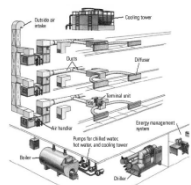


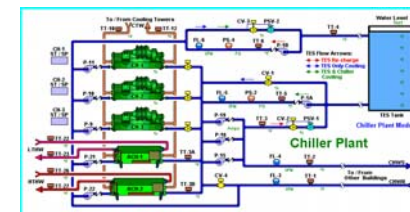


ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

*Альберто Каваллини
Почетный профессор,
Университет Падуи*



АННОТАЦИЯ ПРЕЗЕНТАЦИИ



Общая тема, рассматриваемая на этом семинаре, - «эффективность использования энергии в центральных жидкостных системах кондиционирования воздуха (охлаждения)».

В первой презентации рассматриваются вопросы эффективного распределения жидкостного теплоносителя (охлажденной воды) с централизованного производственного участка (хладоцентр, машинно-компрессорное отделение) до локальных оконечных устройств.

Настоящая презентация состоит из двух частей:

- **Архитектура систем распределения охлажденной воды**
- **Характеристики и использование центробежных насосов с частотно-регулируемым приводом (ЧРП) .**

В презентации, которая следует за настоящей и предоставлена д-ром Луиджи Россеттини из компании Aertec, рассматривается важный взаимосвязанный вопрос эффективного производства холода на многочиллерных станциях.





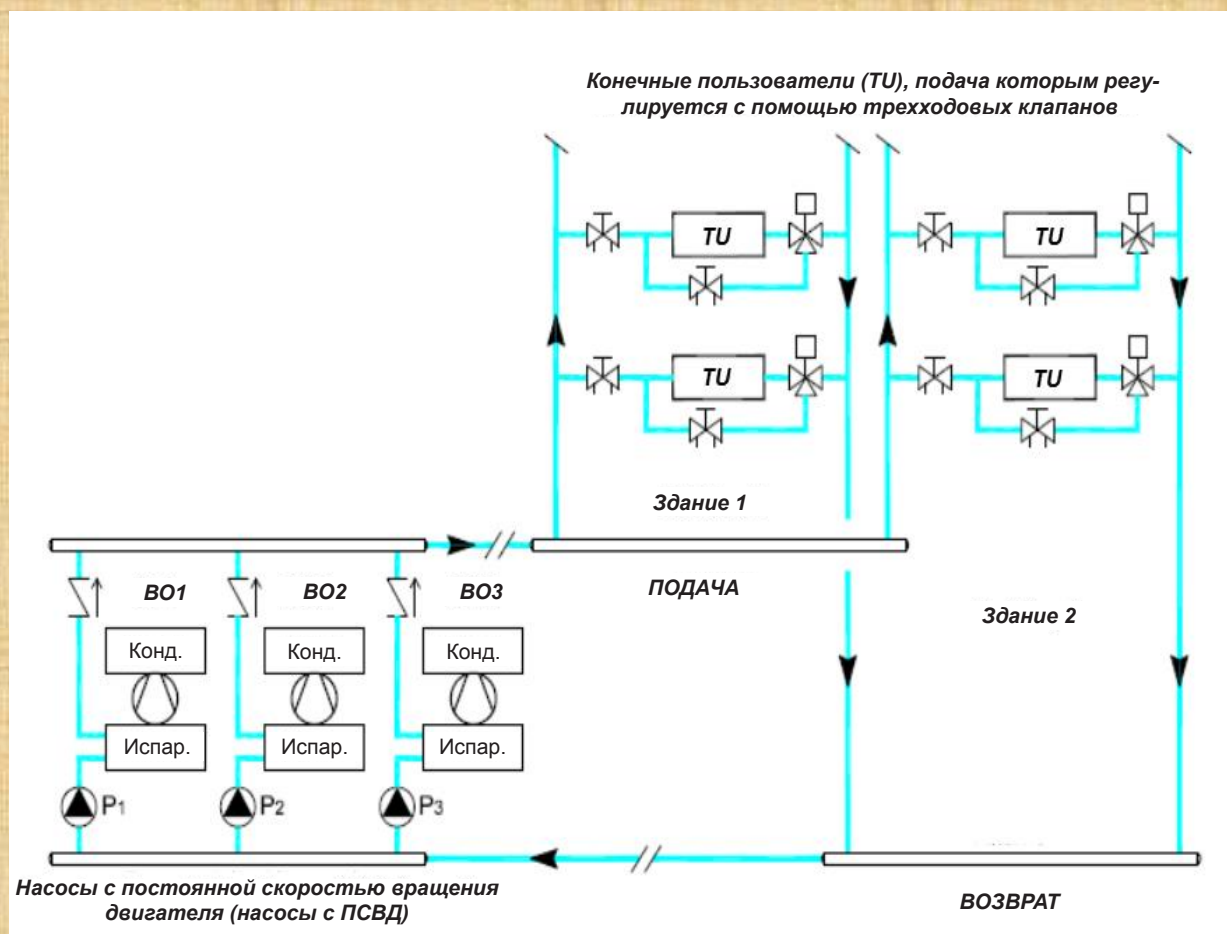
СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМ РАСХОДОМ В СВЯЗАННЫХ ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ КОНТУРАХ - НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ (ПСВД), КАЖДЫЙ РАБОТАЕТ НА СВОЙ ЧИЛЛЕР

→ Расход остается приблизительно постоянным во всех условиях нагрузки

→ Насосы все время работают с постоянной скоростью, без экономии электроэнергии, потребляемой насосом в условиях частичной нагрузки

→ Все чиллеры должны работать одновременно, нагрузка распределяется параллельно

→ В случае, если один чиллер выключится без останова насоса, то температура подаваемой среды будет нестабильна до тех пор, пока не будет изменена температура подаваемой воды на работающем чиллере (работающих чиллерах), при этом снизится эффективность использования энергии. При выключении также и насоса, расхода среды может не хватить для обеспечения требуемой холодопроизводительности



→ Расход остается приблизительно постоянным во всех условиях нагрузки

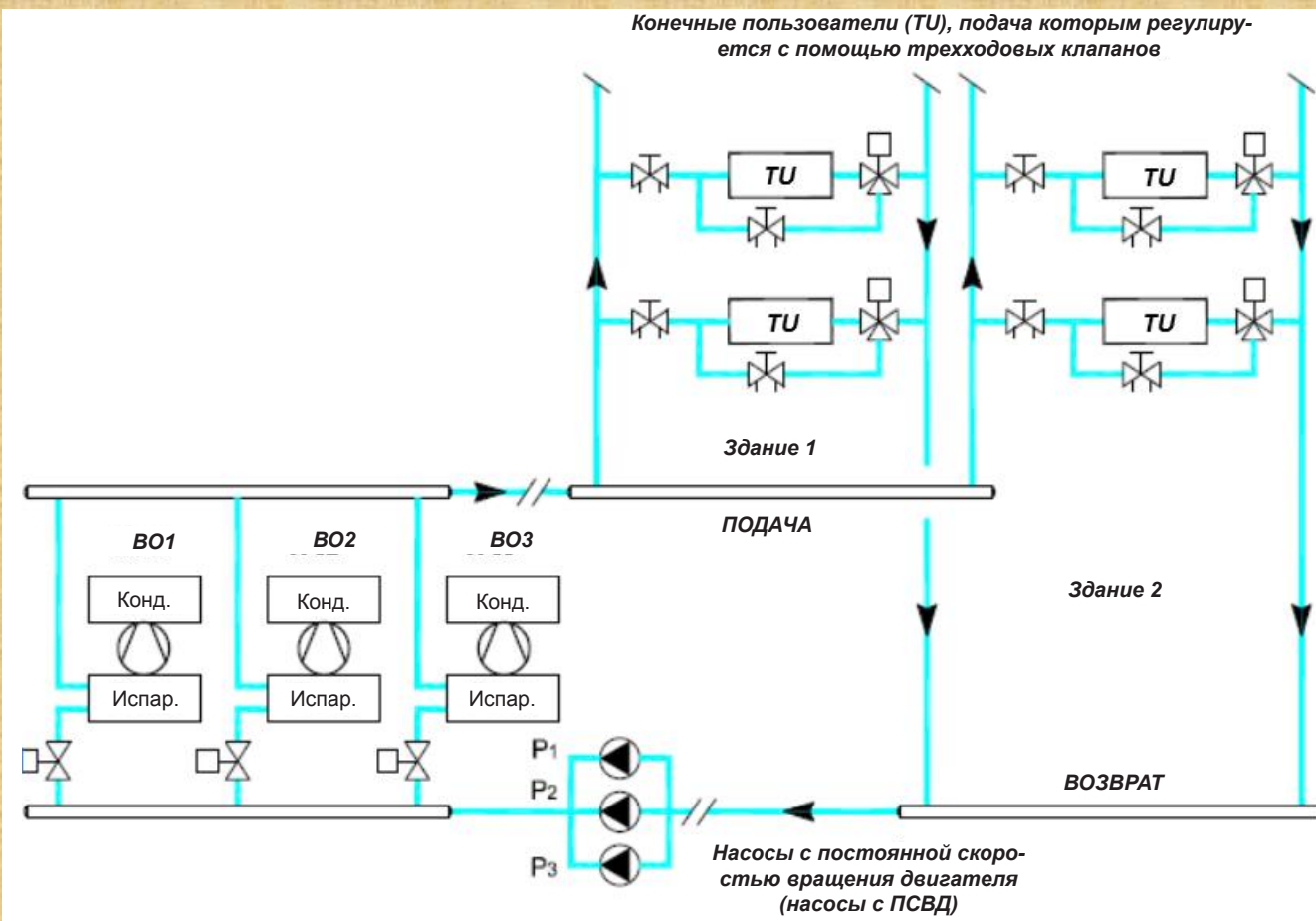
→ Насосы все время работают с постоянной скоростью, без экономии электроэнергии, потребляемой насосом в условиях частичной нагрузки

→ Все чиллеры должны работать одновременно, нагрузка распределяется параллельно

→ В случае, если один чиллер выключится без останова насоса, то температура подаваемой среды будет нестабильна до тех пор, пока не будет изменена температура подаваемой воды на работающем чиллере (работающих чиллерах), при этом снизится эффективность использования энергии. При выключении также и насоса, расхода среды может не хватить для обеспечения требуемой холодопроизводительности

→ Только один резервный насос может быть включен в контур

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМ РАСХОДОМ В СВЯЗАННЫХ ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ КОНТУРАХ - НАСОСЫ С ПСВД, ВСЕ РАБОТАЮТ НА ГРУППУ ЧИЛЛЕРОВ



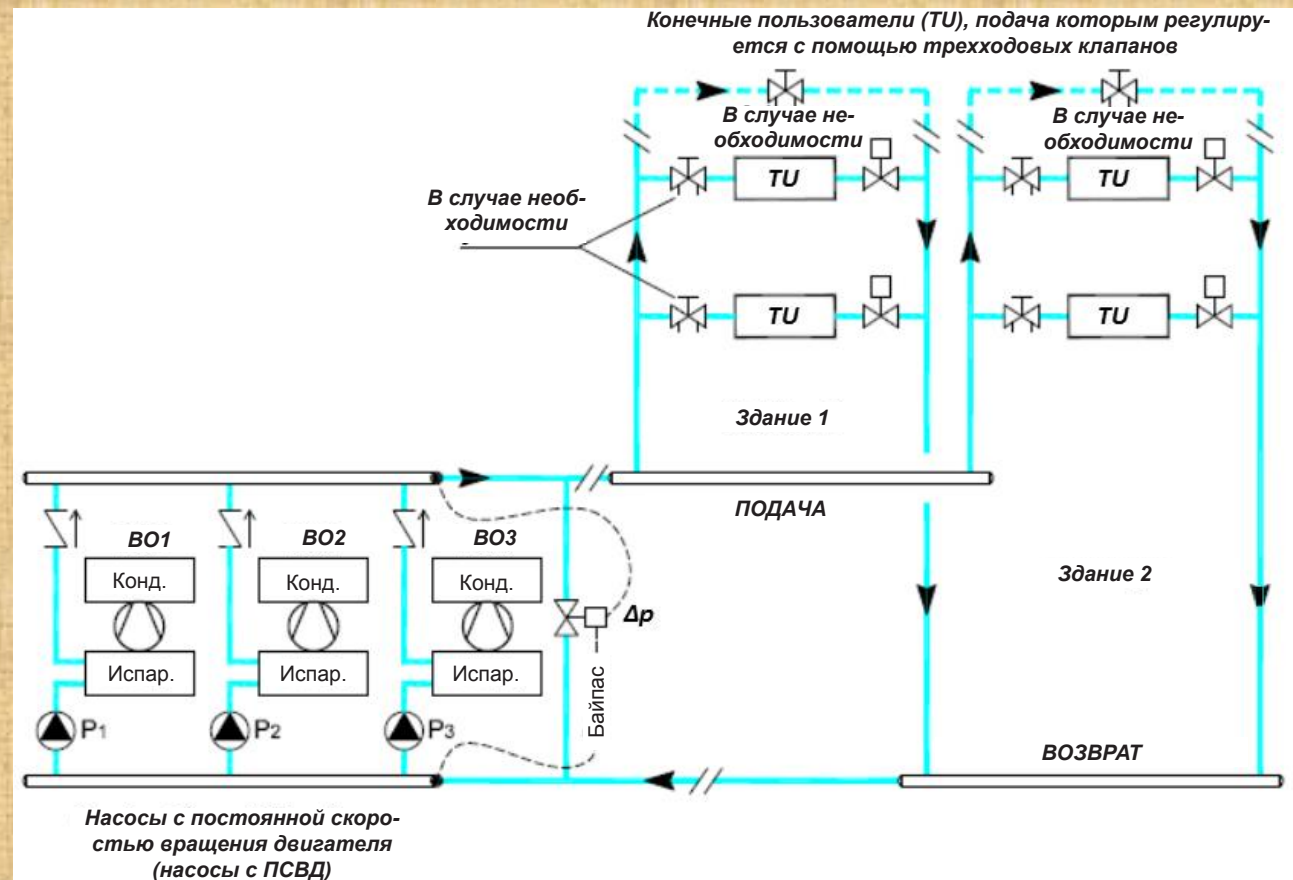
**СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ
В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ - НАСОСЫ С ПСВД,
КАЖДЫЙ РАБОТАЕТ НА СВОЙ ЧИЛЛЕР В ПЕРВИЧНОМ КОНТУРЕ**

→ Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; возможность отключения чиллеров с соответствующими насосами в условиях частичной нагрузки

→ Вторичный контур работает в режиме регулируемого расхода, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный общий расход

→ Чиллеры, работающие параллельно в условиях частичной нагрузки

→ Расход остается постоянным на всех испарителях работающих чиллеров, независимо от условий нагрузки



СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННЫМ РАСХОДОМ В ПЕРВИЧНОМ КОНТУРЕ

ЧАСТИЧНАЯ НАГРУЗКА

Допущение. Регулируемый расход во вторичном контуре с постоянной температурой обратного потока. Три одинаковых чиллера. 12-6°C

Требуемая нагрузка: 66% от расчетной нагрузки

В этой ситуации один чиллер может быть выключен



- Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы в условиях частичной нагрузки
- Вторичный контур работает в режиме регулируемого расхода, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный общий расход
- Чиллеры, работающие параллельно в условиях частичной нагрузки
- Расход остается постоянным на всех испарителях работающих чиллеров, независимо от условий нагрузки

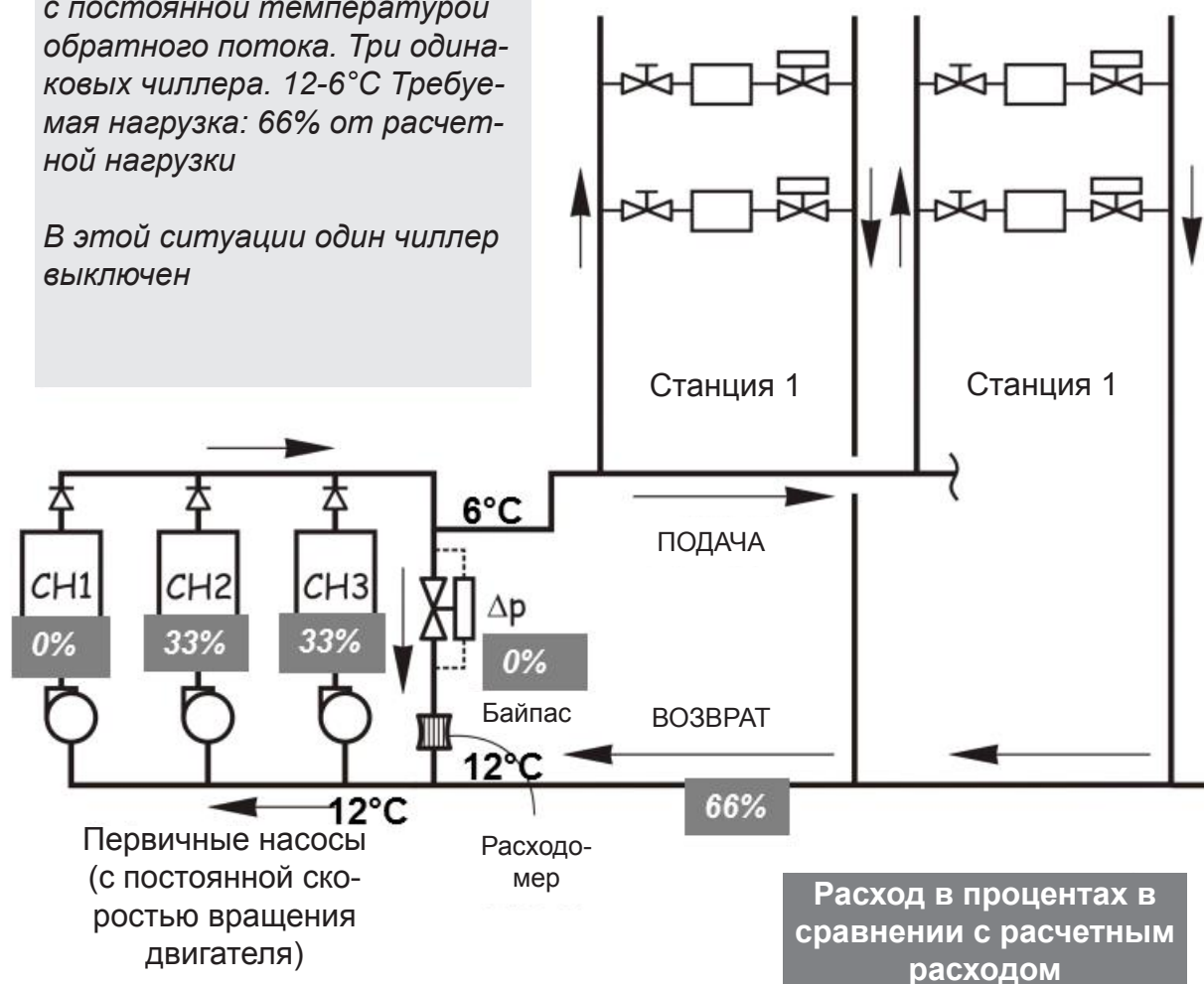
СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННЫМ РАСХОДОМ В ПЕРВИЧНОМ КОНТУРЕ

ЧАСТИЧНАЯ НАГРУЗКА

Допущение. Регулируемый расход во вторичном контуре с постоянной температурой обратного потока. Три одинаковых чиллера. 12-6°C Требуемая нагрузка: 66% от расчетной нагрузки

В этой ситуации один чиллер выключен

Регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов



- Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно выключить чиллеры и соответствующие насосы в условиях частичной нагрузки
- Вторичный контур работает в режиме регулируемого расхода, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный общий расход
- Чиллеры, работающие параллельно в условиях частичной нагрузки
- Расход остается постоянным на всех испарителях работающих чиллеров, независимо от условий нагрузки

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ - ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД В ПЕРВИЧНОМ КОНТУРЕ / ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП

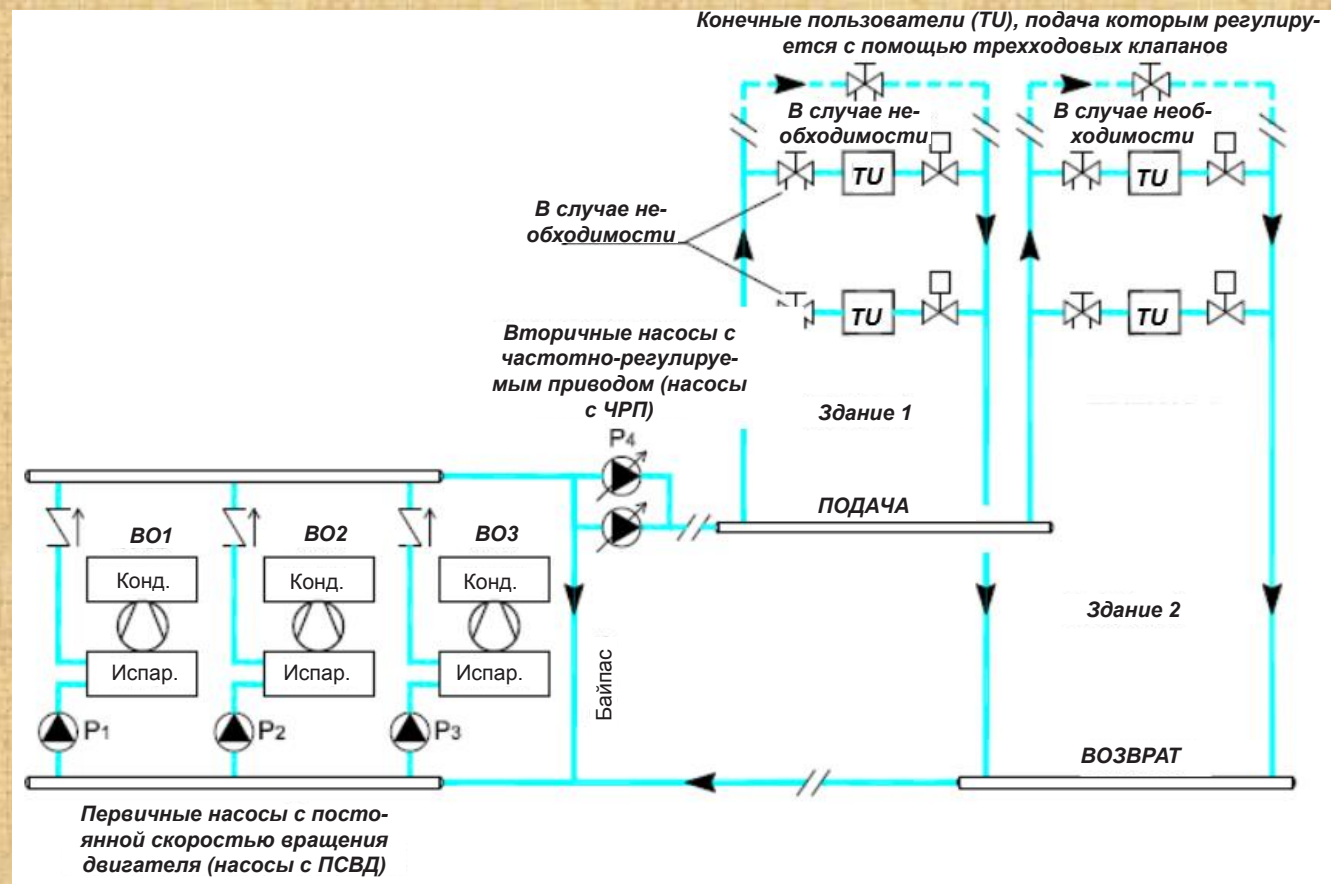
→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

→ Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы при работе в условиях частичной нагрузки

→ Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов

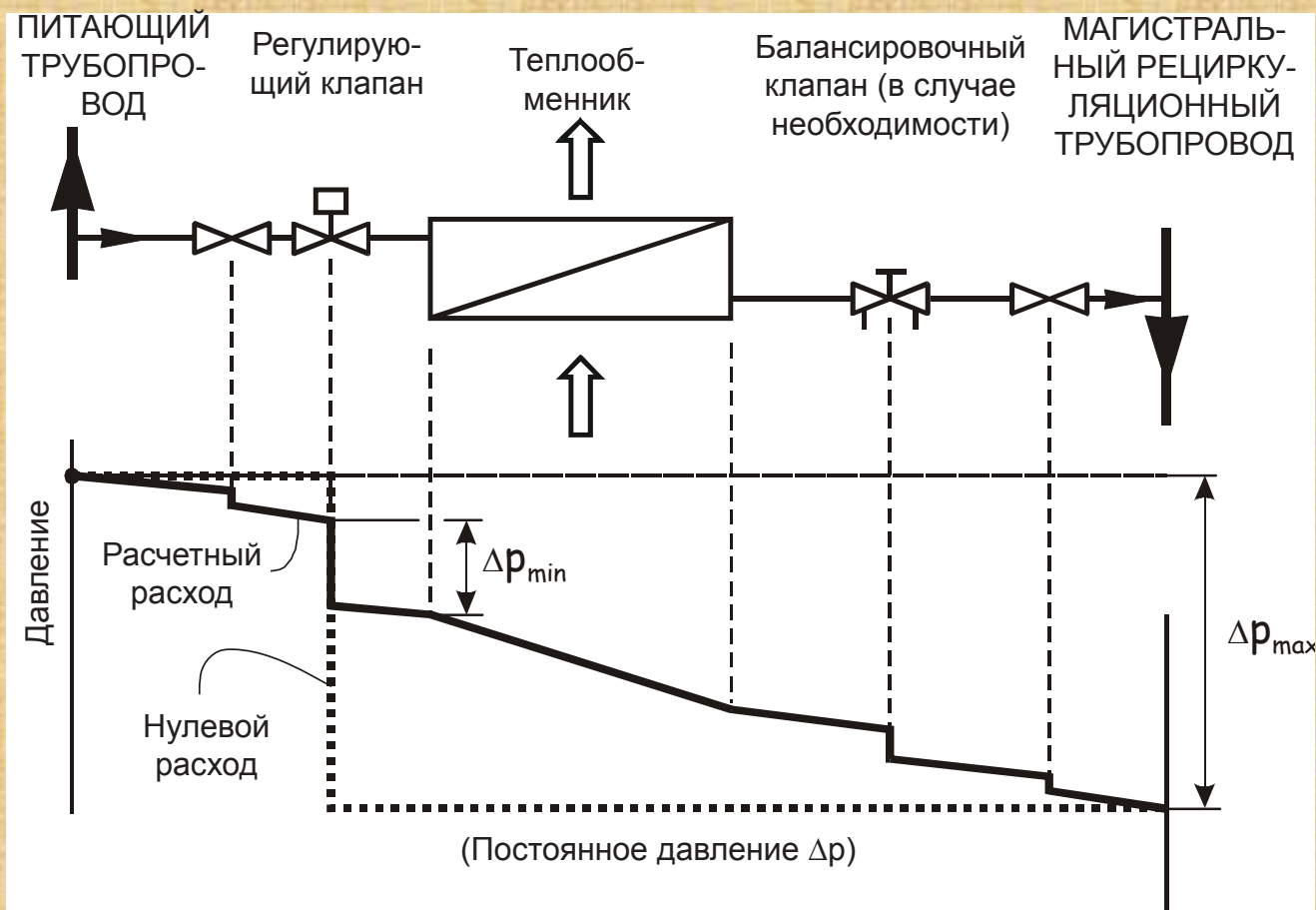
→ Чиллеры, работающие параллельно в условиях частичной нагрузки

→ Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

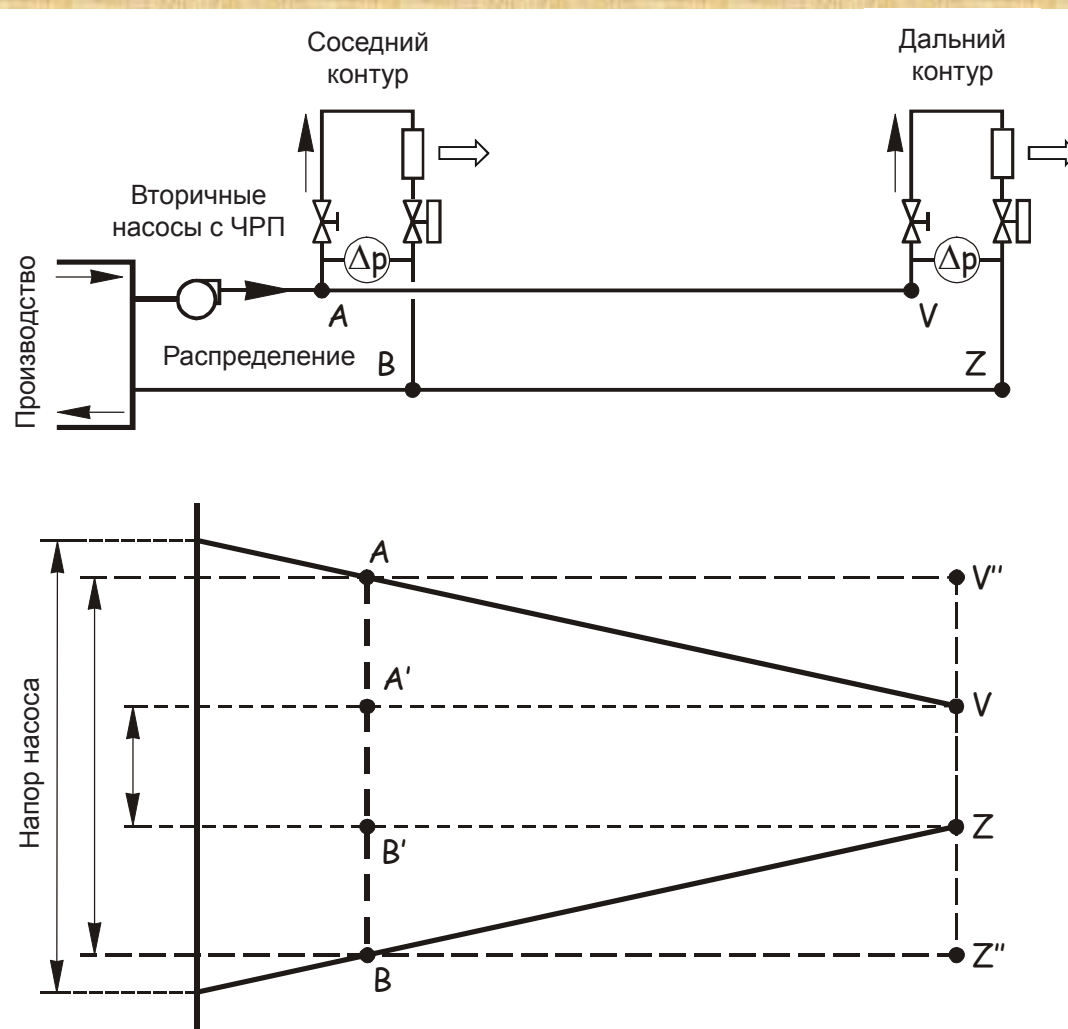


Регулирующие клапаны должны подбираться по размеру с учетом их соответствующего авторитета.

$$\beta = \Delta p_{\min} / \Delta p_{\max} > 0,25$$



РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСПОЛАГАЕМЫХ НАПОРОВ В ТРЕТИЧНЫХ КОНТУРАХ ПРИ СХЕМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РАСХОДОМ - ПРОФИЛЬ ДАВЛЕНИЯ

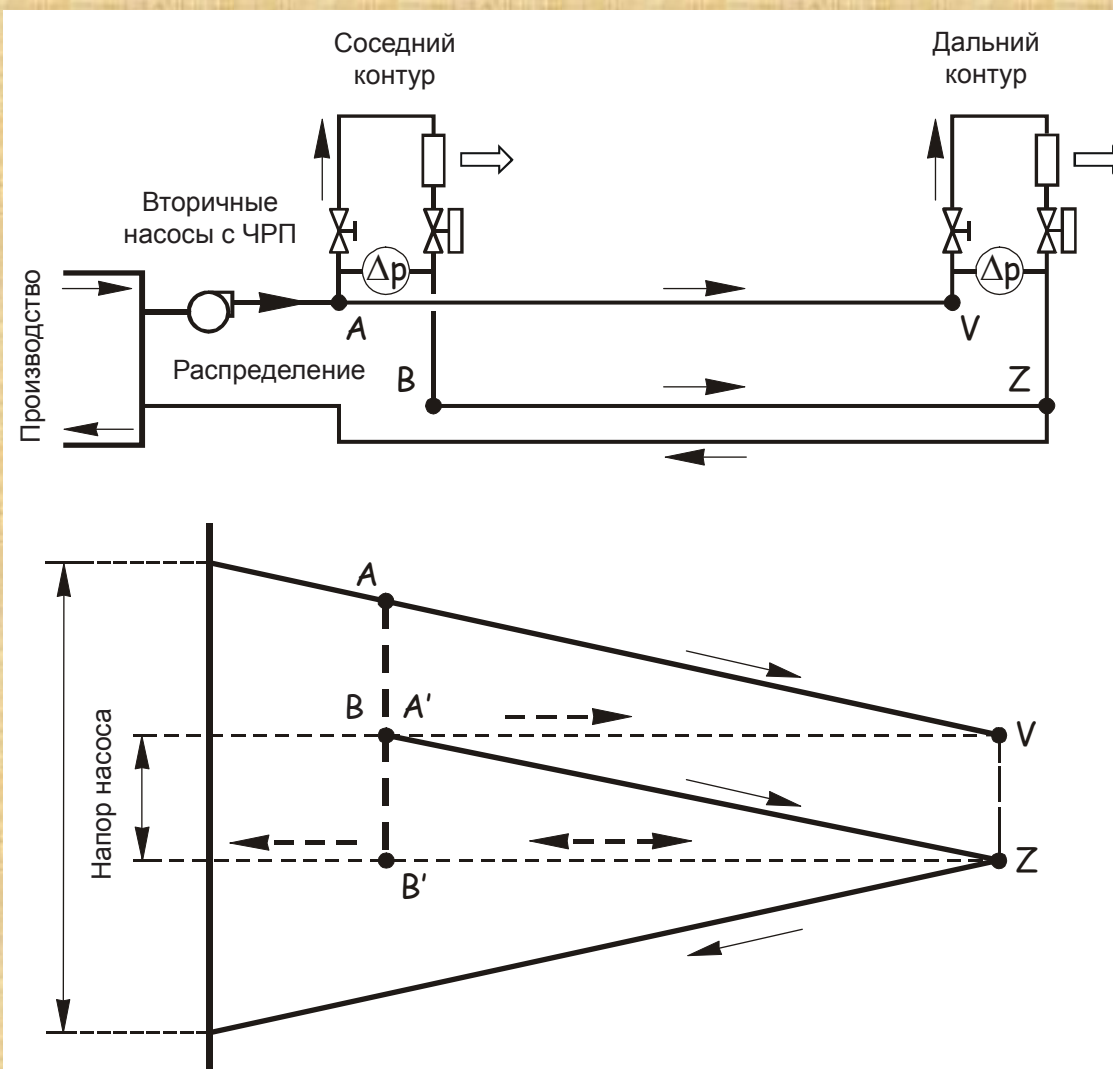


•Поддержание постоянного располагаемого напора в дальнем контуре позволяет достичь максимальной экономии энергии, потребляемой насосом, но может привести к недостаточному напору в соседнем контуре. Иногда целесообразно устанавливать в соседних контурах клапаны большего размера

•И наоборот, поддержание постоянного располагаемого напора в соседнем контуре приводит к меньшей экономии энергии, потребляемой насосом, а также может привести к недостаточному авторитету в дальних регулирующих клапанах

•Следует отметить, что компоновка с общими насосами в первичном контуре постоянного расхода и водослива (компоновка, показанная на предыдущем слайде) обязательно повторяет эту вторую ситуацию

РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСПОЛАГАЕМЫХ НАПОРОВ В ТРЕТИЧНЫХ КОНТУРАХ ПРИ СХЕМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РАСХОДОМ - ПРОФИЛЬ ДАВЛЕНИЯ С ОБРАТНЫМ ВОЗВРАТОМ

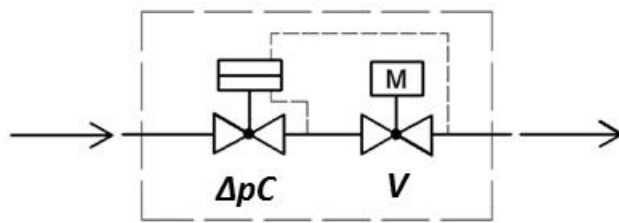
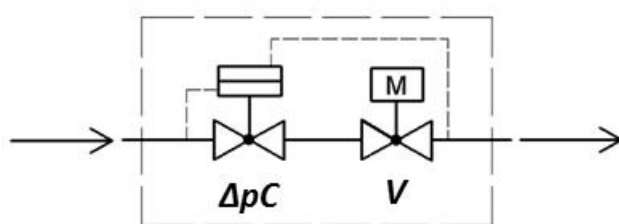
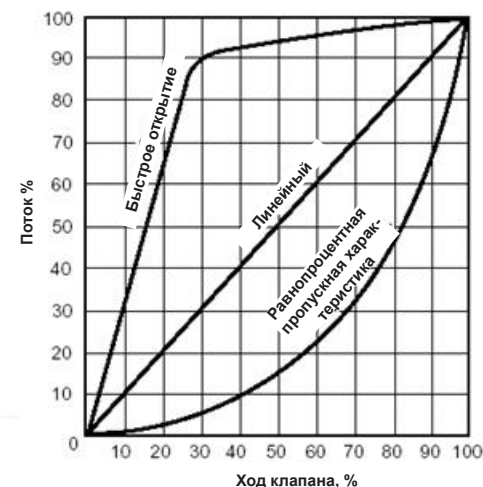
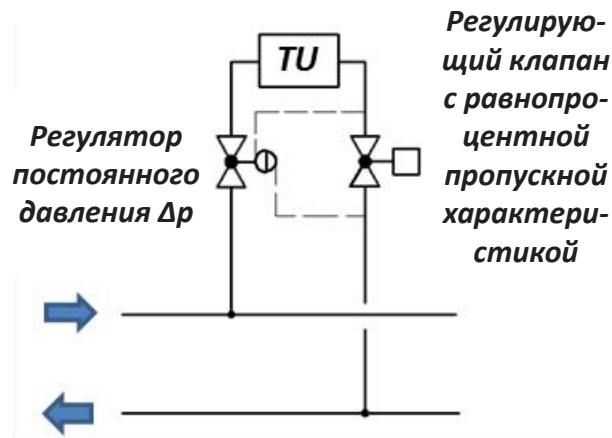
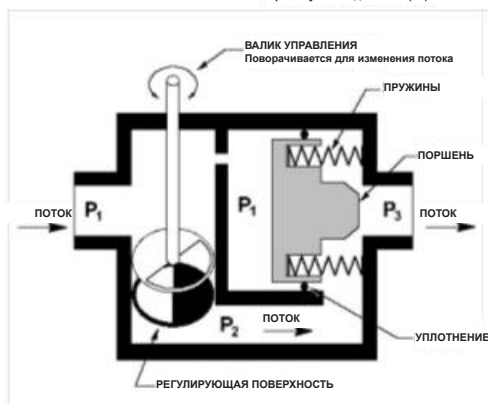
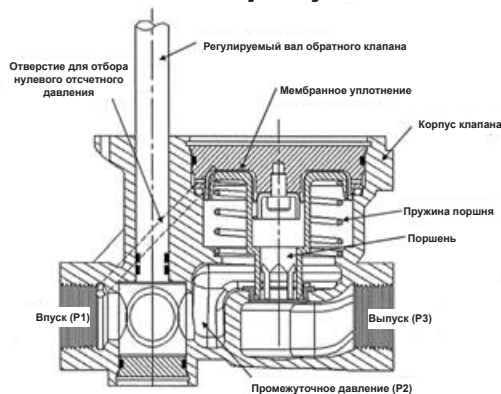


• Недостаток, связанный с разностью напоров в третичных контурах, в случае, когда изменяется величина расхода во вторичном контуре, может быть минимизирован с помощью обратного возврата во вторичном контуре, когда нагрузки меняются более или менее синхронно. Основным недостатком обратного возврата является, как правило, стоимость, в случае длинных прямолинейных контуров

• Кольцеобразные вторичные контуры могут подойти для обратного возврата.

Независимые от давления регулирующие клапаны (НДРК)

- Проблемы, возникающие из-за слишком больших перепадов давления жидкости, проходящей через регулирующий клапан, могут устраняться с помощью регулятора перепада давления, как показано на соседнем рисунке



Недавно в продажу поступили так называемые клапаны НДРК (независимые от давления регулирующие клапаны), фактически включающие в себя в одном и том же корпусе регулирующий клапан с равнопроцентной пропускной характеристикой и регулятор перепада давления - см. изображения

→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

→ Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы при работе в условиях частичной нагрузки

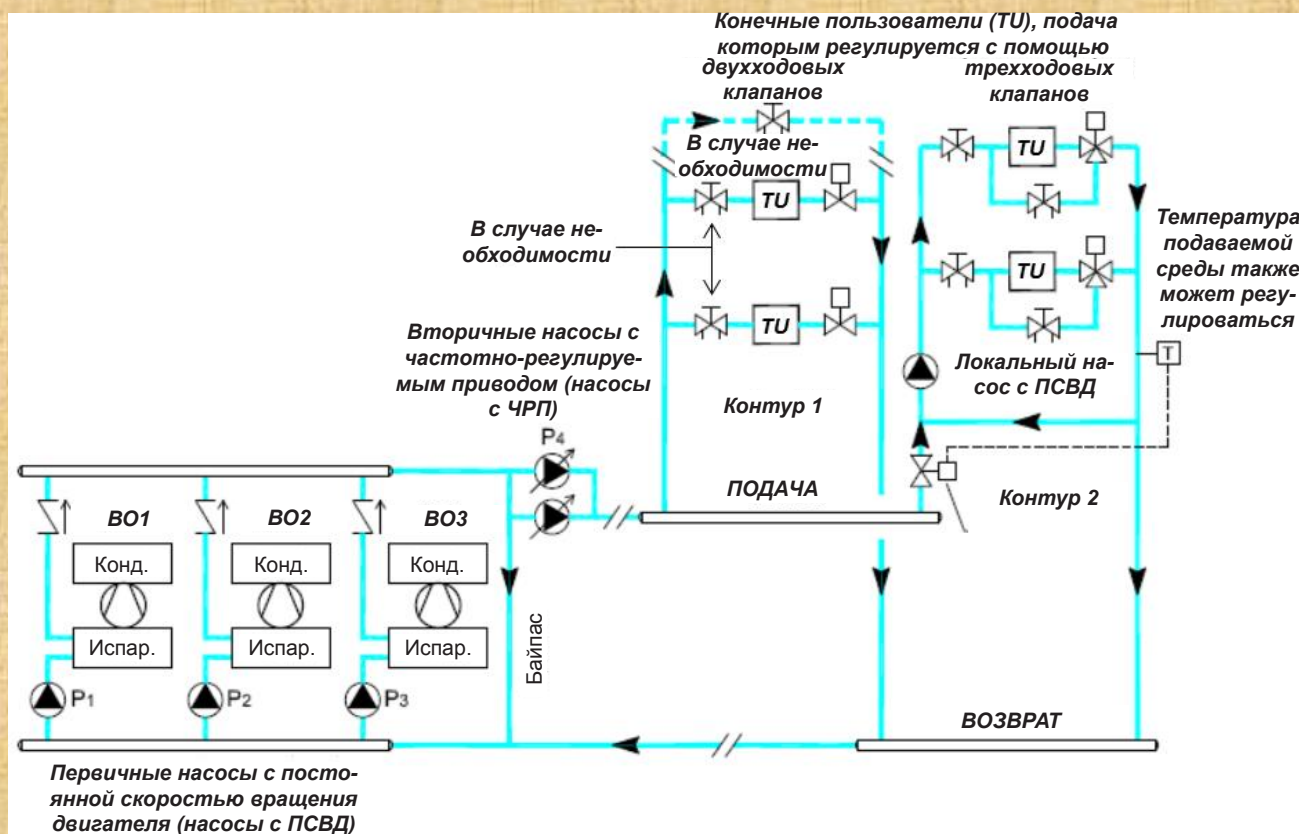
→ Вторичный контур 1 работает с помощью насосов с ЧРП, с нагрузками, регулируемые с помощью двухходовых клапанов; третичный контур 2 работает с помощью насосов с ППО (постоянным расходом), с нагрузками, регулируемые с помощью трехходовых клапанов

→ Работающие параллельно чиллеры с частичной нагрузкой

→ Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ

ПЕРВИЧНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ (ТРЕТИЧНЫЕ) ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ ГЛАВНОГО ТРУБОПРОВОДА С ЧРП



→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

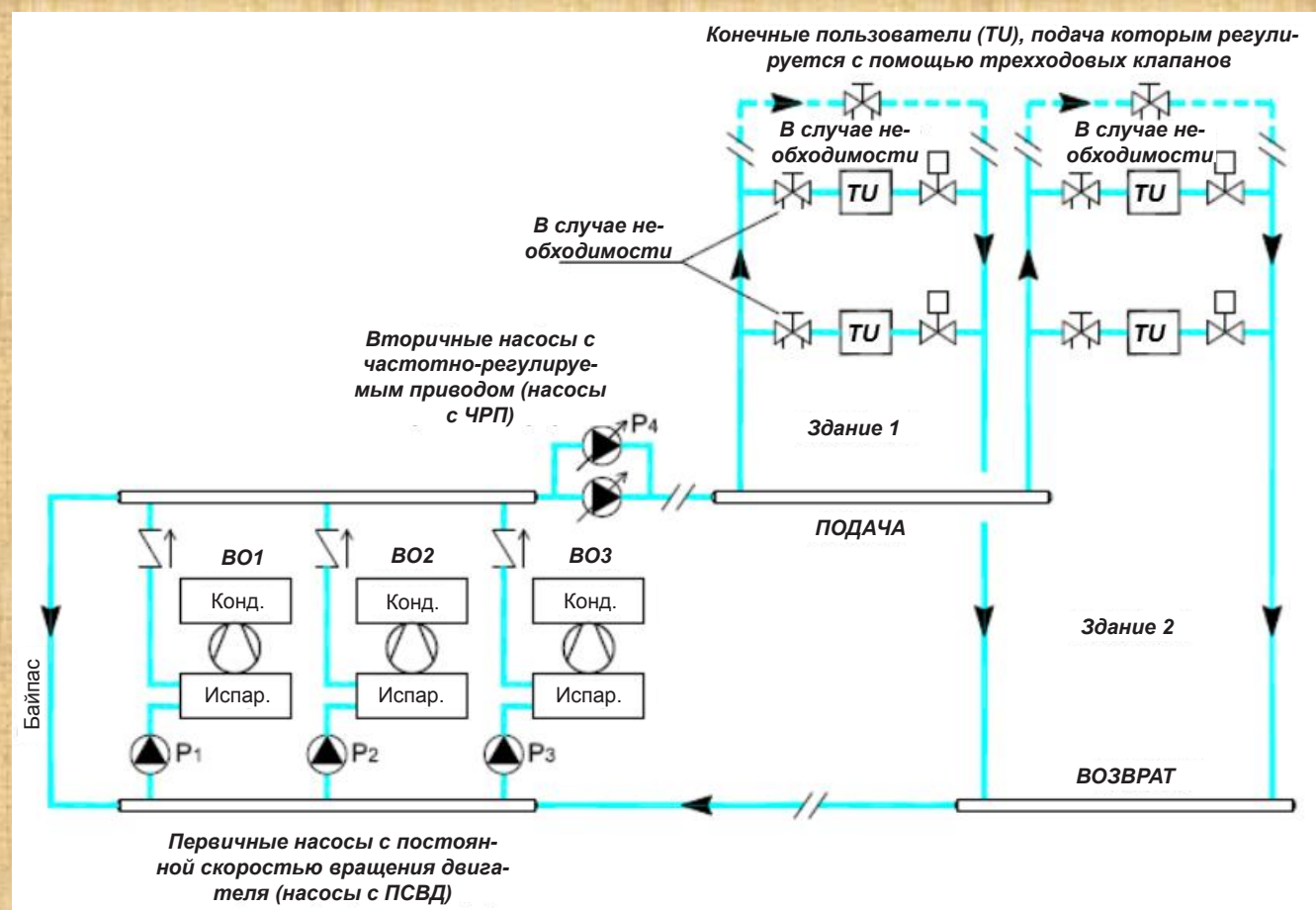
→ Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы при работе в условиях частичной нагрузки

→ Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный общий расход

→ Работа чиллеров в условиях частичной нагрузки в последовательности первый Ч1, затем Ч2 и наконец Ч3

→ Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ПЕРВИЧНЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД / ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП



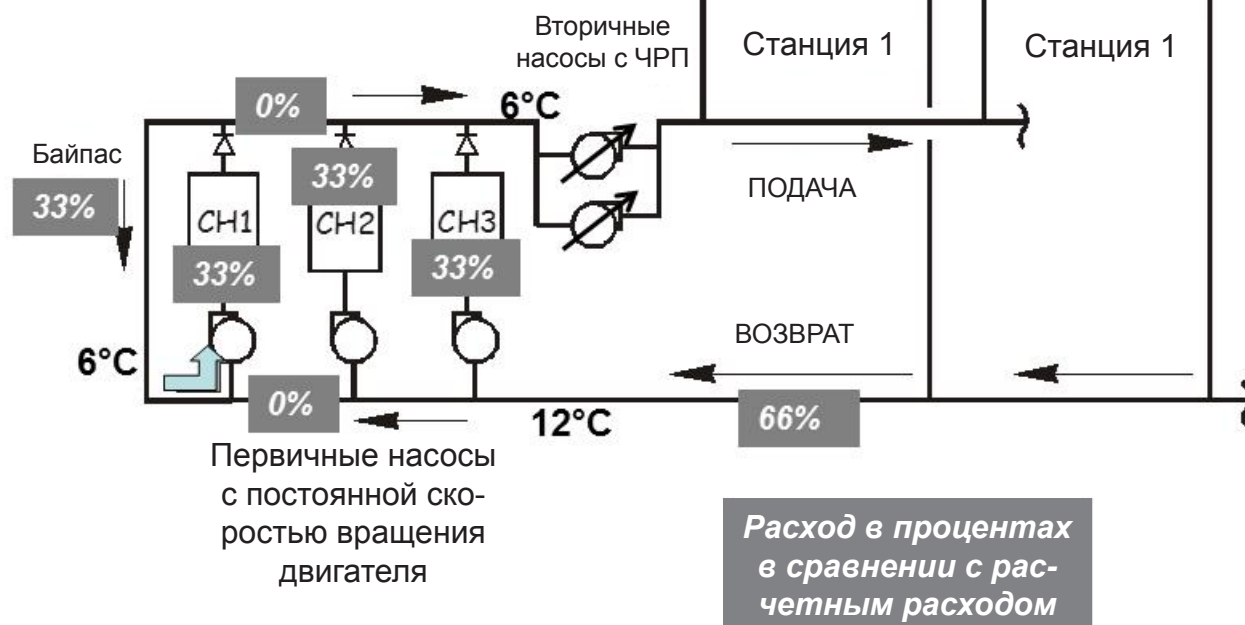
СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ / ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП

ЧАСТИЧНАЯ НАГРУЗКА

Допущение. Регулируемый расход во вторичном контуре с постоянной температурой обратного потока. Три одинаковых чиллера.

12 - 6 °C

Требуемая нагрузка: 66% от расчетной нагрузки
В этой ситуации один чиллер может быть выключен



- Расход остается постоянным на всех испарителях работающих чиллеров, независимо от условий нагрузки
- Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы, работающие в условиях частичной нагрузки
- Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный параллельный расход
- Работа чиллеров в режиме частичной нагрузки в последовательности первый Ч1, затем Ч2 и наконец Ч3
- Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

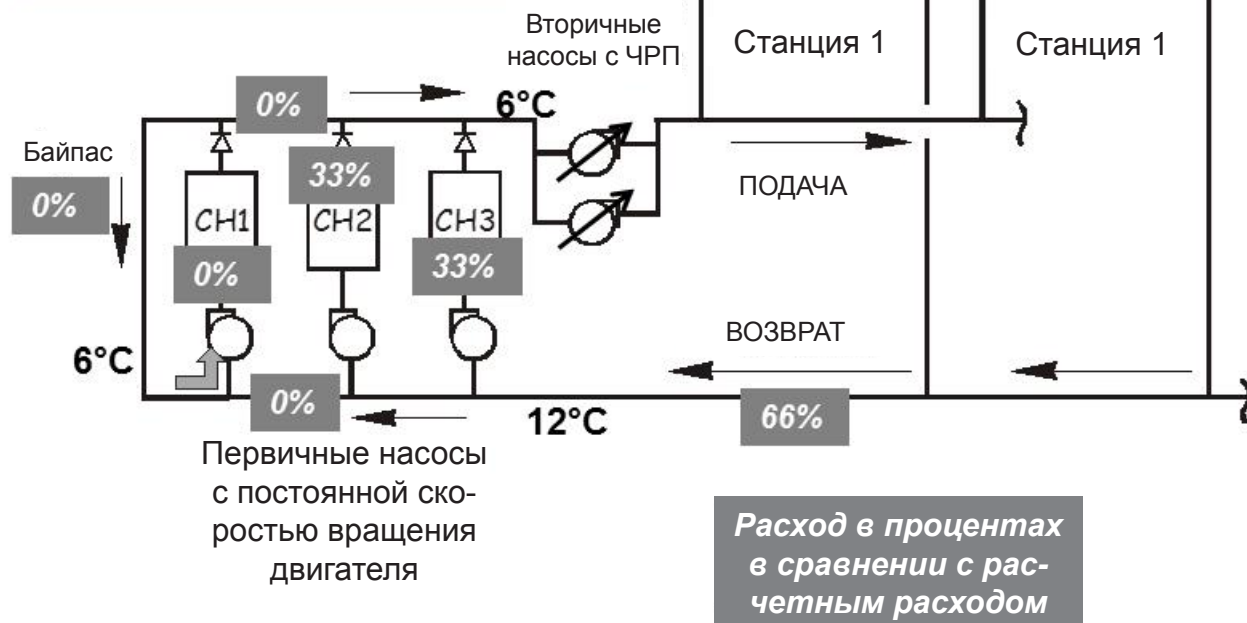
СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ / ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП

ЧАСТИЧНАЯ НАГРУЗКА

Допущение. Регулируемый расход во вторичном контуре с постоянной температурой обратного потока. Три одинаковых чиллера.

12 - 6 °C

Требуемая нагрузка: 66% от расчетной нагрузки
В этой ситуации один чиллер выключен



- Расход остается постоянным на всех испарителях работающих чиллеров, независимо от условий нагрузки
- Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы, работающие в условиях частичной нагрузки
- Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный параллельный расход
- Работа чиллеров в режиме частичной нагрузки в последовательности первый Ч1, затем Ч2 и наконец Ч3
- Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

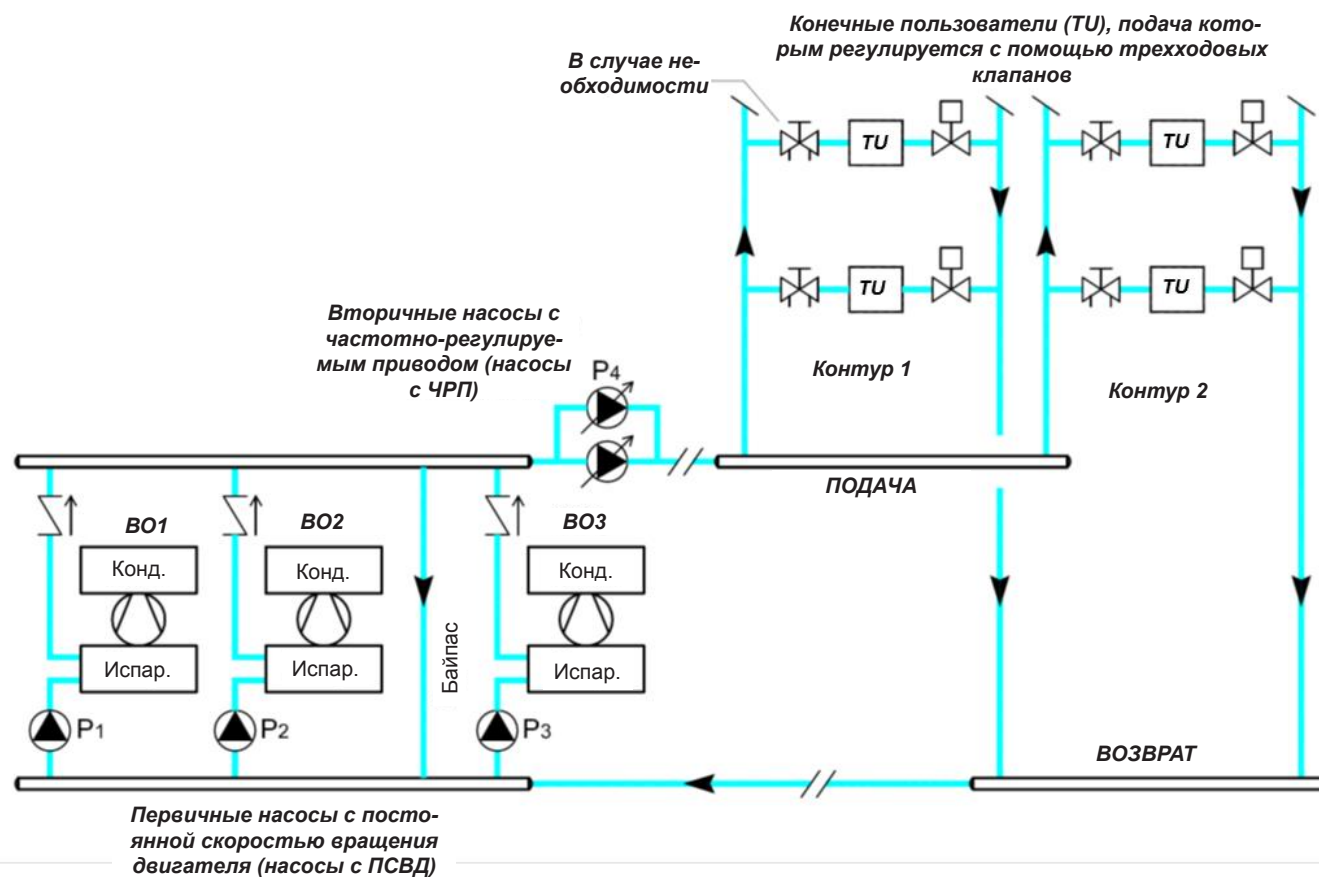
→ Все первичные насосы работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы, работающие в условиях частичной нагрузки

→ Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный общий расход

→ В первую очередь в условиях частичной нагрузки параллельно работают чиллеры ВО1 и ВО2; в последнюю очередь - чиллер ВО3, в который (перед частичной загрузкой) подается вода максимальной температуры: оптимальное условие для чиллера с частичным естественным охлаждением

→ Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД - ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП



→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

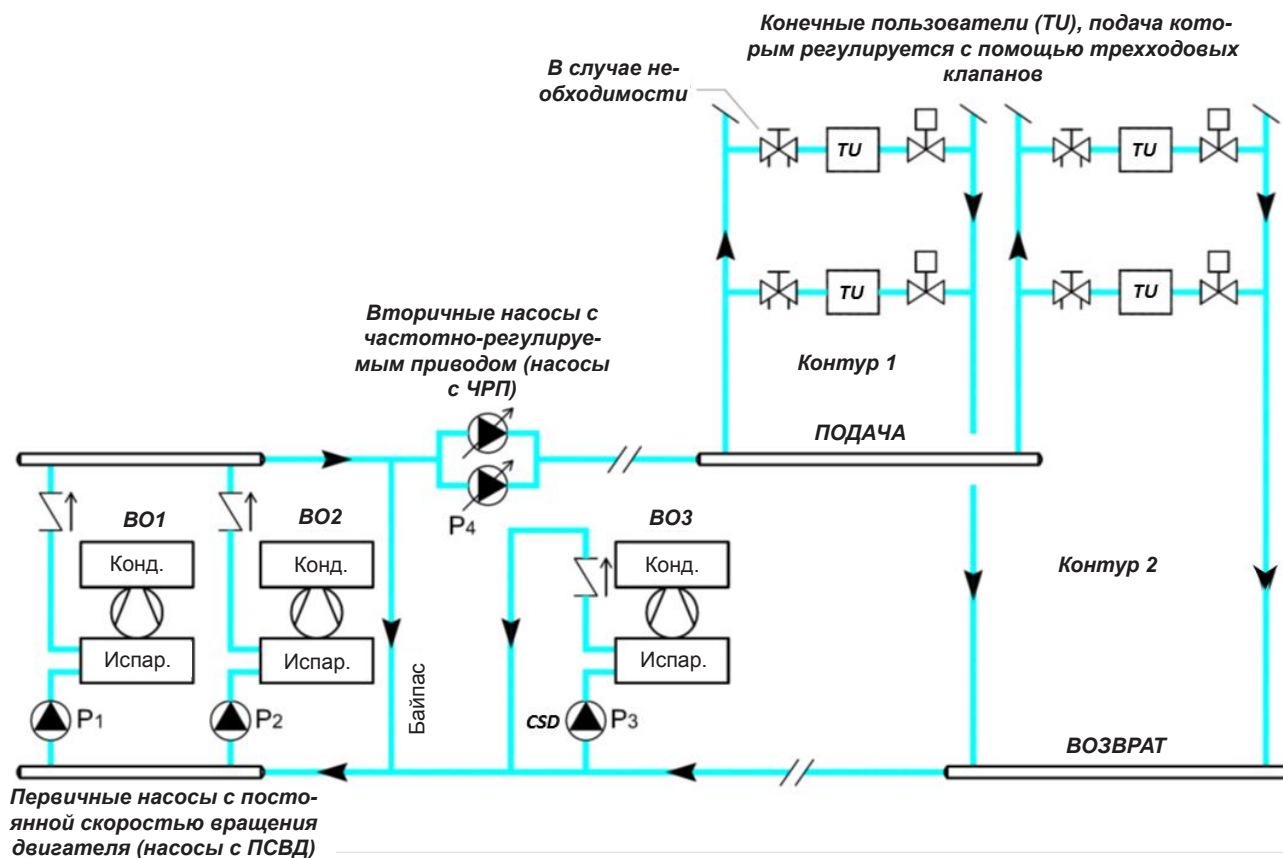
→ Все первичные насосы работают с постоянной скоростью вращения двигателей; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы при работе в условиях частичной нагрузки

→ Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, при этом регулирование нагрузок осуществляется с помощью двухходовых клапанов; контур рассчитан на максимально возможный общий расход

→ В первую очередь в условиях частичной нагрузки параллельно работают чиллеры ВО1 и ВО2; чиллер ВО3 не должен обязательно вырабатывать охлажденную воду расчетной температуры; например, это может быть чиллером с регенерацией тепла, работающим в условиях частичной нагрузки в зависимости от потребления тепла. Это может также быть обычный теплообменник естественного охлаждения

→ Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД - ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП



**СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ
В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ
ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД / ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ ОТСУТСТВУЮТ
ТРЕТИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП**

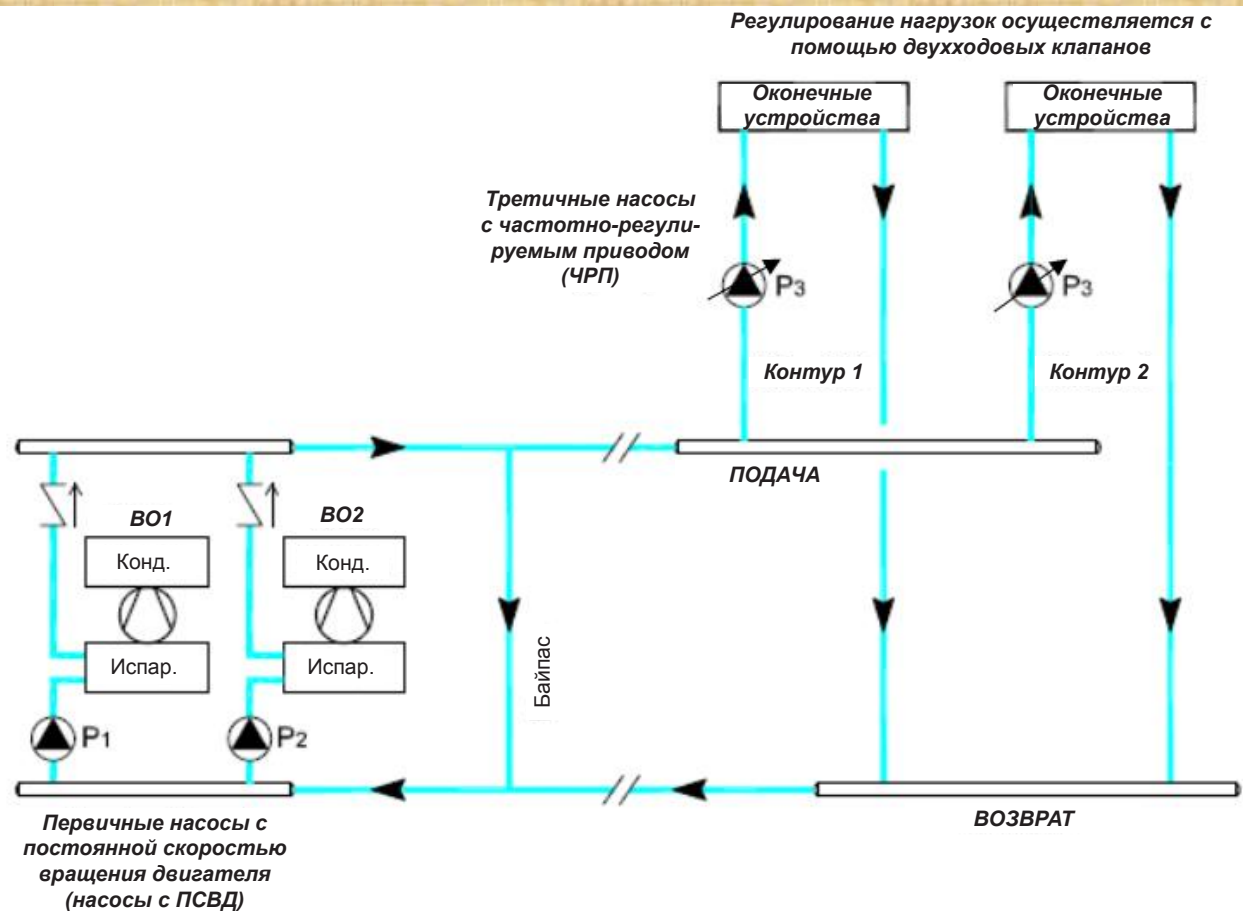
→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

→ Все насосы все время работают с постоянной скоростью вращения двигателя; можно отключить чиллеры и соответствующие насосы при работе в условиях частичной нагрузки

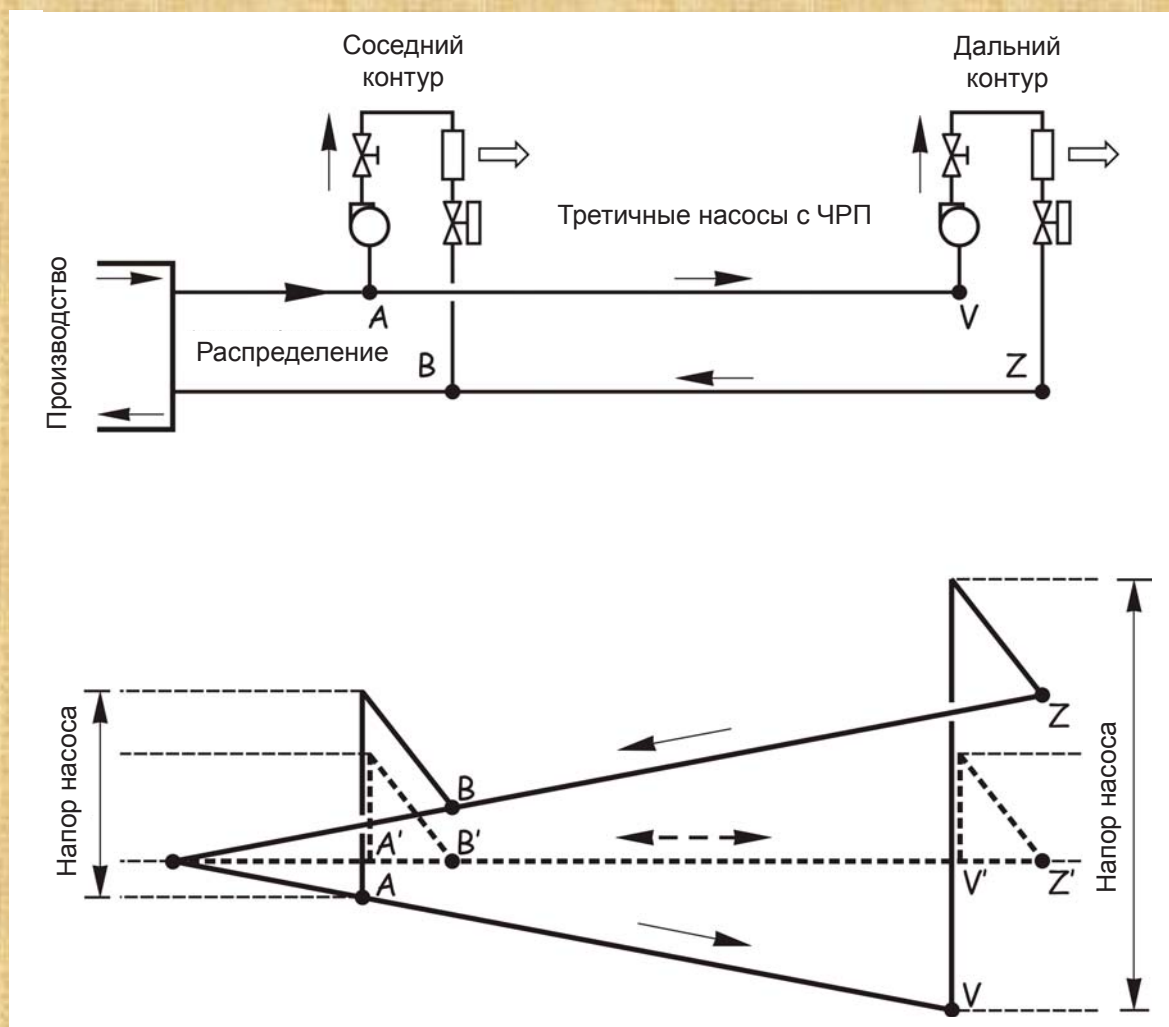
→ Любой вторичный контур работает с помощью индивидуальных насосов (третичных насосов) с ЧРП под нагрузками, регулируемые с помощью двухходовых клапанов

→ Работающие параллельно чиллеры с частичной нагрузкой

→ Общий первичный расход всегда должен превышать вторичный расход



**СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ
ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ / ТРЕТИЧНЫЕ НА-
СОСЫ С ЧРП
ПРОФИЛЬ ДАВЛЕНИЯ**



- Распределение давления в третичных контурах больше не зависит от потерь во вторичных контурах
- В некоторых случаях это может выражаться в большой экономии энергии, потребляемой насосом

→ Расход остается постоянным на всех работающих испарителях, независимо от условий нагрузки

→ Первичные насосы работают с постоянной скоростью вращения двигателя. Вторичный контур работает с помощью насосов с ЧРП, соединенными с третичными контурами, среда на которые подается с переменным расходом со вторичного контура

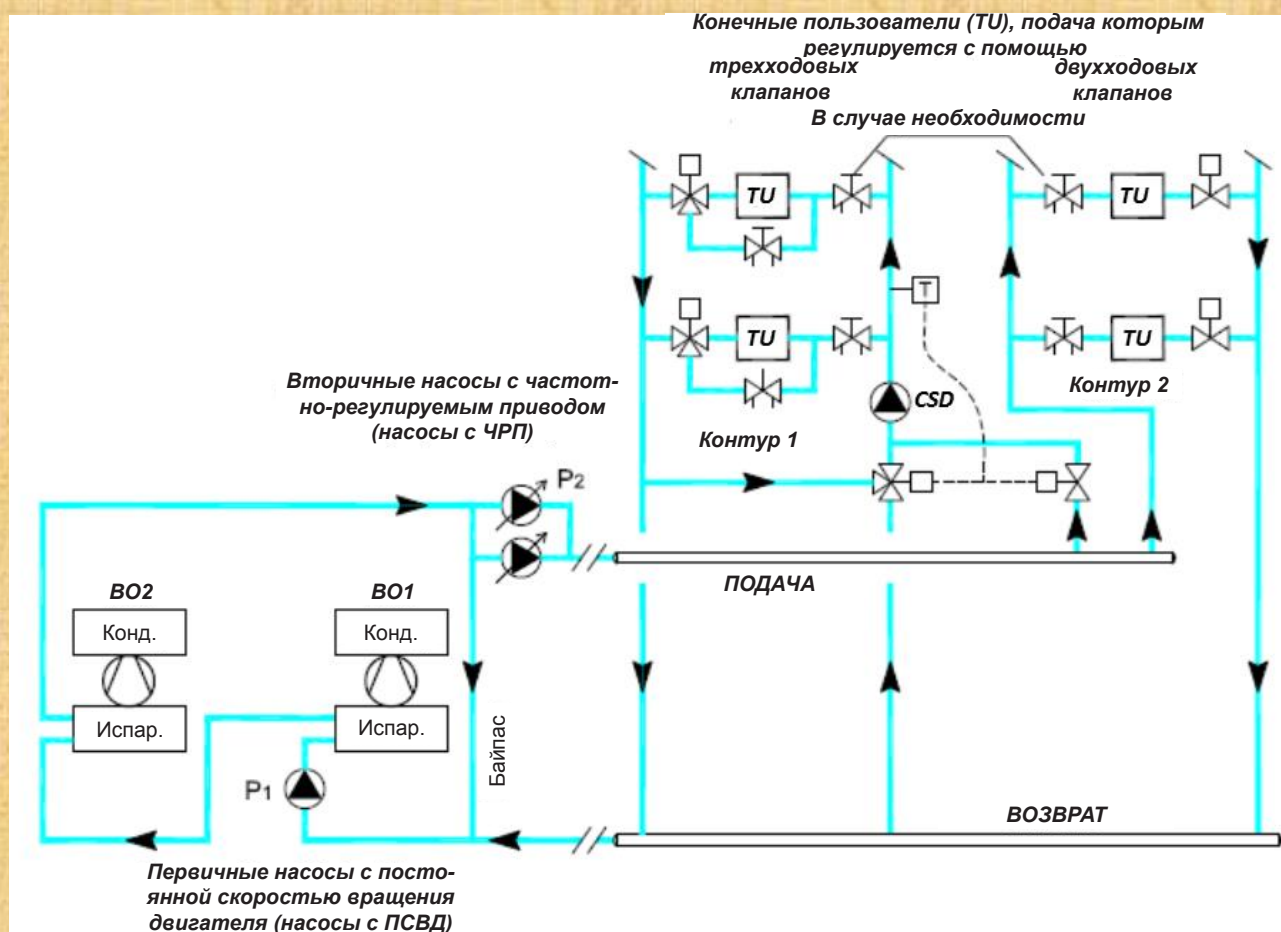
→ Чиллеры BO1 и BO2 работают под частичной нагрузкой последовательно, с разными температурами на выходе

→ Первичный расход всегда должен превышать вторичный расход. Эта компоновка является подходящей в случае, когда вторичный контур работает при большом значении ΔT (не менее 9°C); экономия энергии повышается. Контур 2 является иллюстрацией того, как следует подключить третичную цепь с температурой подачи среды, превышающей температуру локального вторичного контура возврата (например, контура фанкойлов с осушением, производимым первичным воздухом). Такой тип соединения увеличивает разность температур ΔT (возврат минус подача среды) вторичной цепи.

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ

ЧИЛЛЕРЫ, СОЕДИНЕННЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО

ПЕРВИЧНЫЕ И ТРЕТИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПСВД - ВТОРИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП



ЧИЛЛЕРЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПРИ РЕГУЛИРУЕМОМ РАСХОДЕ В ИСПАРИТЕЛЯХ
*Распределение при регулируемом расходе как в первичных, так и в вторичных контурах
Двухфункциональные насосы с ЧРП, последовательно обслуживающие первичный и вторичный контуры*



34



ОГРАНИЧЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ РАСХОДЕ ИСПАРИТЕЛЯ

- ✓ До 30% номинального расхода в случае пластинчатого теплообменника
- ✓ До 35% номинального расхода в случае кожухотрубчатого теплообменника с U-образными трубками
- ✓ До 50% номинального расхода в случае кожухотрубчатого теплообменника противоточного типа

ОГРАНИЧЕНИЯ В ИЗМЕНЕНИИ РАСХОДА ИСПАРИТЕЛЯ

- ✓ Максимальная скорость изменения расхода оставляет 10 %/мин

→ Расход изменяется в испарителях всех чиллеров, работающих в условиях частичной нагрузки

→ Только первичные насосы с ЧРП

→ Можно отключить некоторые холодильники и соответствующие насосы в условиях частичной нагрузки

→ Байпас должен только обеспечивать минимальный расход, необходимый последнему включенному чиллеру в условиях предельной частичной нагрузки

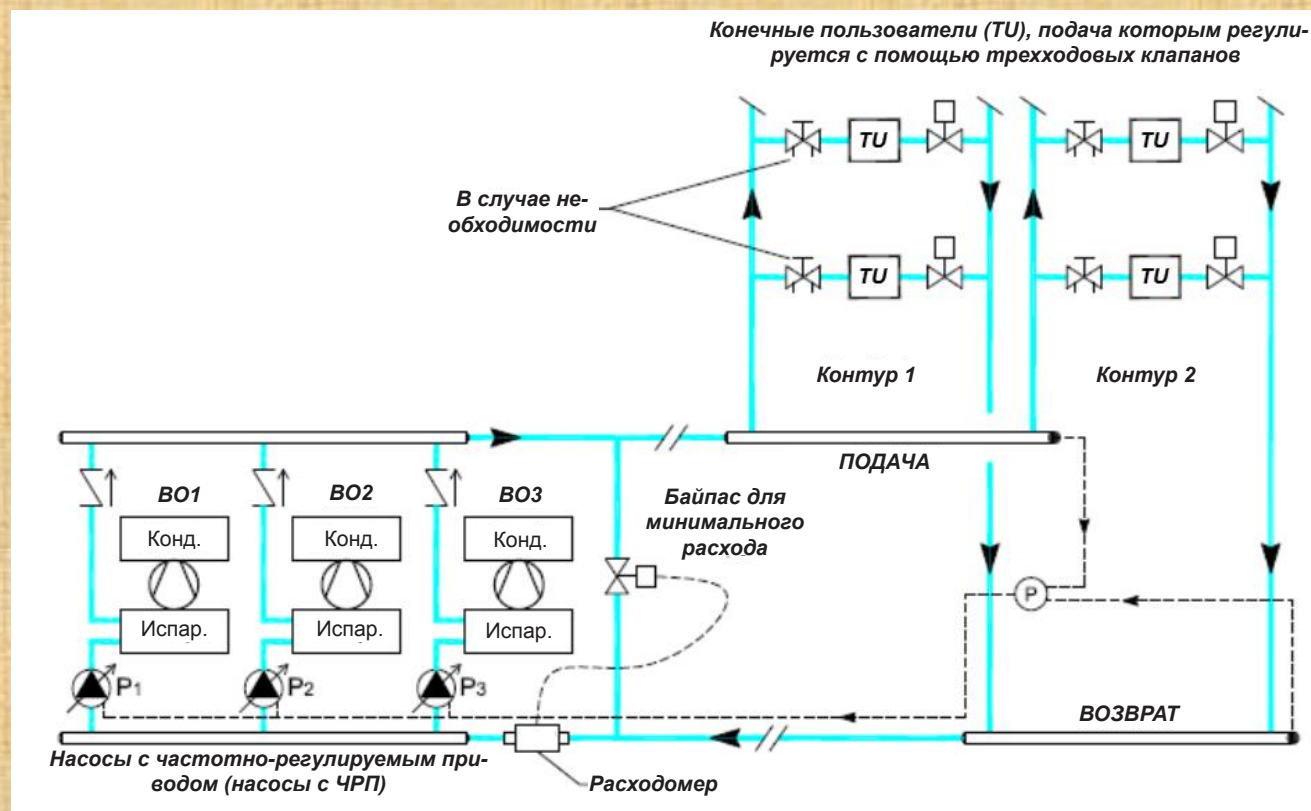
ПРЕИМУЩЕСТВА

- Низкие первоначальные затраты
- Требуется меньше места в машинном отделении
- Сокращение ежегодных затрат на энергию, потребляемую насосами

НЕДОСТАТКИ

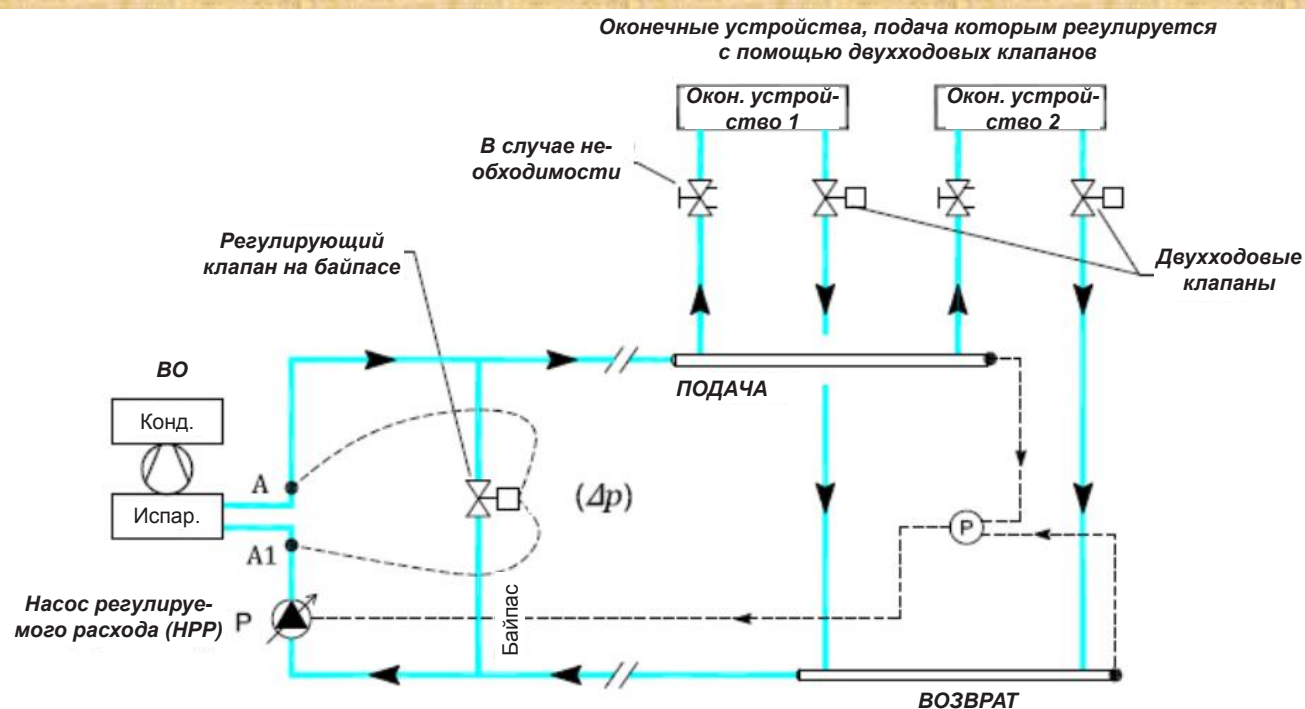
- Применимо только с чиллерами соответствующего типа
- Сложность внедрения процедуры для включения и выключения, а также работы в условиях частичной нагрузки чиллеров других типов

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННЫХ ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ КОНТУРАХ, СОЕДИНЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ТОЛЬКО ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ЧРП



СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННЫХ ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ КОНТУРАХ, СОЕДИНЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ТОЛЬКО ОДИН ЧИЛЛЕР, РАБОТАЮЩИЙ С ПОМОЩЬЮ НАСОСА С ЧРП

- Расход изменяется в испарителе, чиллера, работающего в условиях частичной нагрузки
- Только первичный насос с ЧРП
- Датчик дифференциального давления P поддерживает постоянный напор между удаленными соответствующими точками вторичного контура распределения
- Байпас должен только обеспечивать минимальный расход, необходимый чиллеру в условиях предельной частичной нагрузки; он приводится в действие путем распознавания потерь давления в испарителе (как показано на рисунке) или, что более удобно, путем измерения расхода с помощью расходомера

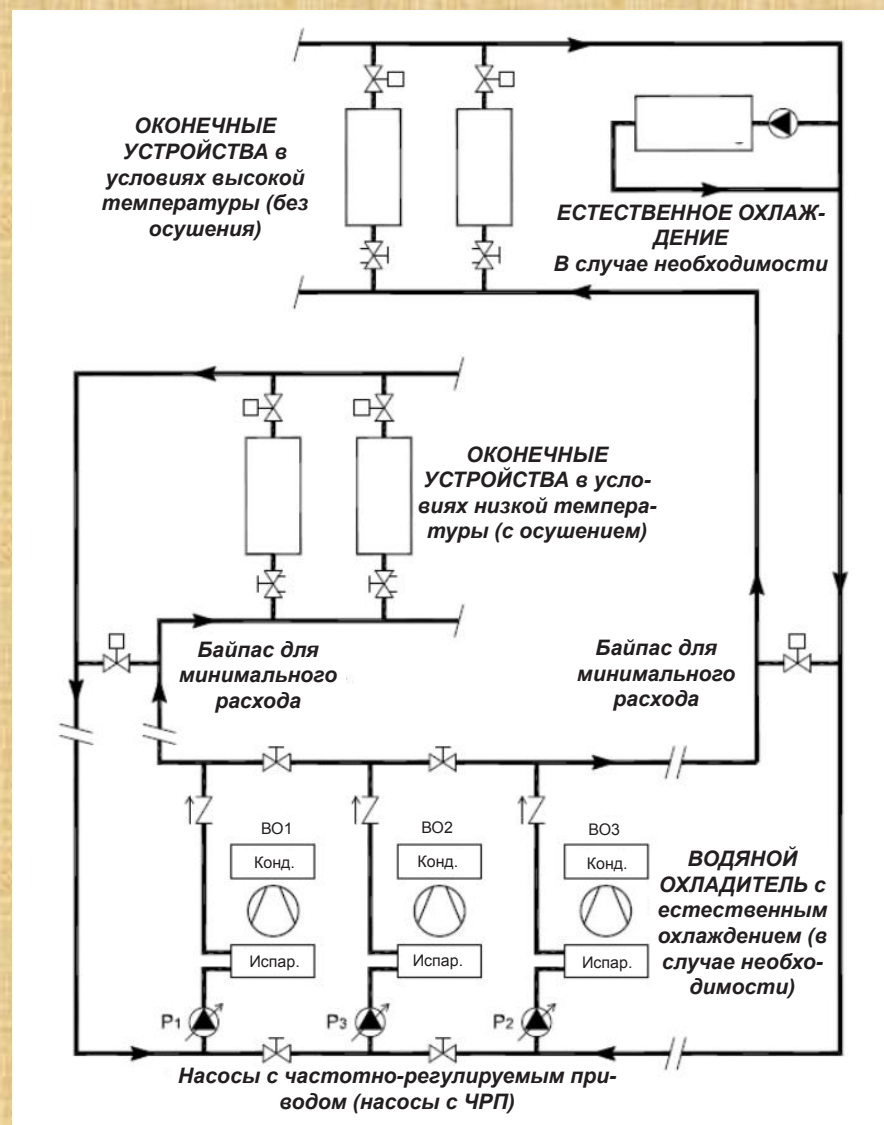


СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННЫХ ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ КОНТУРАХ, СОЕДИНЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ДВА ВТОРИЧНЫХ КОНТУРА В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОХЛАЖДЕННОЙ ВОДЫ

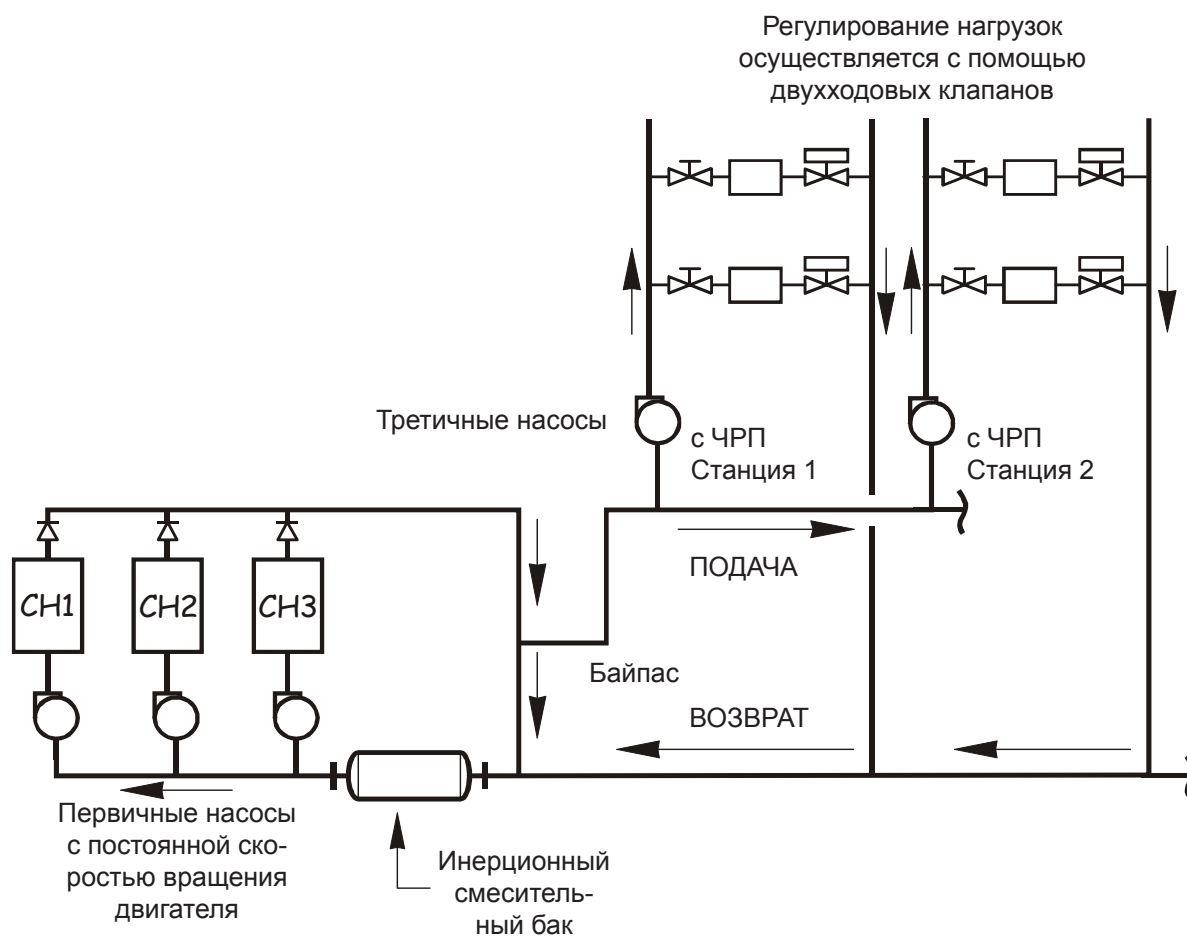
- Расход изменяется в испарителях всех чиллеров, работающих в условиях частичной нагрузки
- Только первичные насосы с ЧРП
- Байпас в обоих вторичных контурах должен обеспечивать минимальный расход, необходимый включенному чиллеру в условиях предельной частичной нагрузки
- Общий резервный чиллер WCS

Вторичный контур, обеспечивающий подачу охлажденной воды высокой температуры (например, при 16 °C), питает оконечные устройства, работающие без осушения (например, фанкойлы, охлаждающие балки, охлаждаемые полы или потолки в установках с первичным воздухом)

Вторичный контур, обеспечивающий подачу охлажденной воды низкой температуры (например, при 8 °C), питает оконечные устройства, работающие с осушением (а именно, кондиционеры из оребренных труб в агрегатах для обработки воздуха)



**СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ
ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ / ТРЕТИЧНЫЕ
НАСОСЫ С ЧРП**



- На диаграмме показано оптимальное расположение инерционного бака (при необходимости): на патрубке возврата первичного контура. Этот бак должен быть баком смешительного типа.
- Такое же расположение подходит для всех других компоновок, показанных выше.

**СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ
ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ / ТРЕТИЧНЫЕ
НАСОСЫ С ЧРП**

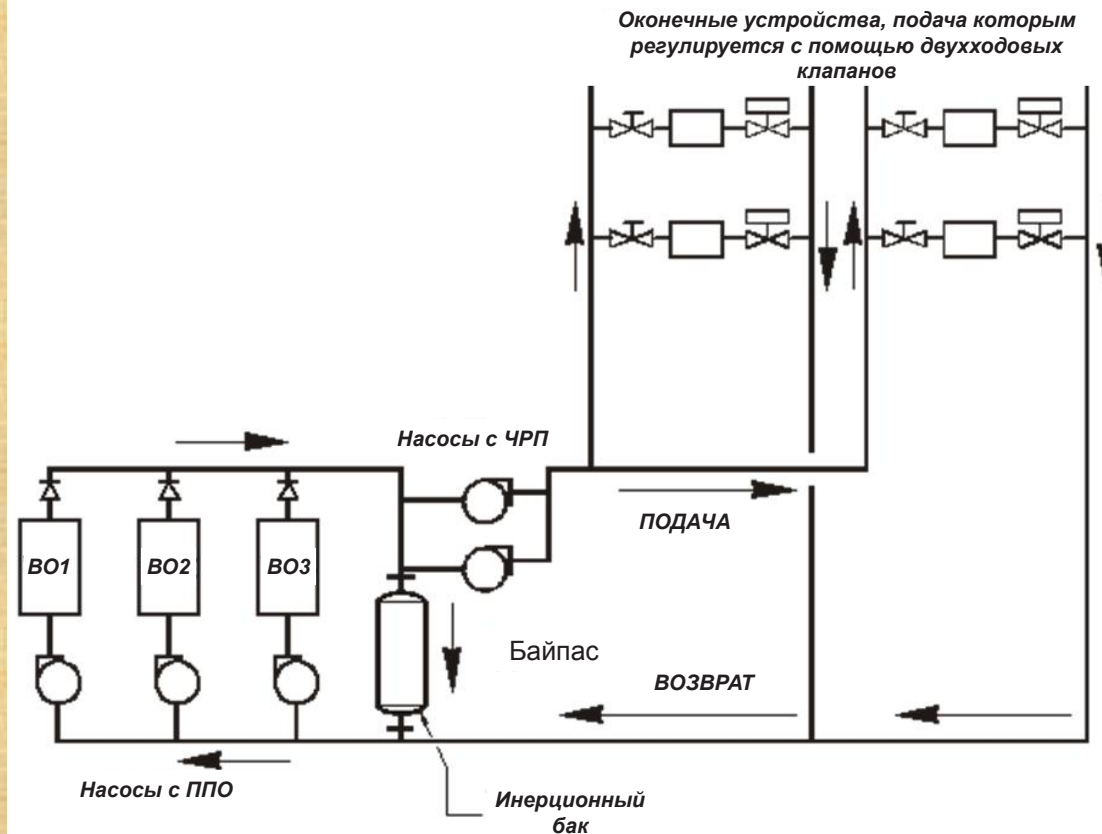


НЕПРАВИЛЬНО



- Использование бака для разъединения потока между первичным и вторичным контуром: подобную практику **абсолютно** необходимо избегать, так как неизбежное смешивание воды в баке не позволяет осуществлять контроль температуры подаваемой воды.

**СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ В РАЗВЯЗАННОМ ВТОРИЧНОМ КОНТУРЕ
ПЕРВИЧНЫЕ НАСОСЫ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ / ВТОРИЧНЫЕ
НАСОСЫ С ЧРП**

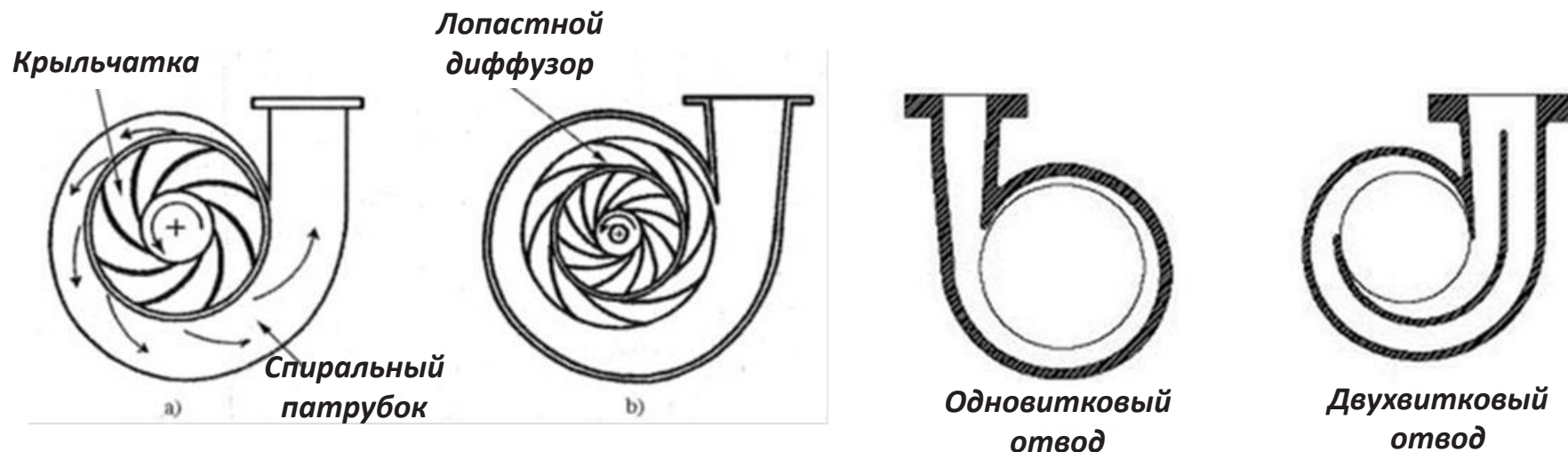


- Бак может устанавливаться также на патрубке байпаса, как показано на это рисунке

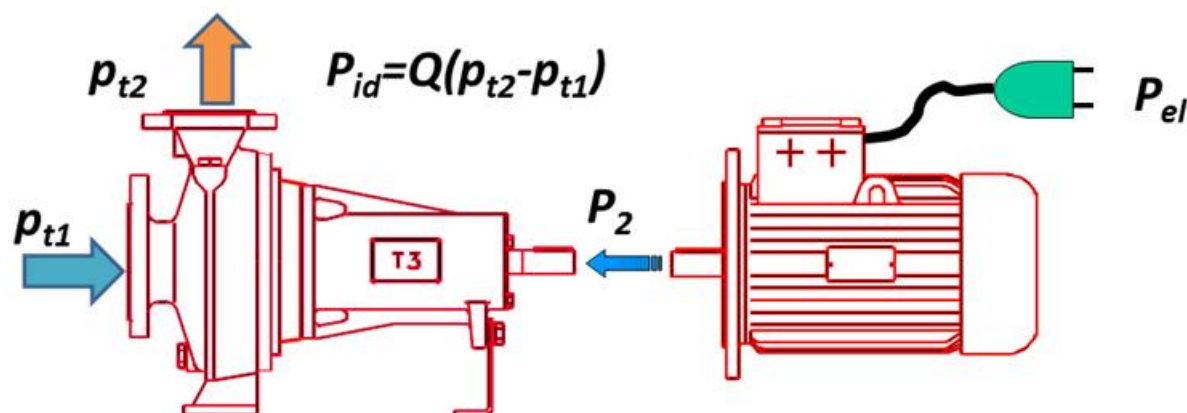
**ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ЧАСТОТНО-
РЕГУЛИРУЕМЫМ ПРИВОДОМ (ЧРП)**



НАСОСЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОВКВ
ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ С РАДИАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЦИЛИНДРОВ

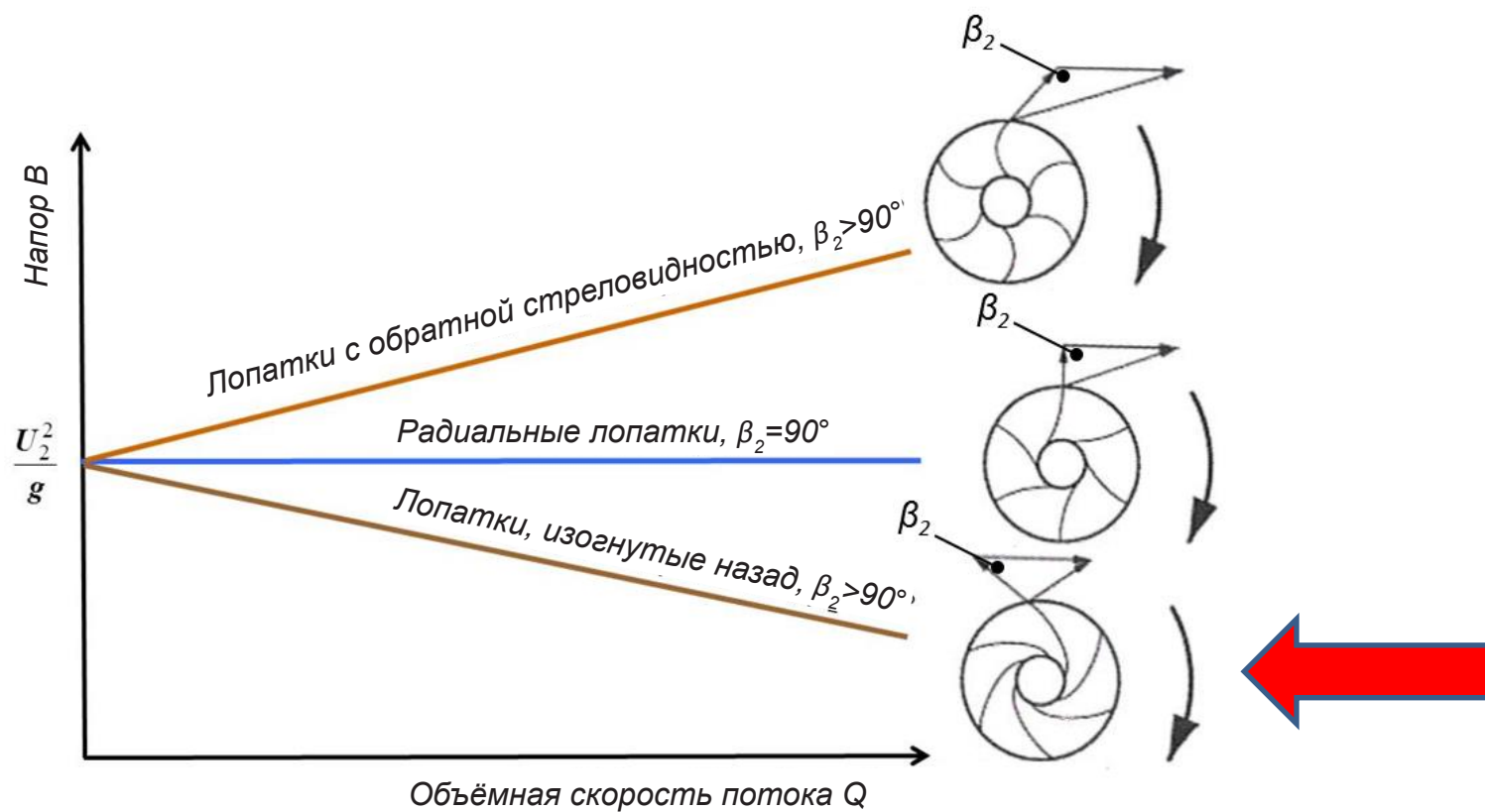


$$\text{КПД } \eta = P_{id} / P_2 \text{ or } = P_{id} / P_{el}$$



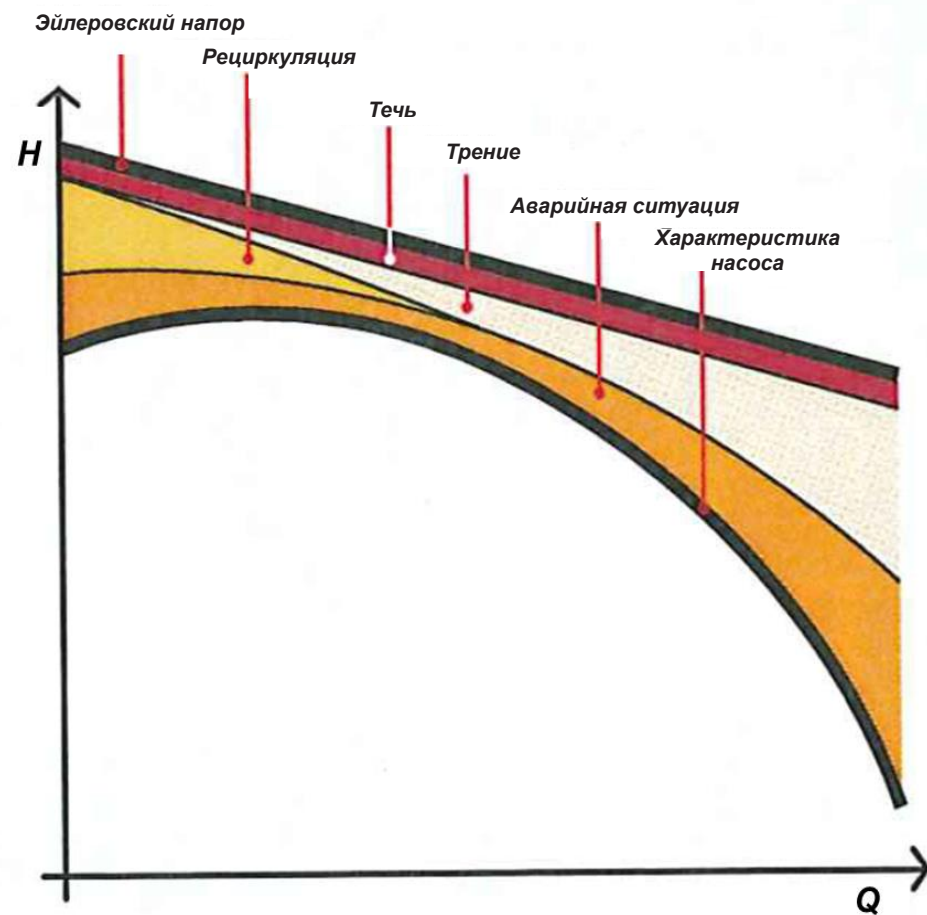
Q : объёмная скорость потока
 p_t : общее давление жидкости
 P_{id} : идеальный расход энергии на привод насоса
 P_{id} : идеальный расход энергии на вал насоса
 P_{el} : мощность на электрическом входе

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ (ИДЕАЛЬНЫЙ ЭЙЛЕРОВСКИЙ) ГРАФИК РАБОЧЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА



Центробежные насосы систем ОВКВ имеют обычно лопатки, изогнутые назад под углом $15^\circ < \beta_2 < 40^\circ$, а также крыльчатку с 6-8 лопатками

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ НАСОСЕ



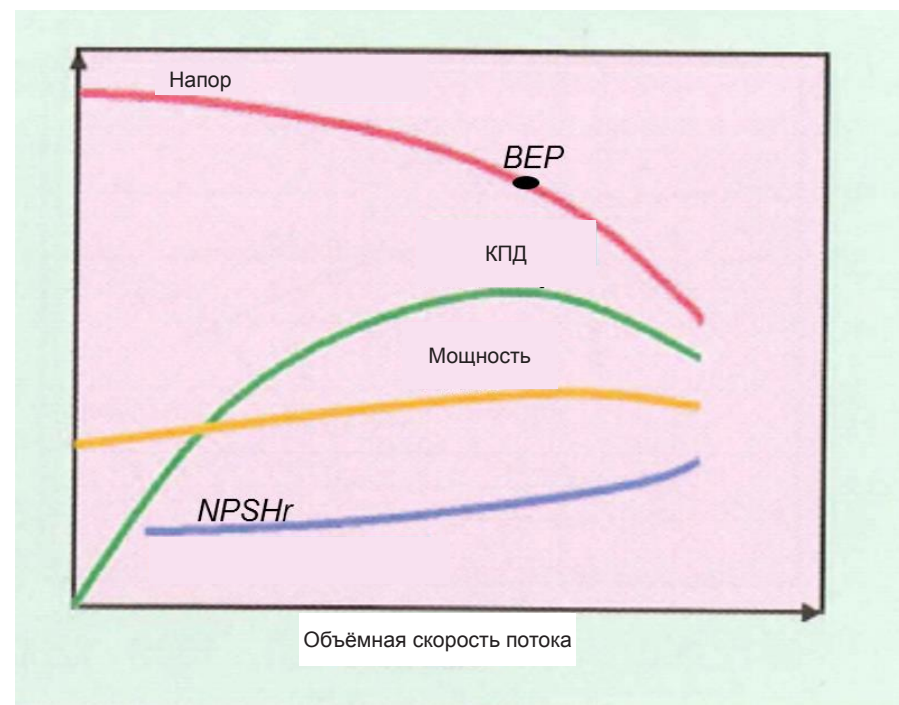
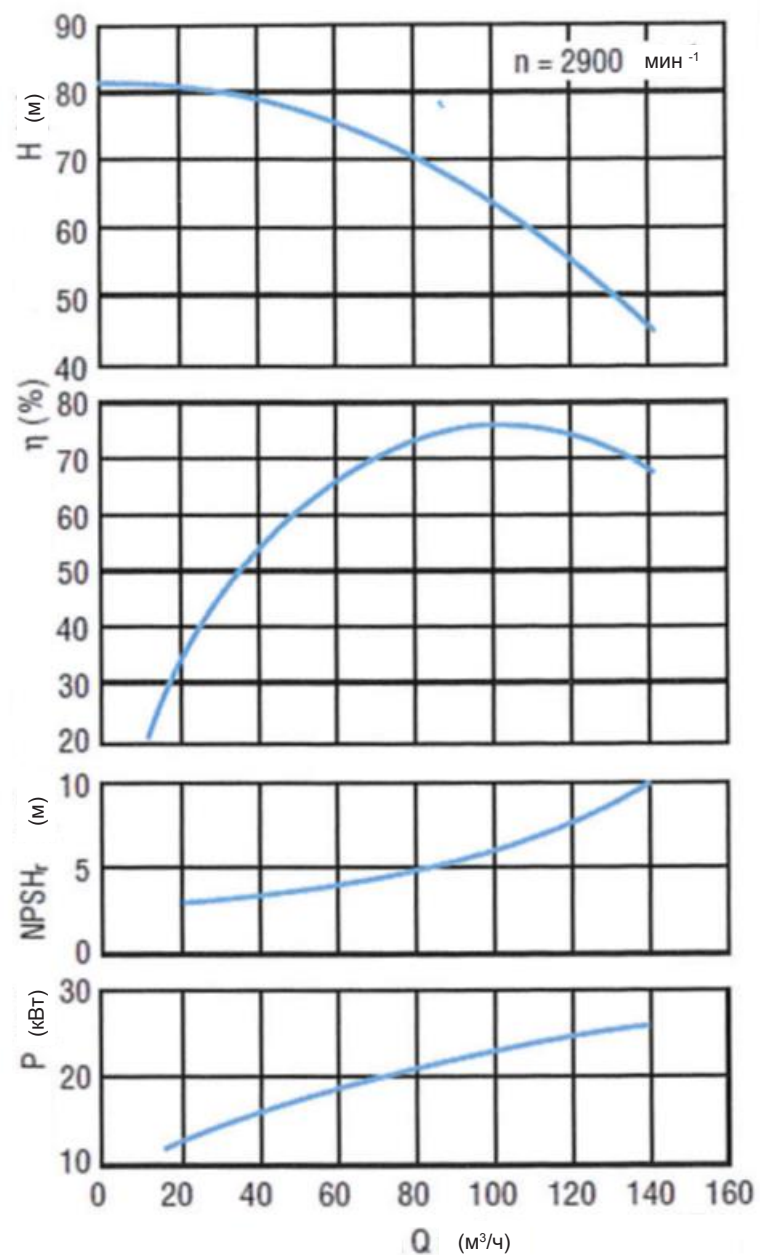


ТАБЛИЦА ВЫБОРА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

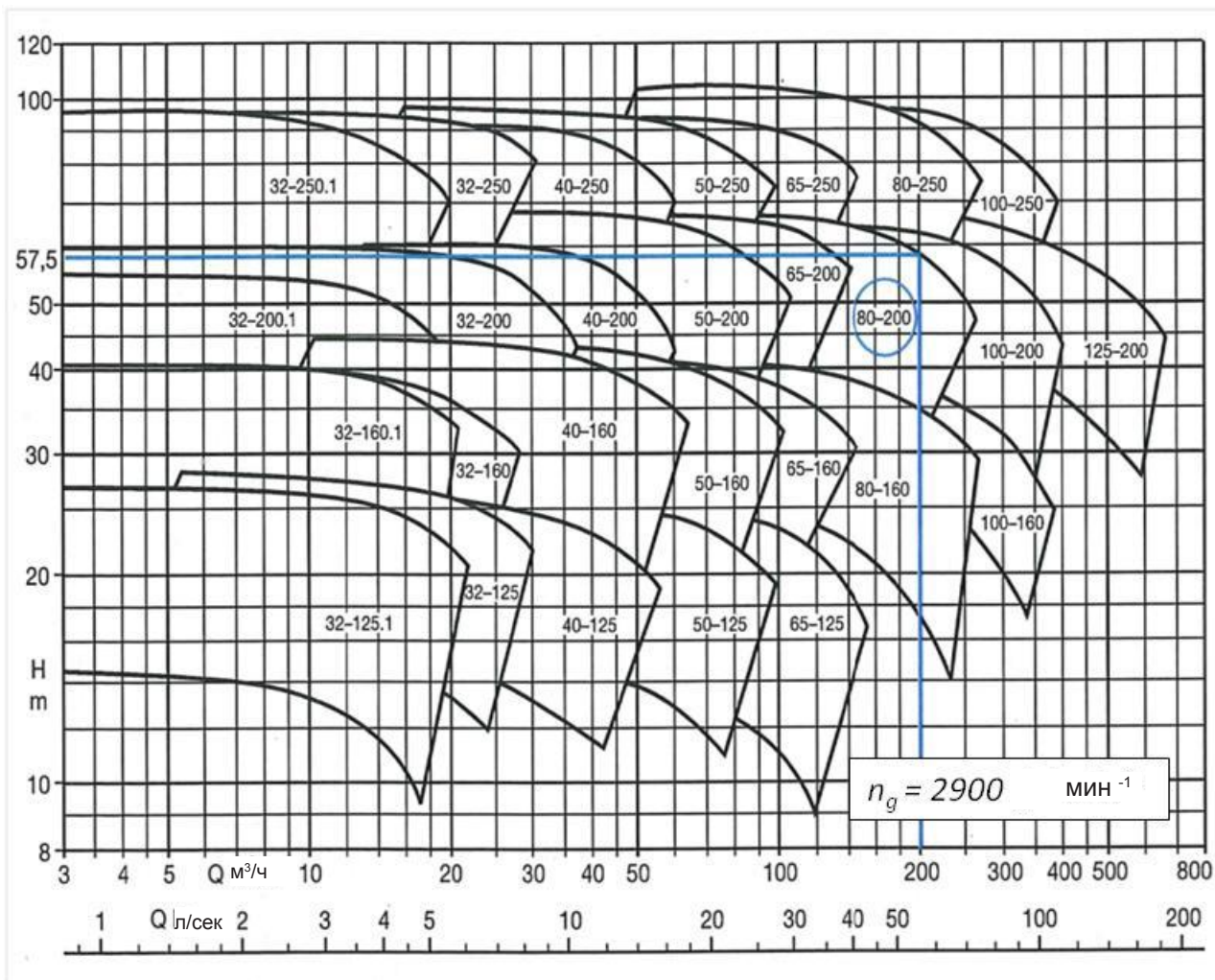
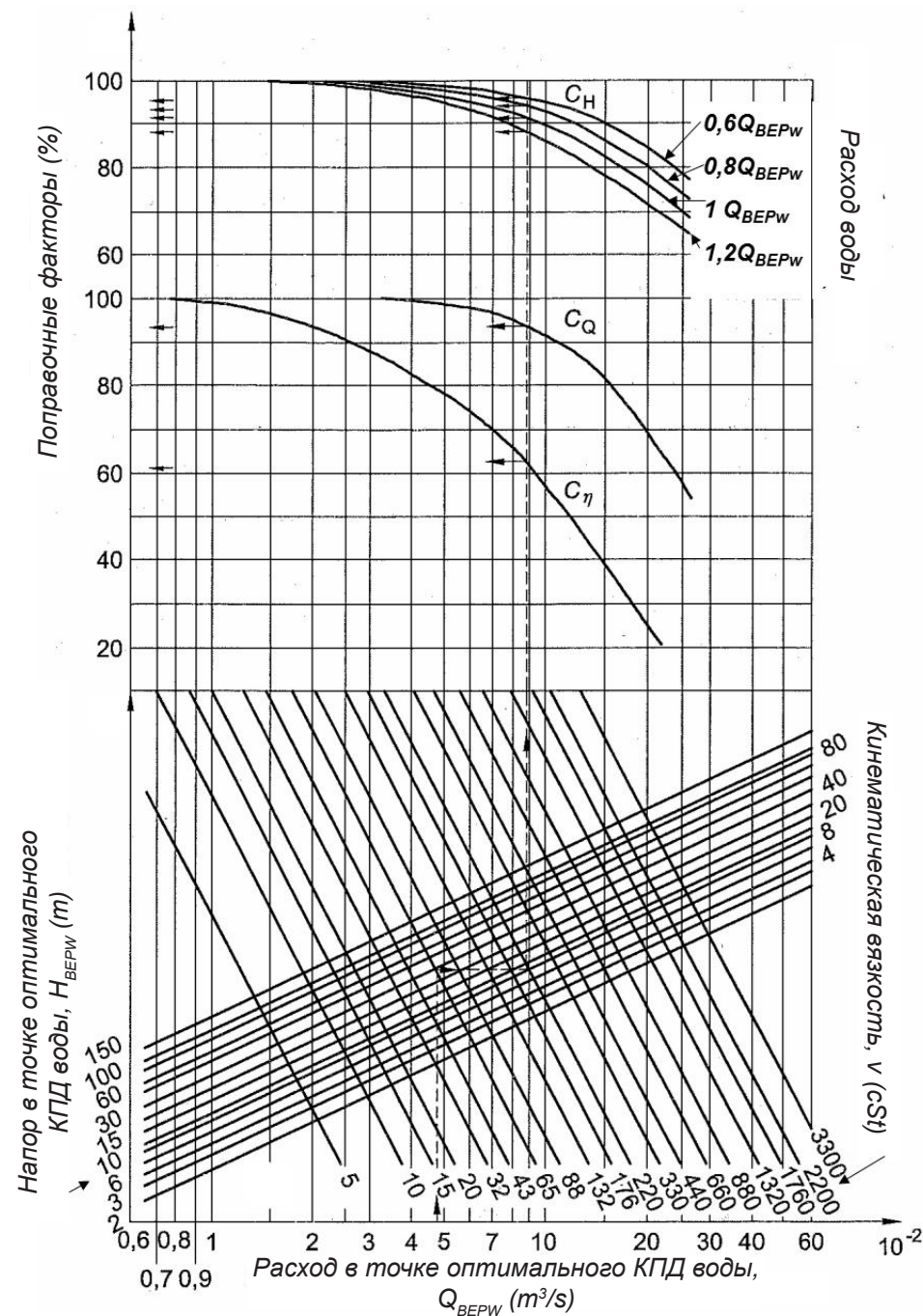
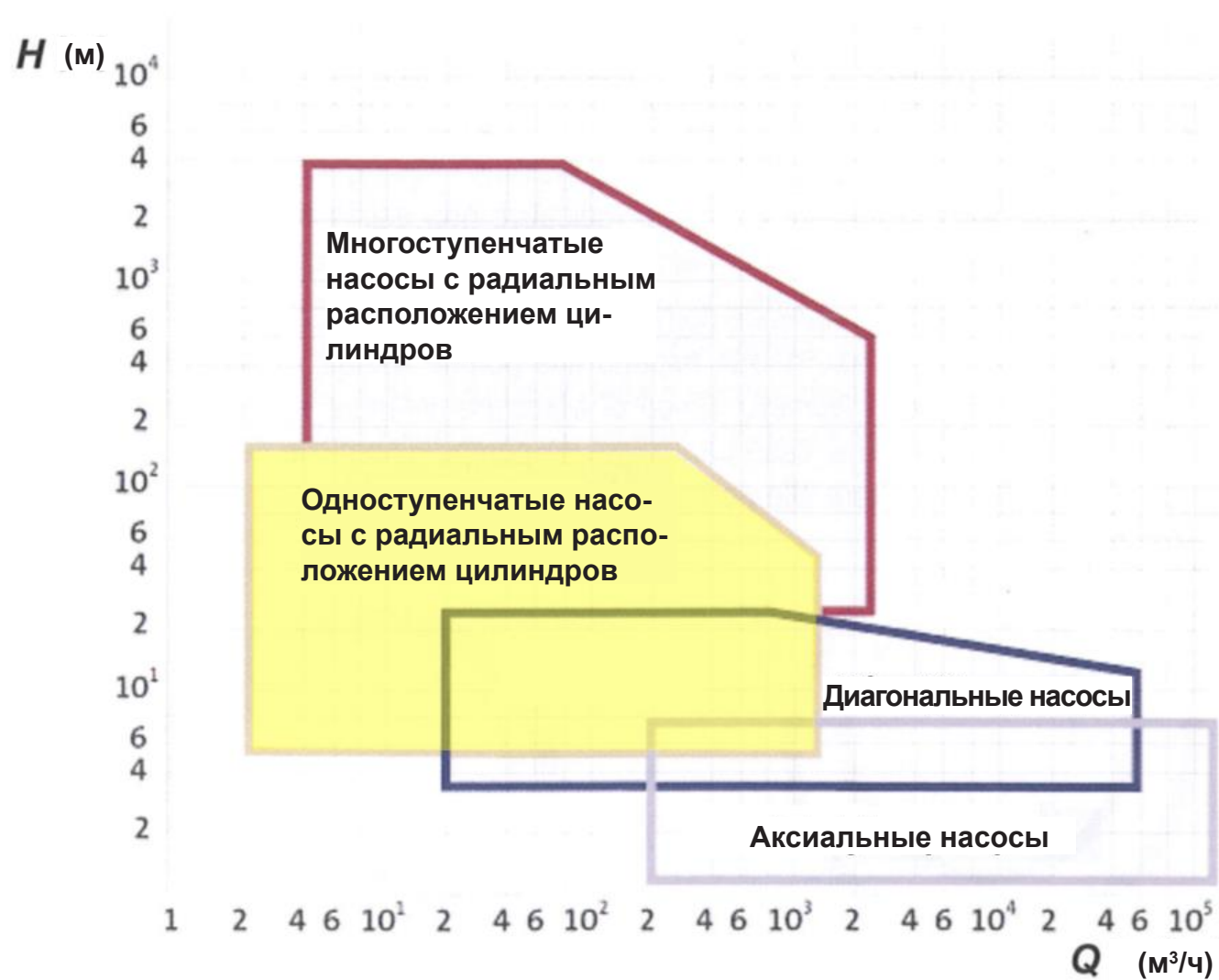
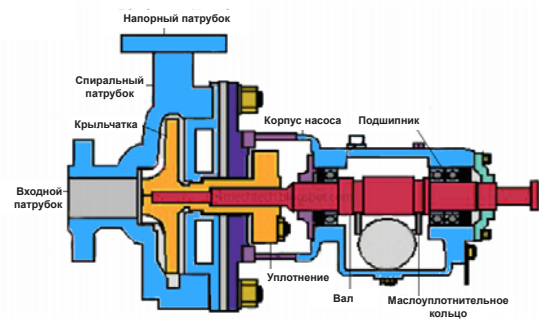


График расчета поправочных коэффициентов для объемного расхода C_Q , напора насоса C_H и эффективности C_η центробежного насоса в случае, если перекачиваемая жидкость имеет кинематическую вязкость ν , отличную от вязкости воды при температуре 20°C [$\nu = 1 \text{ cSt} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$]. В практике использования систем ОВКВ, в случае, если перекачивается вода, имеющая температуру от 5°C до 100°C , поправочные коэффициенты могут обычно не учитываться. Они должны учитываться при перекачивании соляных растворов (а именно, водно-гликолевых смесей).

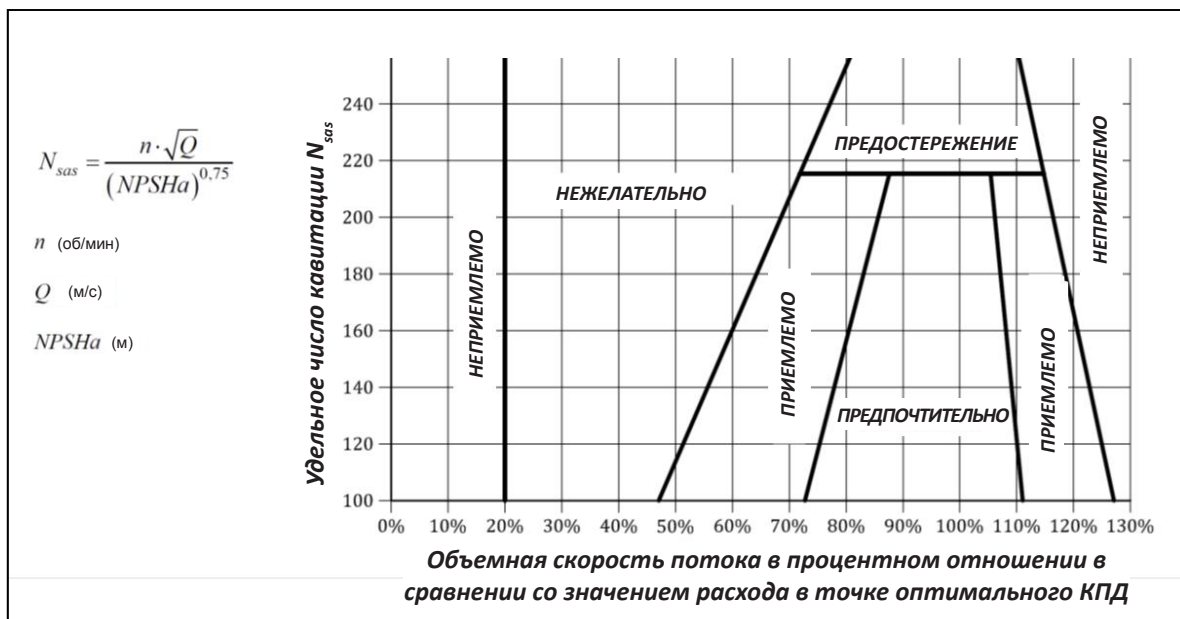


ДИАПАЗОН ПАРАМЕТРОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАСОСОВ

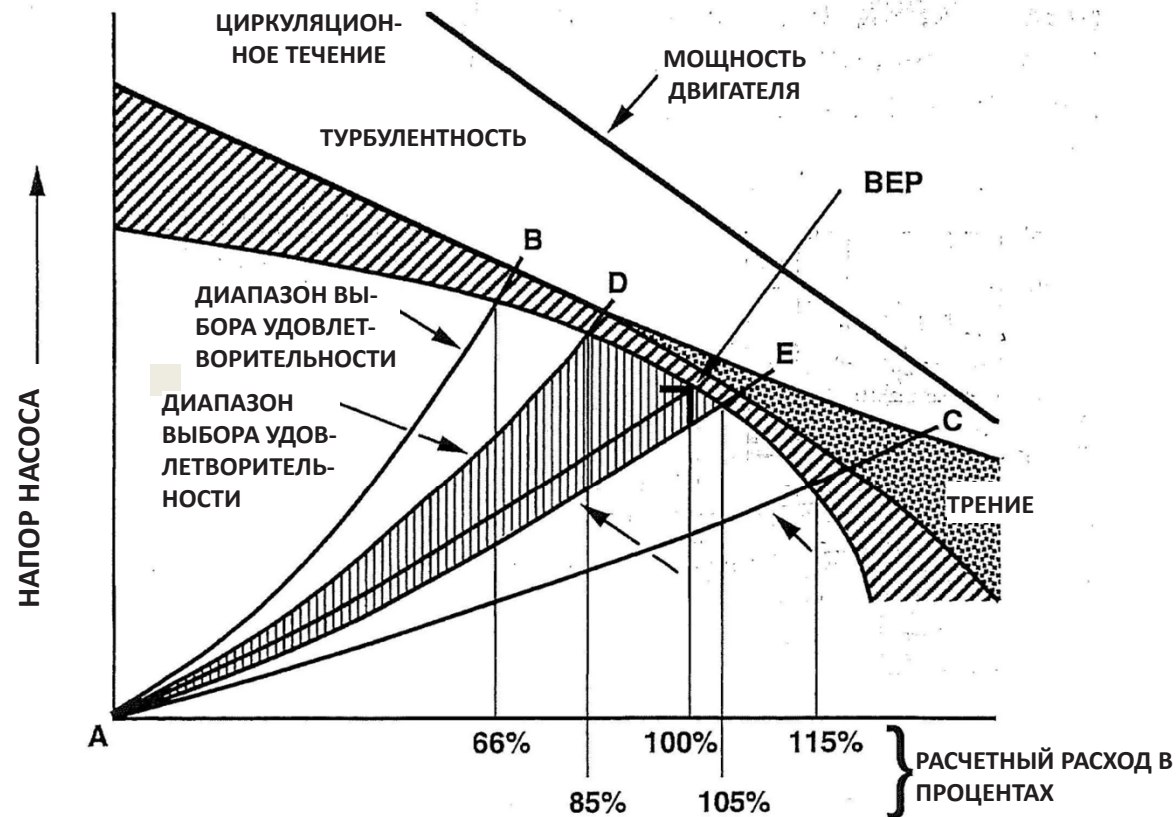




Схемы относятся к насосам с одно-витковым отводом



ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ



**Оптимальные рабочие условия для центробежных насосов
(справочники Американского общества инженеров отопления,
охлаждения и воздушного кондиционирования (ASHRAE))**

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

ЗАКОН ПОДОБИЯ

H : высота подачи

Q : объёмная скорость потока

P : расход энергии, употребляемой насосом

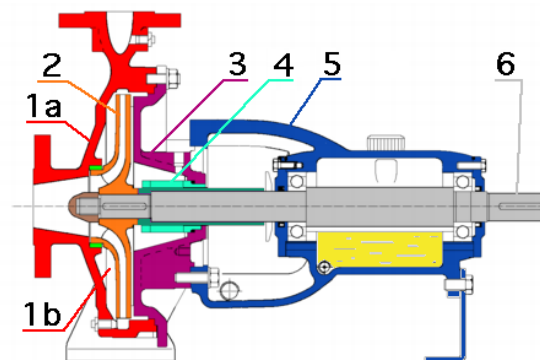
N : число оборотов

D : диаметр крыльчатки

Объёмный расход изменяется пропорционально числу оборотов периферийной крыльчатки

Напор изменяется в зависимости от квадрата числа оборотов периферийной крыльчатки

Расход энергии, употребляемой насосом, изменяется в зависимости от куба числа оборотов периферийной крыльчатки



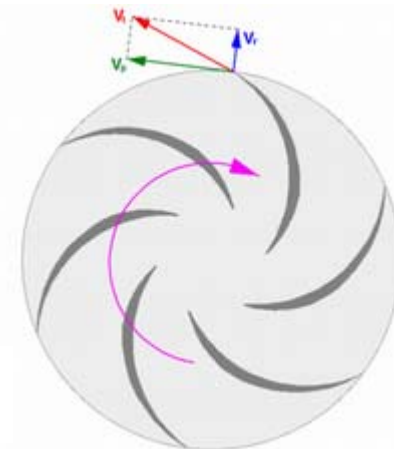
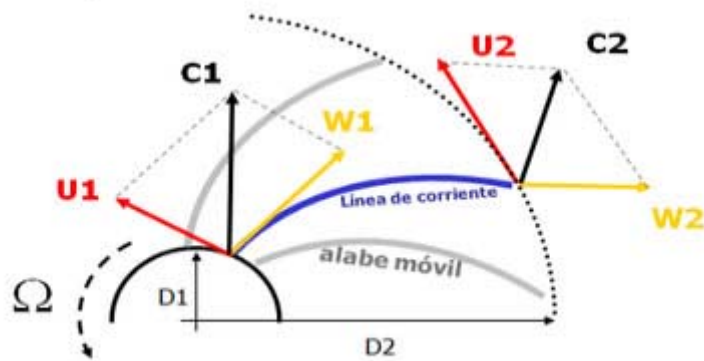
ЗАКОНЫ ПОДОБИЯ В ОТНОШЕНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

	<i>Изменение числа оборотов</i>	<i>Изменение диаметра крыльчатки</i>
<i>Расход</i>	$Q_2 = Q_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$	$Q_2 = Q_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)$
<i>Напор</i>	$H_2 = H_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$	$H_2 = H_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$
<i>Мощность</i>	$P_2 = P_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3$	$P_2 = P_1 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$

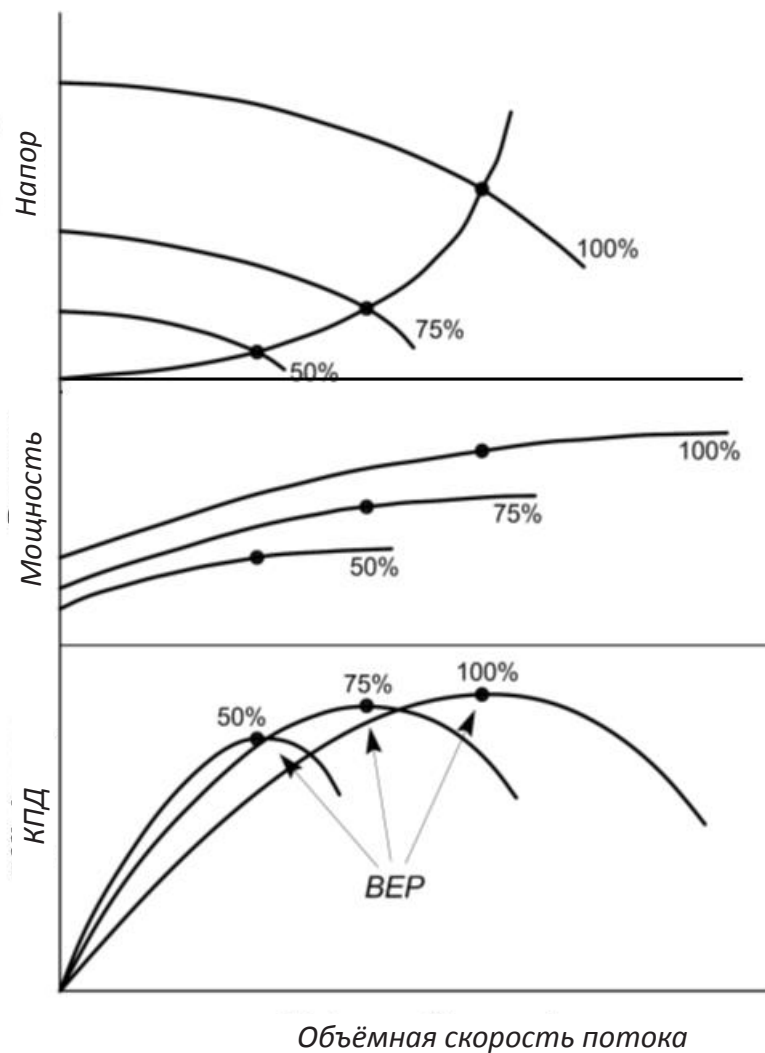


ЗАКОНЫ ПОДОБИЯ В ОТНОШЕНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

- С изменением частоты оборотов при постоянном диаметре крыльчатки КПД примерно остается тем же самым, но значения Q , H и P изменяются в соответствии с законами подобия.
- С изменением диаметра крыльчатки при постоянном числе оборотов, значения Q , H и P изменяются в соответствии с законами подобия; КПД насоса изменяется (изменяется зазор между крыльчаткой и спиральным патрубком).

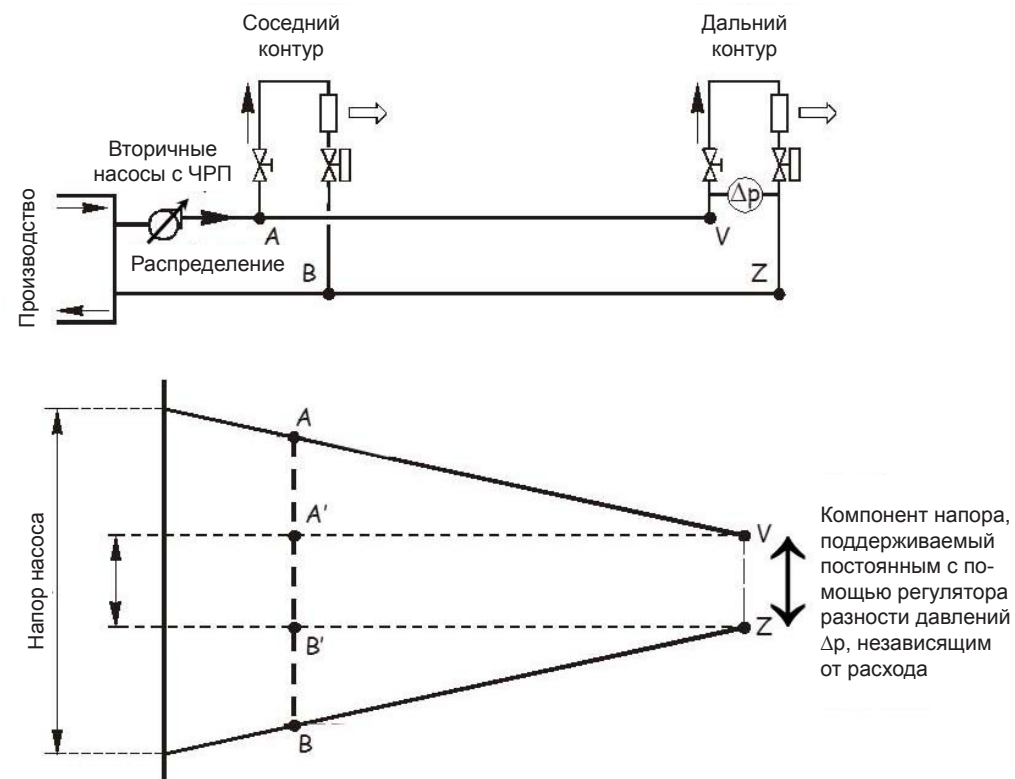


ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ РАБОТАЮТ С РАЗЛИЧНЫМИ ЧИСЛАМИ ОБОРОТОВ



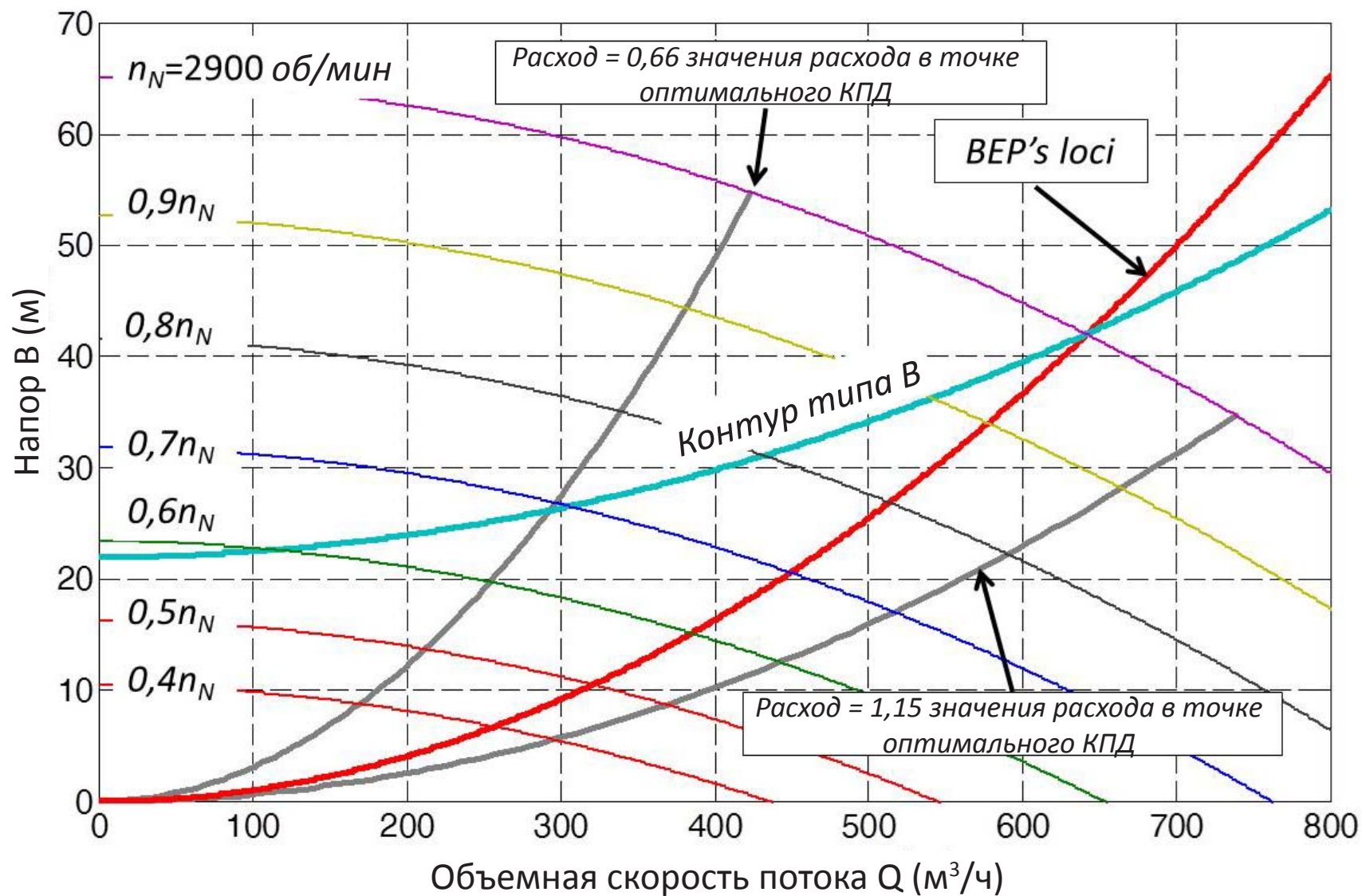
С изменением частоты оборотов при постоянном диаметре крыльчатки КПД примерно остается приблизительно тем же самым, но значения Q , H и P изменяются в соответствии с законами подобия.

ХАРАКТЕРИСТИКА <НЕОБХОДИМЫЙ НАПОР В СРАВНЕНИИ С РАСХОДОМ> ГРАФИК РЕГУЛИРУЕМЫХ КОНТУРОВ РАСХОДА В СИСТЕМАХ ОВКВ



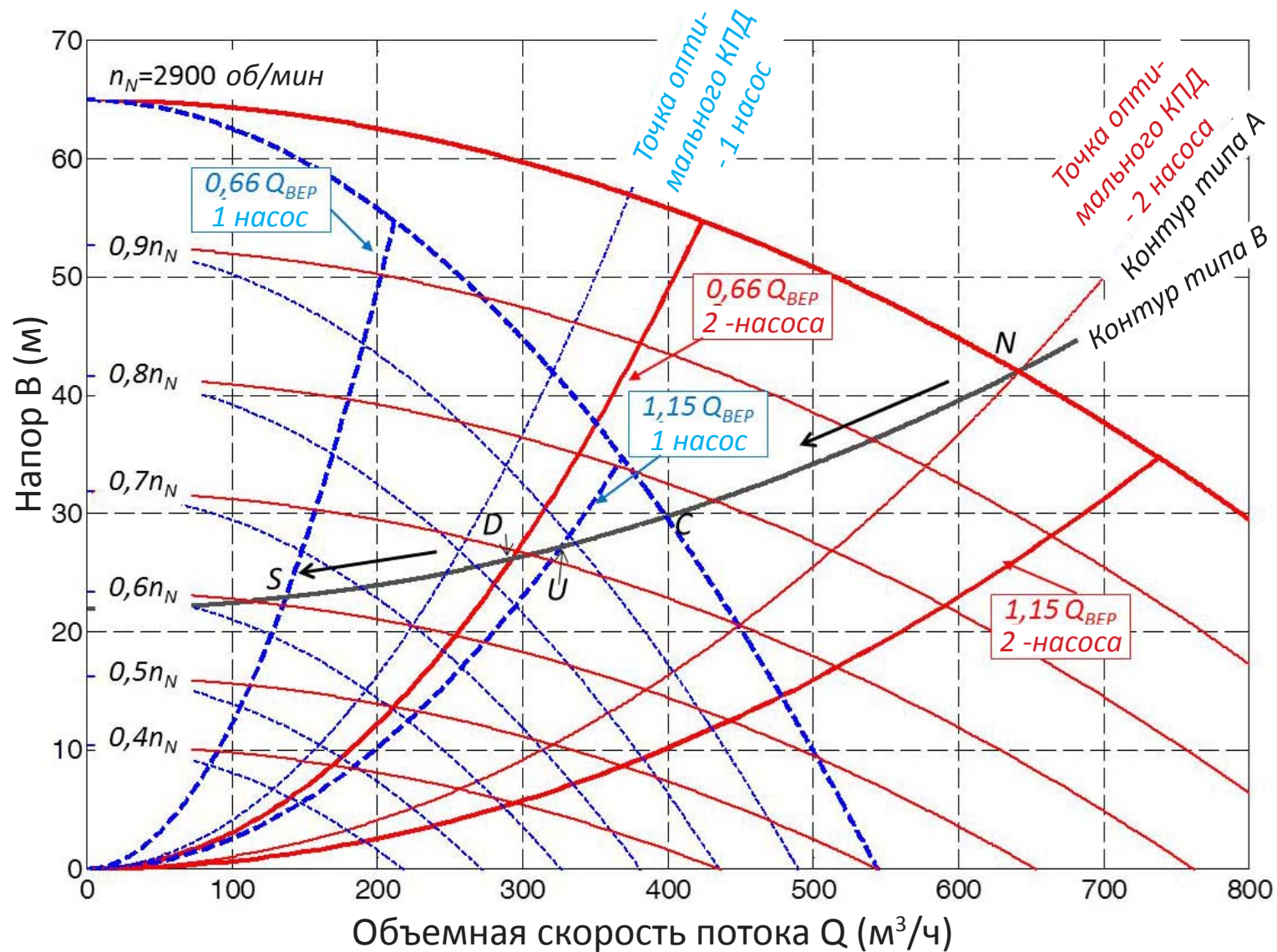
На рисунке показана причина, по которой характеристическая кривая довольно часто относится к типу с фиксированным компонентом напора, независимо от расхода (называемая в настоящей презентации «контуром типа В»). Следует отметить, что рассмотрение единой кривой контура (взаимно однозначное соответствие между расходом и напором) является только грубым, но вместе с тем полезным приближением для того, чтобы сделать важные выводы.

ПЕРЕКАЧИВАНИЕ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РАСХОДОМ



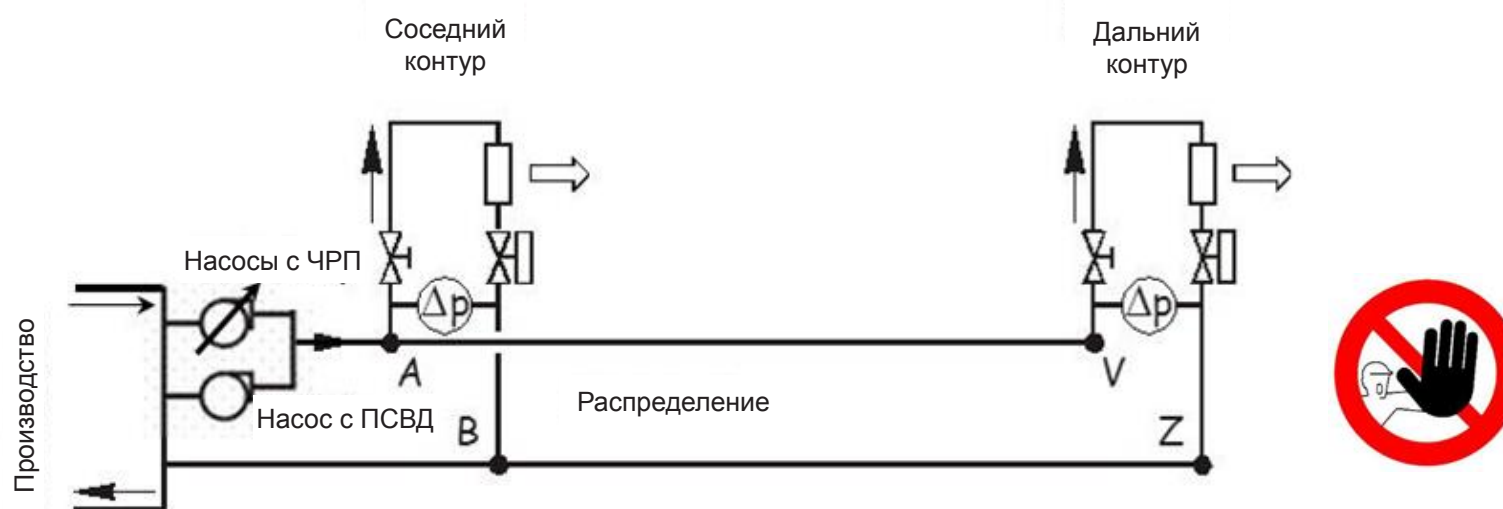
Изменение расхода в жидкостном контуре, питаемом одним центробежным насосом с ЧРП.

ПЕРЕКАЧИВАНИЕ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РАСХОДОМ



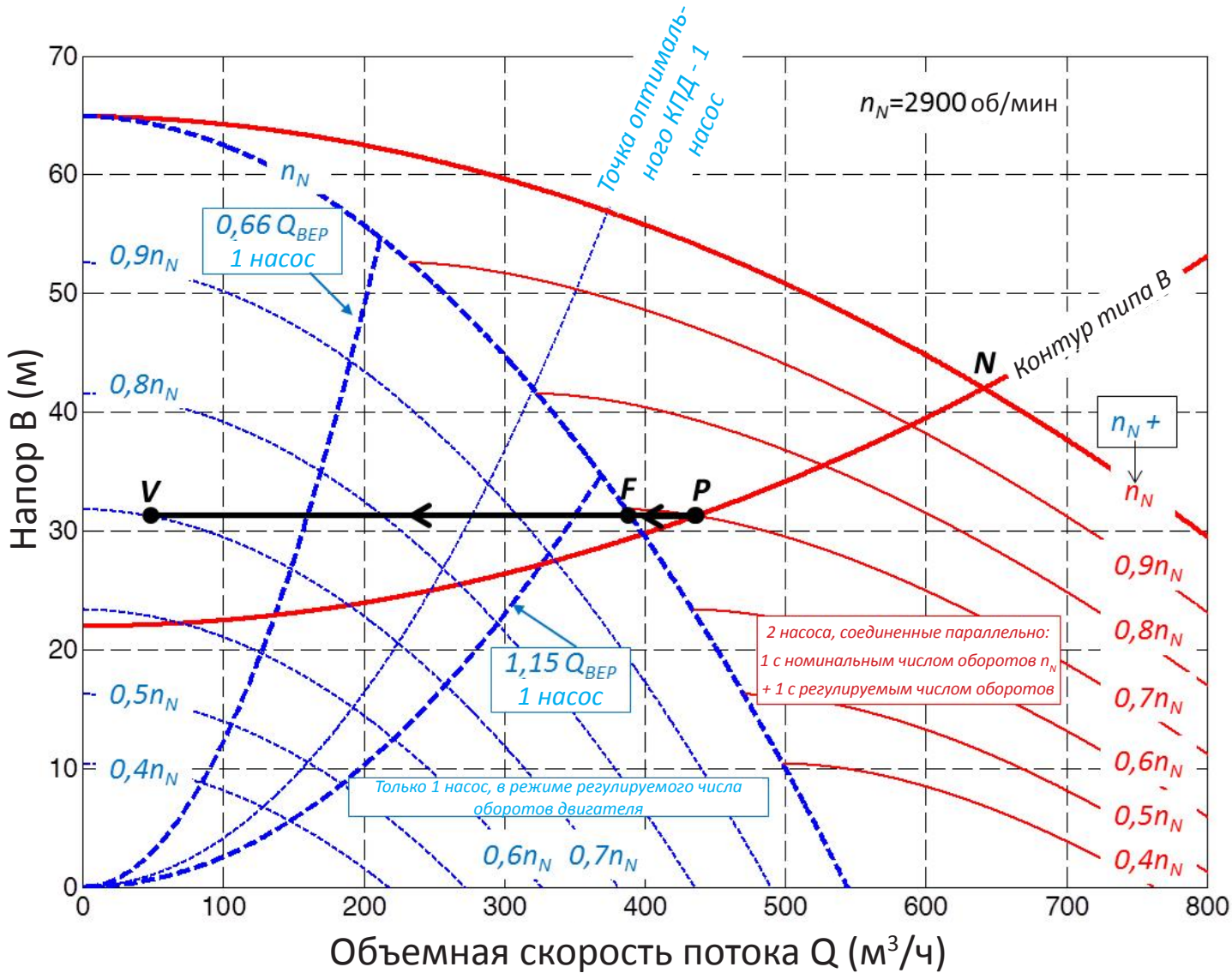
Изменение расхода в жидкостном контуре, питаемом двумя одинаковыми центробежными насосами с ЧРП.

ВТОРИЧНЫЙ КОНТУР РЕГУЛИРУЕМОГО РАСХОДА, ПИТАЕМЫЙ ДВУМЯ ОДИНАКОВЫМИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ, РАБОТАЮЩИМИ ПАРАЛЛЕЛЬНО: ОДИН НАСОС С ПСВД + ОДИН НАСОС С ЧРП



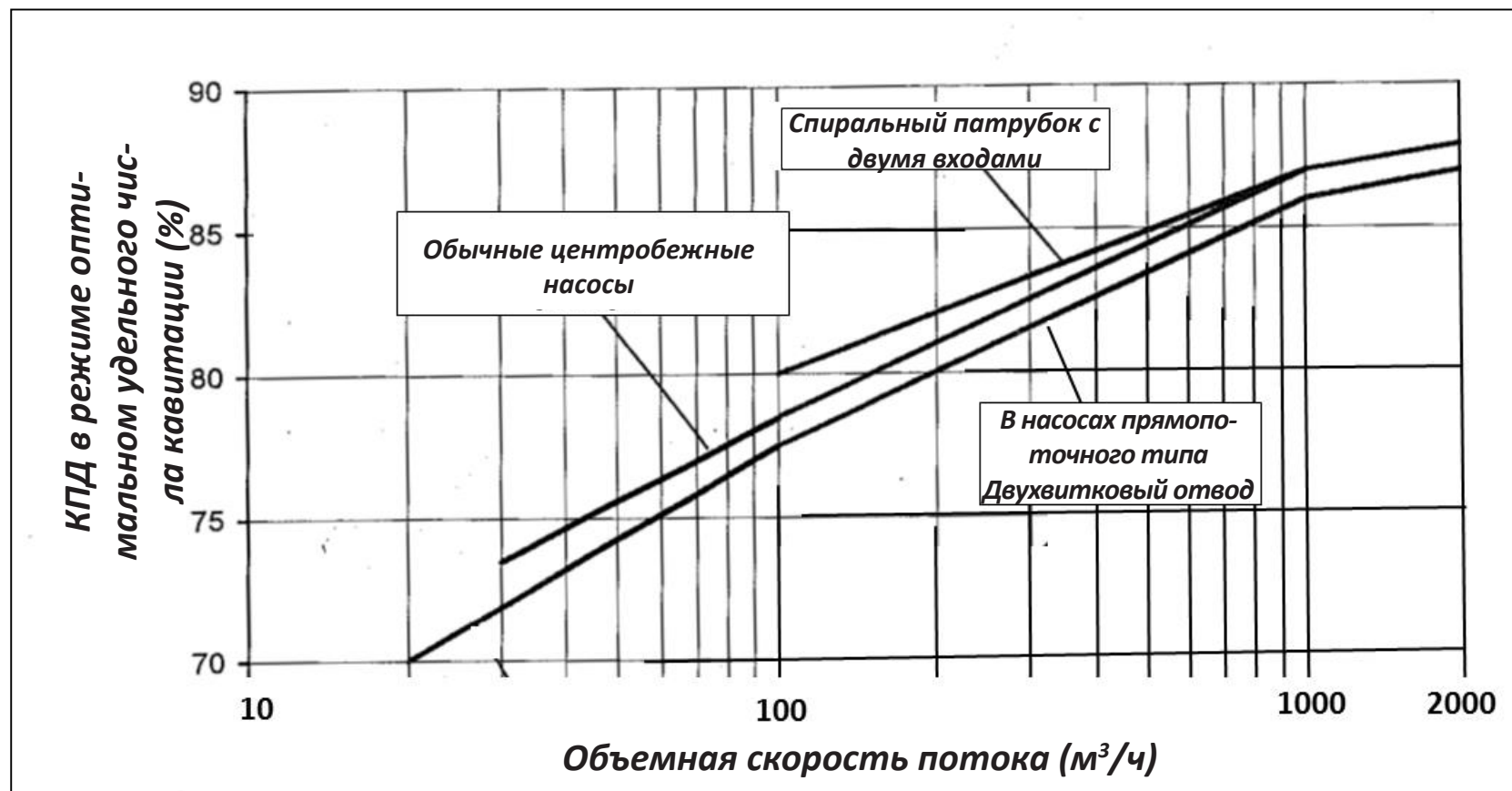
Эта конфигурация перекачивания, хотя и привлекательная с экономической точки зрения, должна абсолютно исключаться, поскольку в некоторых ситуациях насос с ЧРП вынужден работать в неприемлемых условиях: см. следующий слайд.

ПЕРЕКАЧИВАНИЕ С РЕГУЛИРУЕМЫМ РАСХОДОМ

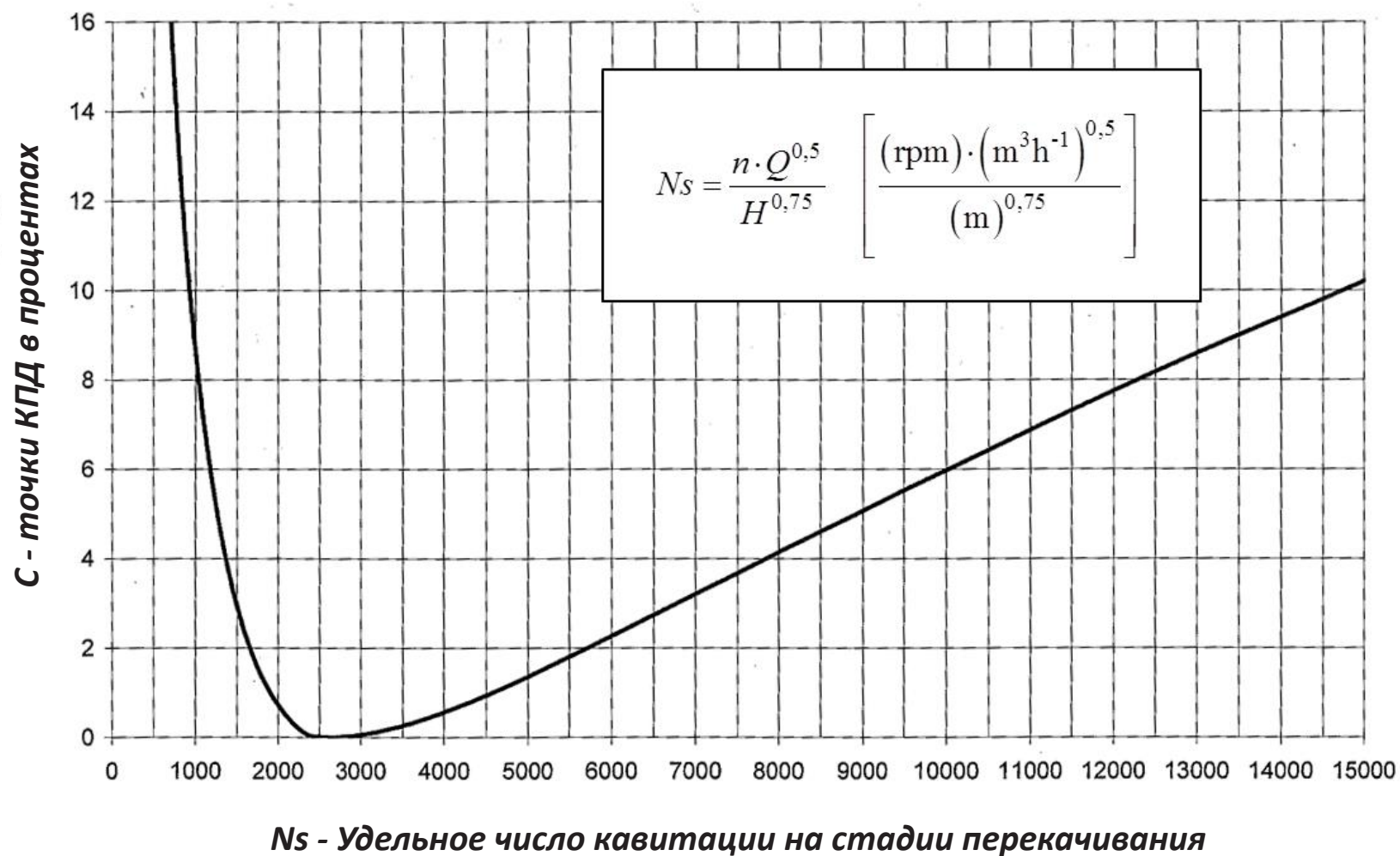


Изменение расхода в жидкостном контуре, питаемом одним центробежным насосом с ЧРП и одним равным по мощности центробежным насосом с ПСВД, соединенными параллельно.

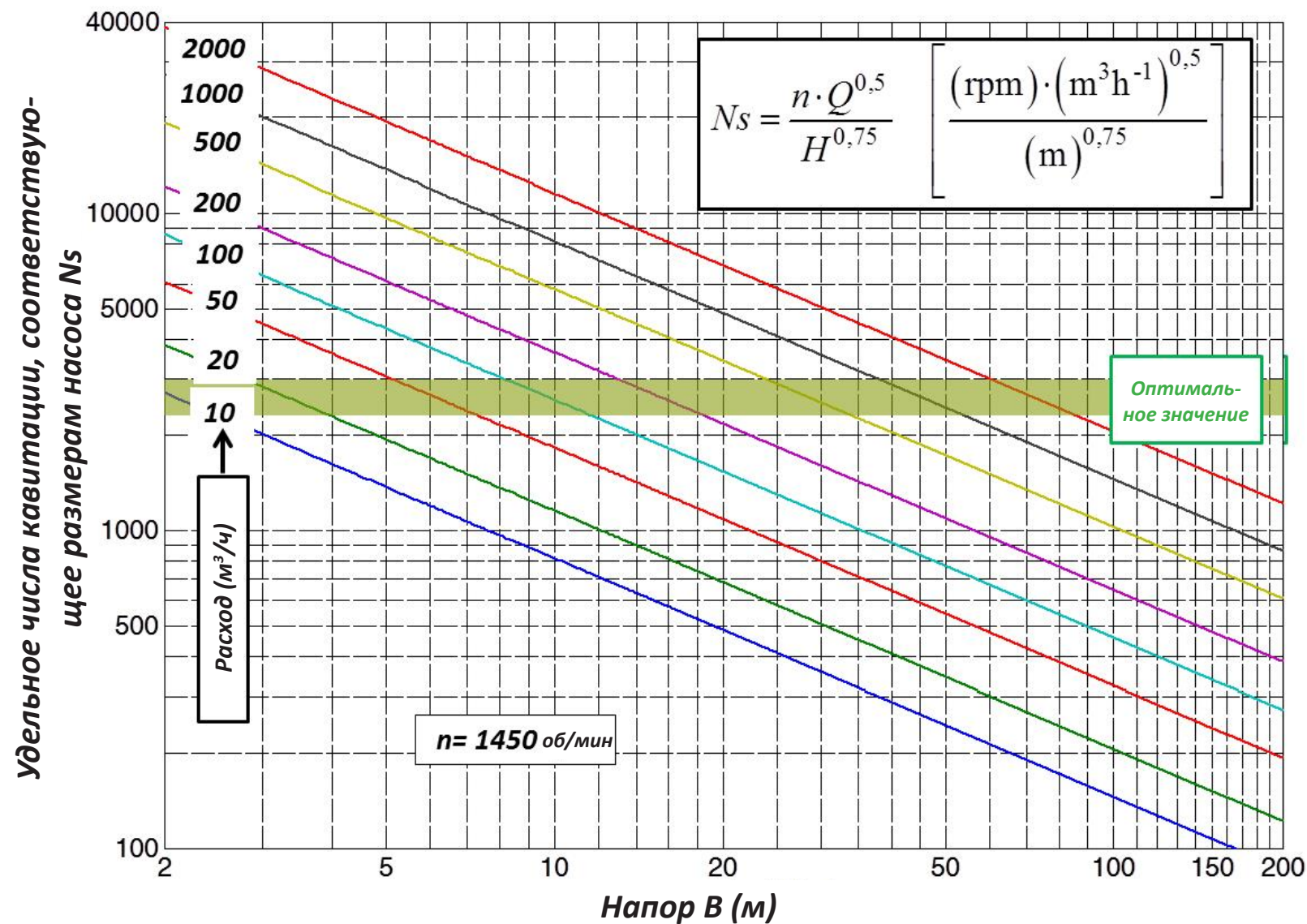
Максимальная точка оптимального КПД для центробежных крыльчатых насосов , работающих в режиме оптимального значения удельного числа кавитации

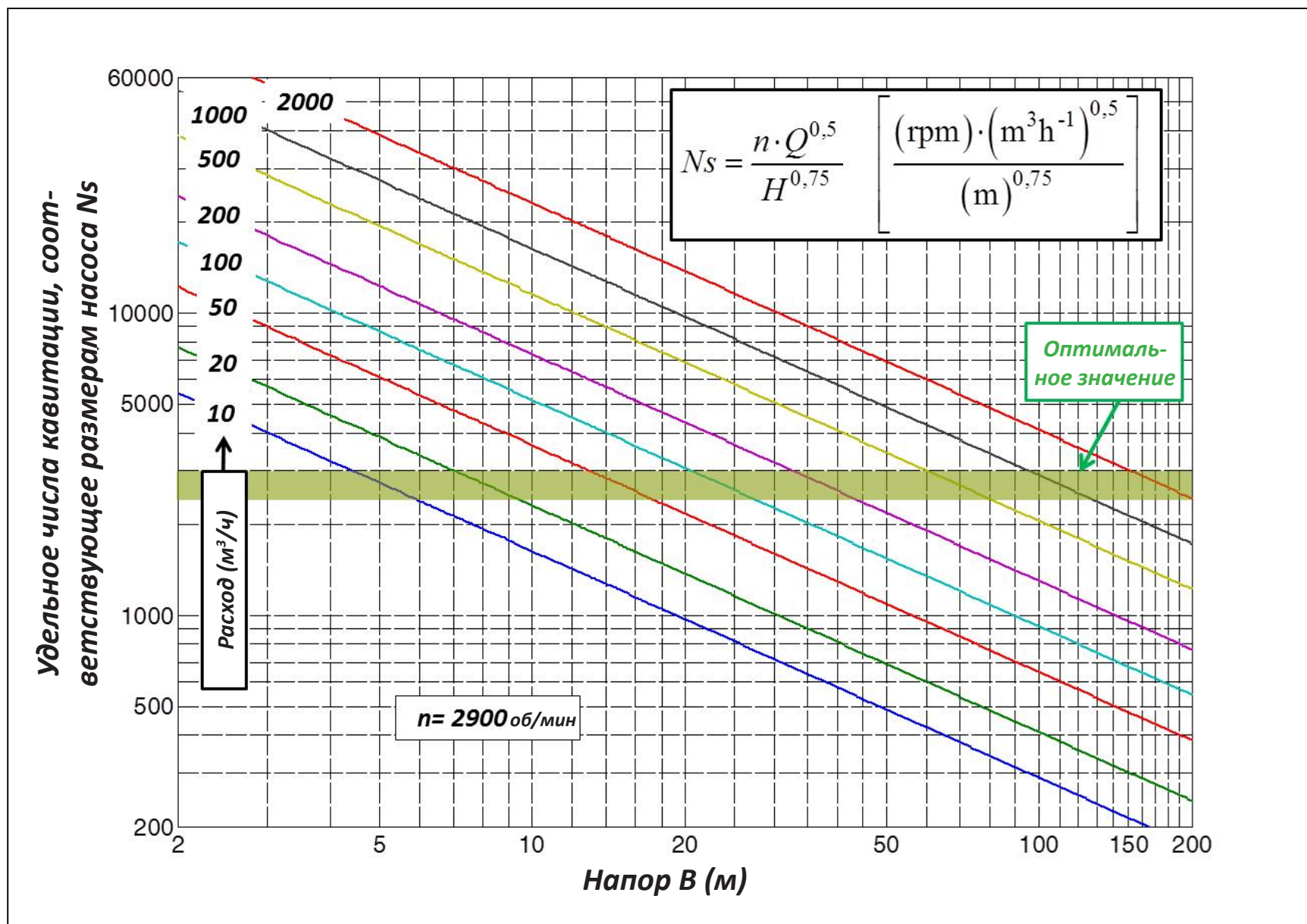


Потери в точках оптимального КПД в процентах для центробежного крыльчатого насоса, работающего в режиме оптимальном удельного числа кавитации, отличного от оптимальной величины



Потенциальные оптимальные рабочие параметры для центробежного насоса, работающего в режиме 1450 об / мин





ДИРЕКТИВЫ

**ДИРЕКТИВА 2009/125/ЕС ЕВРОПЕЙСКОГО ПАРЛАМЕНТА И СОВЕТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА
от 21 октября 2009 года,**

**устанавливающая основу для определения требований к экодизайну энергосвязанных изделий
(в новой редакции)**

(Текст применим в ЕЭЗ)

**РЕГЛАМЕНТ КОМИССИИ (ЕС) № 547/2012
от 25 июня 2012 года**

**О введение в действие Директивы 2009/125/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского
Союза в отношении требований к экодизайну для водяных насосов**

(Текст применим в ЕЭЗ)

**РЕГЛАМЕНТ КОМИССИИ (ЕС) № 640/2009
От 22 июля 2009 года**

**О введение в действие Директивы 2005/32/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза
в отношении требований к экодизайну для электродвигателей**

(Текст применим в ЕЭЗ)

Регламент ЕС 547/2012

Регламент ЕС требует, чтобы значения эффективности насоса, измеренные по его напору и расходу, соответствующих оптимальной точке КПД (BEP), частичной нагрузке (PL , 75% расхода в точке BEP) и при перегрузке (OL , 110% от расхода в точке BEP), для полного диаметра крыльчатки составляли или были больше, чем минимальные требуемые значения, рассчитанные по следующей формуле:

$$(\eta_{BEP})_{min\ requ} = 88,59 \cdot x + 13,46 \cdot y - 11,48 \cdot x^2 - 0,85 \cdot y^2 - 0,38 \cdot x \cdot y - C_{Pump\ Type, rpm}$$

$$(\eta_{PL})_{min\ requ} = 0,947 \cdot (\eta_{BEP})_{min\ requ} \quad \text{and} \quad (\eta_{OL})_{min\ requ} = 0,985 \cdot (\eta_{BEP})_{min\ requ}$$

$$x = \ln(n_s); \quad y = \ln(Q_{BEP}); \quad Q_{BEP} \equiv [m^3 h^{-1}]$$

$$n_s = n \cdot \frac{\sqrt{Q_{BEP}}}{\left(\frac{1}{i} H_{BEP}\right)^{0,75}} \left[\left(\min^{-1} \right) \frac{(m^3 s^{-1})^{0,5}}{(m)^{0,75}} \right]$$

где i : количество ступеней насоса

Значение $C_{Pump\ Type, rpm}$ зависит от типа насоса и номинального числа оборотов, а также значения индекса минимальной эффективности (MEI).

Водяные насосы сильно отличаются по КПД в зависимости от своего размера и конструкции. Насосы больших размеров имеют больший потенциал для достижения лучшего КПД. В случае если на водяных насосах указывается эффективность, то ориентированные на нее клиенты, могут переоценить размер необходимого насоса. Для достижения сопоставимого порогового значения эффективности для всех водяных насосов, имеющих оформленную в законном порядке гарантию, был рассчитан индекс размера насоса, удельного числа кавитации и числа оборотов, так называемый индекс минимальной эффективности (*MEI*). Индекс *MEI* рассчитан на основе показателей максимальной точки КПД, эффективности работы в условиях частичной нагрузки и перегрузки, так как водяные насосы могут выбираться с учетом запасов безопасности и, следовательно, не эксплуатируются в пределах оптимальной точки КПД. Это позволяет обеспечить крутые и плоские кривые эффективности и, следовательно, эффективную работу в реальной жизни.



Значения параметра $C_{\text{тип насоса, об/мин}}$ для индексов $MEI = 0,1$ и $MEI = 0,4$.

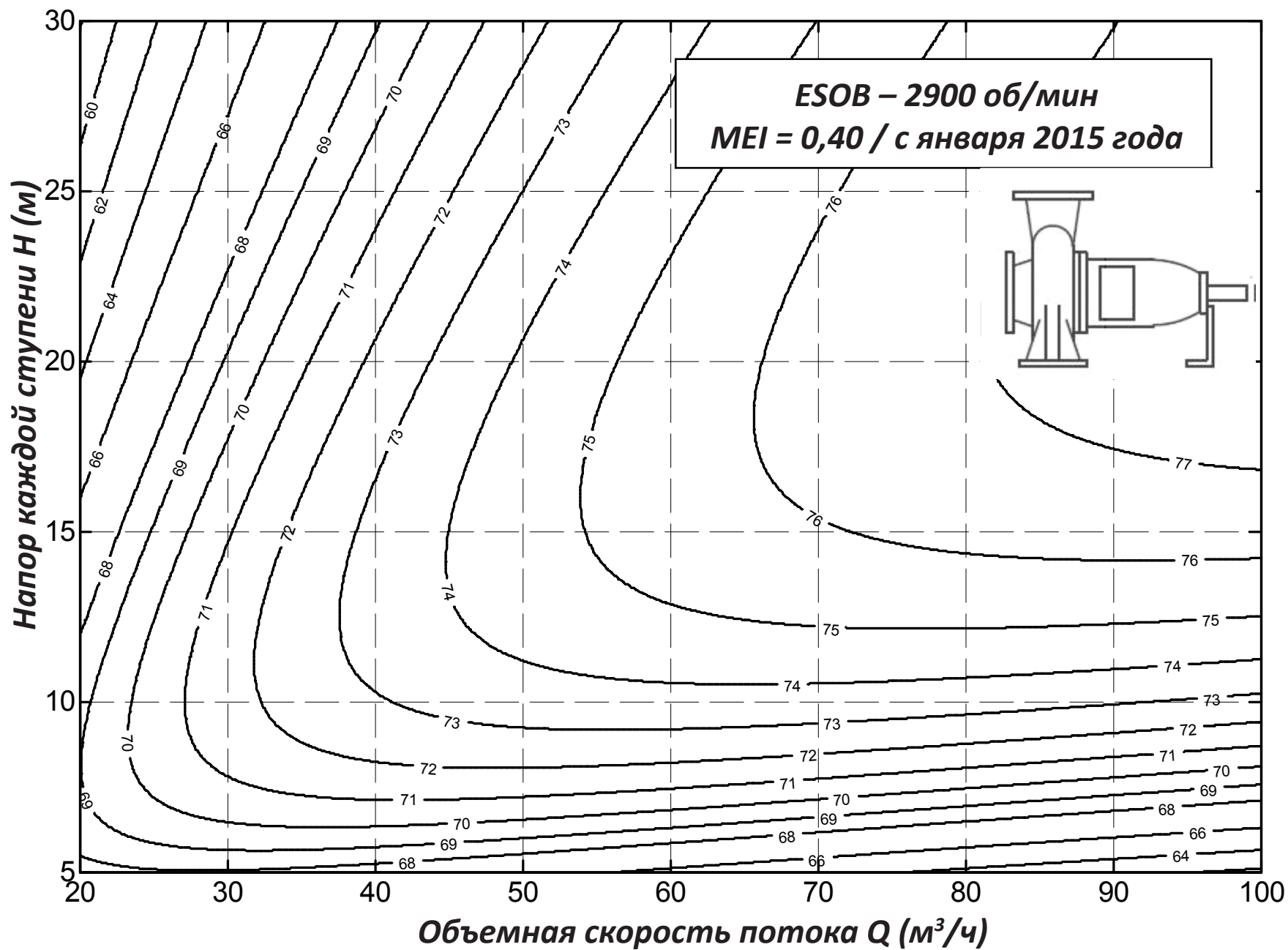
Тип насоса и номинальное число оборотов[об/мин]	$C_{\text{тип насоса, об/мин}}$ для $MEI \geq 0,1$	$C_{\text{тип насоса, об/мин}}$ для $MEI \geq 0,4$
<i>ESOB</i> , 1450	132,58	128,07
<i>ESOB</i> , 2900	135,60	130,27
<i>ESCC</i> , 1450	132,74	128,46
<i>ESCC</i> , 2900	135,93	130,77
<i>ESCCi</i> , 1450	136,67	132,30
<i>ESCCi</i> , 2900	139,45	133,69
<i>MS-V</i> , 2900	138,19	133,95
<i>MSS</i> , 2900	134,31	128,79

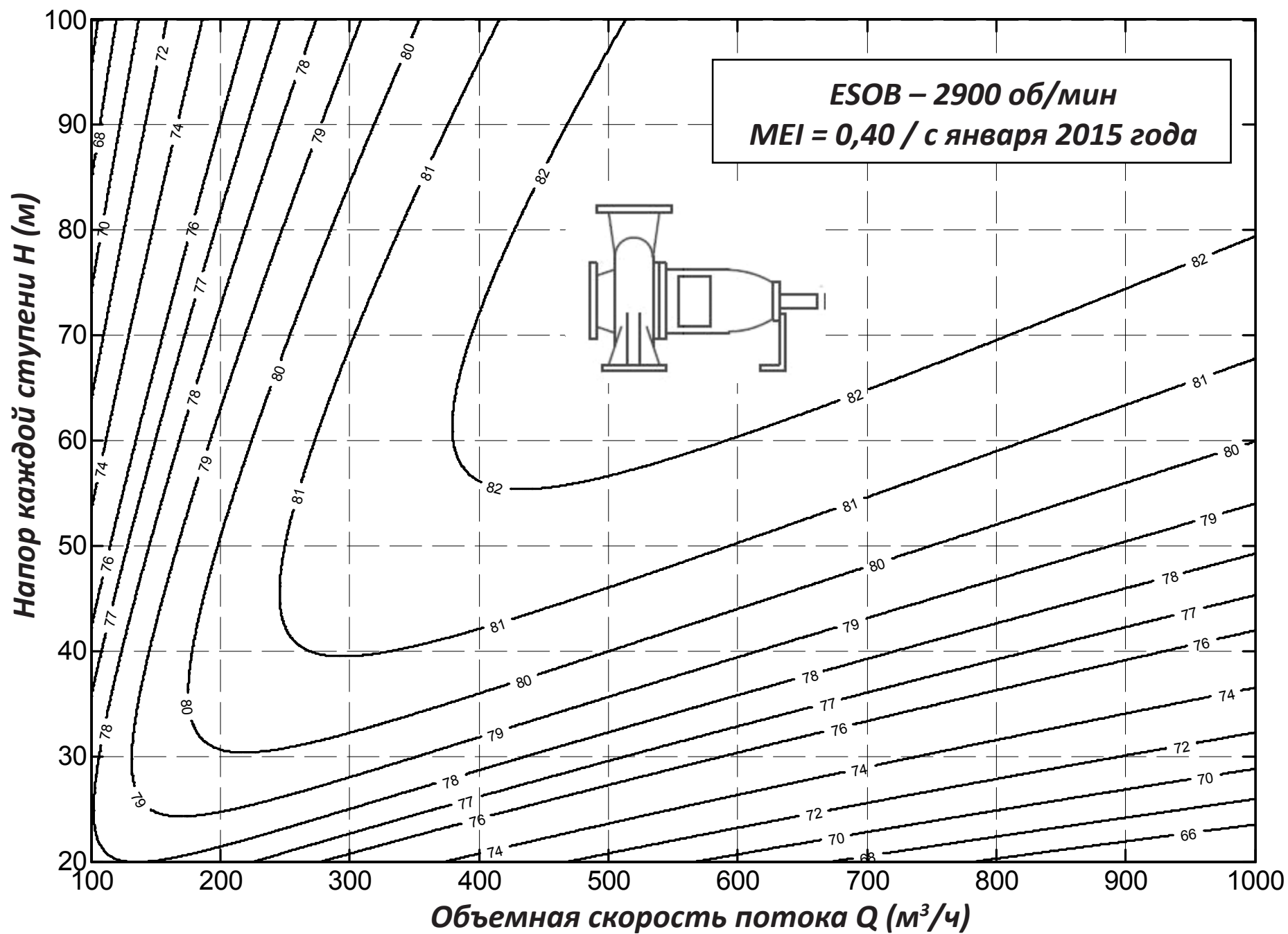
ESOB: С односторонним всасыванием, с подшипником

ESCC: С односторонним всасыванием и глухим соединением

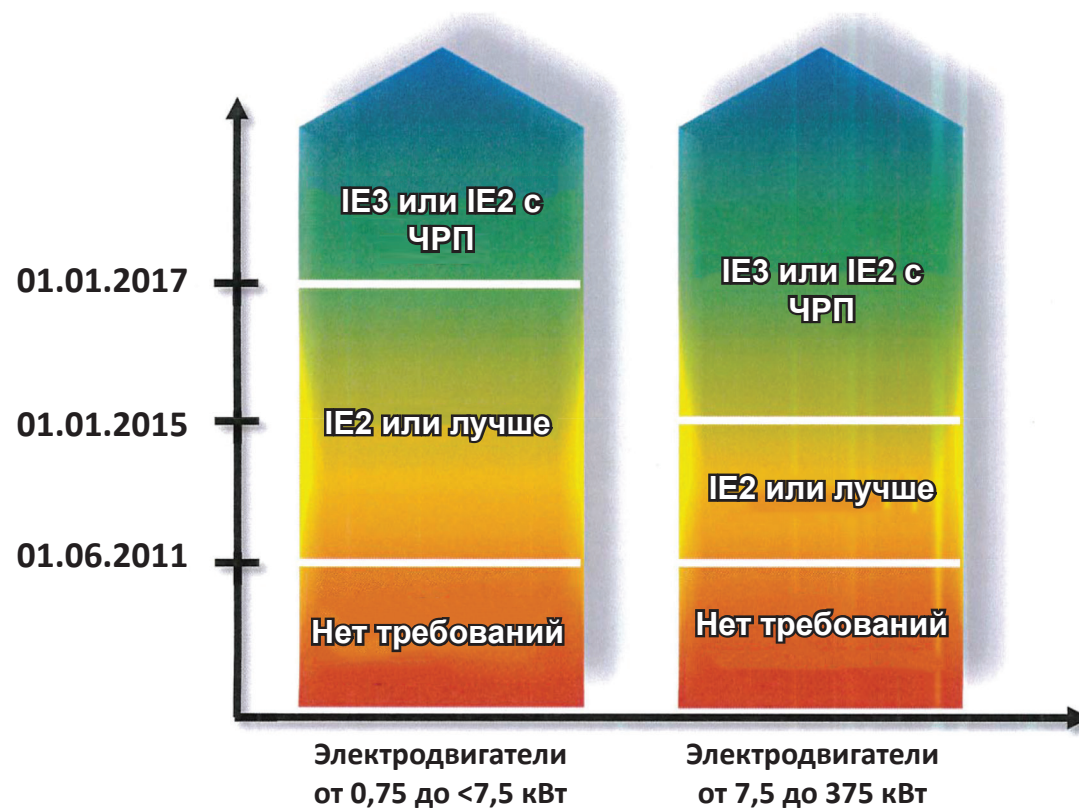
ESCCi: С односторонним всасыванием и глухим соединением, *MS-V*: Вертикальный многоступенчатый встроенный в линию

MSS: Погружной многоступенчатый



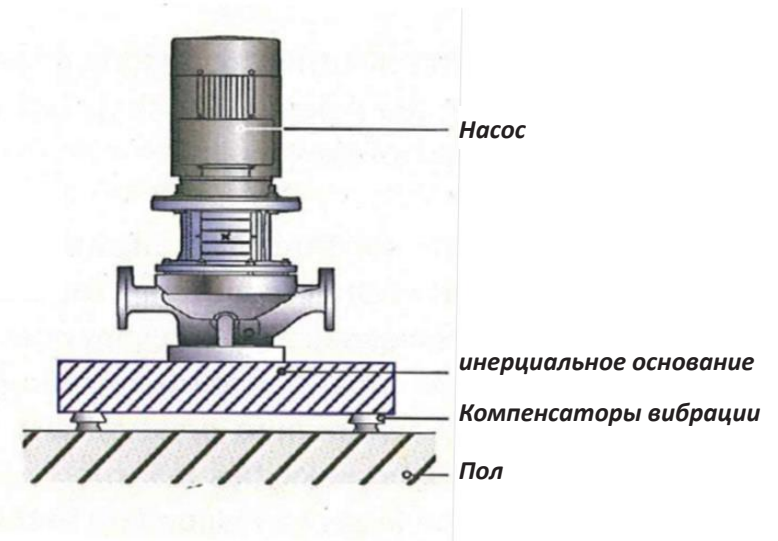
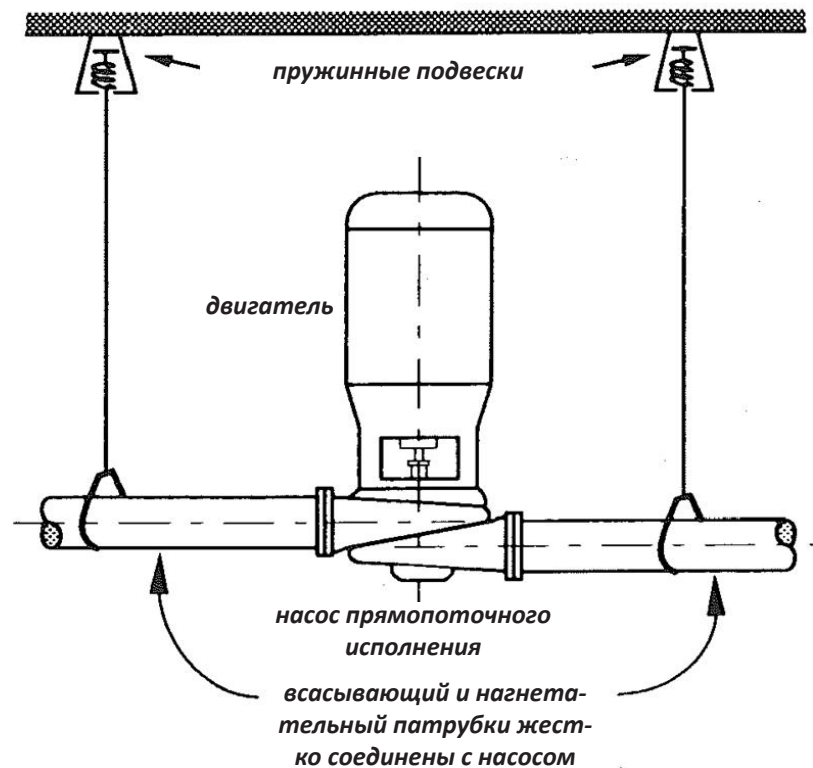


Регламент ЕС 640/2009



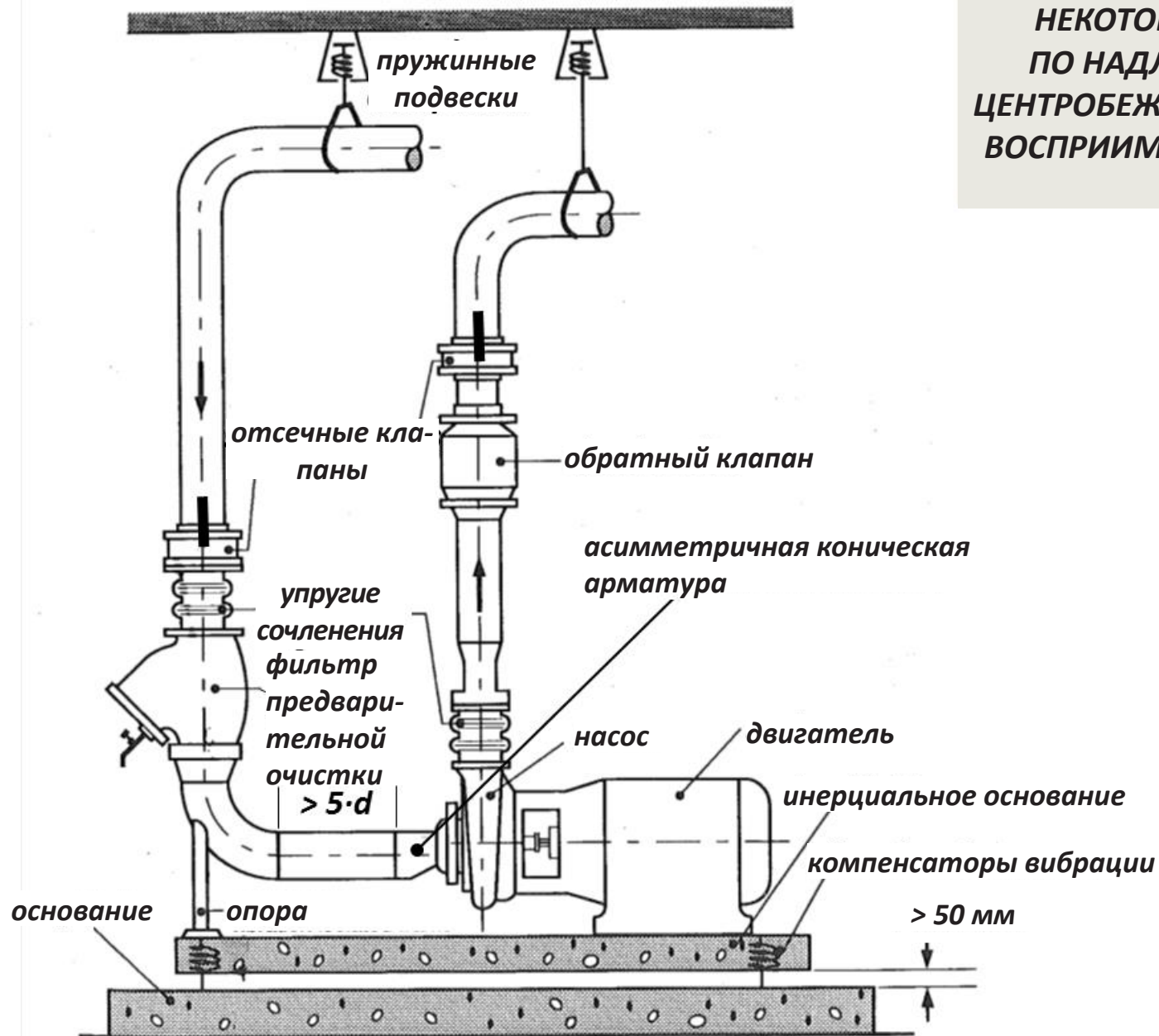
Данный Регламент ЕС в отношении электродвигателей устанавливает более строгие значения минимальной эффективности

**НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
НАДЛЕЖАЩЕЙ УСТАНОВКЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ
НАСОСОВ В МЕСТАХ, ВОСПРИИМЧИВЫХ К
ШУМУ И / ИЛИ ВИБРАЦИИ**



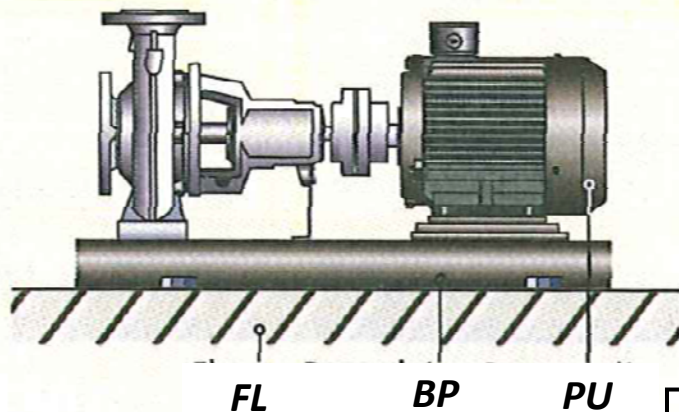
В насосах прямопоточного типа

**НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО НАДЛЕЖАЩЕЙ УСТАНОВКЕ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ В МЕСТАХ,
ВОСПРИИМЧИВЫХ К ШУМУ И / ИЛИ
ВИБРАЦИИ**



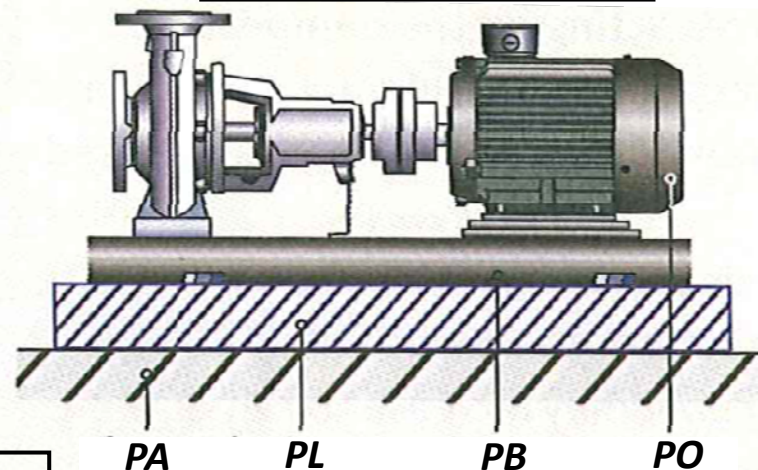
Насос с односторонним всасыванием и глухим соединением

1 – НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ПОЛУ

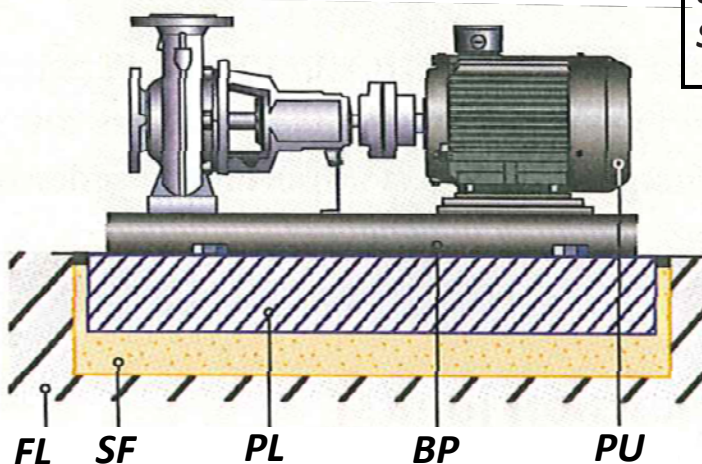


Насос с односторонним всасыванием, с подшипником

2 – НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ

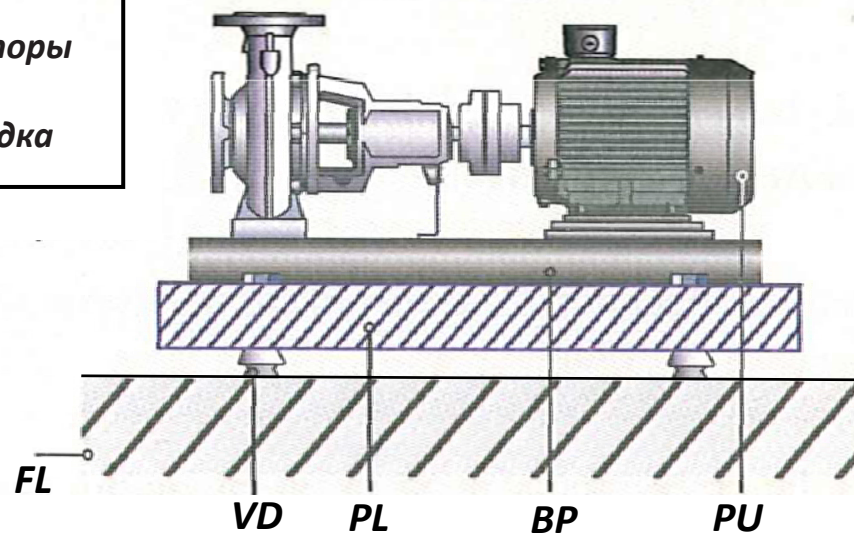


3 – НА ПОДВИЖНОМ ОСНОВАНИИ

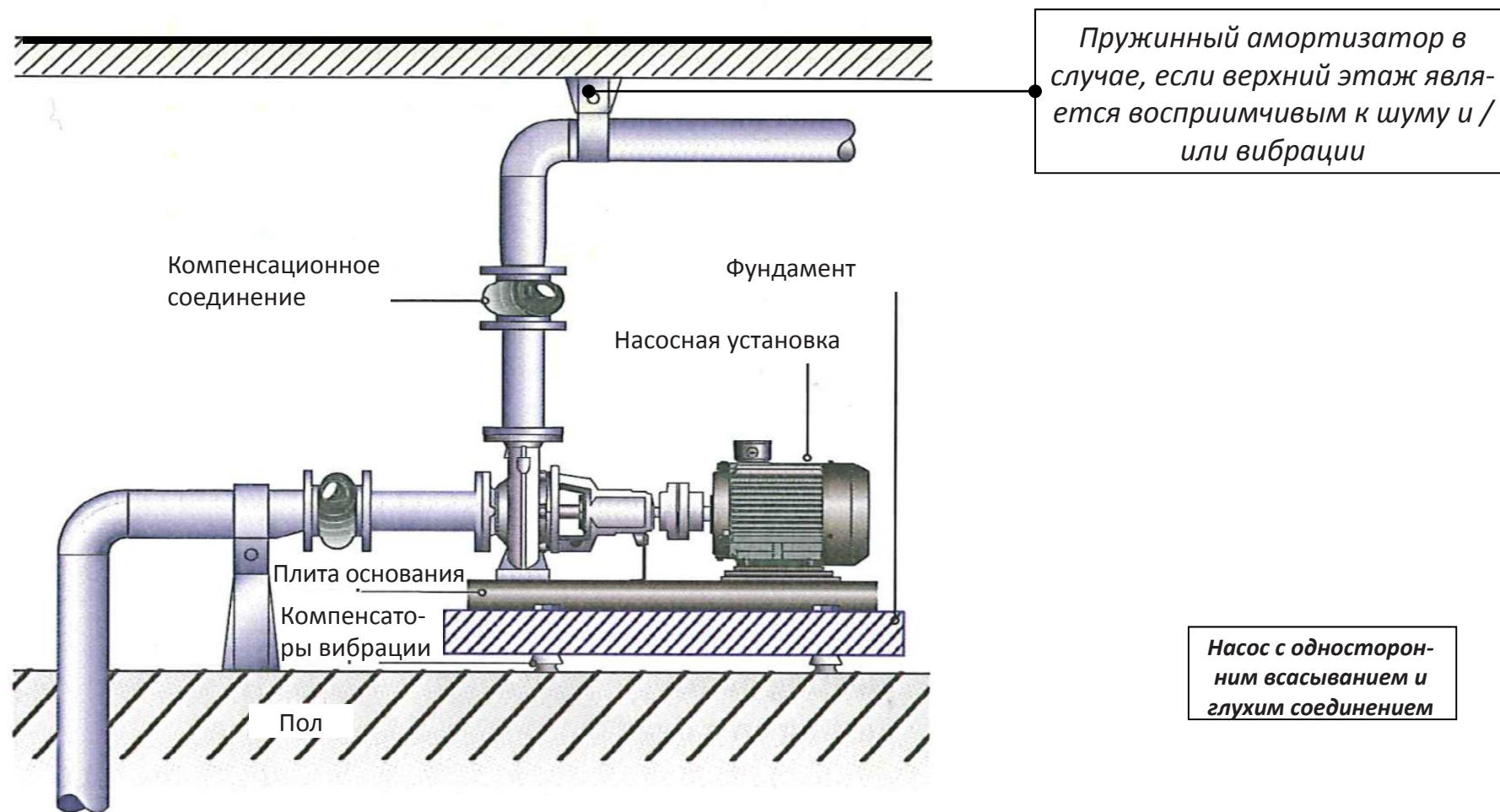


PU: насос
FL: пол
BP: плита основания
PL: основание
VD: компенсаторы
вибрации
SF: гидрозакладка

4 – НА ИНЕРЦИАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ



**НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАДЛЕЖАЩЕЙ УСТАНОВКЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ
В МЕСТАХ, ВОСПРИИМЧИВЫХ К ШУМУ И / ИЛИ ВИБРАЦИИ**





БЛАГОДАРИМ ВАС ЗА ЛЮБЕЗНОЕ ВНИМАНИЕ