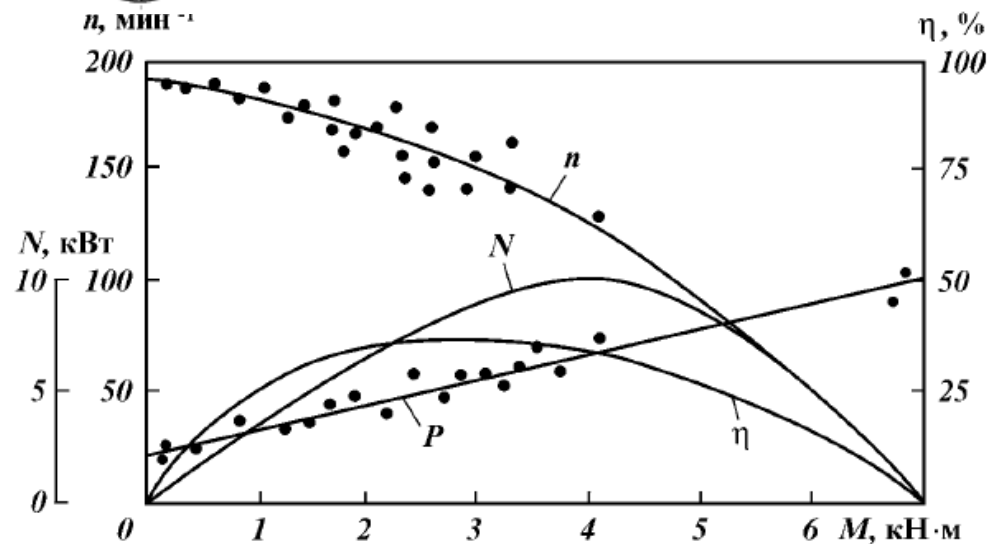
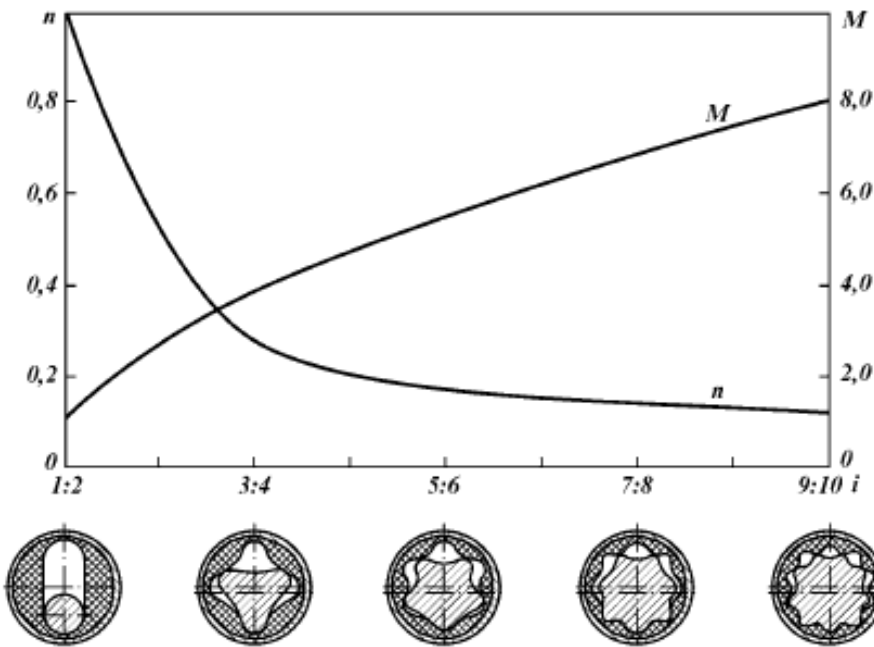




# Винтовой забойный двигатель: энергетические характеристики

**Верхний предел** расхода ПЖ определяют:

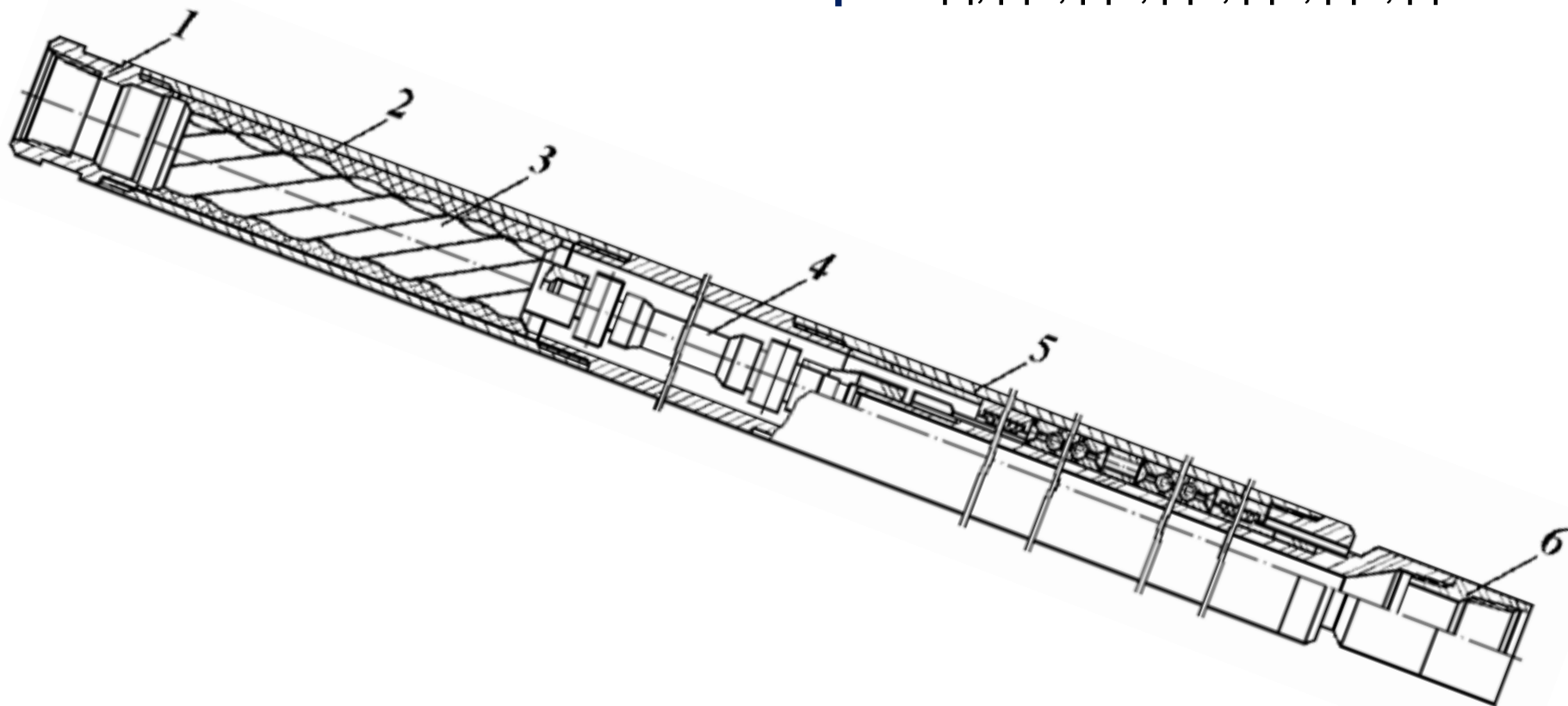
- Инерционные нагрузки при увеличении частоты вращения;
- КПД двигателя;
- Износ рабочих элементов.





# Винтовой забойный двигатель: двигатели общего назначения

Серия: Д, Д0, Д1, Д2, Д3, Д4, Д5.



1,6 – переводники, 2 – статор, 3 – ротор, 4 – торсион, 5 – шпindelь



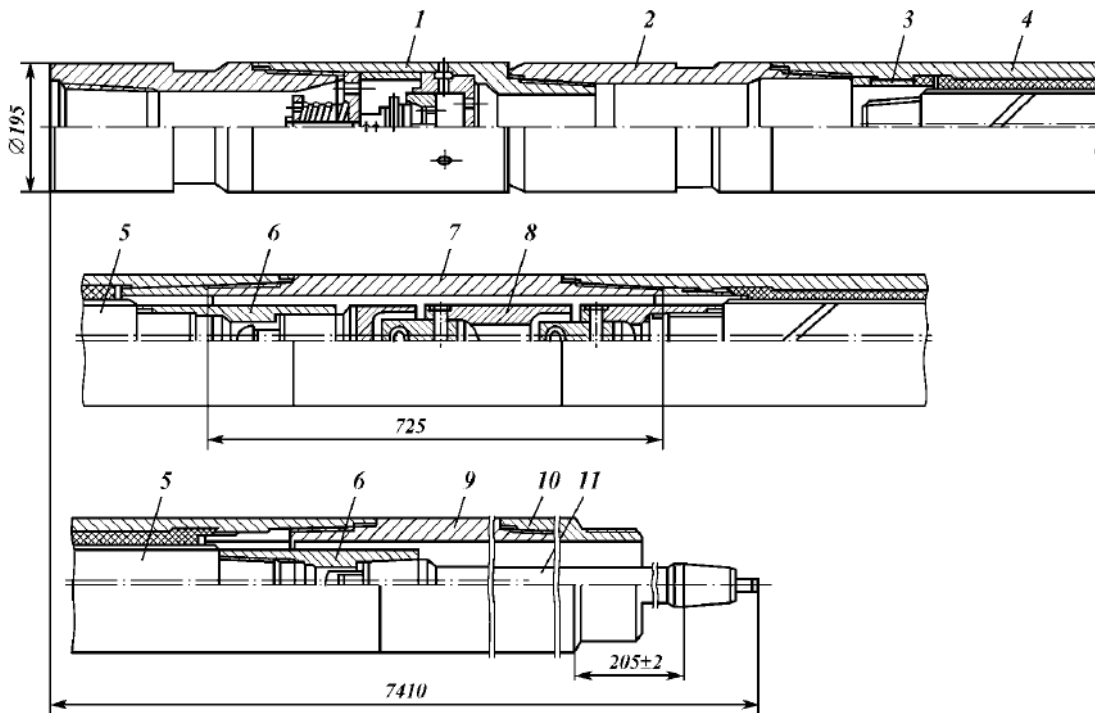
# Винтовой забойный двигатель: секционный ВЗД

2-3 секции

Сочленение **секции**:

- Сборка с ориентированием рабочих органов по винтовой линии с жестким соединением статоров и роторов с помощью переводника;
- Сборка без ориентирования рабочих органов с жестким соединением статоров и роторов с помощью шарнира или гибкого вала.

Сочленение **двигательной** и **шпиндельной** секций: карданный или гибкий вал.



1 – клапан, 2 –переводник соединительный, 3 – втулка распорная, 4 –статор, 5- ротор, 6 – муфта, 7,9, 10 – переводники, 8 – шарнир, 11 - вал

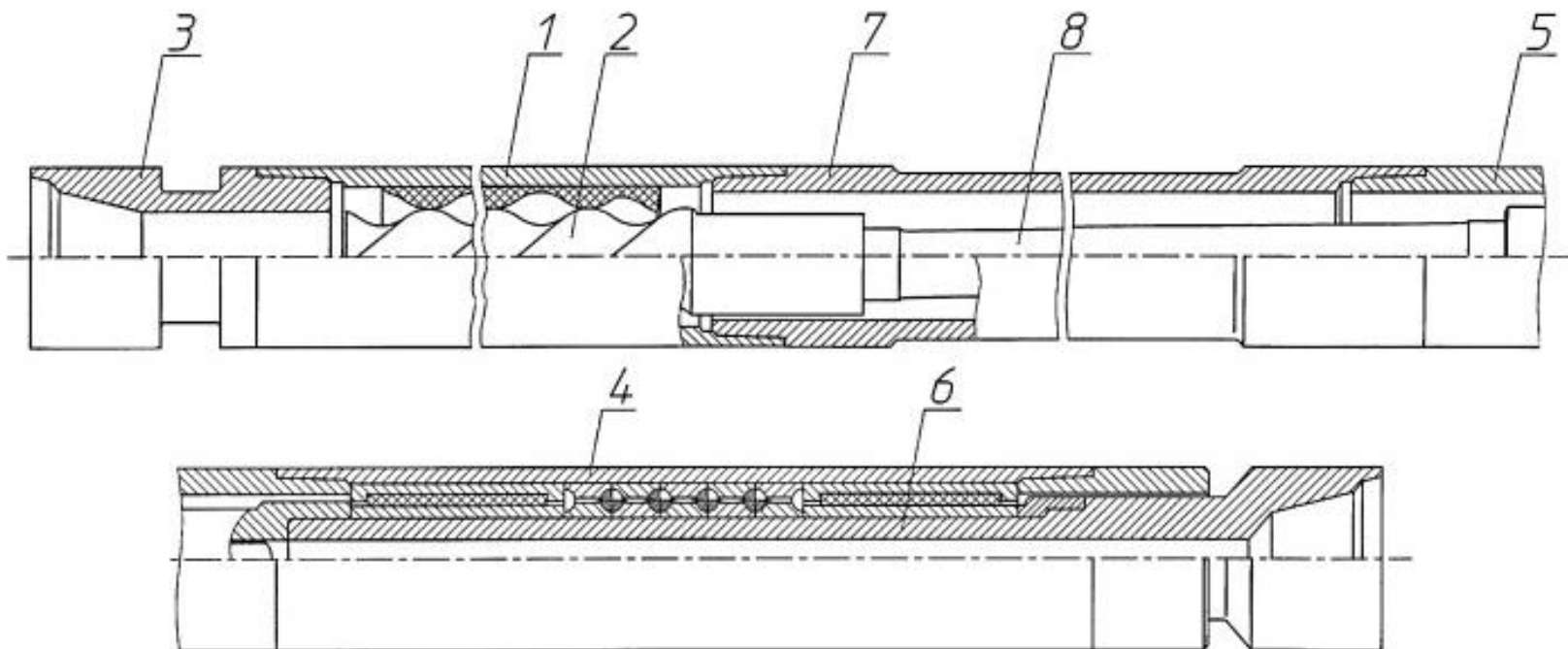


# Винтовой забойный двигатель: двигатели для ремонта скважин

**Диаметр:** 42-120 мм

**Серия:** Д, Д1, ДГ, ДК, ДО, ДО1, ДР, ДГР (принципиально не отличаются от двигателей общего назначения).

**Область применения:** разбуривание цементных мостов, песчаных и гидратных пробок, фрезеровании НКТ, кабелей электропогружных насосов и прочих предметов.



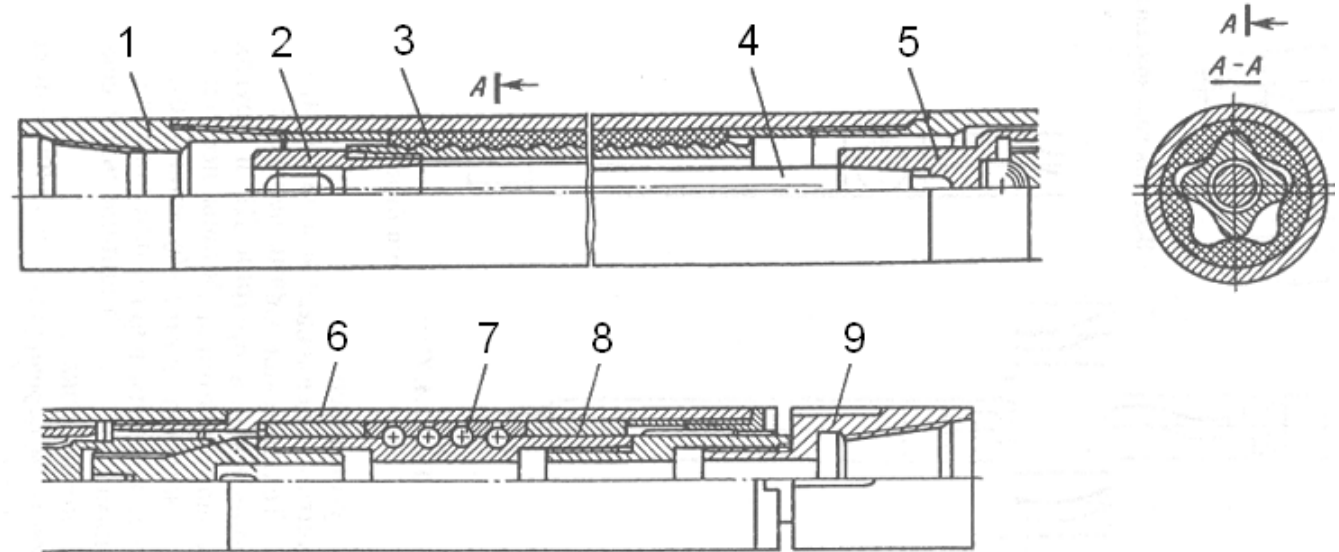




# Винтовой забойный двигатель: ВЗД для горизонтального и наклонно- направленного бурения

Диаметр: 60-172 мм

Серия: ДГ



## Особенности:

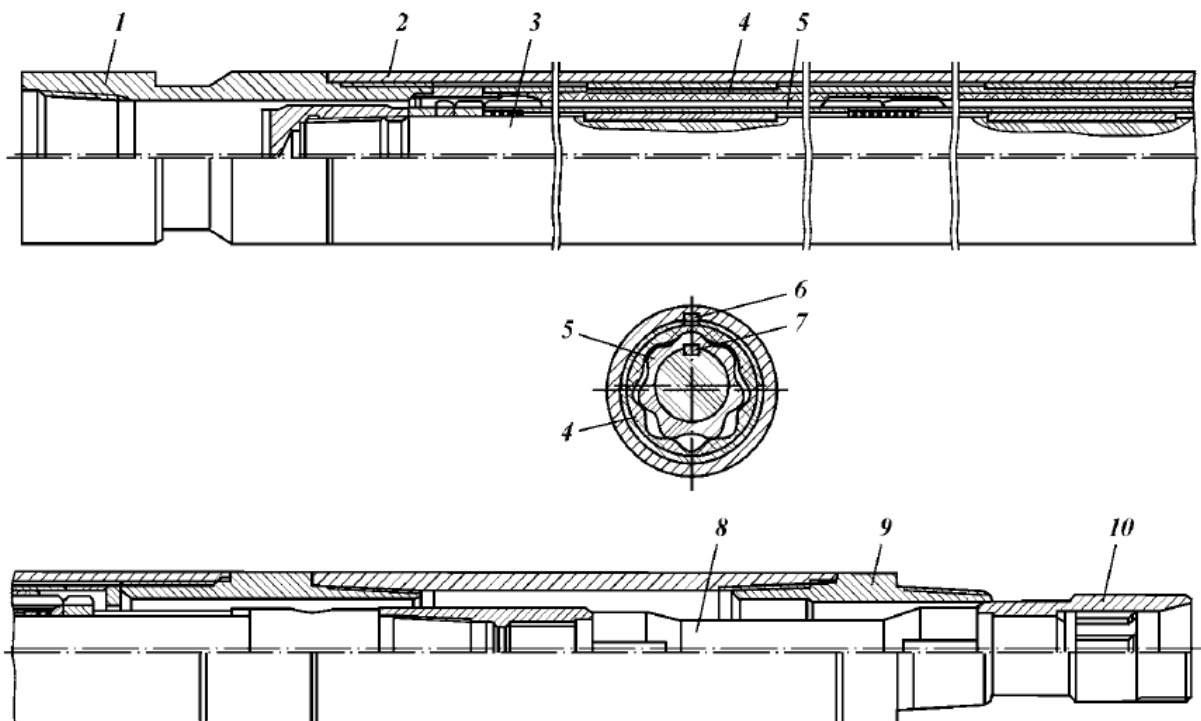
- Уменьшенная длина (сокращение силовой (в основном двухшаговая) и двигательной секции)
- Уменьшенный наружный диаметр при сохранении рабочих характеристик
- Многообразие механизмов искривления (кривой переводник, регулируемый переводник, корпусные шарниры)
- Возможность размещения в корпусе опорно-центрирующих элементов
- Совершенствование соединения ротора и вала шпинделя (надежная работа с большими углами перекоса)



# Винтовой забойный двигатель: многомодульный

**Рабочие органы:** агрегированные в корпусе элементы статора, а на валу – элементы ротора.

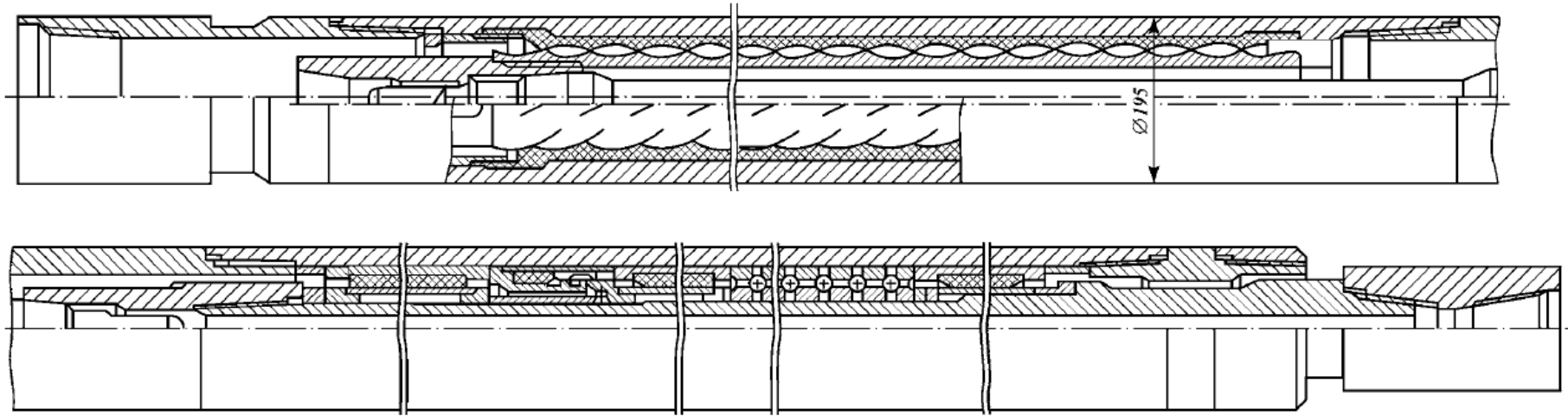
**Схемы** секционирования предполагают применение отдельных модулей статора при монолитном роторе, отдельных модулей ротора при монолитном статоре, агрегирования модулей ротора и статора



1 – переводник верхний, 2 – корпус, 3 – вал, 4 – модуль статора, 5 – модуль ротора, 6 – шпонки, 7 – вал гибкий, 8 – переводник нижний, 9 – втулка вала



# Винтовой забойный двигатель: ВЗД с полым валом



## Особенности:

- Соединение полого ротора с шпинделем через торсион внутри ротора.
- Улучшение энергетических характеристик: увеличение КПД, снижение вибраций.

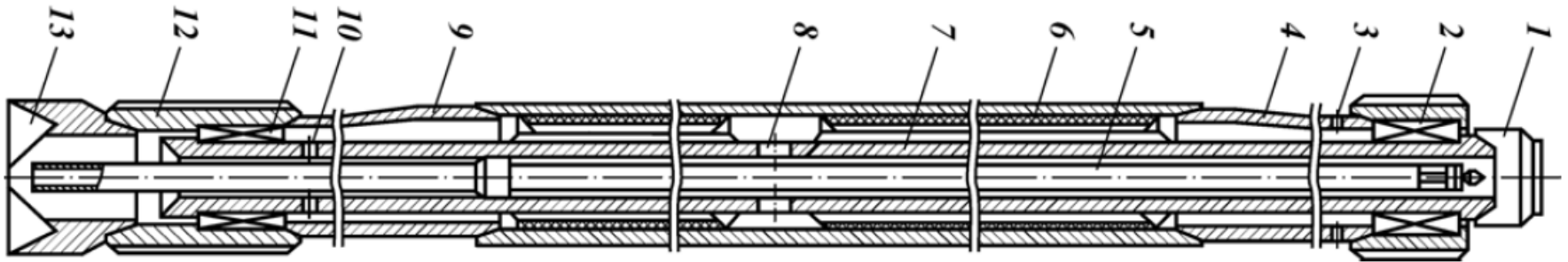
**Уменьшение** массы ротора – **снижение** массы двигателя на 10-15% - **увеличение** стойкости узла соединения ротора и вала.



# Винтовой забойный двигатель: ВЗД для отбора керна

**Серия:** ГДК

Усложненная конструкция ротора.



1 – колонна труб, 2 и 11 – подшипники, 3, 8, 10 – каналы для промывочной жидкости, 4 и 9 – гибкие трубы, 5 – кернаотборная труба, 6 – наружный элемент рабочего органа, 7 – внутренний полый элемент, 12 – центратор, 13 – буровая головка



# Турбовинтовой забойный двигатель: история

**1970 г.** – первая схема турбовинтового агрегата предложена коллективом ВНИИБТ в составе Гусмана М.Т., Балденко Д.Ф., Кочнева А.М., Никомарова С.С.

**Особенности:** высокая стойкость свойственная турбобурам и оптимальная энергетическая характеристика характерная для ВЗД (высокий уровень отношения  $M/n$  при незначительном падении частоты вращения при нагрузке двигателя).

**Турбовинтовой двигатель** – редукторный турбобур с редуктором в виде винтовой пары.

Исполнение

Винтовая пара монтируется над турбинной секцией

Винтовая пара монтируется между турбинными секциями



# Турбовинтовые двигатели: конструкция, принцип работы

**Диаметр:** 195 и 240 мм

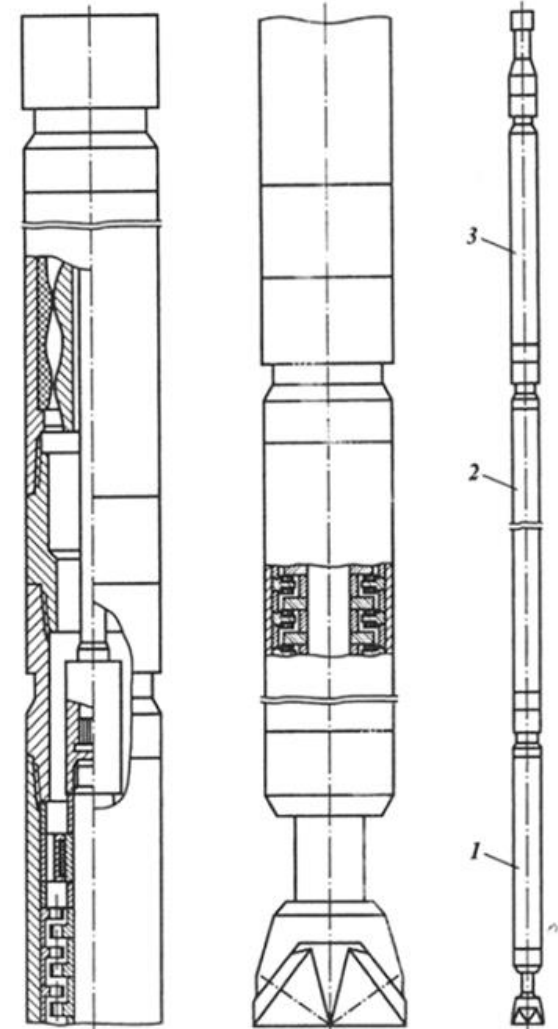
**Состав:** две или три турбинных секции (2), винтовой модуль (3), шпindelь (1) (шпindelь-отклонитель) – существуют различные варианты агрегирования.

**Преимущества:**

- стабильность энергетической характеристики по времени;
- высокое соотношение  $M/n$ ;
- высокая жесткость линии моментов.

**Ограничения:**

- температура бурового раствора  $< 120$  град.;
- плотность бурового раствора  $< 1700$  кг/м<sup>3</sup>;
- содержание в растворе углеводородных соединений 5%.





# Турбовинтовые двигатели: универсальные

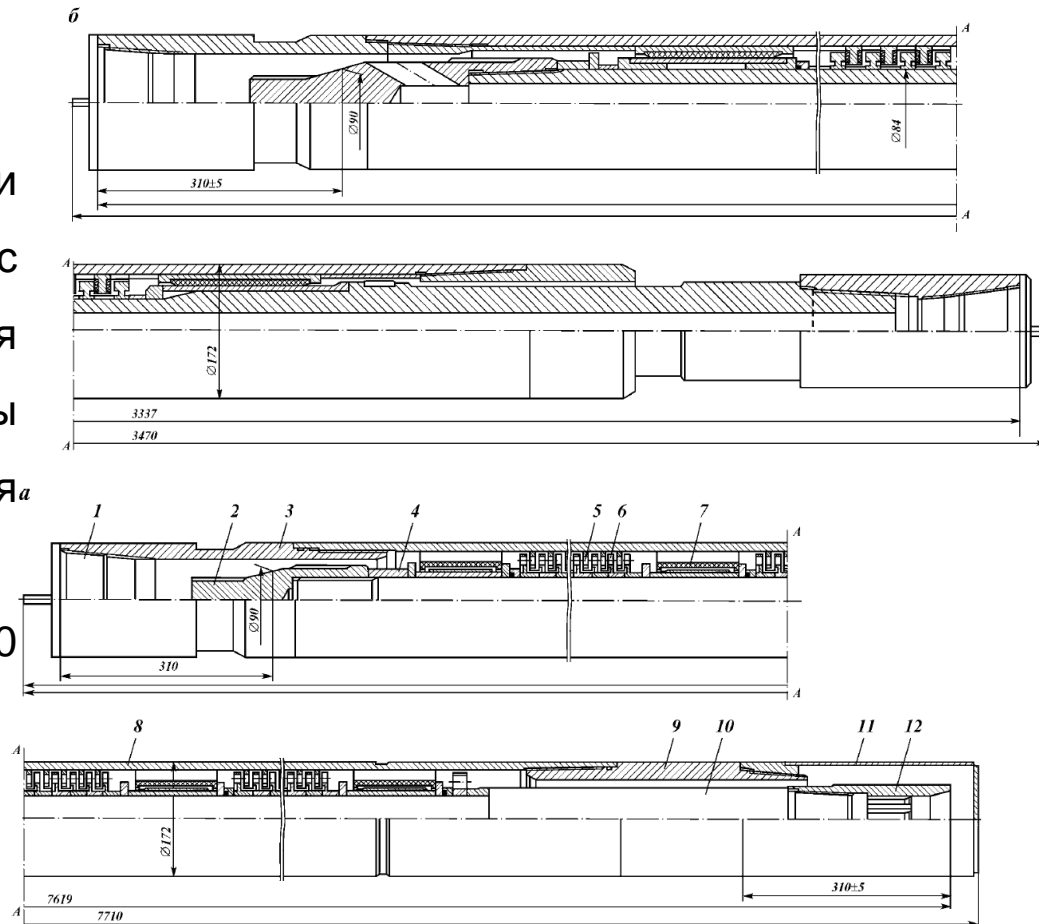
**Серия:** ТПС-У

**Диаметр:** 172 и 195 мм

**Состав:** 2-3 турбинные секции

(аналогичны по строению турбобурам с плавающим статором), шпindelная секция, преобразователь частоты вращения выходного вала (секция а ВЗД). Число турбин в секции – до 190.

**Диапазон частот вращения:** 80-400 об/мин **при постоянном расходе**



а – турбинная секция, б – шпindelь, 1 – пробка к резьбе верхнего переводника, 2, 12 – полумуфты, 3, 9 – переводники, 4 – кольцо, 5, 6 – турбина, 7 – опора радиальная, 8 – корпус, 10 – вал, 11 – колпак

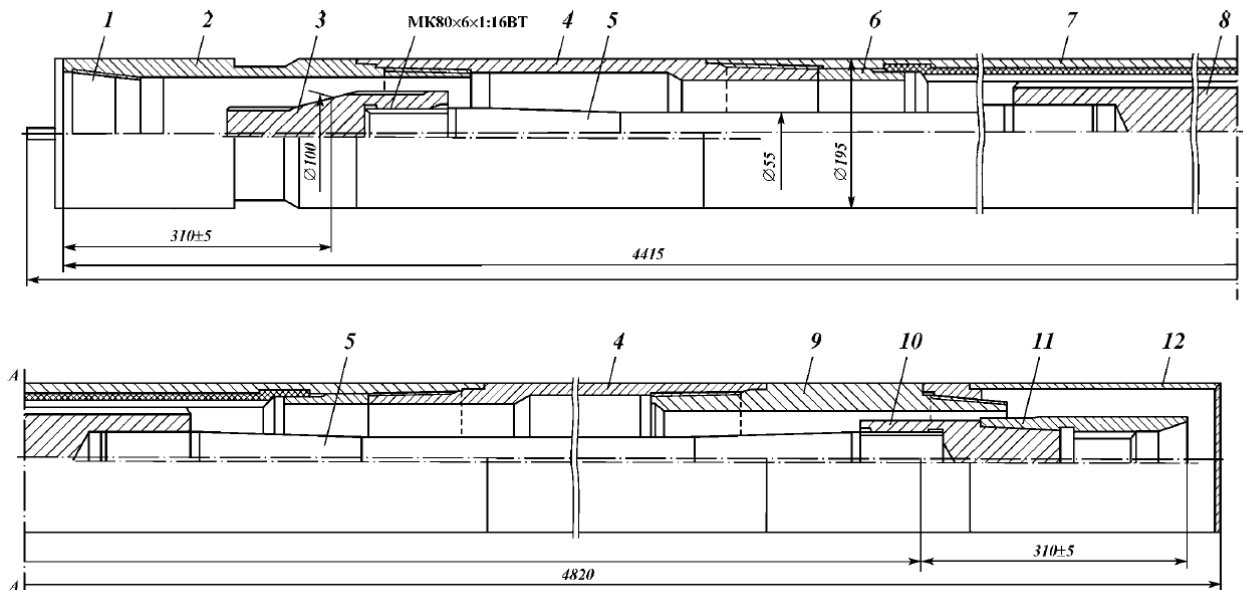


# Турбовинтовые двигатели: модульные унифицированные

**Серия:** 2ТУ240КД

**Преимущества:** в 1,5 раза увеличена наработка на отказ, меньшая удельная металлоемкость.

**Особенности:** средняя секция оснащена 120 турбинами пониженной частоты, верхняя секция – тормозной модуль, содержащий турбинную часть и рабочие органы ВЗД.



1- пробка к резьбе переводника, 2, 4,9 – переводники, 3 – полумуфта, 5 – вал, 6 – втулка, 7 – статор, 8 – винтовой ротор, 10- наставка вала, 11 – полумуфта, 12 - колпак

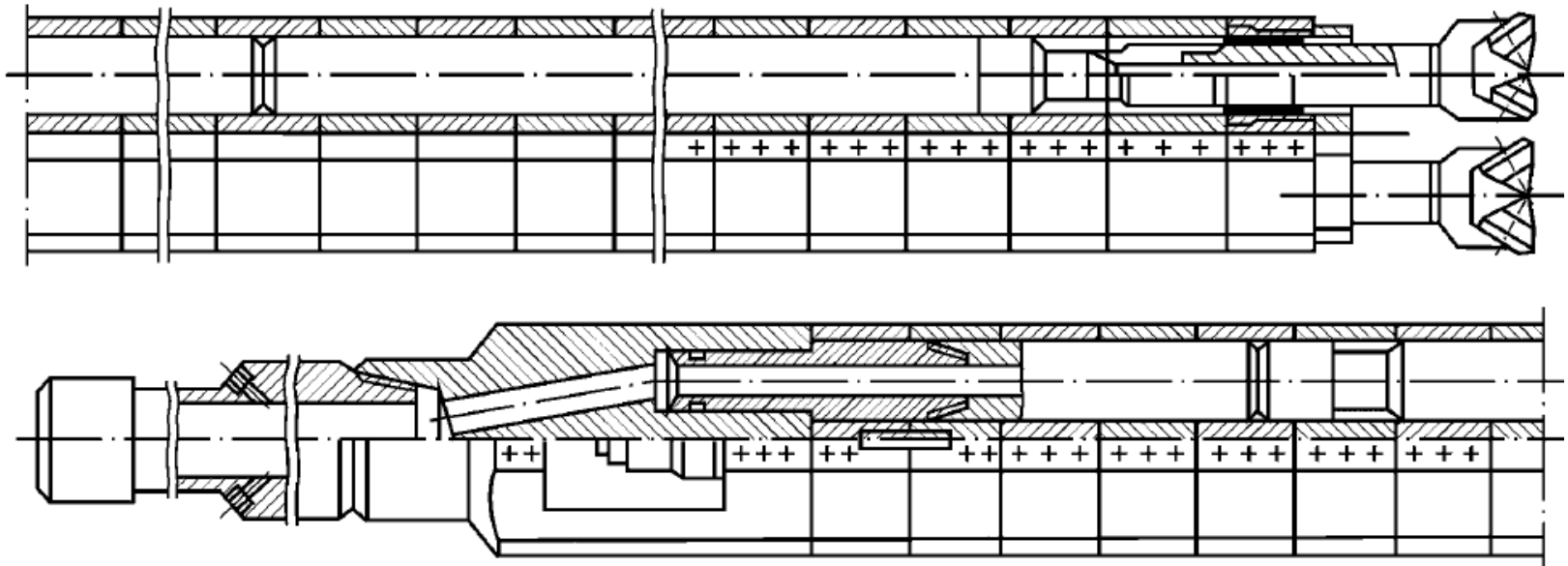




# Роторно-турбинный бур, реактивно-турбинный бур

**Область применения:** бурение скважин 394-640 мм (роторно-турбинные буры) и 760-2600 мм (реактивно-турбинные буры).

**Конструкция:** верхняя секция с шпинделя турбобура, используется параллельно несколько турбобуров



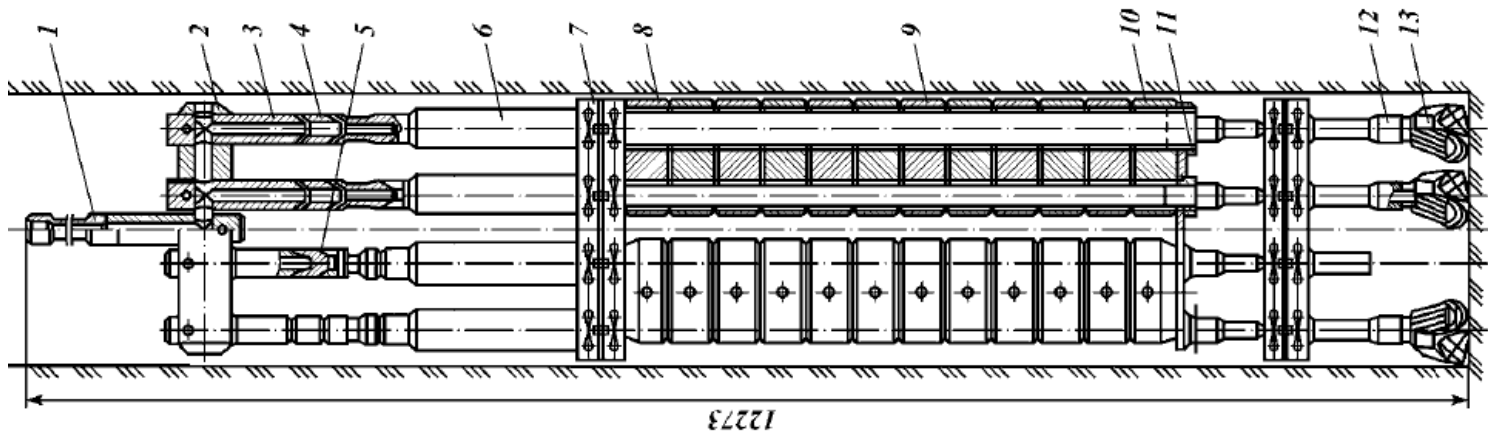
Роторно-турбинный бур



# Роторно-турбинный бур, реактивно-турбинный бур

**Область применения:** бурение скважин 394-640 мм (роторно-турбинные буры) и 760-2600 мм (реактивно-турбинные буры).

**Конструкция:** верхняя секция с шпинделя турбобура, используется параллельно несколько турбобуров



1- переводник, 2 – траверса, 3 – ниппель, 4 – переводник предохранительный, 5 – переводник глухой, 6 – турбобур, 7 – хомутверхний, 8 – груз-утяжелитель верхний, 10 – груз утяжелитель нижний, 11 – плита, 12 – переводник вала, 13 - долото

**Реактивно-турбинный бур**



## **ТЕМА 2.**

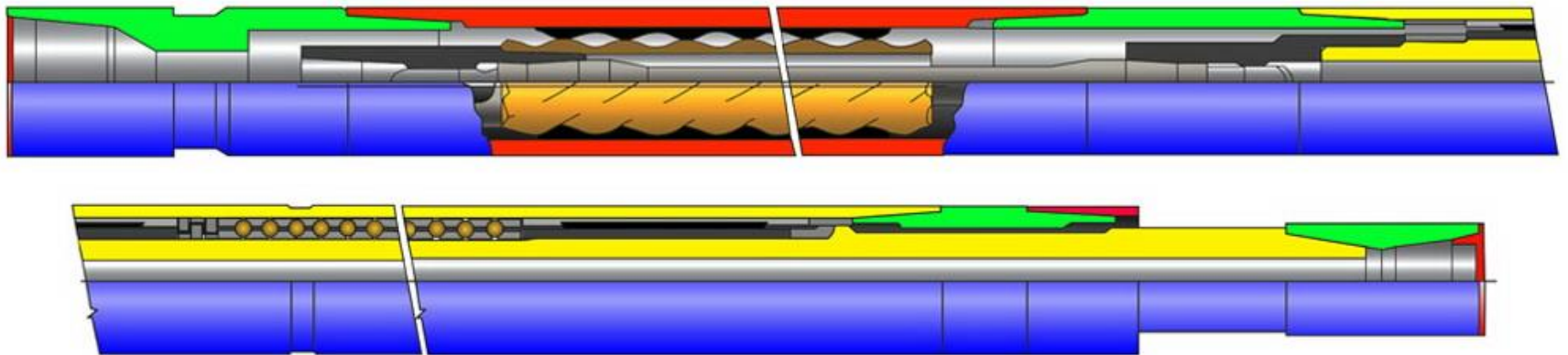
***Проектирование и расчет забойных двигателей для  
сооружения скважины***



# Факторы, влияющие на выбор забойного двигателя

Тип забойного двигателя выбирается в зависимости:

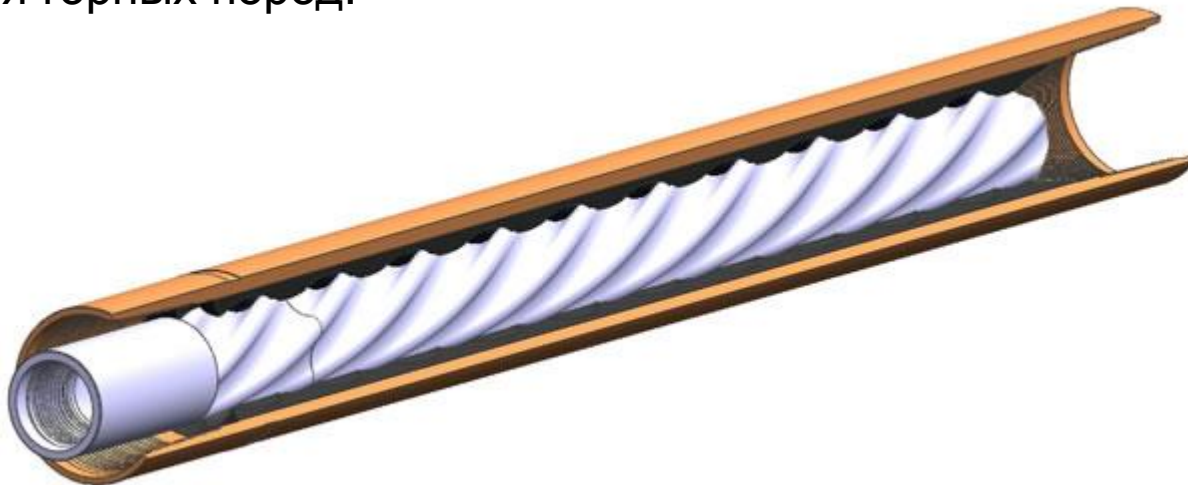
- проектного профиля скважины,
- типоразмера долот,
- осевой нагрузки,
- плотности промывочной жидкости
- удельного момента, обеспечивающего вращение долота.





# Требования, предъявляемые к забойному двигателю

- Диаметр забойного двигателя = **80-90%** от диаметра долота;
- Расход промывочной должен быть близким к номинальному забойного двигателя;
- Крутящий момент, развиваемый забойным двигателем, должен обеспечить эффективное разрушение горной породы на забое скважины;
- Забойный двигатель должен обеспечивать частоту вращения долота, находящуюся в пределах или не менее этих значений, необходимых для разрушения горных пород.





# 1. Расчет диаметра забойного двигателя

$$D_{з\partial} = (0,8 \div 0,9) D_{\partial}$$

где  $D_{з\partial}$  - диаметр забойного двигателя, мм;

$D_{\partial}$  - диаметр долота, мм

# 2. Требуемый крутящий момент забойного двигателя

$$M_p = M_o + M_{y\partial} \times G_{oc}$$

$M_p$  - момент необходимый для разрушения горной породы, Н\*м;

$M_o$  - момент необходимый для вращения ненагруженного долота, Н\*м;

$M_{y\partial}$  - удельный момент долота, Н\*м/кН;

$G_{oc}$  - осевая нагрузка на долото, кН.



## Дополнительные расчеты

Момент необходимый для вращения ненагруженного долота определяется по формуле

$$M_o = 500 \times D_{\partial}$$

$D_{\partial}$  - диаметр долота, м.

Удельный момент долота определяется по формуле

$$M_{y\partial} = Q + 1,2 \times D_{\partial}$$

Q - расчётный коэффициент, принимаемый в расчётах 1-2 (обычно - 1,5), Н\*м/кН,

$D_{\partial}$  - диаметр долота, см.



# Технические характеристики турбобуров по ГОСТ 26673-85

- Наружный диаметр, мм
- Длина, мм
- Число секций (в т.ч. турбинных, с решетками гидроторможения и т.п.)
- **Число ступеней в турбобуре** ( в т.ч. решеток гидроторможения)
- Присоединительная резьба
- **Расход жидкости плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>**
- **Момент силы на выходном валу, Н\*м: на тормозном режиме, на рабочем режиме**
- **Частота вращения выходного вала, об/мин: в режиме холостого хода, на рабочем режиме**
- **Перепад давления, МПа: в режиме холостого хода, на рабочем режиме, на тормозном режиме**
- КПД, %
- Масса, кг
- Назначенный ресурс/наработка на отказ и т.п., ч





# Технические характеристики турбобуров по ГОСТ 26673-85

Характеристические параметры турбин турбобуров зависят от значений расхода **Q** и плотности **ρ** бурового раствора, а также от количества ступеней турбины **Z**.

$M \sim Q^2$	$n \sim Q$	$P \sim Q^2$	$N \sim Q^3$	$\eta \text{ inv } Q$
$M \sim \rho$	$n \text{ inv } \rho$	$P \sim \rho$	$N \sim \rho$	$\eta \text{ inv } \rho$
$M \sim Z$	$n \text{ inv } Z$	$P \sim Z$	$N \sim Z$	$\eta \text{ inv } Z$

**N** - мощность,

**inv** – отсутствие зависимости

**P** – перепад давления



# Терминология

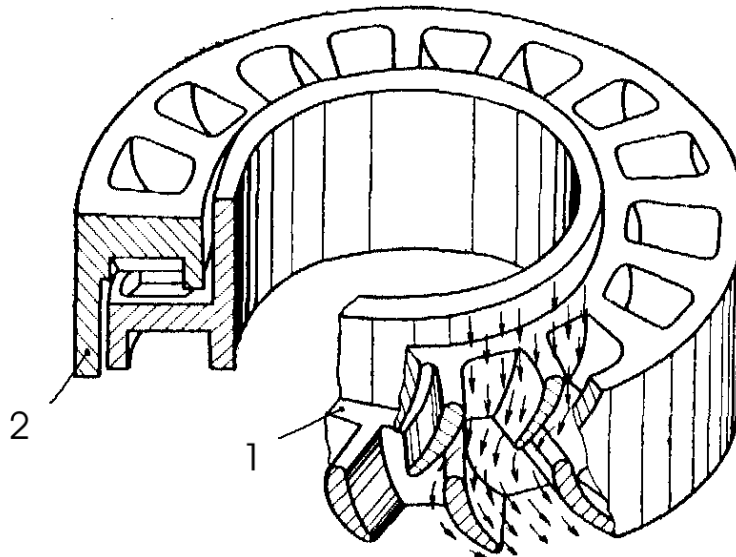
**Тормозной вращающий момент ( $M_T$ )** - это величина  $M_B$  при  $n = 0$ .

**Рабочий момент ( $M_B$ )** – величина вращающего момента при рабочем расходе жидкости.

**Частота холостого хода** -  $n_x$ , когда  $M_B = 0$ .

**Рабочая частота вращения** – величина частоты вращения на рабочем вращающем моменте.

**Перепад давления на турбобуре** – разница давления на входе и выходе двигателя.





# Технические характеристики ВЗД

- Наружный диаметр, мм
- Длина, мм
- Рекомендуемый диаметр долот, мм
- Присоединительная резьба
- Параметры кривых двигателей (длина шпинделя до перекоса, углы перекоса и т.п.)
- **Заходность**
- **Расход рабочей жидкости, л/с**
- **Момент силы на выходном валу, Н\*м: в режиме максимальной мощности**
- **Частота вращения выходного вала, об/мин: в режиме холостого хода, в режиме максимальной мощности**
- **Перепад давления, МПа: в режиме максимальной мощности**
- Максимальная мощность, кВт
- КПД, %
- Масса, кг
- Допустимая осевая нагрузка, кН



# Технические характеристики ВЗД

**Наибольшая** частота вращения – режим холостого хода.

**Максимальный** вращающий момент (тормозной) – режим торможения при частоте вращения равной 0.

При **увеличении** момента торможения – перепад давления **растет**, одновременно с мощностью и КПД.

Режим **максимальной** мощности – **эффективный**.

Режим **наивысшего** КПД – **оптимальный**.

При достижении **предельного** момента торможения вал двигателя **останавливается**, а величина давления определяется **герметичностью** пары ротор-статор.

В рабочей области от режима холостого хода до оптимального частота вращения **прямо пропорциональная** расходу жидкости.



# Вопросы для самоконтроля

1. Что такое забойный двигатель?
2. По каким признакам классифицируют забойные двигатели?
3. Какие двигатели бывают по типу энергоносителя?
4. Какие забойные двигатели бывают по особенностям ПРИ?
5. Какие забойные двигатели бывают по конструкции?
6. Какие забойные двигатели бывают по принципу работы?
7. Что такое электробур?
8. Назовите преимущества и недостатки электробура?
9. Что такое турбобур?
10. Опишите конструкцию турбобура?
11. Опишите принцип работы турбобура?
12. Достоинства и недостатки турбобура?
13. Опишите классификацию турбобуров.
14. Чем отличается секционный турбобур от шпиндельного?
15. Что такое шпиндель?
16. Что такое секций турбобура?
17. Особенности турбобуров со вставным шпинделем?
18. Особенности турбобуров с независимым креплением роторов?
19. Особенности высокомоментных турбобуров?



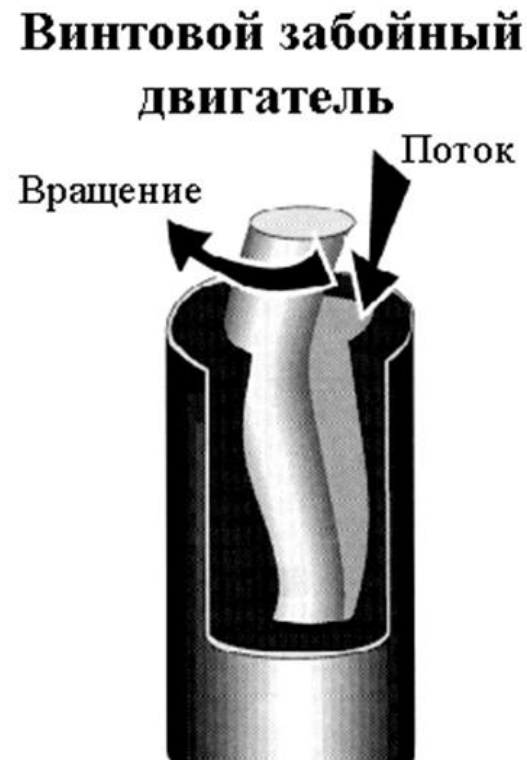
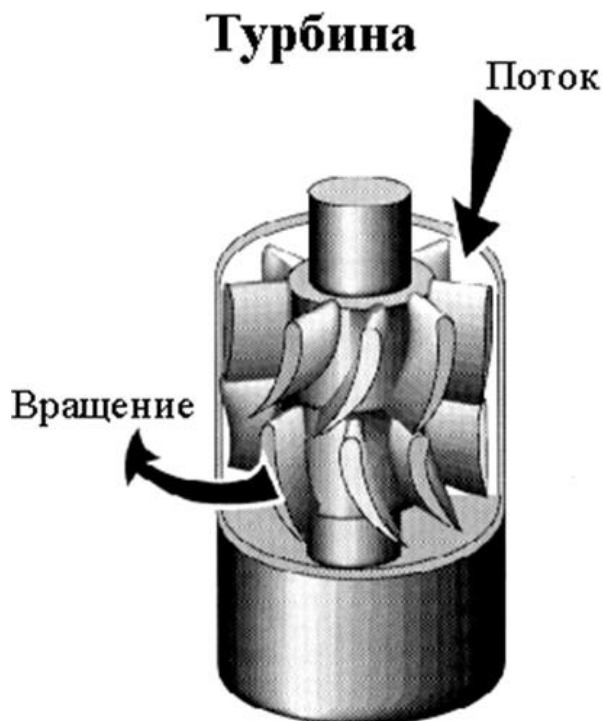
## Вопросы для самоконтроля

20. Особенности турбобуров с системой гидроторможения?
21. Особенности турбобуров с плавающим статором?
22. Особенности турбобуров с полым валом?
23. Особенности турбобуров с независимой подвеской?
24. Особенности редукторных турбобуров?
25. Особенности конструкции турбобуров для направленного бурения?
26. Что такое винтовой забойный двигатель?
27. Опишите конструкцию ВЗД?
28. Опишите принцип работы ВЗД?
29. Опишите классификацию ВЗД по назначению?
30. Назовите рабочие элементы ВЗД?
31. Назовите рабочие элементы турбобуров?
32. Особенности конструкции многомодульных ВЗД?
33. Особенности конструкции ВЗД с полым валом?
34. Особенности конструкции ВЗД для отбора керна?
35. Что такое турбовинтовой двигатель?
36. Типы исполнения турбовинтовых двигателей?
37. Опишите конструкцию турбовинтового двигателя?
38. Что такое роторно-турбинный бур?
39. Что такое реактивно-турбинный бур?
40. Чем отличаются роторно-турбинный и реактивно-турбинный бур?
41. От чего зависит выбор типа забойного двигателя?
42. Какие требования предъявляют к забойному двигателю при проектировании?



# Вопросы для самоконтроля

43. Как зависят друг от друга расход бурового раствора, частота вращения двигателя, перепад давления, момент на валу.
44. Как влияет плотность бурового раствора на рабочие характеристики двигателя.
45. Что такое тормозной момент двигателя?
46. Что такое рабочий момент двигателя?
47. Что такое режим холостого хода?
48. Что такое режим максимальной мощности ВЗД?
49. Что такое режим наивысшего КПД ВЗД?



**Спасибо за внимание!!!**