



# УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД

---

- 1.1 **ВВЕДЕНИЕ**
- 1.1 Описание
- 1.2 Преимущества и возможности
  
2. **РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД UCD**
- 2.1 **Описание**
- 2.2 **Диапазон мощностей агрегатов UCD**
- 2.3 **Размещение агрегата и расположение элементов**
- 2.3.1 График подбора UCD
- 2.3.2 Вариатор скорости с плавными характеристиками - UCD 250
- 2.3.3 Вариатор скорости с плавными характеристиками - UCD 400
- 2.3.4 Вариатор скорости с плавными характеристиками - UCD 1000
- 2.3.5 Вариатор скорости с плавными характеристиками - UCD 1500
- 2.3.6 Вариатор скорости с плавными характеристиками - UCD 3000
- 2.4 **Системы управления**
- 2.4.1 Ручное управление
- 2.4.2 Управление с помощью золотникового распределителя
- 2.4.3 Сервоуправление с обратной связью (в замкнутом контуре)
- 2.4.4 Схематическое изображение замкнутого контура управления UCD
- 2.4.5 Микропроцессорный операторский интерфейс
- 2.5 **Рабочие характеристики и КПД агрегата**
- 2.5.1 Потери на проскальзывание
- 2.5.2 Механические потери
  
3. **РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МУФТЫ С НАСОСАМИ И ВЕНТИЛЯТОРАМИ**
  
4. **ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**
- 4.1 **Характеристики**
- 4.2 **Характеристики трубопроводной сети**
- 4.3 **Характеристики системы: насос + трубопроводная сеть**
  
5. **УСТАНОВКА С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ**
- 5.1 **Характеристика насоса**
- 5.2 **Выбор насоса**
  
6. **СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ РЕГУЛИРУЕМЫМИ СИСТЕМАМИ**
- 6.1 **Другие виды муфт (электромагнитные или традиционные гидромуфты)**
- 6.2 **Двигатели с регулируемой скоростью вращения**
- 6.2.1 Изменение частоты (инверторные приводы переменного тока)
- 6.2.2 Электродвигатель постоянного тока (тиристорные приводы)
- 6.3 **Заключение**
  
7. **ЧАСТИЧНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ (С 1993 г. по настоящее время) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ UCD**
- 7.1 **Характеристики насоса**
  
8. **ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**
  
9. **ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДАЧИ ЗАЯВКИ НА UCD**

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

UCD представляет собой регулируемый привод с гидровязкой жидкостью, изготовленный фирмой TWIN DISC INTERNATIONAL S.A. (Бельгия).UCD является силовой трансмиссией, связывающей первичный двигатель и ведомый механизм. Такие устройства во множестве использовались на наземных и морских установках, а теперь они широко внедряются в промышленности для точного и эффективного регулирования скорости оборудования в различных процессах. Агрегаты UCD изготавливаются в виде пяти типоразмеров с мощностью до 3000 кВт и скоростью вращения до 3000 об./мин.

### **1.1 ОПИСАНИЕ**

Основные части UCD, передающие крутящий момент, похожи на аналогичные части многодисковой муфты. На ведомом и ведущем валах поочередно насажены фрикционные диски, в той или иной степени прижатые один к другому. Между дисками непрерывно течет масляная пленка. Таким образом, крутящий момент передается посредством гидровязкой среды, причем диски не изнашиваются, так как не соприкасаются в фазе проскальзывания. При замыкании муфты входной и выходной валы находятся в синхронизации, что позволяет достичь максимального КПД (99%). Это очень важное преимущество данного вида муфты, поскольку в муфтах иного типа для передачи крутящего момента происходит обязательное проскальзывание выходного вала относительно входного.

### **1.2 ПРЕИМУЩЕСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ**

- **Использование простых и дешевых асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором;**
- **Управление, осуществляемое вручную, а также электрическими средствами, при этом скорость регулируется по параметрам, таким как давление, расход, уровень жидкости и др.;**
- **Прямое и точное регулирование с мгновенным откликом;**
- **Запуск электродвигателя без нагрузки и постепенное ускорение работы ведомого механизма в соответствии с конкретными требованиями;**
- **Бесшумная работа даже при высоких скоростях;**
- **Отсутствие необходимости в текущем контроле и тех. обслуживании квалифицированным персоналом;**
- **Высокий КПД;**
- **Низкие инвестиционные затраты;**
- **Отсутствие скачков электрического тока и помех в сети питания;**
- **Отсутствие необходимости менять электродвигатель или насос на существующих установках.**

## **2. РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД UCD**

### **2.1 ОПИСАНИЕ**

UCD является приводом с регулируемой скоростью и относится к категории регулируемых муфт. Энергия передается с помощью модулирующей муфты (муфты с плавными характеристиками), находящейся в корпусе, представляющем собой опору и маслосборник. В состав муфты входит пакет дисков, которые свободно перемещаются по оси. Они закреплены попеременно на ведомом и ведущем валах (рис.1). Число дисков зависит от количества передаваемой мощности. Диски входного вала изготовлены из стали, а диски выходного вала представляют собой стальные сердечники, покрытые пористым материалом. В дисках проточены канавки, по которым происходит непрерывное движение масла. В фазе проскальзывания диски не соприкасаются друг с другом, следовательно, и не изнашиваются; крутящий момент передается через гидровязкую среду - масляную пленку, причем, толщина пленки регулируется величиной давления, создаваемого под воздействием поршня муфты. Когда муфта полностью «закрывается», частота вращения входного и выходного валов становится синхронной (0% проскальзывания), в результате, достигается максимальный КПД. Масло и фильтрующий элемент следует менять, по крайней мере, один раз в год: это единственная операция, которую следует производить в качестве тех. обслуживания агрегата.

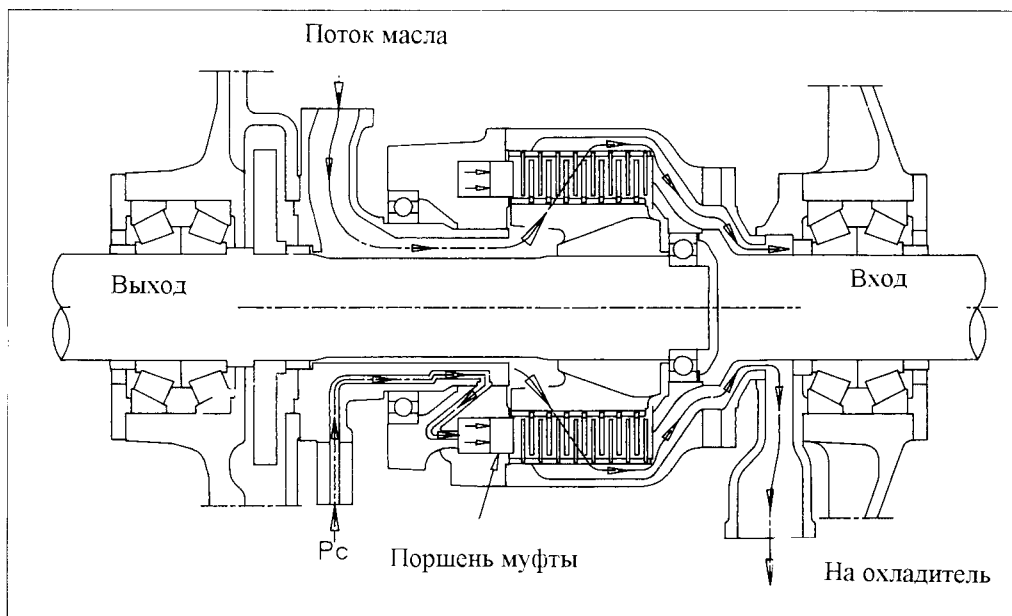


Рис. 1

## 2.2 ДИАПАЗОН МОЩНОСТЕЙ АГРЕГАТОВ

UCD имеет диапазон мощностей от 160 до 3000 кВт при скорости вращения до 3000 об./мин. (рис.2). Весь диапазон мощностей охватывается пятью базовыми моделями. Базовые модели различаются размерами (см. стр.5), в то время как промежуточные модели различаются лишь внутренними частями (масляный насос, масляный охладитель, клапан Омега, фрикционные элементы и др.).

## 2.3 РАЗМЕЩЕНИЕ АГРЕГАТА И РАСПОЛОЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Привод UCD предназначен для горизонтального расположения, но некоторые модели могут быть установлены вертикально. Некоторые модели могут быть оснащены редуктором, установленным на агрегате с помощью фланца. Эти дополнительные устройства часто требуются в случае использования UCD с насосным оборудованием для того, чтобы иметь возможность:

- улучшить характеристики насоса путем подбора скорости, отличной от скорости вращения двигателей;
- подобрать идеальный для данного случая диапазон КПД;
- подобрать насос поменьше (или насос с меньшим количеством ступеней), работающий с повышенной скоростью, однако, при этом, не достигающий 3000 об./мин.;
- использовать идентичные насосы, если параллельно работает группа насосов, что позволяет повысить скоростные характеристики насоса с регулируемой скоростью;
- использовать стандартные и недорогие электродвигатели на 1500 об./мин., что позволяет приводить в действие большие насосы на пониженных скоростях.

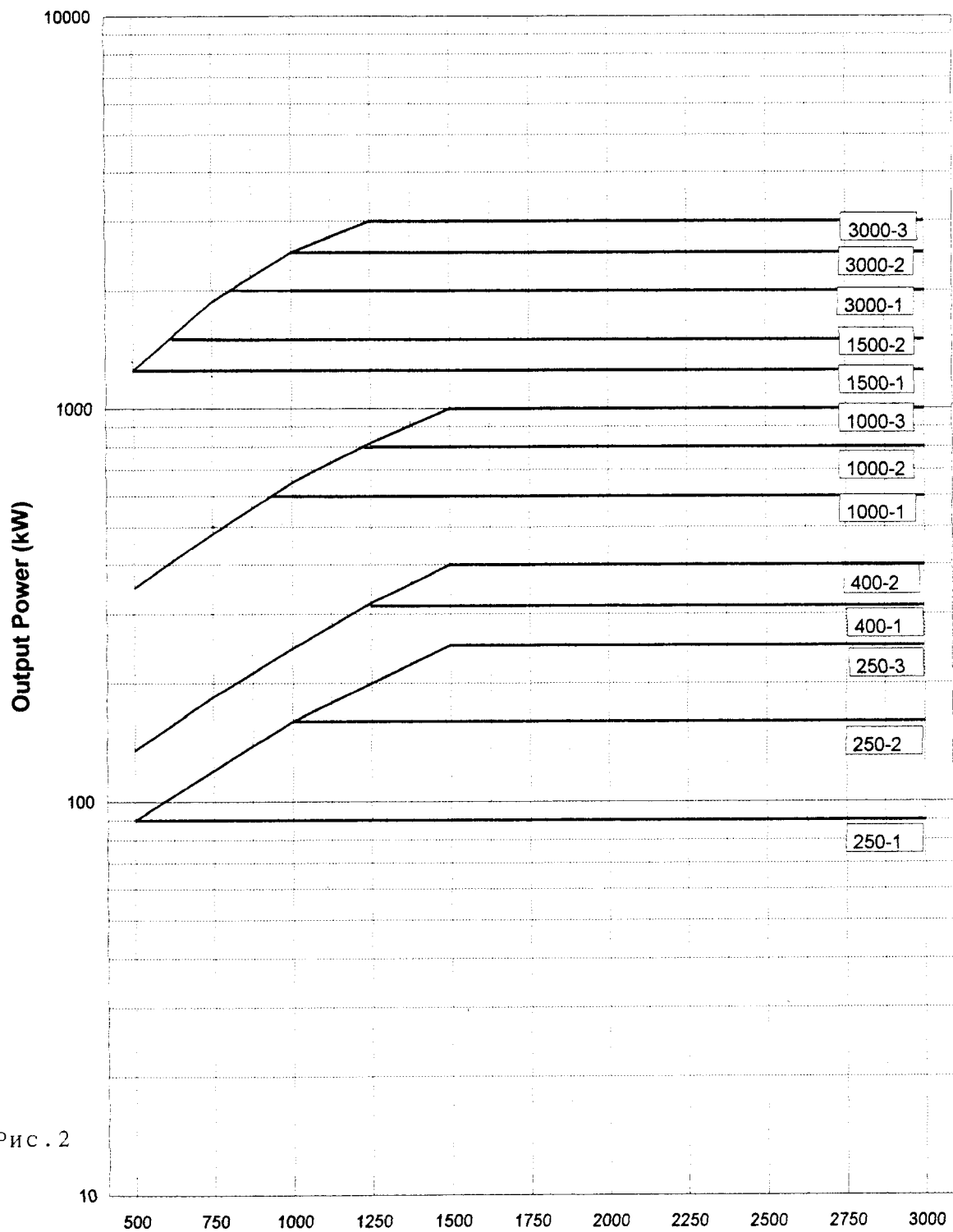


Рис. 2

Скорость выходного вала электродвигателя, об./мин.

## 2.3.2 Вариатор скорости с плавными характеристиками-UCD 250

### Технические условия

Диапазон мощностей	UCD 250-1 макс.90 кВт при 1500 об./мин. UCD 250-2 макс.160 кВт при 1500 об./мин. UCD 250-3 макс.250 кВт при 1500 об./мин.
Корпус	автономный
Входная полумуфта	зубчатая
Выходная полумуфта	зубчатая
Управление	ручное, механическое (при дистанционном управлении), электронное (автоматическое с помощью микропроцессора) - все входит в комплект поставки
Вращение электродвигателя	по часовой или против часовой стрелки
Вес	400 кг
Емкость по маслу	40 л (ATF Dexron D2)
Охлаждитель	Трубный тип для удаленной установки (данные следует определять по каждому виду назначения) Макс. температура воды на входе 35°C Макс. давление воды 5 бар
Масляные насосы	крепятся к агрегату фланцем
Масляный фильтр	крепится к агрегату фланцем
Аварийная сигнализация	перегрев засорение фильтра
Датчики	давление масла, температура масла, скорость вращения выходного вала любой параметр, подлежащий контролю (напор, расход, уровень и т.д.)
Возможна дополнительная комплектация оборудованием	редуктор на входе редуктор на выходе гидротрансформатор
Чертеж	серия PX 8710

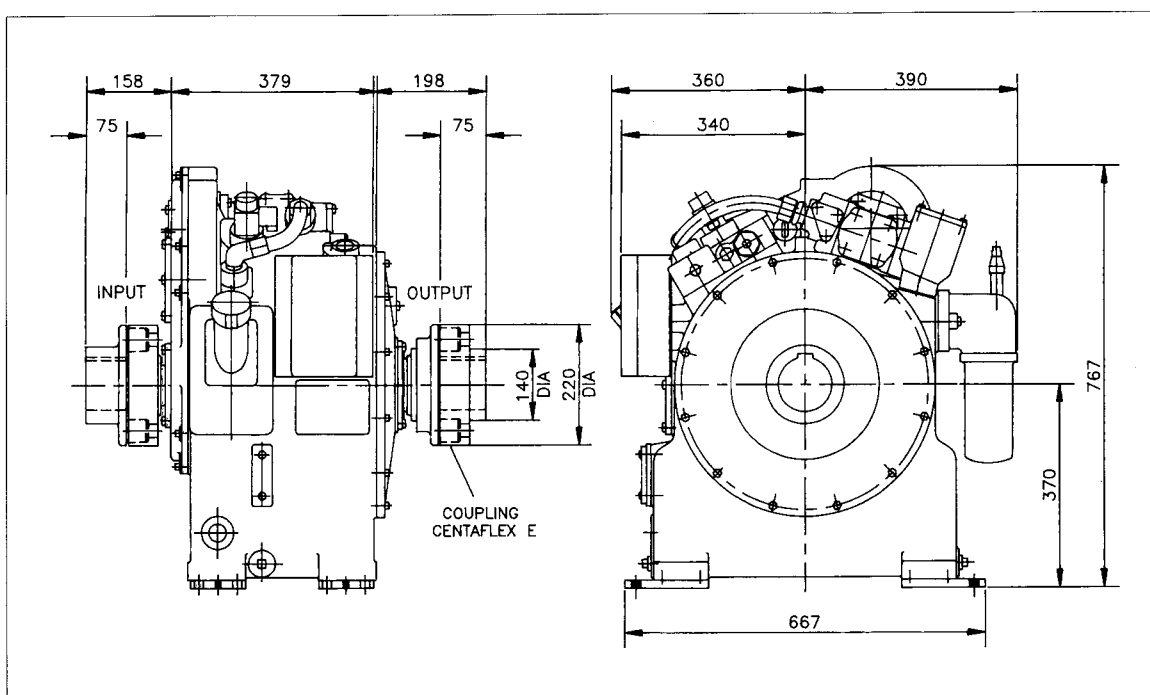


Рис. 3

### 2.3.4 Вариатор скорости с плавными характеристиками-UCD 1000

#### Технические условия

Диапазон мощностей	UCD 1000-1 макс.600 кВт при 1500 об./мин. UCD 1000-2 макс.800 кВт при 1500 об./мин. UCD 1000-3 макс.1000 кВт при 1500 об./мин.
Корпус	автономный
Входная полумуфта	прямолинейный вал 95 m6
Выходная полумуфта	прямолинейный вал 95 m6
Управление	ручное, механическое (при дистанционном управлении), электронное (автоматическое с помощью микропроцессора)- все входит в комплект поставки
Вращение электро - двигателя	по часовой или против часовой стрелки
Вес	950 кг
Емкость по маслу	100 л
Охладитель	Трубный тип для удаленной установки (данные следует определять по каждому виду назначения) Макс. температура воды на входе 35°C Макс. давление воды 5 бар
Масляные насосы	крепятся к агрегату фланцем
Масляный фильтр	крепится к агрегату фланцем
Аварийная сигнализация	перегрев засорение фильтра
Датчики	давление масла, температура масла, скорость вращения выходного вала, любой параметр, подлежащий контролю (напор, расход, уровень и т.д.)
Чертеж	серия PX 7500

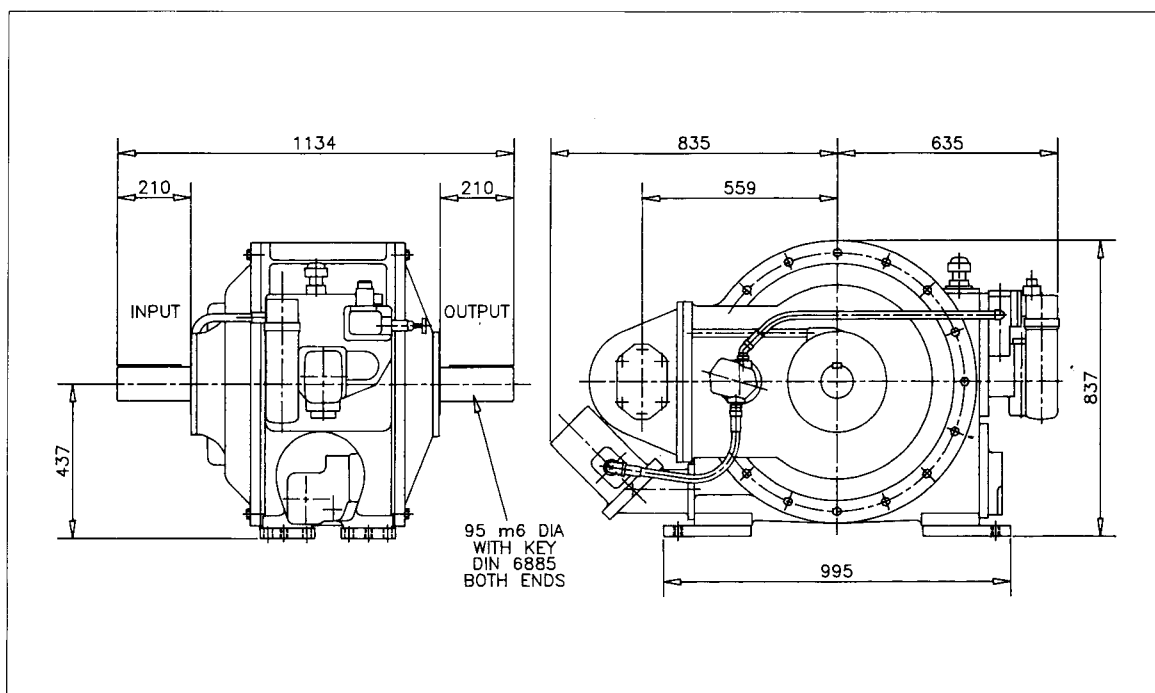


Рис. 5

### 2.3.5 Вариатор скорости с плавными характеристиками-UCD 1500

#### Технические условия

Диапазон мощностей	UCD 1500-1 макс.1250 кВт при 1500 об./мин. UCD 1500-2 макс.1500 кВт при 1500 об./мин.
Корпус	автономный
Входная полумуфта	прямолинейный вал 110 m6
Выходная полумуфта	прямолинейный вал 110 m6
Управление	ручное, механическое (при дистанционном управлении), электронное (автоматическое с помощью микропроцессора) - все входит в комплект поставки
Вращение электродвигателя	по часовой или против часовой стрелки
Вес	2300 кг
Емкость по маслу	300 л
Охладитель	Трубный тип для удаленной установки (данные следует определять по каждому виду назначения) Макс. температура воды на входе 35°C Макс. давление воды 5 бар
Масляные насосы	крепятся к агрегату фланцем
Масляный фильтр	крепится к агрегату фланцем
Аварийная сигнализация	перегрев засорение фильтра
Датчики	давление масла, температура масла, скорость вращения выходного вала, любой параметр. подлежащий контролю (напор, расход, уровень и т.д.)
Чертеж	серия PX 7600

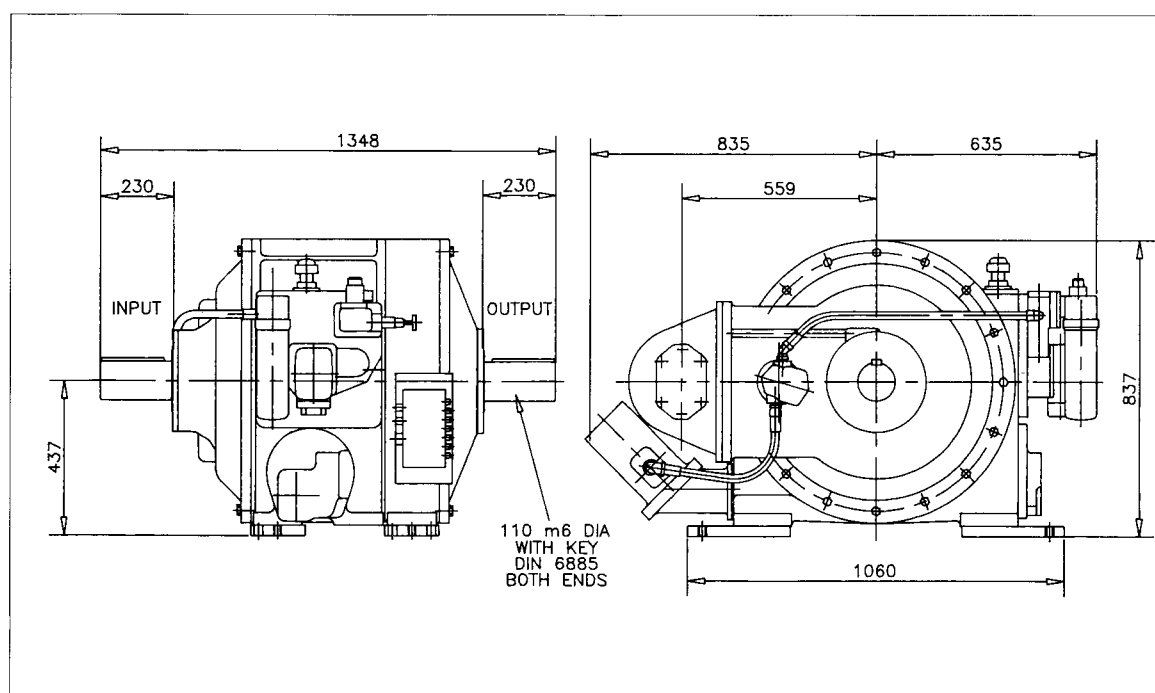


Рис. 6



### 2.3.6 Вариатор скорости с плавными характеристиками-UCD 3000

#### Технические условия

Диапазон мощностей	UCD 3000-1 макс.2000 кВт при 1500 об./мин. UCD 3000-2 макс.2500 кВт при 1500 об./мин. UCD 3000-3 макс.3000 кВт при 1500 об./мин.
Корпус	автономный
Входная полумуфта	прямолинейный вал 110 m6
Выходная полумуфта	прямолинейный вал 110 m6
Управление	ручное, механическое (при дистанционном управлении), электронное (автоматическое с помощью микропроцессора)
Вращение электродвигателя	по часовой или против часовой стрелки
Вес	2300 кг
Емкость по маслу	300 л
Охладитель	Трубный тип для удаленной установки (данные следует определять по каждому виду назначения) Макс. температура воды на входе 35°C Макс. давление воды 5 бар
Масляные насосы	крепятся к агрегату фланцем
Масляный фильтр	крепится к агрегату фланцем
Аварийная сигнализация	перегрев засорение фильтра
Датчики	давление масла, температура масла, скорость выходного вала.  любой параметр, подлежащий контролю (напор, расход, уровень и т.д.)
Чертеж	серия PX 7600

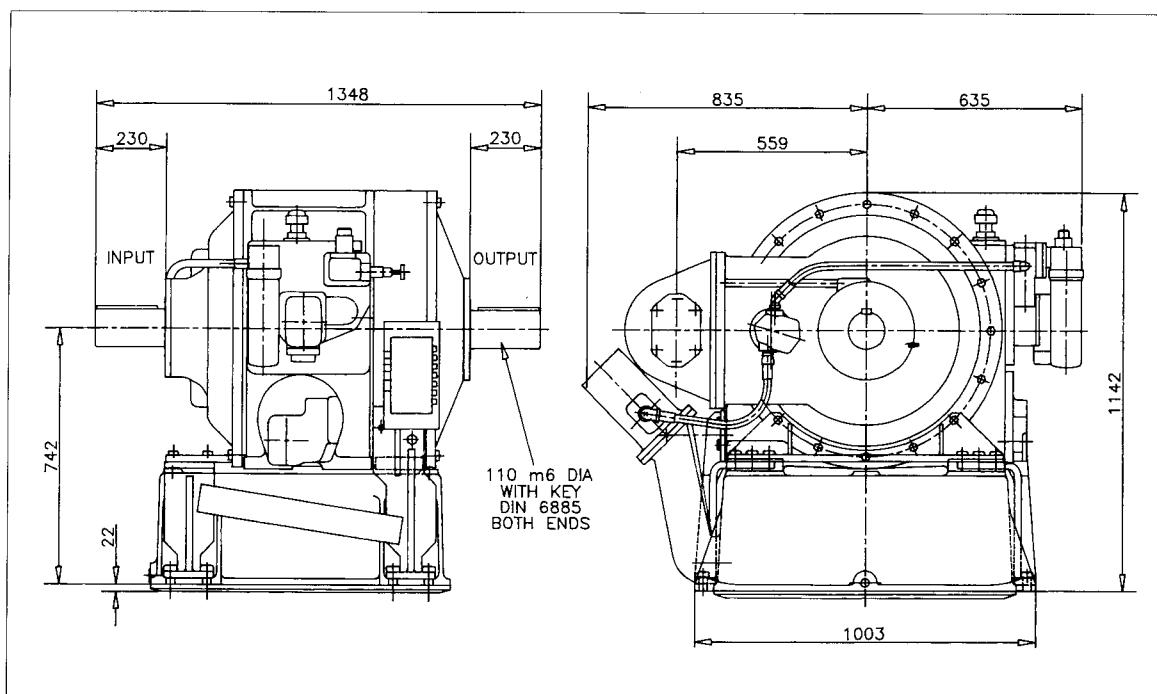


Рис. 7

## 2.4 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Как указывалось выше, командное давление масла под поршнем муфты влияет на скорость вращения выходного вала UCD. Командное давление можно создать с помощью разных систем.

### 2.4.1 Ручное управление

При таком способе игла (поршень) вгоняется в седло с большим или меньшим усилием, создавая при этом командное давление большей или меньшей величины. Такая система управления используется только в тех случаях, когда нет необходимости в электронном управлении и когда не нужна точная регулировка скорости.

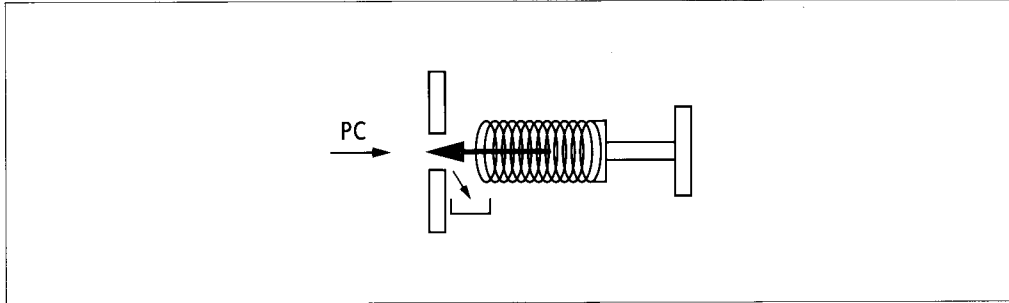


Рис. 8

### 2.4.2 Управление с помощью золотникового распределителя

Это устройство ограничения давления с пропорциональной линейной характеристикой. Поскольку усилие, приложенное к распределителю, пропорционально командному давлению (PC), то его, в конечном итоге, можно подвести под сервоуправление с помощью пневматического (или иного) линейного исполнительного механизма, который срабатывает от логической схемы.

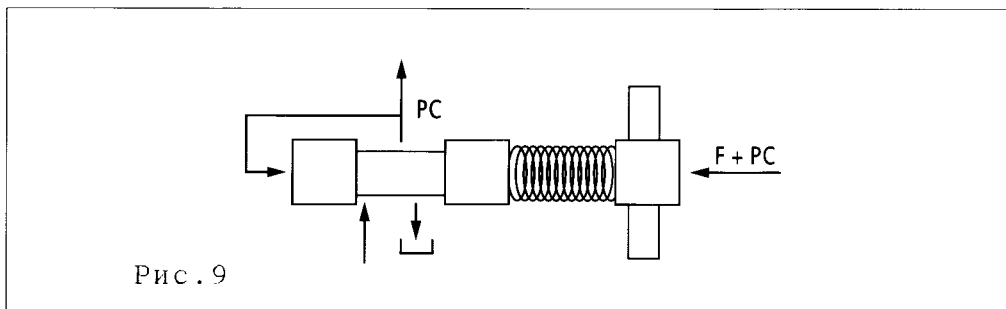


Рис. 9

### 2.4.3 Сервоуправление с обратной связью (по замкнутому контуру)

При дистанционном или автоматическом управлении используется сервоклапан с пропорциональной характеристикой, который преобразует электрический сигнал в командное давление (рис.10). Цепь управления встраивается в схемную плату или в устройство, смонтированное на 9,5-дюймовой стойке, и связана с разными приспособлениями, позволяющими осуществлять удовлетворительную работу агрегата UCD. При сервоуправлении с обратной связью заданное значение (C) сравнивается с периферийным параметром, замеренным первичным измерительным преобразователем (X). Заданное значение - это, в общем случае, величина напряжения, выдаваемая потенциометром. Сигнал ослабляется интерфейсом (D) (запаздывание по времени, регулируемая скорость нарастания давления и др.).

Сигнал замеряется соответствующим первичным измерительным преобразователем (X), чей выходной сигнал преобразуется в величину напряжения, годную для сопоставления с заданным значением.

Если для первичного измерительного преобразователя требуется 24 В постоянного тока, то это напряжение подается со схемной платы. Полученная разница в величинах напряжения ( ) снимается и обрабатывается в пропорционально-интегрирующем усилителе. Усилитель управляет выходным каскадом схемной платы аналогично тому, что было описано выше. Выходной каскад стремится к закрытию разрыва между замеренным параметром и заданным значением.

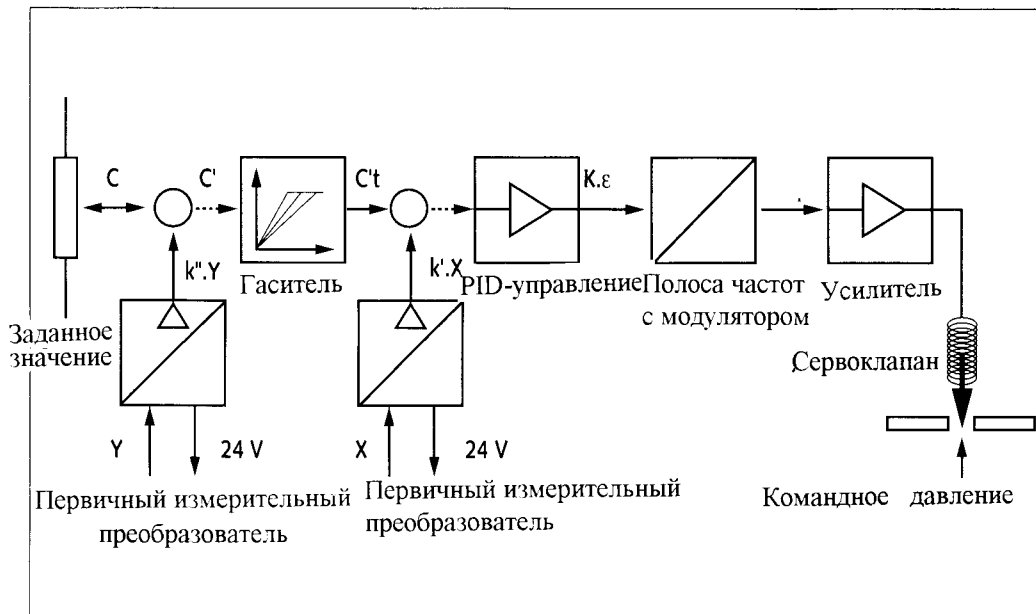


Рис. 10

## 2.4.4 Схематическое изображение замкнутого контура управления UCD

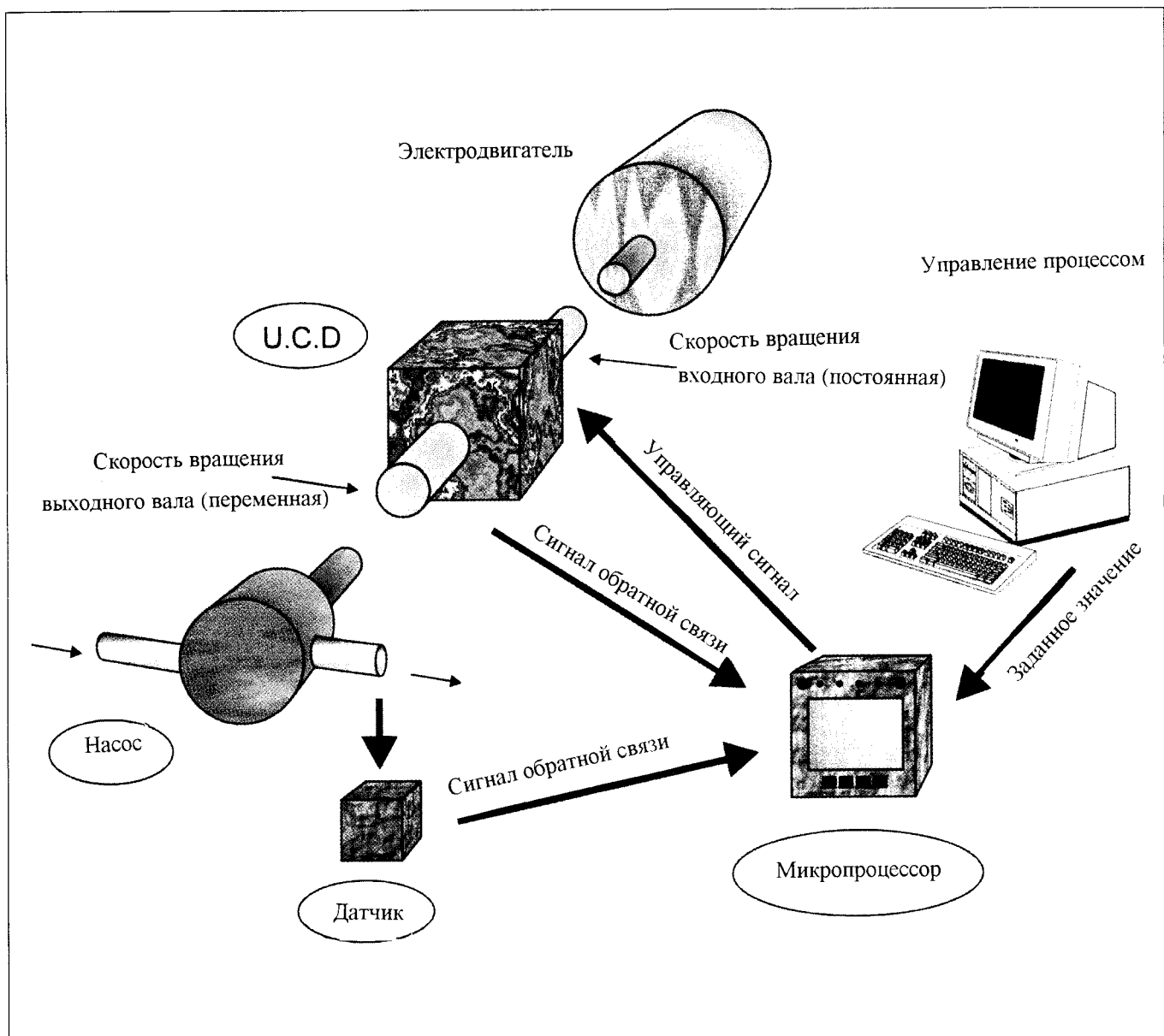


Рис. 11

- Контрольное значение задается оператором (по потенциометру) или устройством управления процессом (ЭВМ);
- Микропроцессор сравнивает сигнал обратной связи (давление, скорость или иной параметр, замеренный соответствующим датчиком);
- Микропроцессор посылает сигнал на управляющий клапан UCD;
- UCD изменяет скорость работы насоса (или другого оборудования), чтобы достичь соответствия между контрольным (заданным) значением и сигналом, поступающим по цепи обратной связи.

## 2.5 РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КПД АГРЕГАТА

Как и в муфтах иного типа, потери в UCD происходят по двум причинам.

### 2.5.1 Потери на проскальзывание

- Потери на проскальзывание равны произведению скорости проскальзывания ( $n_1 - n_2$ ) на крутящий момент, передаваемый на насос; данный крутящий момент пропорционален квадрату скорости работы насоса ( $k \cdot n_2$ );
  - Потери на проскальзывание никогда не достигают большой величины, т.к. когда проскальзывание велико, крутящий момент низкий и, наоборот, когда передаваемый крутящий момент велик, проскальзывание очень мало (рис.13). Расчеты свидетельствуют о том, что потери на проскальзывание достигают максимальной величины при  $n_2 = 2/3$  от  $n_1$  и равны  $1/3 \times (2/3)^2 = 4/27$ , т.е. примерно 15% мощности, забираемой насосом, когда последний работает на скорости входного вала UCD ( $n_2 = n_1$ ).
- \* Величина 15% достигается только тогда, когда центробежный насос является циркуляционным насосом, т.е. в том случае, когда давление на выходе пропорционально квадрату расхода:
- Во всех других случаях потери на проскальзывание меньше. И в самом деле, когда расход уменьшается, потери на проскальзывание являются функцией мощности, передаваемой на насос, которая постоянно уменьшается (рис.14). Так происходит при работе с постоянным давлением на выходе: в этом случае потери не превышают 6 - 8% максимальной мощности, забираемой насосом, когда последний приводится в действие на скорости входного вала UCD.

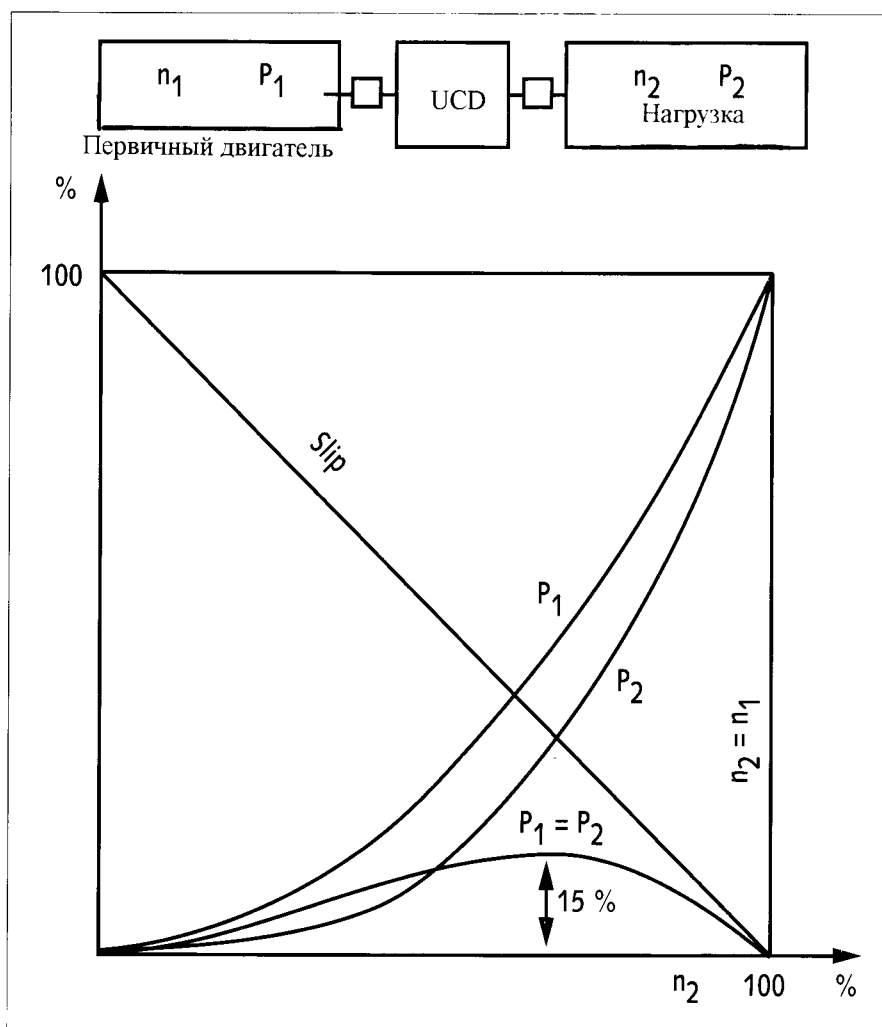


Рис. 13

### 2.5.2 Механические потери

- Механические потери происходят за счет внутреннего трения (шарико- и роликоподшипников, поршневых колец, масляных клапанов и др.), а также из-за мощности, потребляемой вспомогательным оборудованием (лубрикаторами, системами охлаждения и др.).
- Механические потери пропорционально выше, когда передаваемая мощность имеет низкую величину, а скорость высока. Однако, в общем плане, эти потери весьма невелики и имеют тот же порядок величины, что и в других системах.

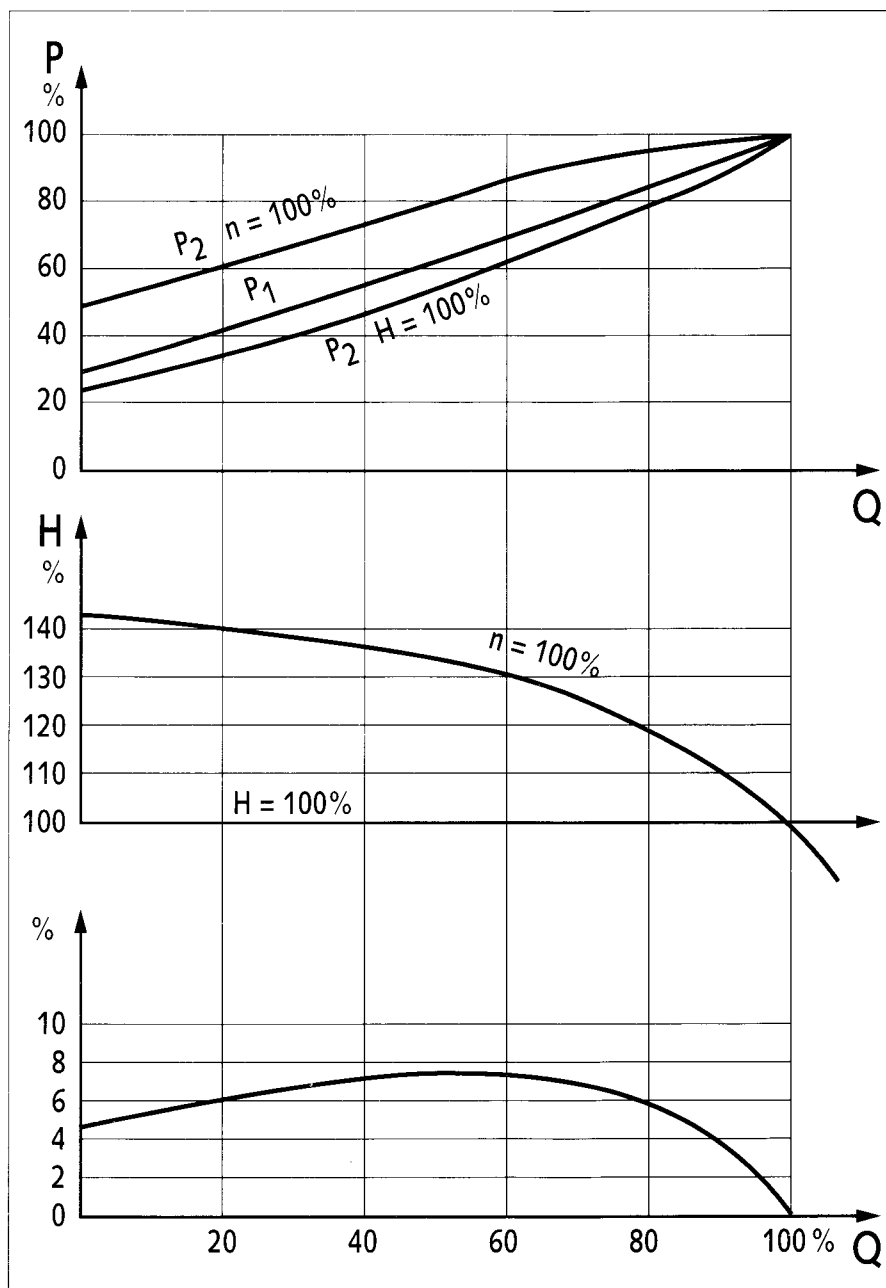


Рис. 14

### **3. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МУФТЫ С НАСОСАМИ И ВЕНТИЛЯТОРАМИ**

Возможность регулировки скорости работы оборудования является наилучшим способом приспособить насосы и вентиляторы к требуемой производительности. Среди систем, предлагаемых сегодня на рынке, вариаторы скорости UCD являются наиболее оптимальными с точки зрения соотношения между качеством и ценой. Кроме того, они обеспечивают высокий КПД при умеренных инвестиционных затратах.

Выгоды от использования вариаторов скорости могут различаться в зависимости от области применения. Самым важным преимуществом является ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. А кроме этого существуют и такие как:

- более совершенное управление ведомыми механизмами в составе технологических установок, насосных станций и др.;
- снижение инвестиционных затрат за счет упрощения сети труб и отказа от таких устройств, как регулирующие клапаны, диафрагмы, буферные резервуары и др.;
- запуск первичных двигателей без нагрузки с регулируемым ускорением до достижения номинального предела нагрузки, что позволяет избежать гидроударов в сети трубопроводов и возможной кавитации насосов, которые могут происходить при запуске на полной скорости и низком давлении на выходе;
- увеличение срока службы оборудования за счет снижения износа лопастей насосов, подшипников, уплотнений и др.;
- дополнительная гибкость в эксплуатации оборудования за счет модификации характеристик насосов путем использования простых в установке систем автоматизации.

Этот перечень далеко не исчерпывает всех выгод от использования UCD. Существует еще целый ряд преимуществ, которые могут быть выявлены только при тщательном изучении нужд конкретного клиента.

Вариаторы скорости необходимы во многих процессах, а именно в таких как:

- системы снабжения питьевой водой и ирригационные системы;
- различные промышленные установки, такие как миксеры, компрессоры;
- установки очистки воды, переработки шламов, земснаряды;
- системы отопления и кондиционирования воздуха;
- трубопроводы;
- гидро-, тепло- и атомные электростанции.

## 4. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

### 4.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

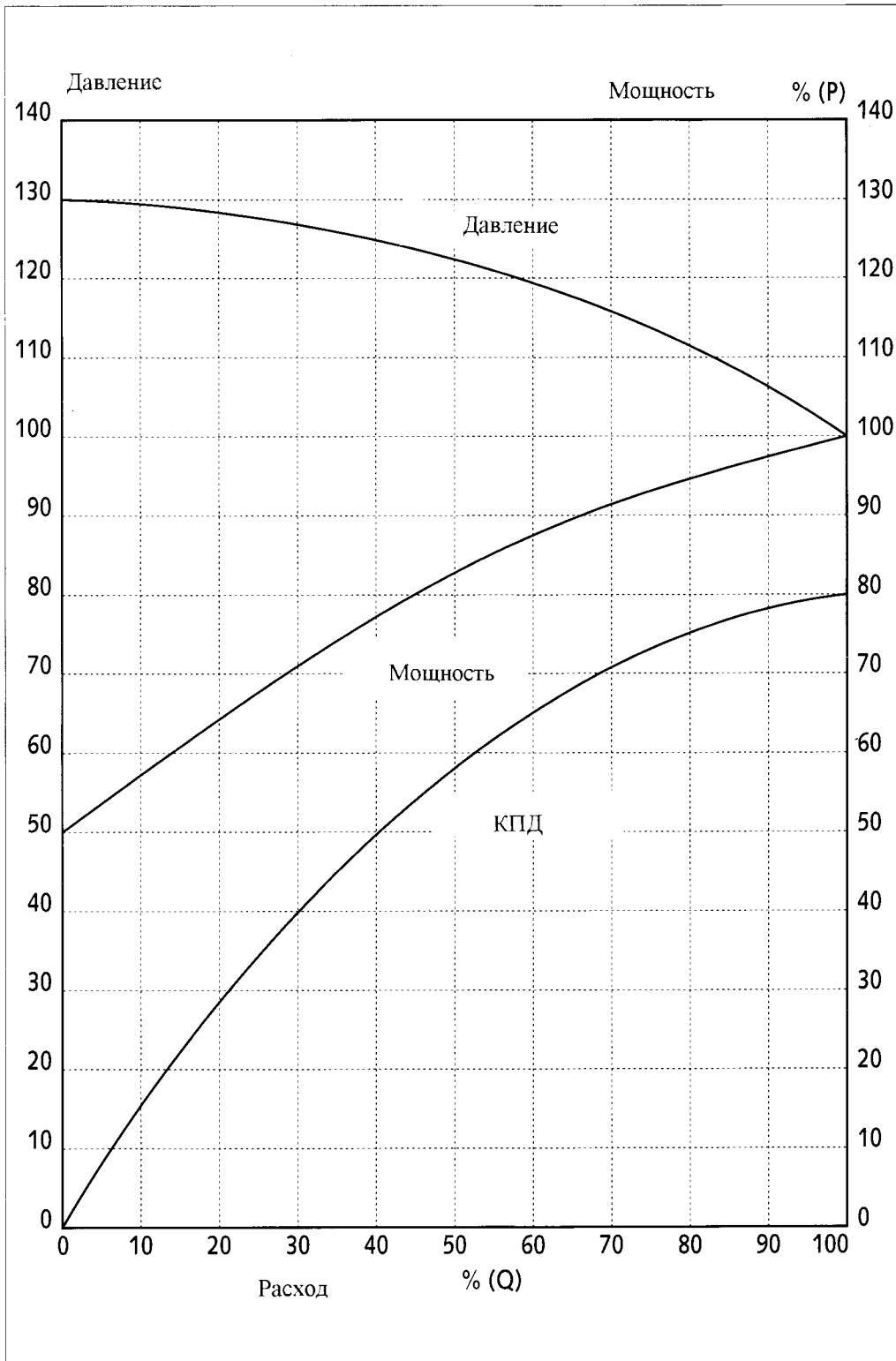


Рис. 15



Здесь речь пойдет о центробежных насосах, хотя все сказанное относится также к любой механической центрифуге, например, к вентиляторам, смесителям, перемешивателям и др. Центробежный насос, приводимый в действие с постоянной скоростью, характеризуется кривыми давления (H) и КПД ( $\eta$ ) в зависимости от расхода (Q). При данной температуре жидкости потребляемая мощность определяется по формуле:

$$P = \frac{\rho g Q \cdot H}{\eta}$$

H - это напор.  $\rho$  - это плотность жидкости. g - ускорение свободного падения. На рис.15 показана конфигурация различных кривых. По возможности выбирают такой насос, чей расчетный расход (Q = 100%) соответствует точке максимального КПД. Очевидно, что при снижении расхода происходит повышение давления с соответствующим снижением КПД; таким образом, произойдет лишь небольшое снижение мощности, потребляемой насосом. При нулевой подаче центробежному насосу все-таки требуется примерно 50% энергии, соответствующей расчетному расходу.

## 4.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Итак, насосная установка рассчитывается на определенную величину расхода и определенную величину рабочего давления. Обычно, это давление является результатом сочетания статического давления  $H_0$  (давление при нулевом расходе) и перепада давления в сети трубо-

проводов (обычно, пропорционального квадрату расхода) (рис.16). Какой бы ни была трубопроводная сеть, экономичное использование насоса, работающего с постоянной скоростью, приходится лишь на небольшой отрезок кривой переменного расхода, поскольку при любом снижении расхода происходит, во-первых, чрезмерное повышение давления на выходе и, во-вторых, снижается КПД насоса.

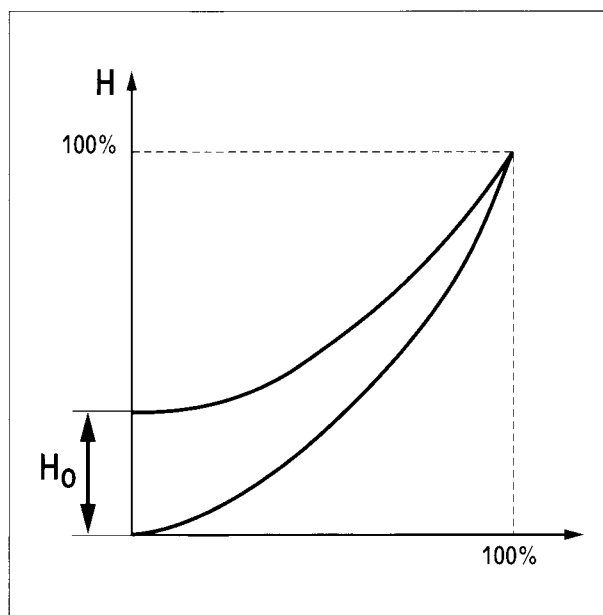


Рис. 16

### 4.3 ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ: НАСОС + ТРУБОПРОВОДНАЯ СЕТЬ

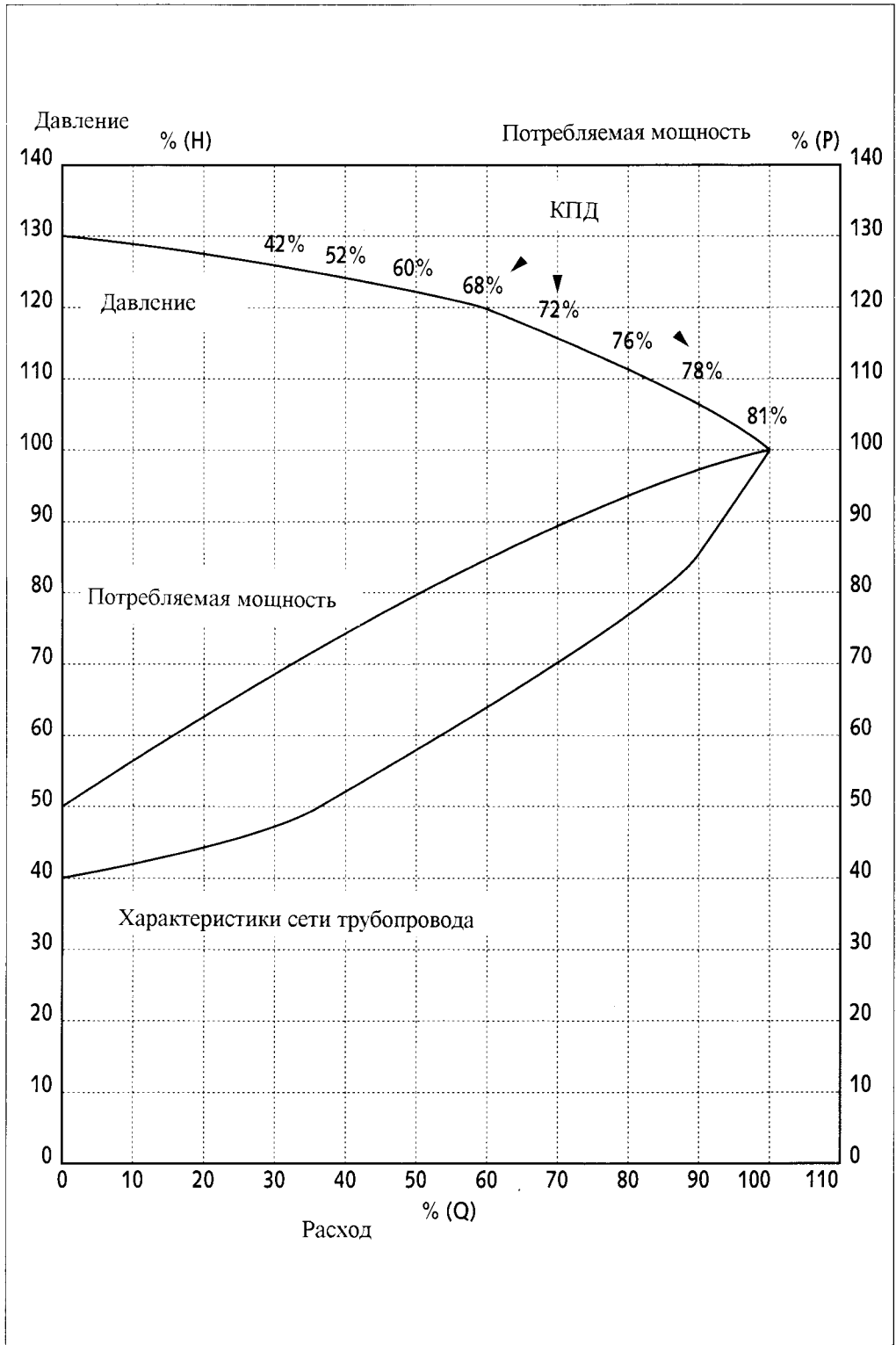


Рис. 17

Как указывалось выше, необходимо оптимально совместить характеристики центробежного насоса с характеристиками трубопроводной сети (рис.17). Поэтому необходимо иметь возможность изменять расход, поскольку, во-первых, характеристики трубопроводной системы меняются с вводом новых потребителей и, во-вторых, насосная установка часто проектируется с запасом пропускной способности в 10 - 15%.

## 5. УСТАНОВКА С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ

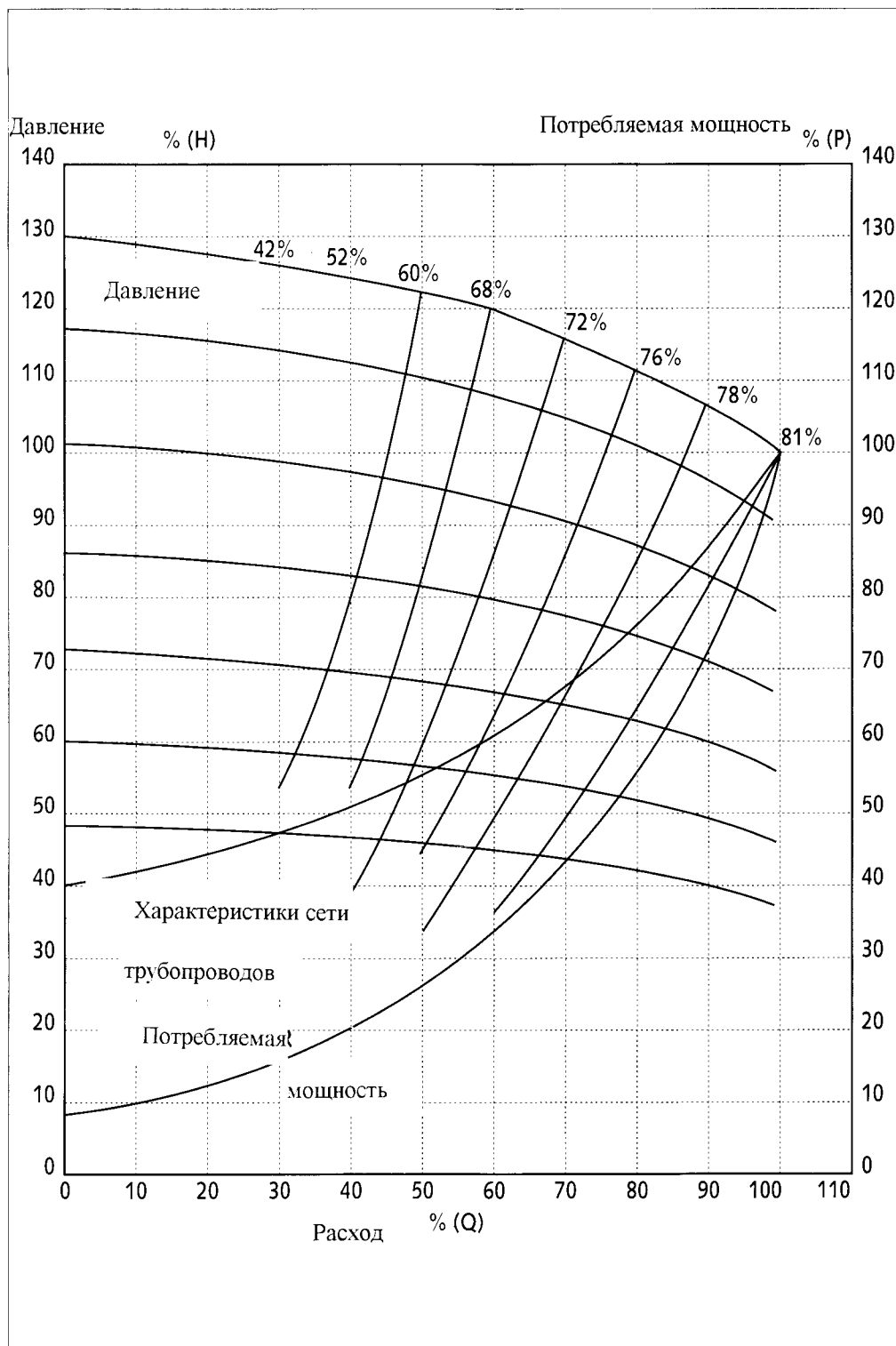


Рис. 18

### 5.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

Если скорость работы центробежного насоса является переменной величиной, то каждая характеристическая точка на кривой зависимости давления (H) от расхода (Q) изменяется следующим образом (рис.18):

- расход изменяется пропорционально скорости;
- давление изменяется пропорционально квадрату скорости.

Можно считать, что по каждой из этих кривых КПД является постоянной величиной. Что касается потребляемой мощности, то она изменяется пропорционально величине скорости в третьей степени.

## 5.2 ВЫБОР НАСОСА

Если речь идет об установках с постоянной скоростью, то при выборе насоса руководствуются условиями на впуске и выходе. При анализе рабочего цикла насосной установки, в особенности, избегают областей действия с низким КПД. По возможности, насос выбирают в той области, где его расчетная рабочая точка находится справа от точки максимального КПД. Диапазон изменения расхода при высоком КПД должен быть как можно больше. Исходя из кривой трубопроводной сети (рис. 16) насос может работать с расходом в интервале от 30% до 100%, в то время, как при использовании ограничительного клапана тот же насос действует только в диапазоне от 50% до 100% расхода. Если требуется, чтобы насосная станция в течение длительного времени работала с расходом менее 30%, необходимо задействовать второй небольшой электронасос для охвата диапазона расходов от 0% до 30% при высоком КПД.

## 6. СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ РЕГУЛИРУЕМЫМИ СИСТЕМАМИ

### 6.1 ДРУГИЕ ВИДЫ МУФТ (ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ ИЛИ ТРАДИЦИОННЫЕ ГИДРОМУФТЫ)

Конструкционный принцип, заложенный в других видах муфт, предусматривает остаточное проскальзывание между электродвигателем и насосом, поскольку, в противном случае, не происходит передачи крутящего момента (асинхронный двигатель, работающий с синхронной частотой вращения). В качестве примера рассмотрим использование центробежного насоса, чьи характеристики (H-Q) таковы, что данный агрегат потребляет электроэнергию в количестве 100 кВт (рис.19).

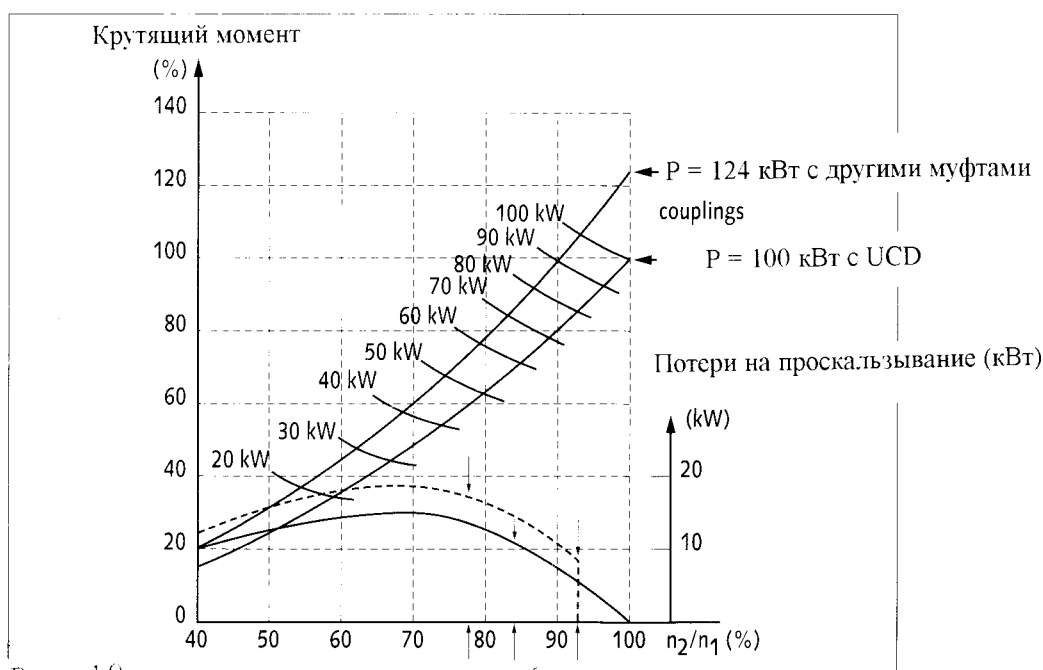


Рис. 19

- При использовании UCD данный насос потребляет указанное количество энергии при 100-процентной частоте вращения электродвигателя;
- при использовании другого типа муфты данный насос потребляет указанное количество энергии при меньшей частоте вращения электродвигателя, например, 93% (7% остаточного проскальзывания). Согласно расчетам, при 100-процентной частоте вращения электродвигателя насос во втором случае потребует электроэнергии в количестве 124 кВт; практически, это значит, что во втором случае насос должен быть на 24% больше, чем в первом. Независимо от типа муфты потери на проскальзывание пропорциональны потребности в электроэнергии при 100-процентной частоте вращения электродвигателя, таким образом, эти потери во втором случае увеличиваются на 24%. Более того, для более обоснованного сравнения следует сопоставлять только те потери, которые соответствуют насосам с идентичными характеристиками, т.е. в отношении тех насосов, которые потребляют идентичное количество энергии; в этом случае разница будет еще больше.

**UCD обладает двумя преимуществами:**

- 1) **потери на проскальзывание определено ниже;**
- 2) **имеется возможность подобрать насос меньшего размера или же сэкономить на одной ступени в случае использования многоступенчатого насоса.**

## 6.2 ДВИГАТЕЛИ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Ниже приводится описание наиболее часто используемых двигателей с регулируемой частотой вращения.

### 6.2.1 Изменение частоты (инверторные приводы переменного тока)

Переменный ток выпрямляется и инвертируется в модулятор с ускоренной коммутацией, чья частота управляется вспомогательной цепью. Электропитание переменной частоты подается на синхронный двигатель или на асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Основные недостатки данной системы заключаются в следующем:

- высокая стоимость;
- возникновение скачков электрического тока (гармонических волн) в сети электропитания;
- до 10% потерь в преобразователе частоты и в электродвигателе (85 - 90% общий КПД);
- частотный привод (электропривод системы «преобразователь частоты - двигатель») на 1500 кВт может быть в 10 раз дороже, чем UCD.

### 6.2.2 Электродвигатель постоянного тока (тиристорные приводы)

При использовании агрегата с насосом изменение скорости достигается за счет изменения напряжения в роторе электродвигателя. Крутящий момент имеет практически постоянную величину.

Основные недостатки данной системы заключаются в следующем:

- высокая стоимость;
- возникновение скачков электрического тока (гармонических волн) в сети электропитания;
- 4 - 5 % потерь в выпрямителе, накладывающихся на КПД электродвигателя, который ниже КПД асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (85 - 90% общий КПД) (рис.25);
- очень низкий коэффициент мощности при частичной нагрузке;
- дорогостоящее тех.обслуживание, требующее наличия квалифицированной рабочей силы.

## 6.3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рабочие характеристики двигателей с регулируемой частотой вращения не лучше рабочих характеристик UCD в паре с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Частично это объясняется КПД асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, который близок к 95%. Поскольку механические потери UCD невелики, то производительность данного агрегата достигает оптимальных значений при максимальной скорости работы ведомых механизмов. Это подтверждается тем, что точка номинального режима агрегата соответствует максимальным нагрузочным требованиям.

7.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА

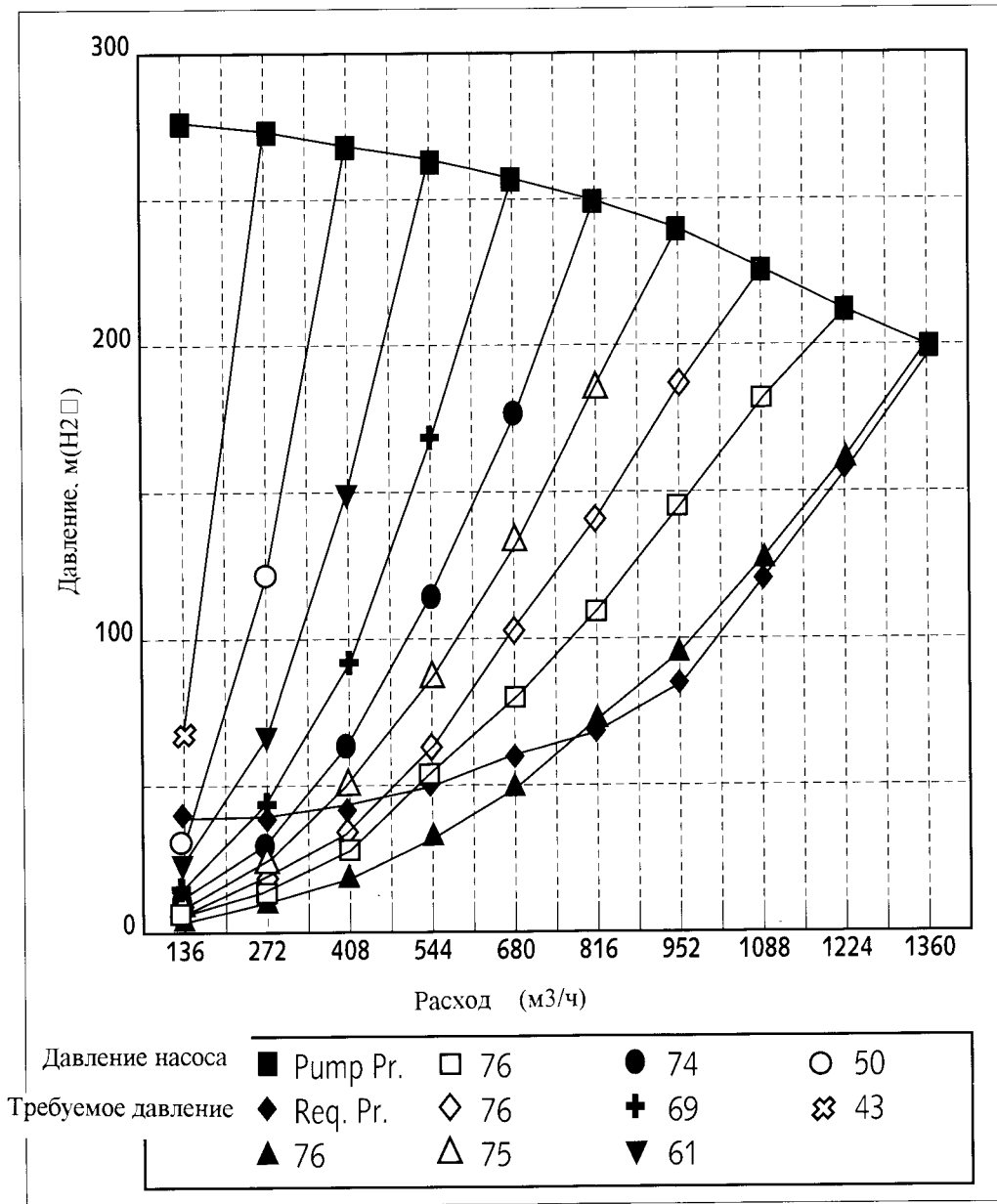


Рис. 20

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

КОМОРАНИ - Насос 3N-0356

Расход	Необхо- димый напор	Напор, разв. насосом	КПД насо- са	КПД дви- гателя	Скорость на выхо- де дви- гателя	Мощность на выхо- де двига- теля с пост.ско- ростью	Потребл. мощность при пост- скорости	Регули- руемая ско- рость	КПД насо- са при регули- руемой скорос- ти	Мощность на валу УСД с перемен- ной ско- ростью	Мощность на валу двиг. при перемен- ной ско- рости	КПД двиг. при пере- менной ск-ти	Потребл. мощность при пере- менной скорости	Экономия электро- энергии
м <sup>3</sup> /ч	Н <sub>1</sub> , п	Н	η	М		Р <sub>с</sub>	ЕР <sub>с</sub>		η	Р <sub>с</sub>	Р <sub>с</sub>	η	ЕР <sub>с</sub>	
	м(Н <sub>2</sub> O)	м(Н <sub>2</sub> O)	%	%		кВт	кВт		%	кВт	кВт	%	кВт	
136	35	277	31	92,5	1445	331	358	514	49	26	79	89,5	89	269
272	40	275	43	92,8		474	511	551	69	43	119	90	132	379
408	45	270	50	93		600	646	590	75	67	170	90,5	188	457
544	50	265	61	93,1		644	692	628	75	99	235	91	259	433
680	60	260	69	93,2		698	749	694	76	147	316	91,5	345	404
816	70	250	74	93,3		751	805	765	76	205	397	92	432	374
952	90	240	75	93,4		830	889	885	76	307	513	92,5	554	335
1088	120	225	76	93,5		878	939	1055	76	468	653	93	702	237
1224	160	212	76	93,6		930	994	1255	76	702	821	93,5	878	116
1360	200	200	76	93,7		975	1,041	1445	76	975	989	93,7	1,056	-15

Предполагается, что:

расход изменяется постоянно в пределах от 136 до 1360 м<sup>3</sup>/ч;

средняя экономия электроэнергии/час = 299 кВт;

время работы насоса = 8000 часов в год;