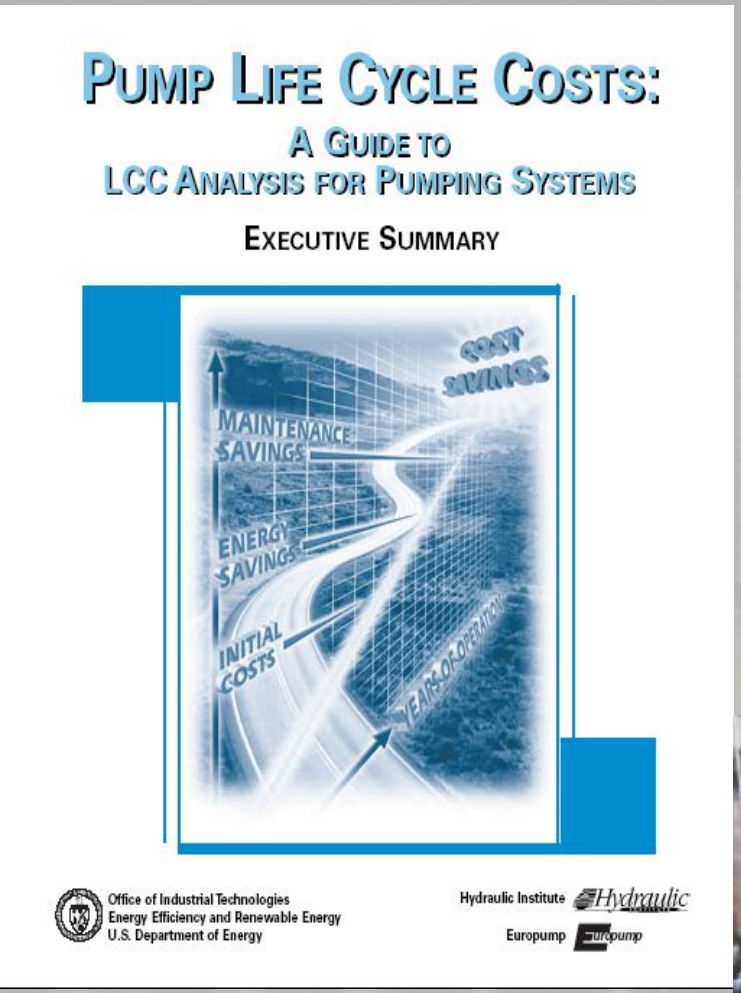
3.3 Метод анализа стоимости жизненного цикла при выборе оптимального насосного оборудования.



Жизненный цикл

включает время от начала эксплуатации до утилизации системы.

Стоимость жизненного цикла (LCC) оборудования (его составляющих) – это совокупные затраты на покупку, установку, эксплуатацию, содержание и ликвидацию оборудования (его составляющих)

Применение анализа затрат на протяжении жизненного цикла преследует две цели:

1. **Экономию, поскольку данный метод позволяет определить, какой из вариантов насосных систем обеспечивает наиболее оптимальное соотношение цены и качества.**

2 **Минимизировать потребление электроэнергии.**

- **Количество энергии и материалов, используемых системой, зависят от вида насоса, вида установки и способа эксплуатации системы. Эти факторы взаимоувязаны. Более того, они должны быть тщательно подобраны друг к другу, обеспечивая в течение своей работы наименьшее потребление энергии и наименьшие эксплуатационные затраты, другие преимущества.**
- **Первоначальная цена приобретения является малой частью стоимости жизненного цикла для широко применяемых насосов.**

LCC – это способ предусмотреть наиболее эффективное решение, он не гарантирует частных результатов, но позволяет проектировщику провести обоснованное сравнение альтернативных вариантов в рамках ограниченных данных

Анализ LCC, как для нового оборудования, так и для модернизируемого, требует оценки альтернативных систем. Для большинства оборудования, **стоимость энергии и/или эксплуатационные расходы** в течение жизни оборудования **превосходят остальные** составляющие стоимости жизненного цикла. Поэтому важно точно определить текущую стоимость энергии, ожидаемый ежегодный рост цен на энергию в течение оцениваемого периода, наряду с ожидаемой стоимостью обслуживания и материалов.

Структура стоимости жизненного цикла

Стоимость жизненного цикла

- Первоначальные инвестиции (стоимость приобретения)
- Разработка и проектирование
- Определение цены
- Приобретение
- Тестирование и исследование
- Комплектация запасными частями
- Обучение
- Вспомогательное оборудование

- Стоимость установки и комиссионные затраты
- Проект, подготовительные работы, бетонирование и т.д.
- Установка оборудования на фундамент
- Подсоединение труб
- Подсоединение электропроводки и аппаратуры
- Подсоединение вспомогательных систем и устройств
- Обеспечение промывки
- Запуск

- Затраты на энергию
- Операционные расходы
- Затраты на эксплуатацию и ремонт
- Стоимость простоя и потерь производства
- Экологические расходы и утилизация
- Стоимость утилизации, восстановление окружающей среды

LCC = стоимость жизненного цикла

LCC = Cic + Cin + Ce + Co + Cm + Cs + Cenv + Cd

C_{ic}	- первоначальная стоимость, стоимость приобретения (насос, система, трубы, вспомогательные услуги)
C_{in}	- стоимость установки и комиссионные затраты (включая обучение)
C_e	- затраты на электроэнергию (ожидаемые расходы на управление системой, включая насосный двигатель, средства управления, все вспомогательные услуги)
C_o	- операционные расходы (стоимость труда по поддержанию системы в нормальном состоянии)
C_m	- эксплуатационные расходы и стоимость ремонта (текущий и предупредительный ремонт)
C_s	- стоимость простоя (потери производства)
C_{env}	- экологические расходы (загрязнения от перекачки и вспомогательного оборудования)
C_d	- стоимость утилизации (включая восстановление окружающей среды и ликвидация вспомогательных услуг)

C ic – первоначальные инвестиции

К первоначальным инвестициям относятся:

- разработка (т.е. проектирование и разработка чертежей, задачи регулирования)
- определение цены
- покупка
- тестирование и исследование
- комплектация запасными частями
- обучение
- вспомогательное оборудование

C in – стоимость установки и комиссионные затраты (включая запуск)

Эти затраты включают следующие составляющие:

- основание – проект,
- подготовительные работы, бетонирование, усиление и т.д.
- установка оборудования на фундамент
- подсоединение труб
- подсоединение электропроводки и аппаратуры
- подсоединение вспомогательных систем и устройств
- обеспечение промывки
- запуск

C e – затраты на энергию

- Часто потребление энергии является самой большой составляющей в составе LCC, особенно если насос используется более 2000 часов в год. Потребление энергии определяется сбором данных по результатам работы системы.

C o – операционные расходы -это стоимость труда, связанного с эксплуатацией насосной системы

C m – эксплуатация и ремонт, стоимость зависит от времени и частоты проведения обслуживания и стоимости материалов

C s – стоимость простоя и потерь производства, связаны с внезапными поломками

C env – экологические расходы, включая утилизацию элементов и загрязнителей от перекачки

Стоимость утилизации загрязнителей в течение срока жизни насосной системы зависит в большой степени от вида продукта перекачки

C d - стоимость утилизации, восстановление окружающей среды

В подавляющем большинстве случаев стоимость утилизации насосных систем изменяется незначительно.

Также во внимание принимаются финансовые факторы:

- настоящая стоимость электроэнергии
- ожидаемый ежегодный рост цен на энергию (инфляция) в течение жизненного цикла насосной системы
- ставка дисконта
- процентная ставка
- ожидаемый срок использования оборудования (период расчета)

Все затраты за срок службы системы приводят посредством дисконтирования к году осуществления капитальных вложений

$$C_{\Sigma} = \hat{E} + \sum_{t=t_0}^{t=t_k} C_{it} \times \frac{1}{(1+r)^t}$$

t_0 и t_k - начало и окончание жизненного цикла

$\frac{1}{(1+r)^t}$ - коэффициент дисконтирования года t

r - ставка дисконта, учитывающая инфляцию и эффективность инвестиций, в долях единицы.

Стоимость каждого элемента составляет величину общей стоимости жизненного цикла, которая позволяет сравнить рассматриваемые варианты. Это лучше представить в виде таблицы с выделением каждой составляющей.

Таблица сравнения затрат за жизненный цикл

	Система 1	Система 2
Данные		
Инвестиционные затраты		
Цена кВт·ч (в настоящее время)		
Средняя мощность оборудования, кВт		
Среднее количество часов работы в год		
Затраты на электроэнергию в год (расчетные) = цена кВт·ч x потребляемую мощность оборудования x кол-во часов работы		
Затраты на текущее техническое обслуживание		
Затраты на текущий ремонт (каждые 2 года)		
Другие ежегодные затраты		
Производственные затраты, упущенная прибыль		
Экологические затраты		
Затраты на демонтаж/утилизацию		
Срок службы, лет		
Ставка по депозиту, %		
Инфляция, %		
Итог		
Стоимость жизненного цикла		

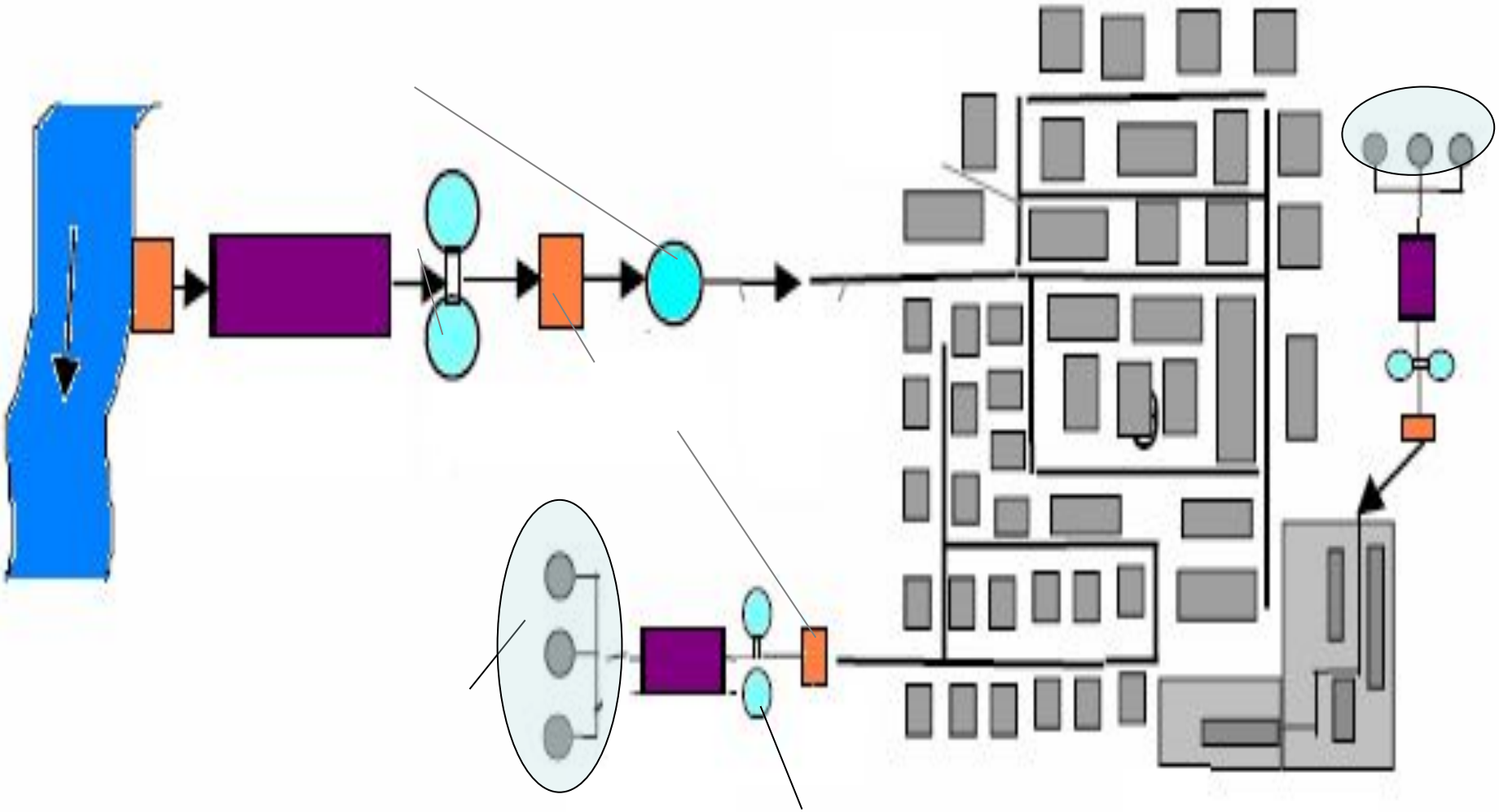
Проектирование насосных систем

- Правильное проектирование насосной системы является наиболее важным элементом минимизации стоимости жизненного цикла.
- Все насосные системы состоят из насоса, двигателя, установленных труб, средств контроля, и все эти элементы должны рассматриваться индивидуально

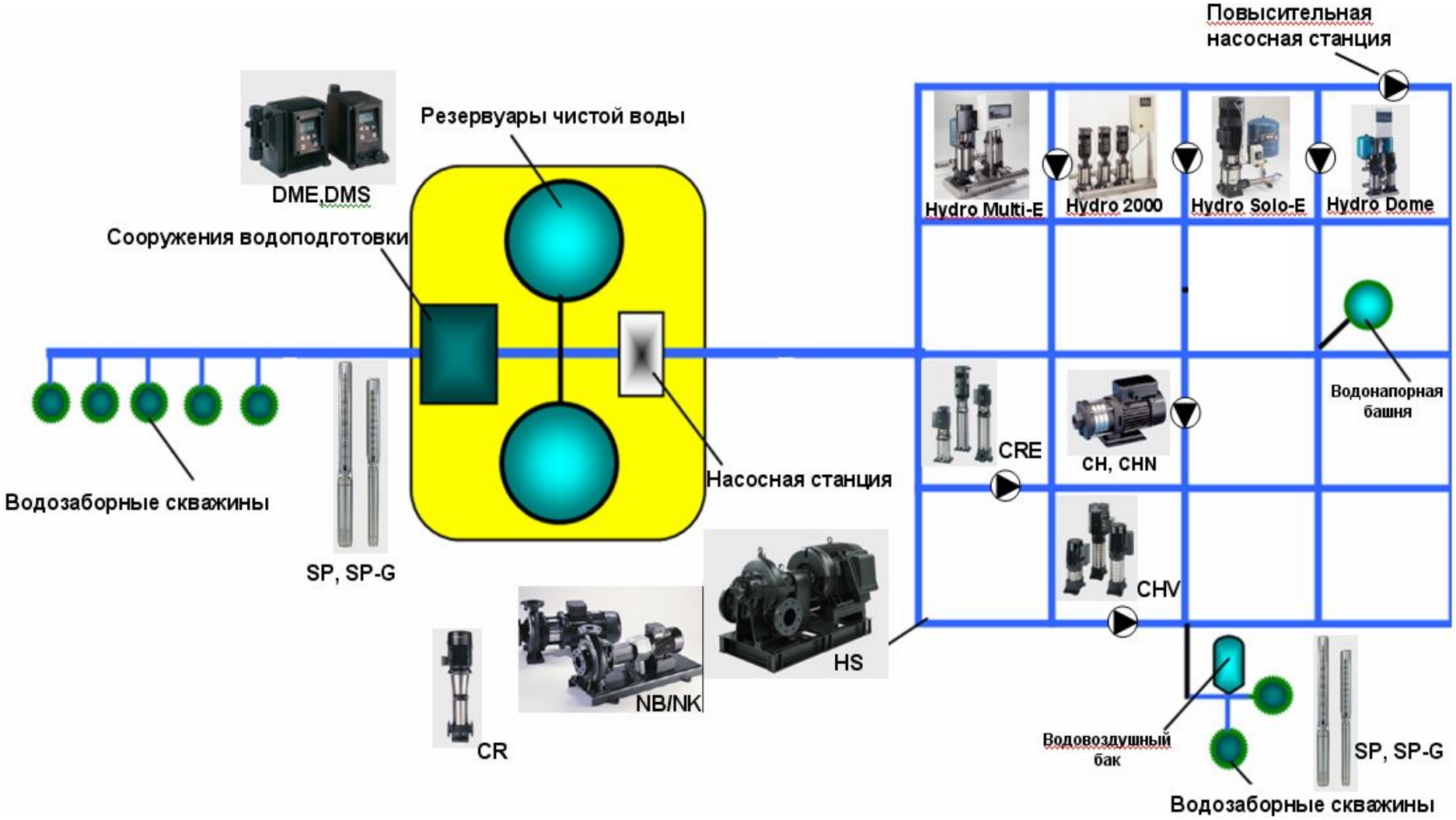
Анализ стоимости жизненного цикла является уникальным методом оценки эффективности насосных систем, на основе которого **ГРУНДФОС** создал свой пакет автоматизированного подбора насосного оборудования – **WinCAPS.**

- **Насосные системы потребляют около 20% мировой электрической энергии и в конкретных промышленных процессах оно может составлять от 25% до 90% общего потребления**

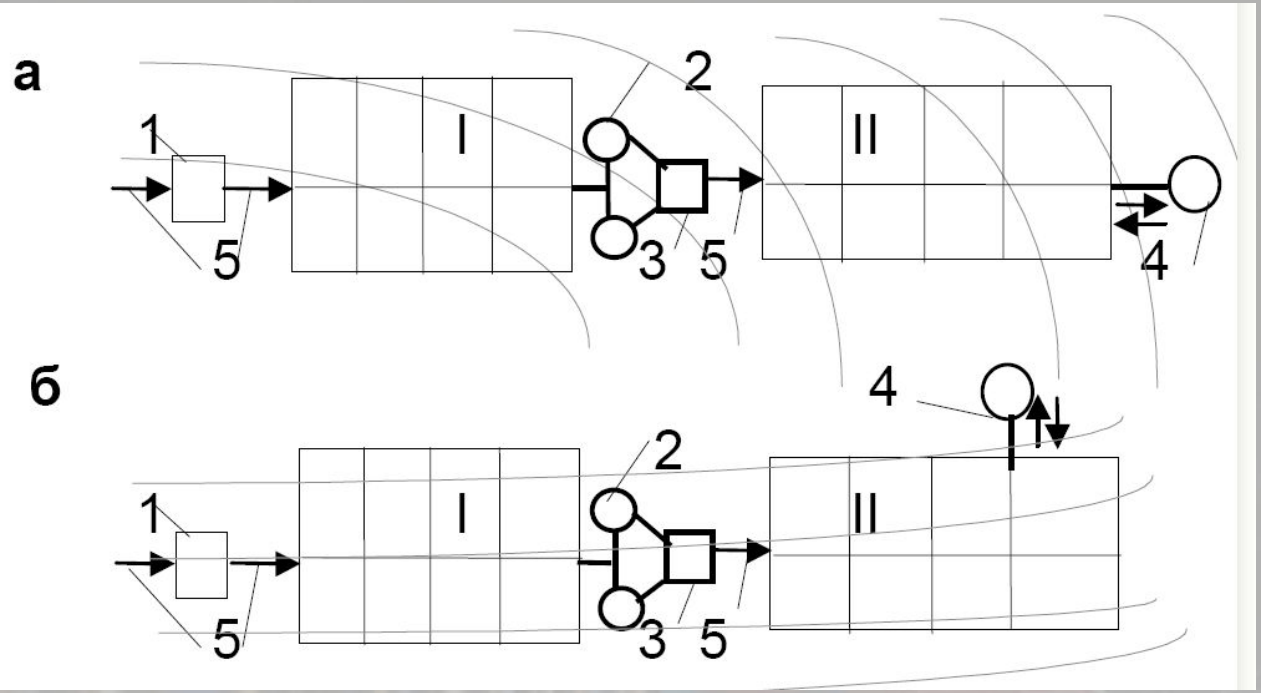
Системы водоснабжения

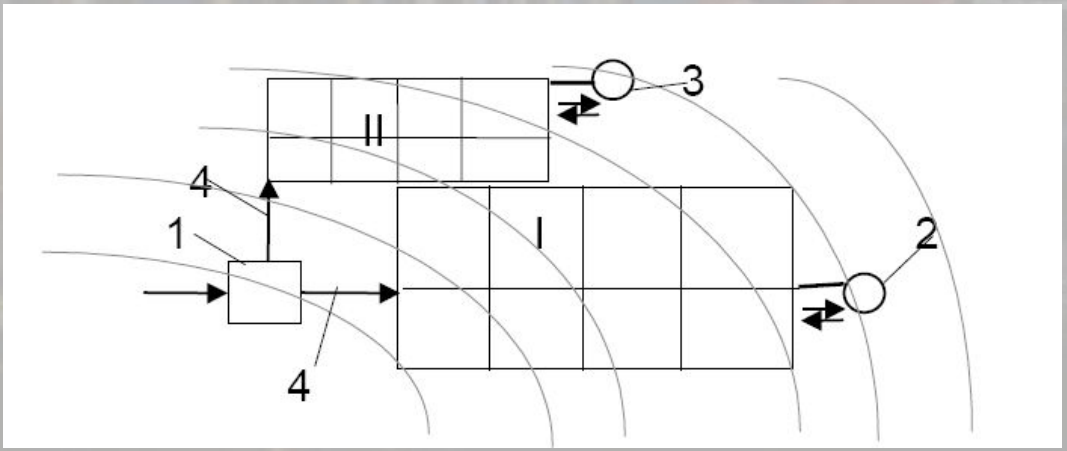


Система водоснабжения

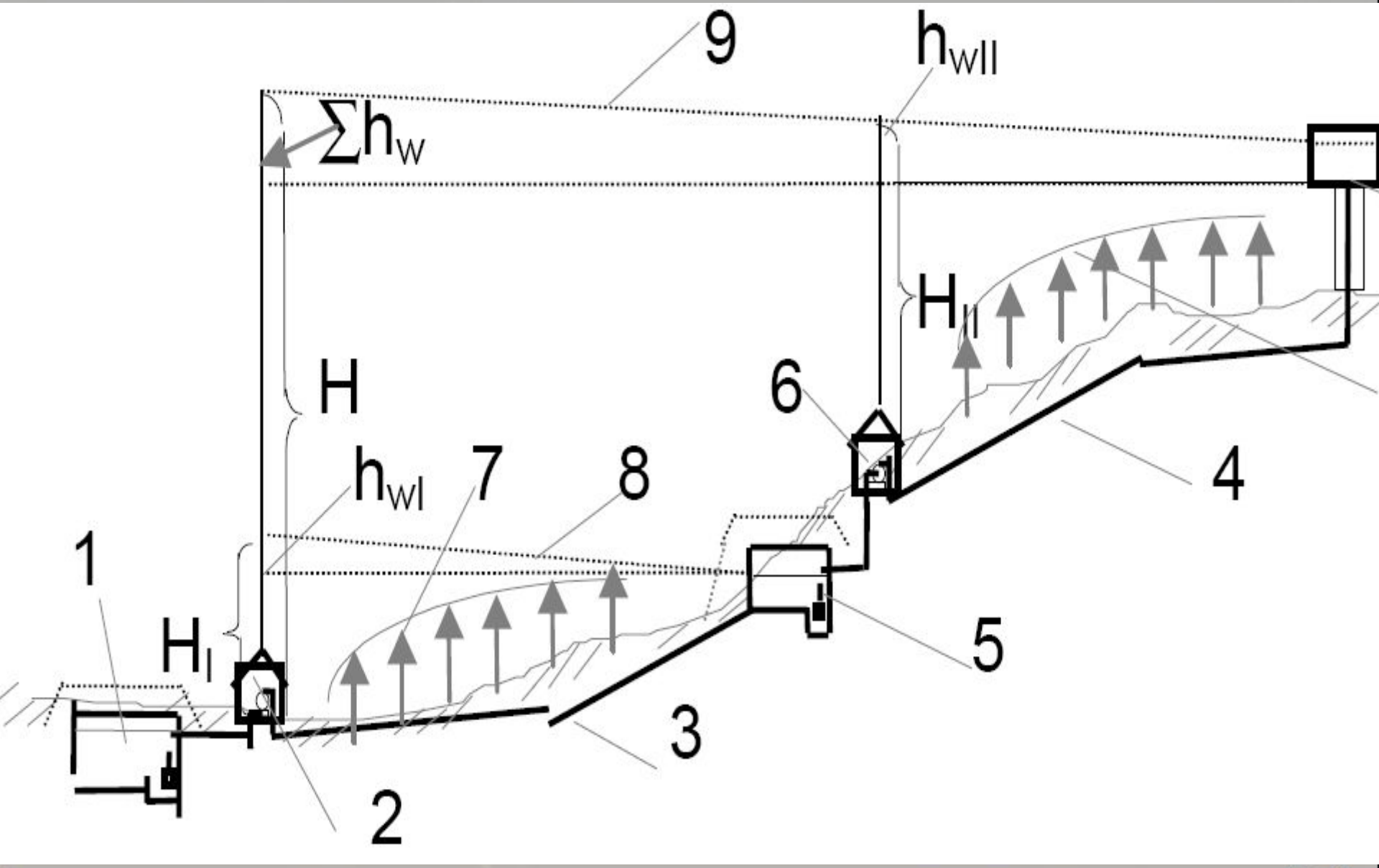


Системы водоснабжения

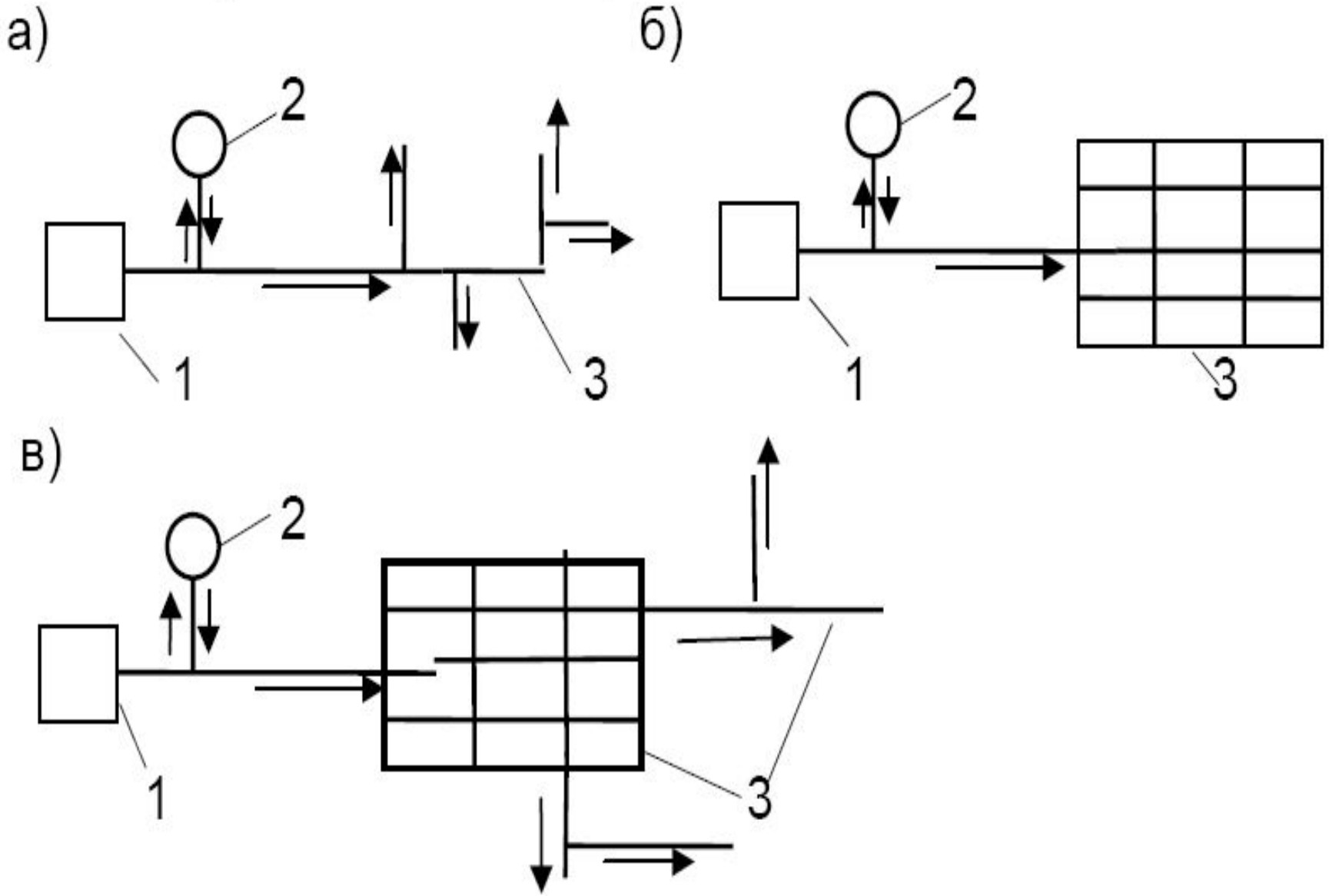




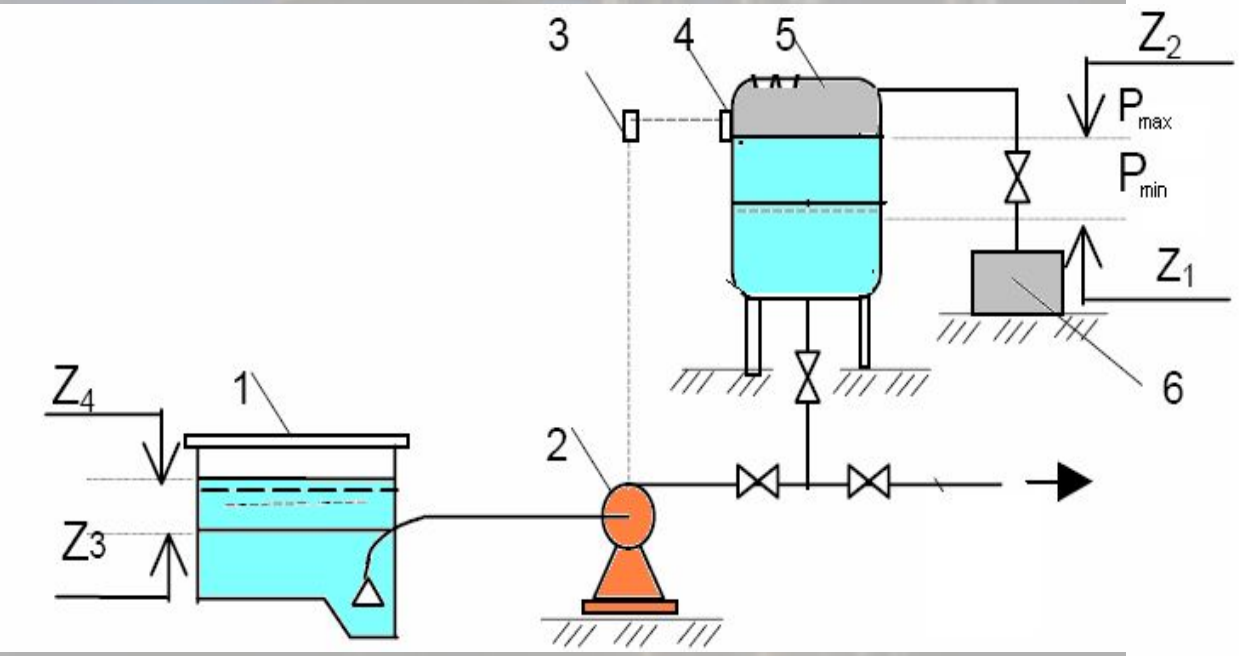
Системы водоснабжения

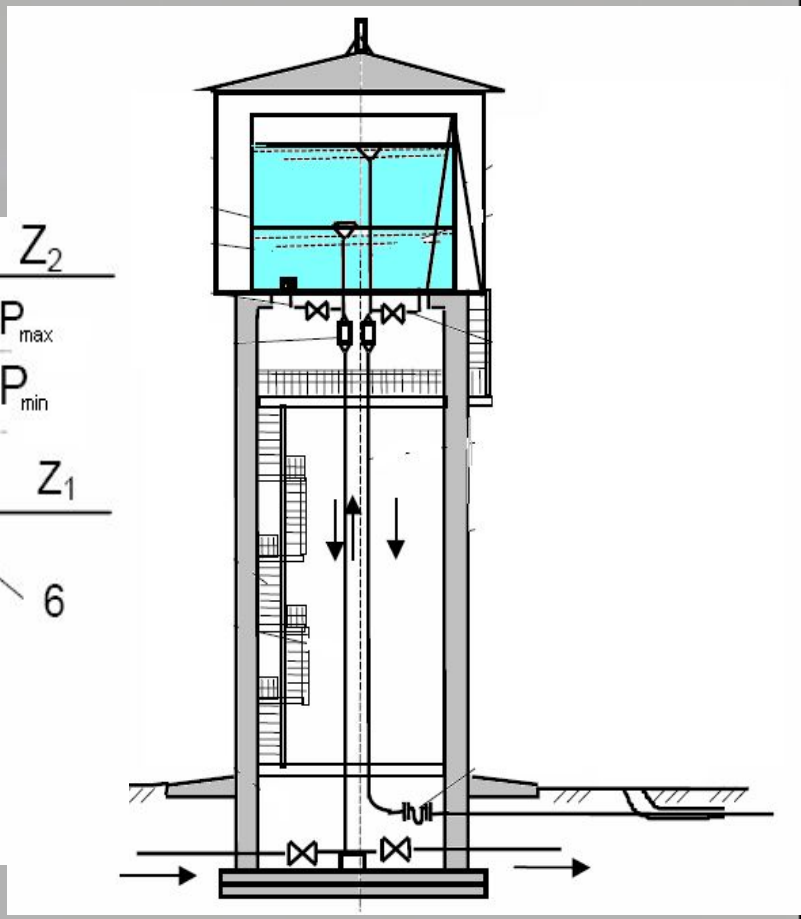


Системы водоснабжения

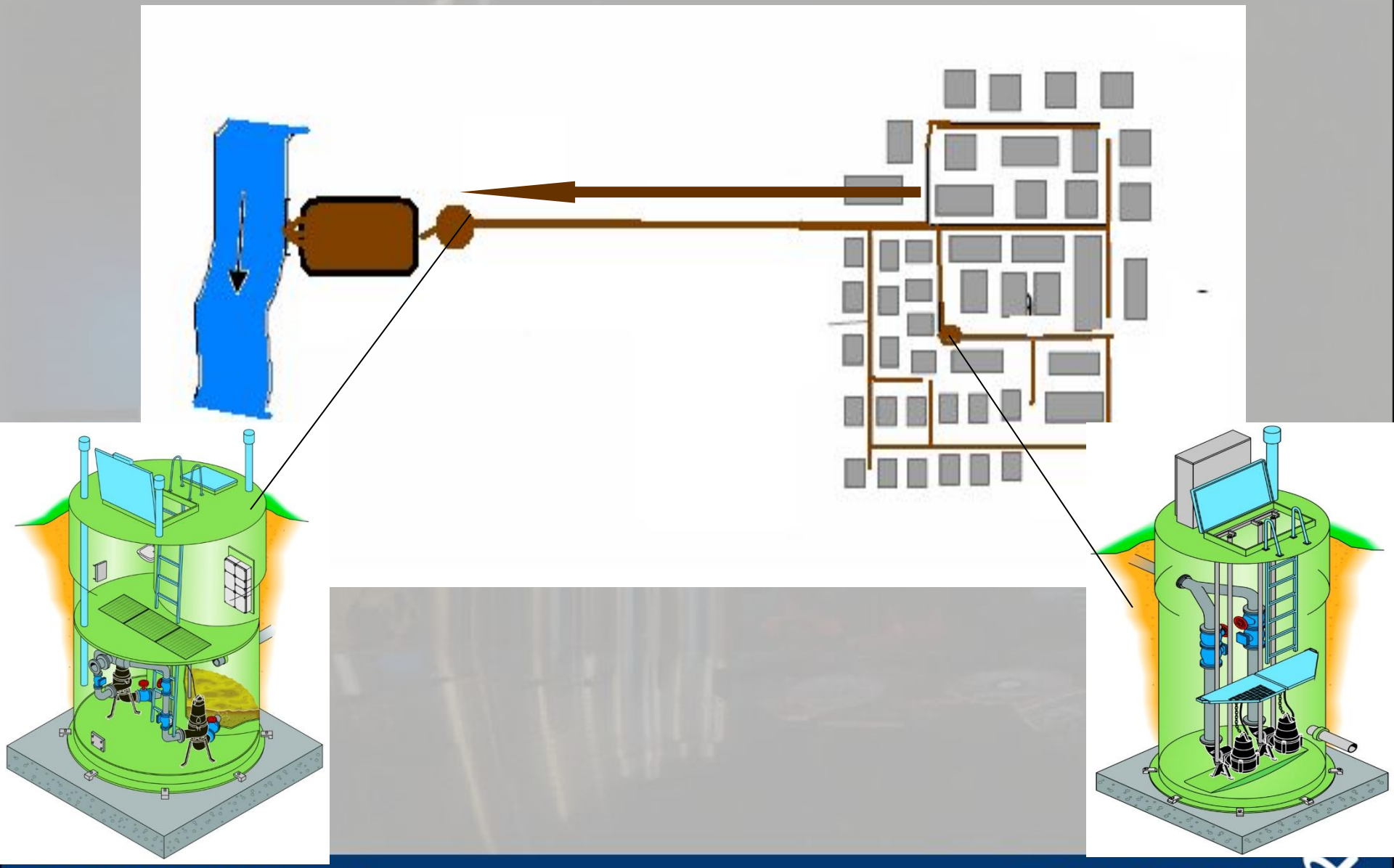


Системы водоснабжения

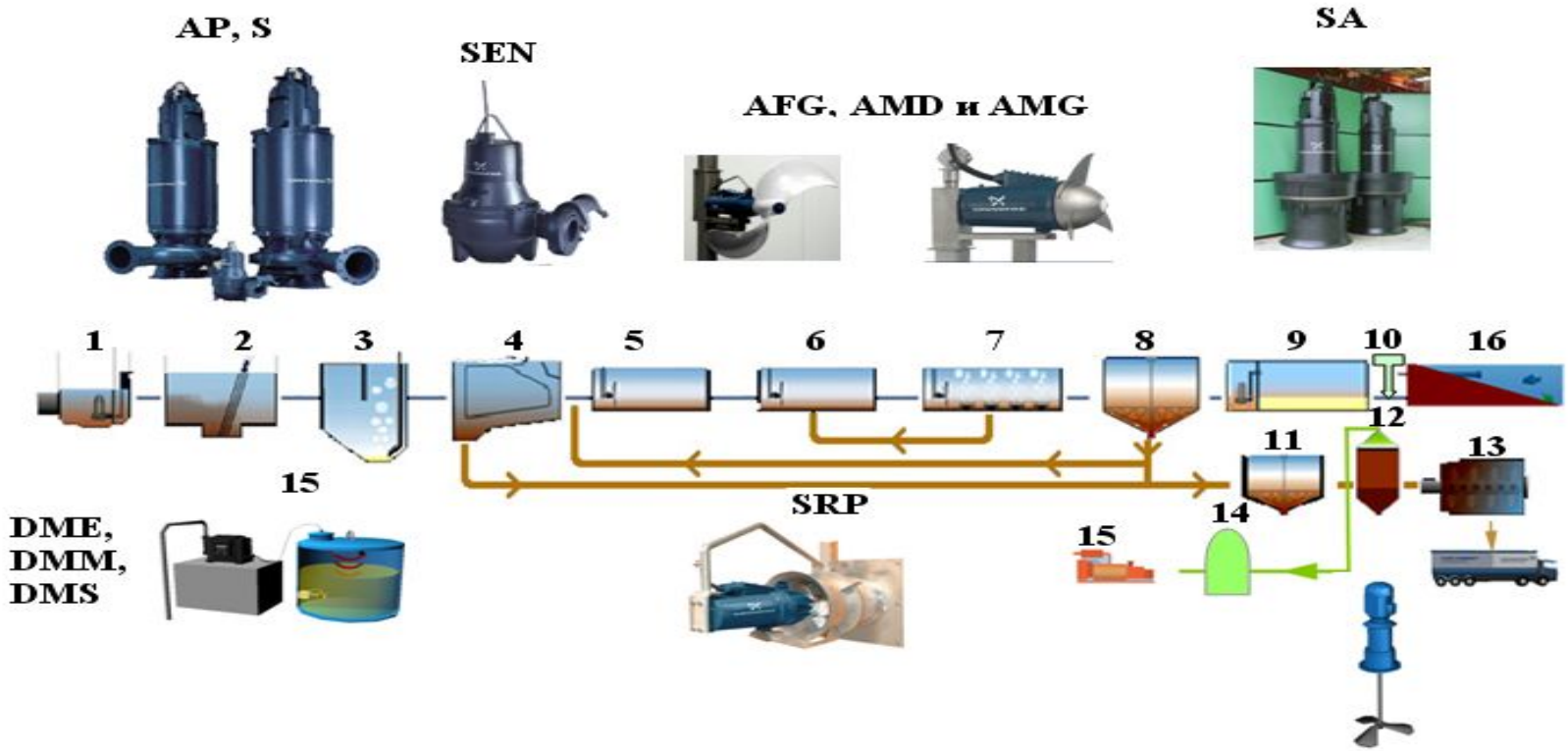




Системы канализации



СООРУЖЕНИЯ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД



Формула потребления энергии:

$$P = \frac{Q \times H \times s.g.}{366 \times \eta_p \times \eta_m}$$

P *– электроэнергия*

Q *– напор, м3/час*

H *- высота, м*

η_p *- КПД насоса*

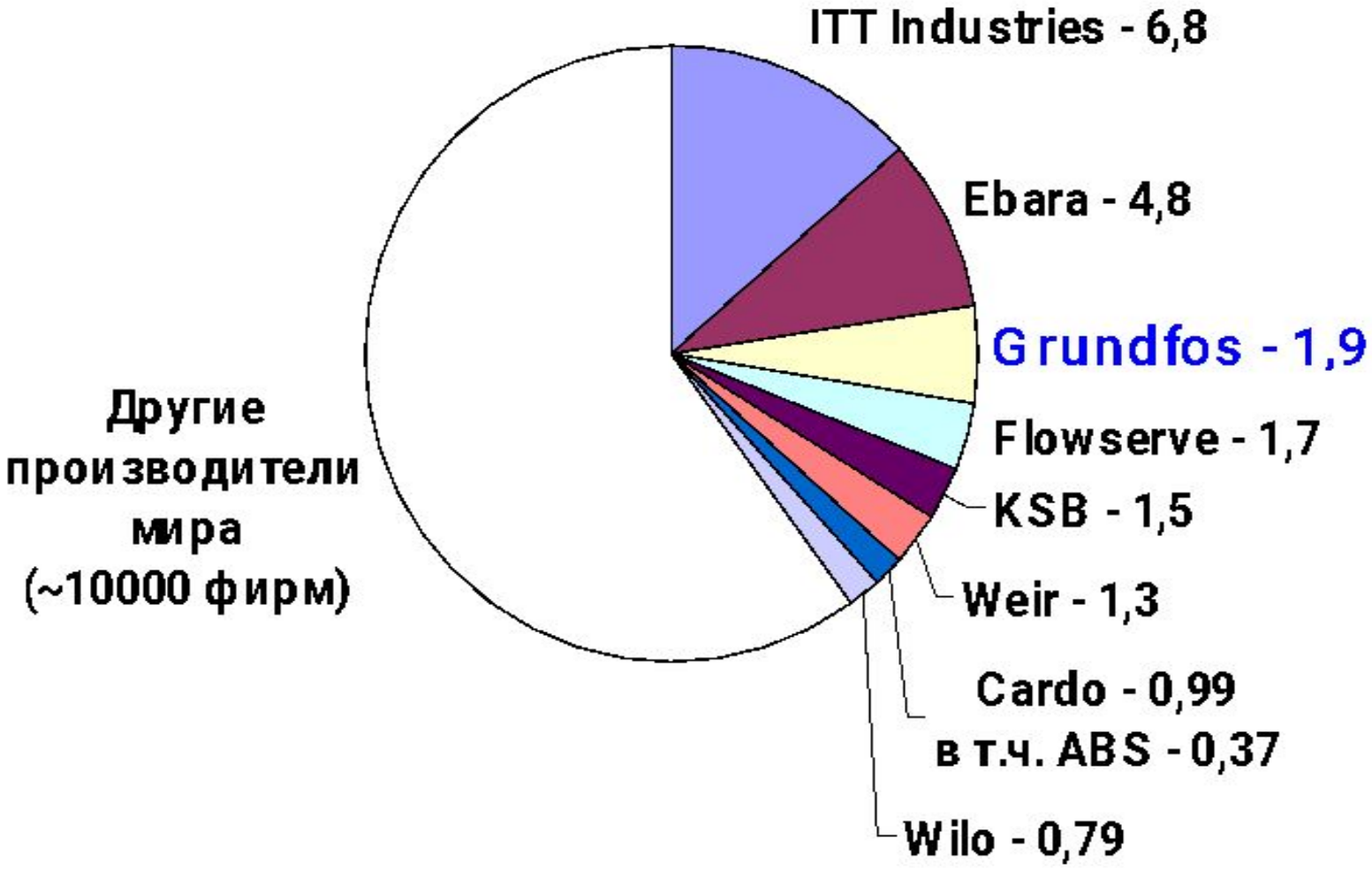
$\eta_м$ *- КПД двигателя*

s.g. *– постоянная гравитации*

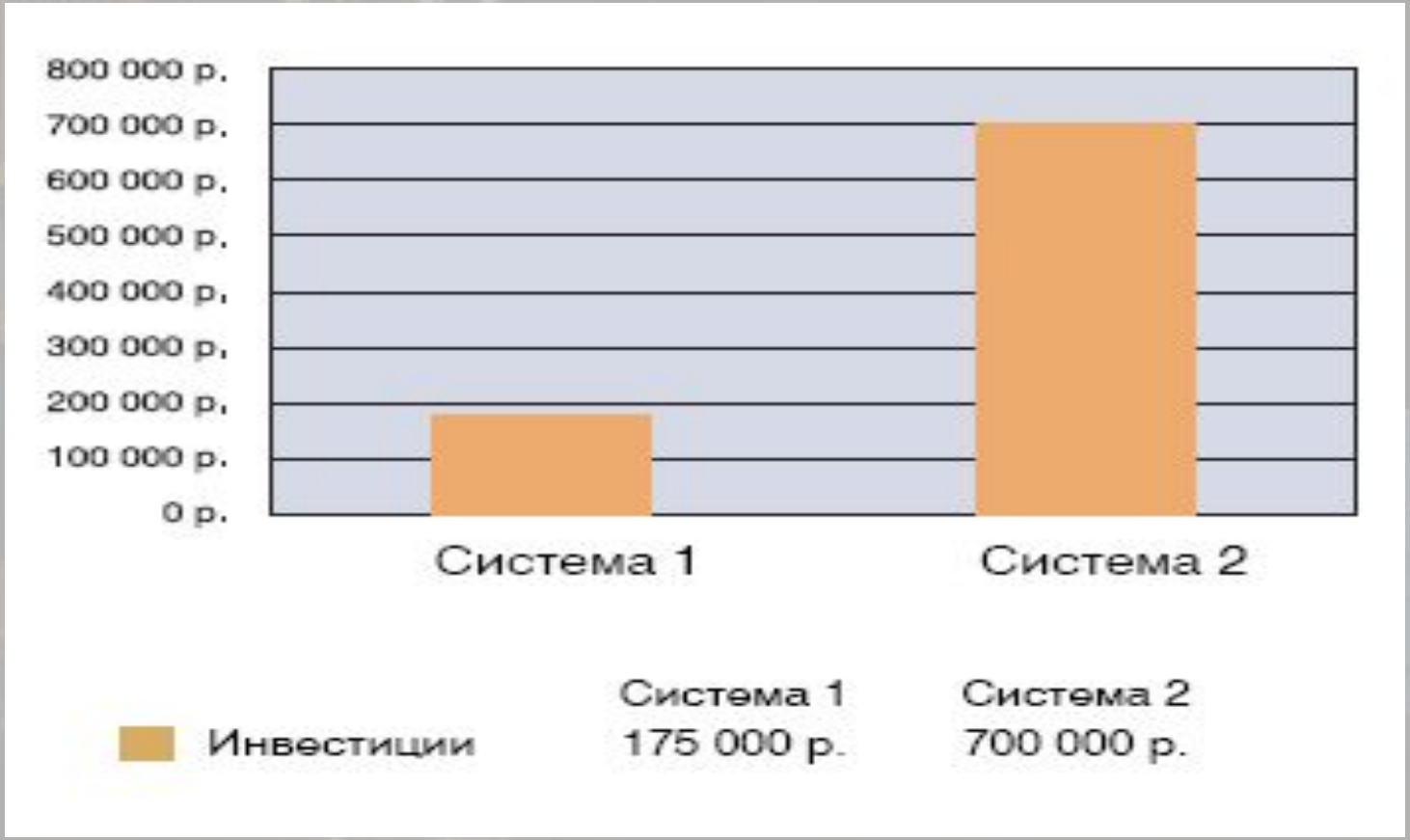
Таблица перевода единиц измерения давления

	Паскаль (Н/м^2) Па	Бар бар	Метры водяного столба м H_2O	Техническая атмосфера (кгс/см^2) ат	Стандартная атмосфера атм	Тор (0°С) мм ртутного столба	Фунт-сила на квадратный дюйм (фунт/дюйм^2)
1 Па	1	10^{-5}	$1.020\ 10^{-4}$	$1.020\ 10^{-5}$	$9.869\ 10^{-4}$	$7.500\ 10^{-3}$	$1.450\ 10^{-4}$
1 бар	10^{5}	1	10.2	1.020	0.9869	750	14.5
1 м H_2O	9806.7	0.09807	1	0.1	0.09678	73.55	1.422
1 ат	98,066	0.9807	10	1	0.9678	735.5	14.22
1 атм	101,325	1.013	10.33	1.033	1	760	14.70
1 мм Hg	133.32	$1.333\ 10^{-3}$	0.01360	$1.360\ 10^{-3}$	$1.316\ 10^{-3}$	1	$1.934\ 10^{-3}$
1 фунт / кв.дюйм	6895	0.06895	0.7031	0.07031	0.06804	51.71	1

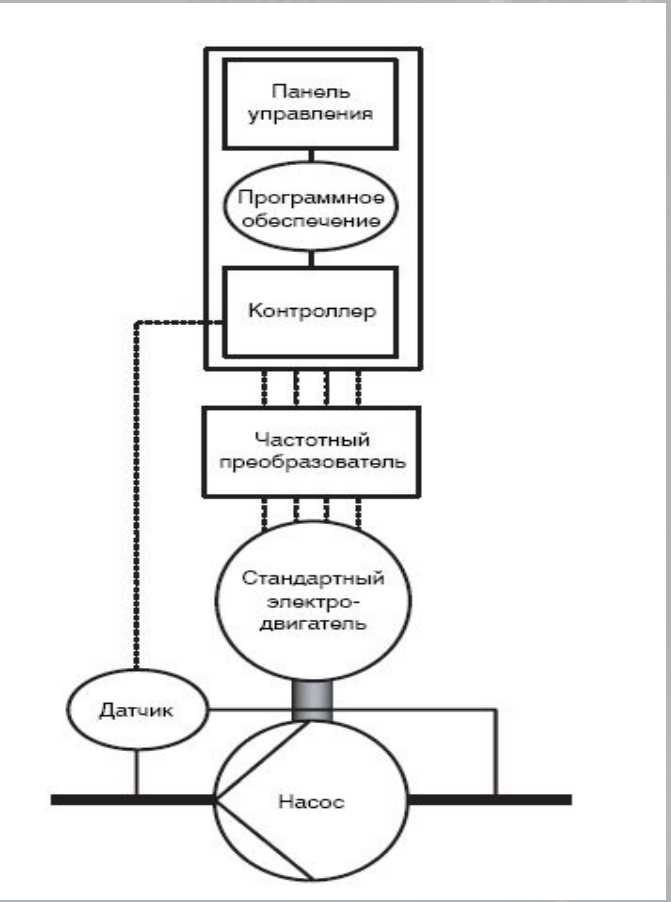
Насосный рынок в объемах продаж, млрд. долларов США



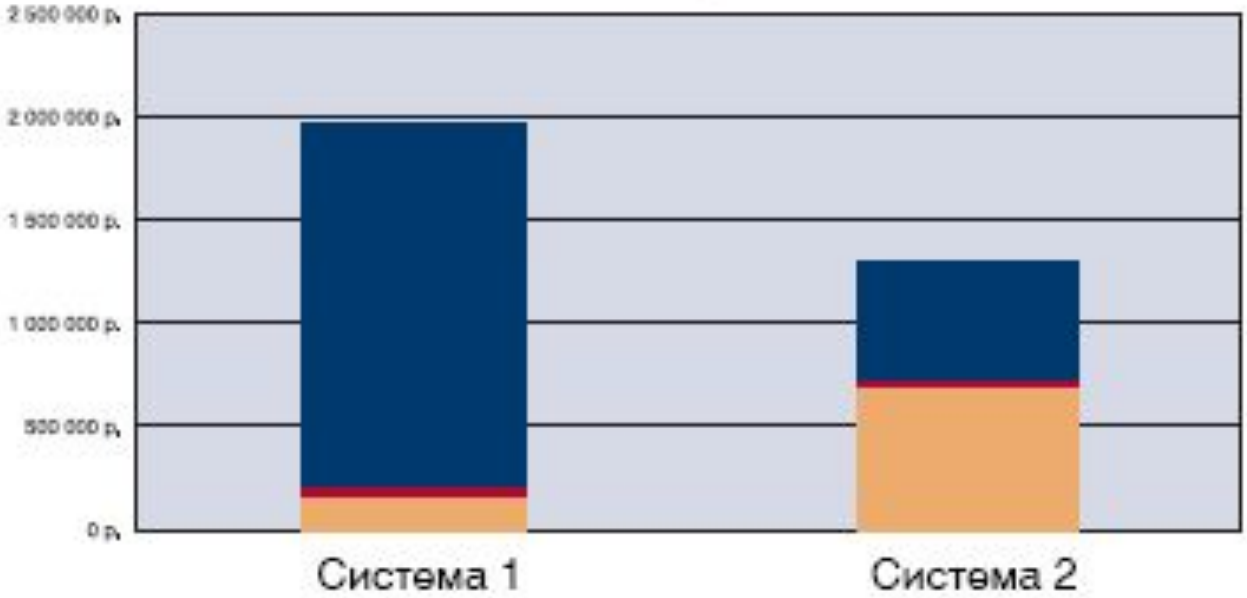
Затраты на инвестиции для системы с нерегулируемым (система 1) и регулируемым (система 2) насосом



Встроенные в регулируемые насосы компоненты уменьшают затраты на монтаж и пуско-наладочные работы



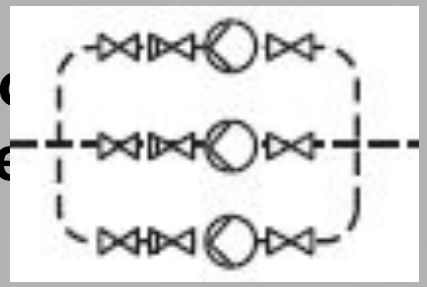
Стоимость жизненного цикла 20 лет эксплуатации



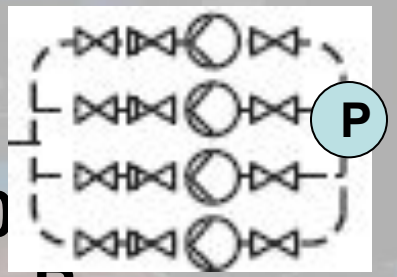
	Система 1	Система 2
Затраты на электроэнергию	1 750 000 р.	560 000 р.
Затраты на обслуживание	35 000 р.	35 000 р.
Инвестиции	175 000 р.	700 000 р.

Пример расчета

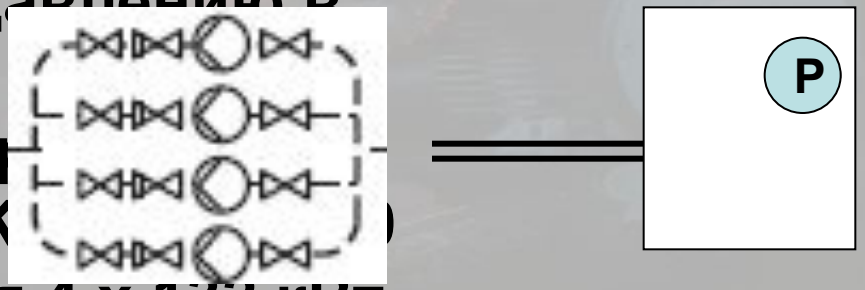
- **Расчетный расход 1250 м3/ч, напор 45 м**



- **Вариант 1 : 2 рабочих и 1 резервный насо**
- **NK 250-400/409. Мощность электродвигате кВт**
- **Регулирование режима подачи**
- **пуском и остановкой насосов**

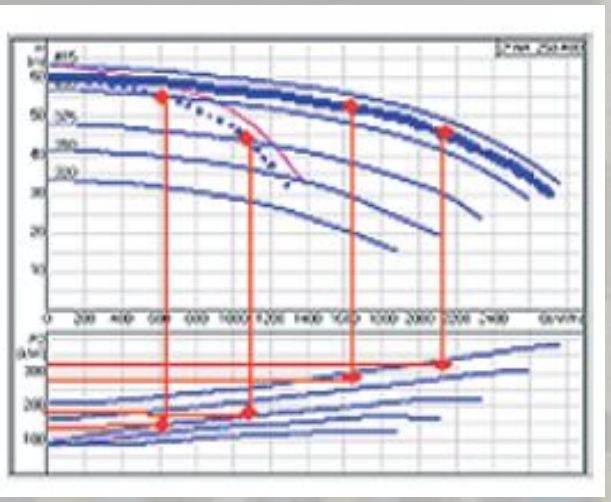


- **Вариант 2 : 3 рабочих и 1 резервный**
- **регулируемые насосы 4 x NK 200-400**
- **Мощность электродвигателя 4 x 132 кВт**
- **Регулирование насосов по давлению в**
- **насосной станции**



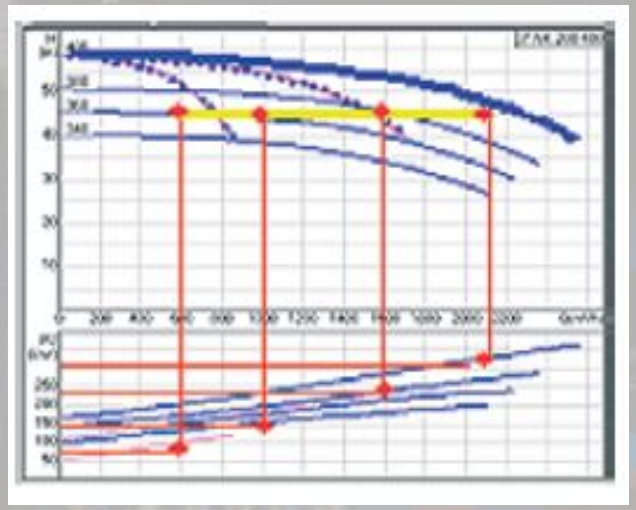
- **Вариант : 3 рабочих и 1 резер**
- **регулируемые насосы 4 x NK**
- **Мощность электродвигателя 4 x 132 кВт**
- **Регулирование насосов по**
- **пропорциональному давлению**
- **в диктующей точке**

Вариант 1



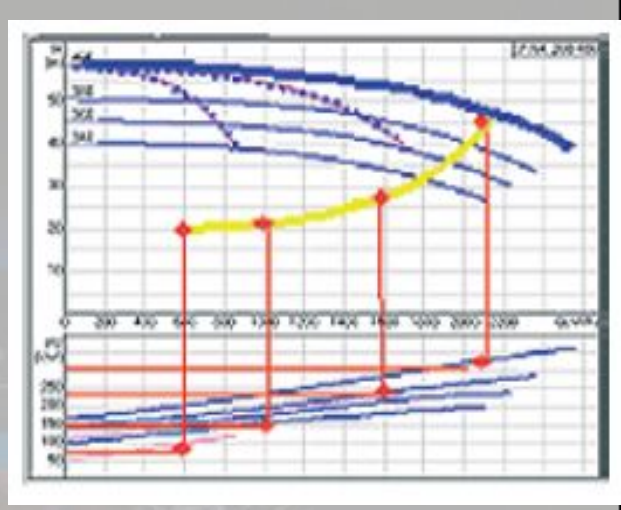
Расход в системе, %	Время, ч	Потребляемая мощность, кВт	Энерго-потребление, кВт ч
100	438	342	149 796
75	876	308	269 808
50	3 066	187	573 342
25	4 380	164	718 320
Итого	8 760	Итого	1 711 266

Вариант 2



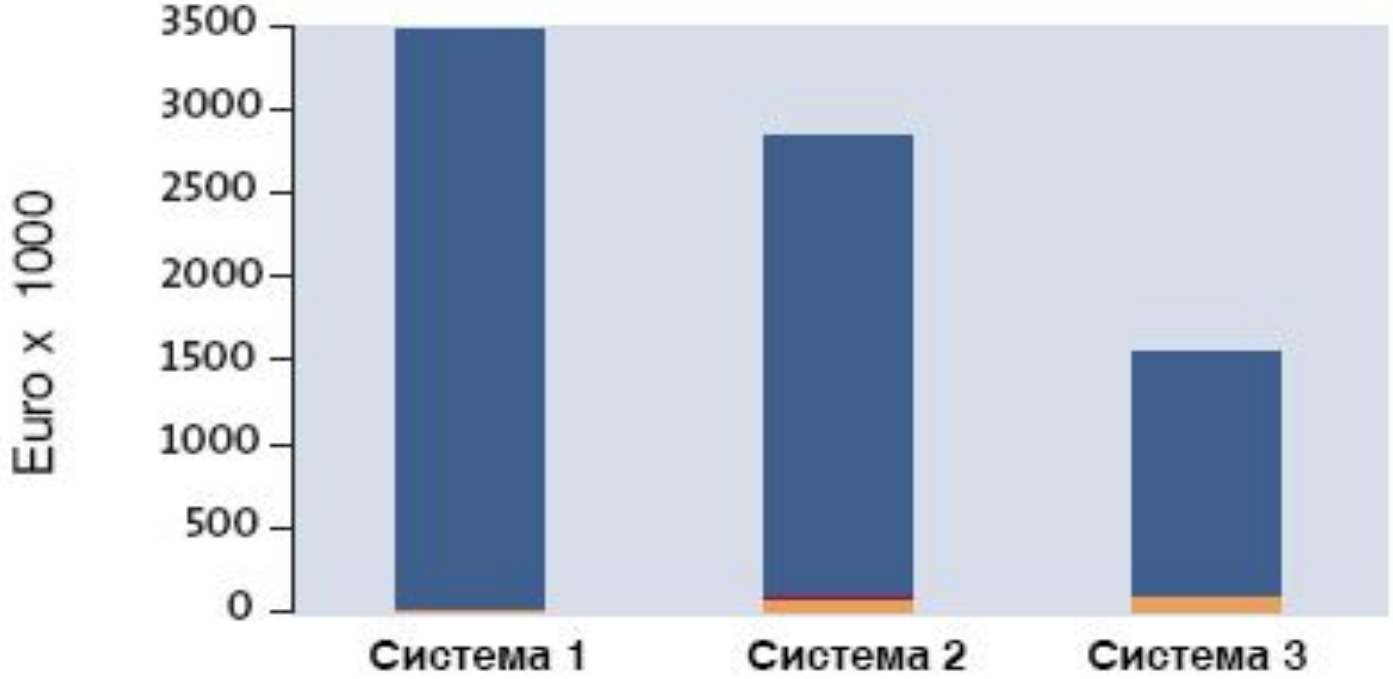
Расход в системе, %	Время, ч	Потребляемая мощность, кВт	Энерго-потребление, кВт ч
100	438	349	152 862
75	876	260	227 760
50	3 066	178	545 748
25	4 380	100	438 000
Итого	8 760	Итого	1 364 370

Вариант 3



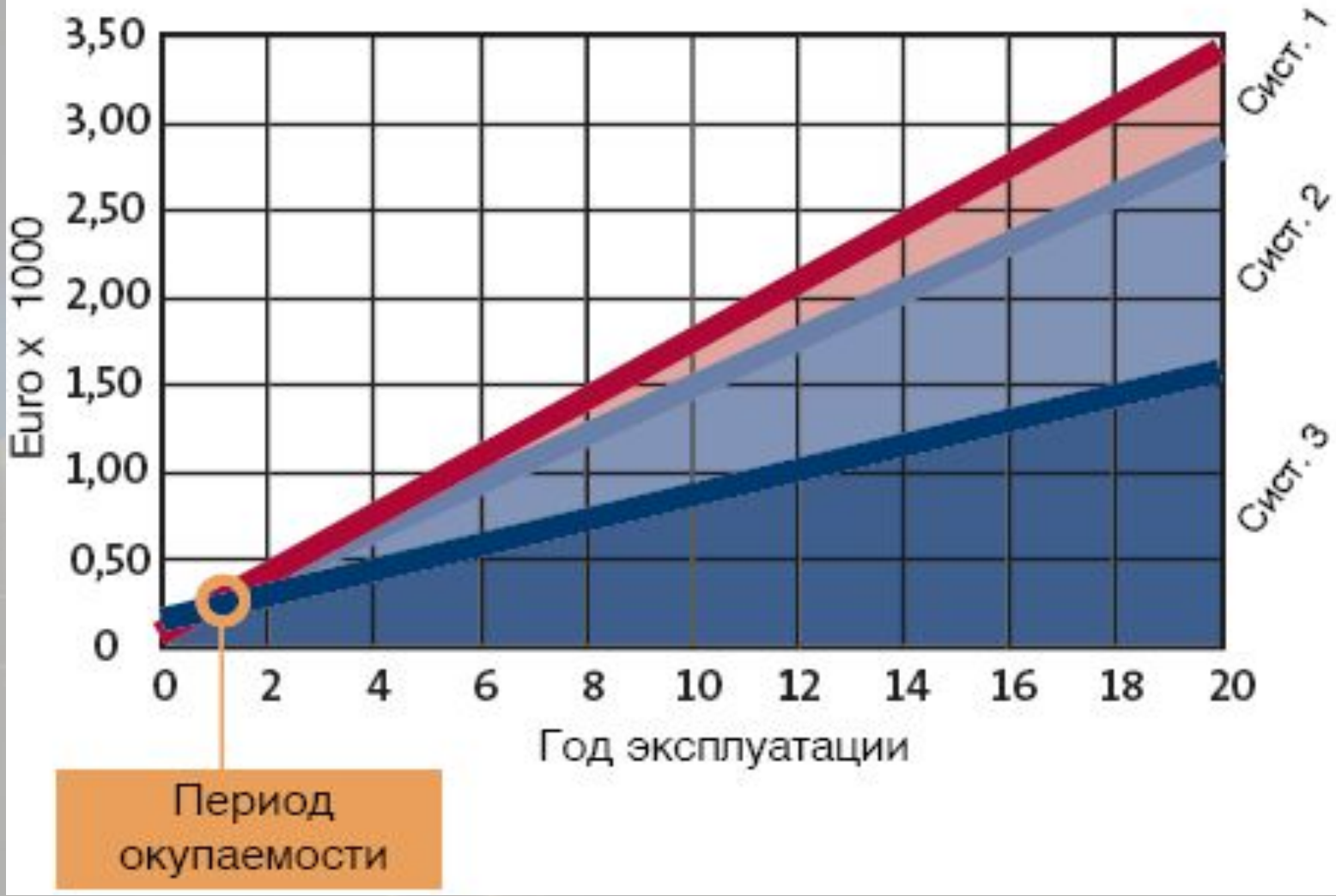
Расход в системе, %	Время, ч	Потребляемая мощность, кВт	Энерго-потребление, кВт ч
100	438	349	152 862
75	876	135	118 260
50	3 066	79	242 214
25	4 380	47	205 860
Итого	8 760	Итого	719 196

Стоимость жизненного цикла
20 лет эксплуатации



	Система 1	Система 2	Система 3
Затраты на электроэнергию	3 422	2 720	1 438
Затраты на обслуживание	5	5	5
Инвестиции	40	100	105

Обзор периода окупаемости



Life cycle cost

Initial investment cost	40000	EUR
Installation and commissioning cost	1000	EUR
Energy cost	12713	EUR /Year
Energy consumption	423780	кВт ч /Year
Operating cost	500	EUR /Year
Maintenance cost	400	EUR /Year
Downtime and loss of production cost	0	EUR /Year
Environmental cost	0	EUR
Decommisioning and disposal cost	200	EUR
n - Life in years	15	Years
i - Interest rate	10	%
p - Inflation rate	3	%
Net present LCC-value	166715	EUR /15 Years
of which present energy cost is	117217	EUR /15 Years
and maintenance cost is	3688	EUR /15 Years
of which present energy cost is	70.3	%
and maintenance cost is	2.2	%

Life cycle cost

Initial investment cost	80000	EUR
Installation and commissioning cost	1000	EUR
Energy cost	8254	EUR /Year
Energy consumption	275140	кВт ч /Year
Operating cost	500	EUR /Year
Maintenance cost	400	EUR /Year
Downtime and loss of production cost	0	EUR /Year
Environmental cost	0	EUR
Decommisioning and disposal cost	200	EUR
n - Life in years	15	Years
i - Interest rate	10	%
p - Inflation rate	3	%
Net present LCC-value	165600	EUR /15 Years
of which present energy cost is	76102	EUR /15 Years
and maintenance cost is	3688	EUR /15 Years
of which present energy cost is	46.0	%
and maintenance cost is	2.2	%

Type	TP 200-620/4	
Supply	380-415 D/660-690 Y V	
Quantity * Motor	3 * 110 кВт	
Flow	1290	м3/ч (+3 %)
H total	45.9	м
Power P1	202	кВт
Power P2	192	кВт
Eta pump	84.3	%
Eta motor	95.0	%
Eta pump+motor	80.1	% =Eta pump * Eta motor
Flow total	1396880	m3/год
Flow per pump	646	м3/ч
Nom. pressure	25	бар
Inlet pressure	0	бар .. 18.9 бар (against atmosphere)
Connection min.	1234	v < 0.5 м/с(0.15 м/с)
Spec. energy consumption	6.74	Вт ч/м3/м
	0.3034	кВт ч /м3
Energy consumption	423780	кВт ч/Year
Price	40000	EUR
Energy cost	12713	EUR /Year
Life cycle cost	166715	EUR /15 Years

Note: Не включает контроллер потребления!

Load profile

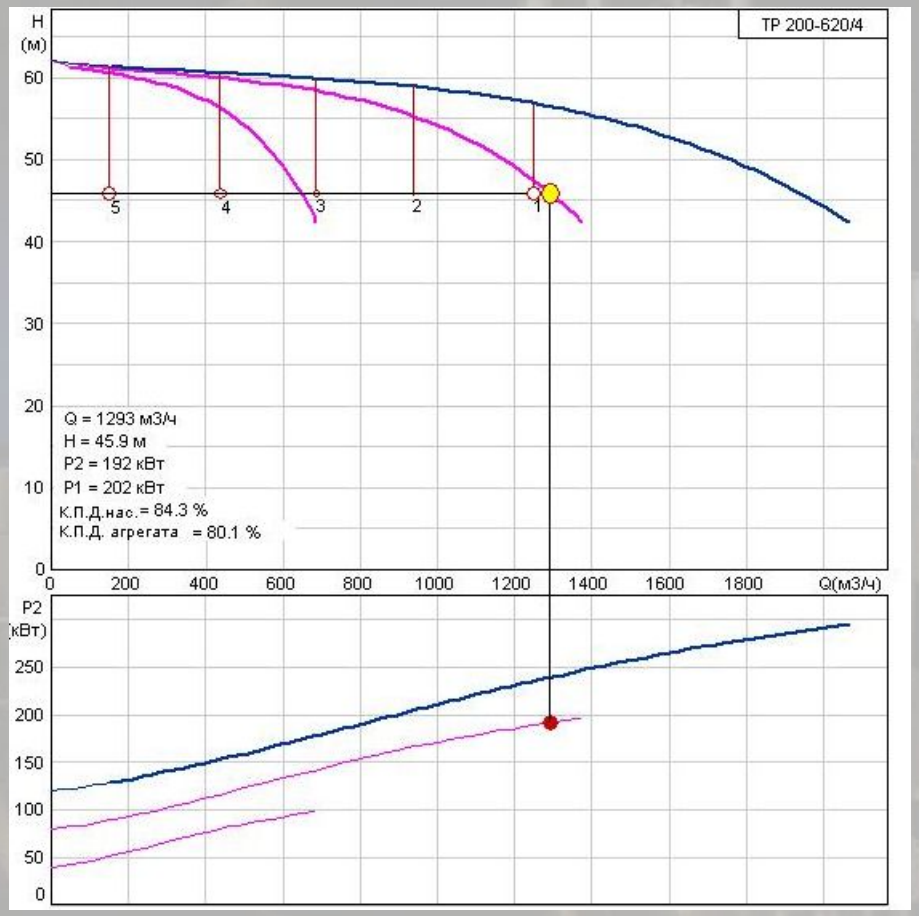
	1	2	3	4	5	
Flow	100	75	55	35	12	%
Head	100	100	100	100	100	%
Time	150	300	450	900	1500	h/Year
Energy consumption	30270	60540	90810	90810	151351	kWh/Year
Quantity	2	2	2	1	1	

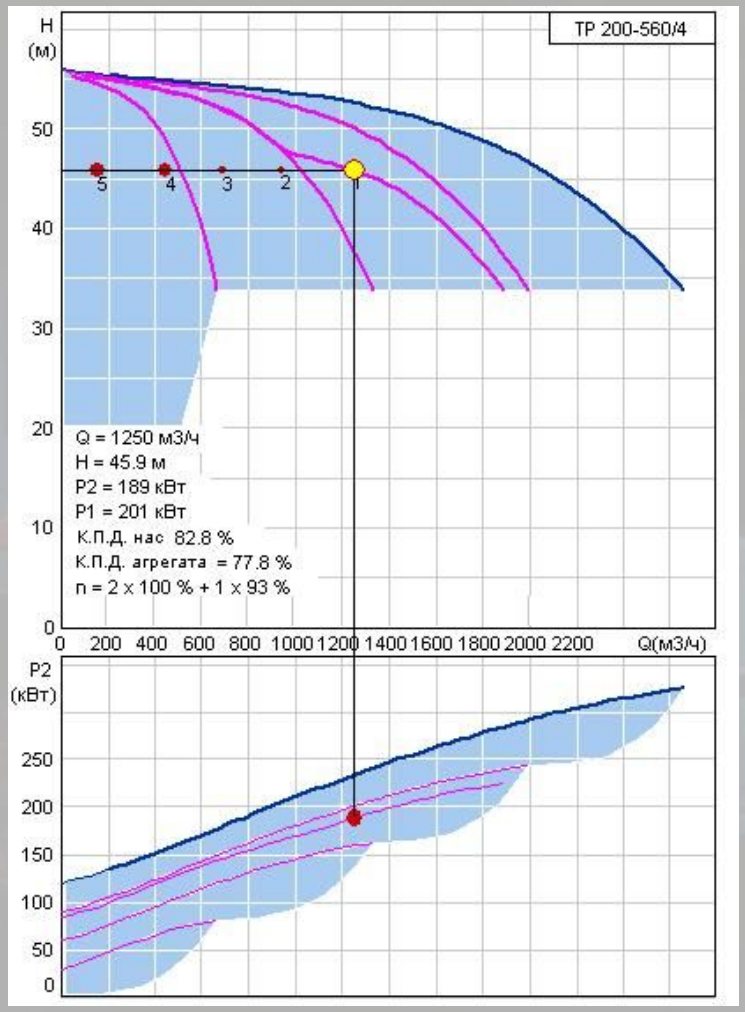
Type	TP 200-560/4	
Supply	380-415 D/660-690 Y V	
Quantity * Motor	4 * 90 кВт Регулируемая частота вращения	
Flow	1250	м3/ч (max. +23 %)
H total	45.9	м
Power P1	201	кВт
Power P2	189	кВт
Eta pump	82.8	%
Eta motor	94.0	%
Eta pump+motor	77.8	% =Eta pump * Eta motor
Flow total	1396880	m3/год
Flow per pump	313	м3/ч
Nom. pressure	25	бар
Inlet pressure	0	бар .. 19.5 бар (against atmosphere)
Connection min.	1099	v < 0.5 м/с(0.15 м/с)
Spec. energy consumption	4.37	Вт ч/м3/м
	0.197	кВт ч /м3
Energy consumption	275140	кВт ч/Year
Price	80000	EUR
Energy cost	8254	EUR /Year
Life cycle cost	165600	EUR /15 Years

Note: Не включает контроллер потребления!

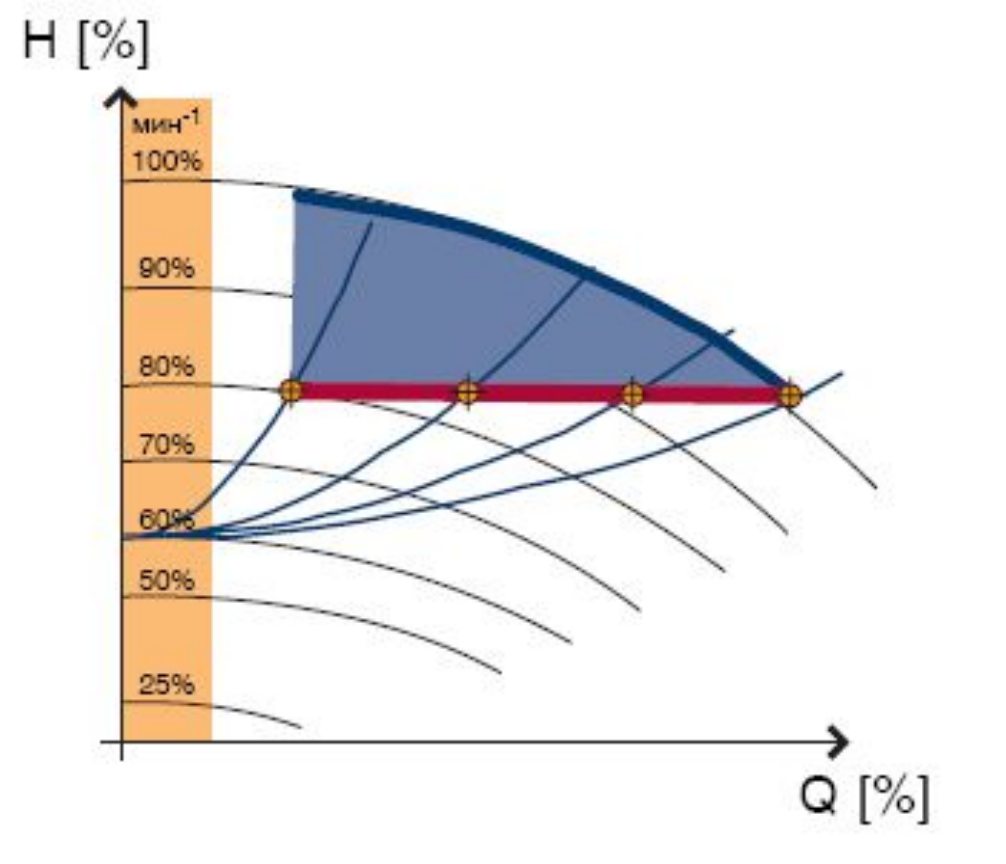
Load profile

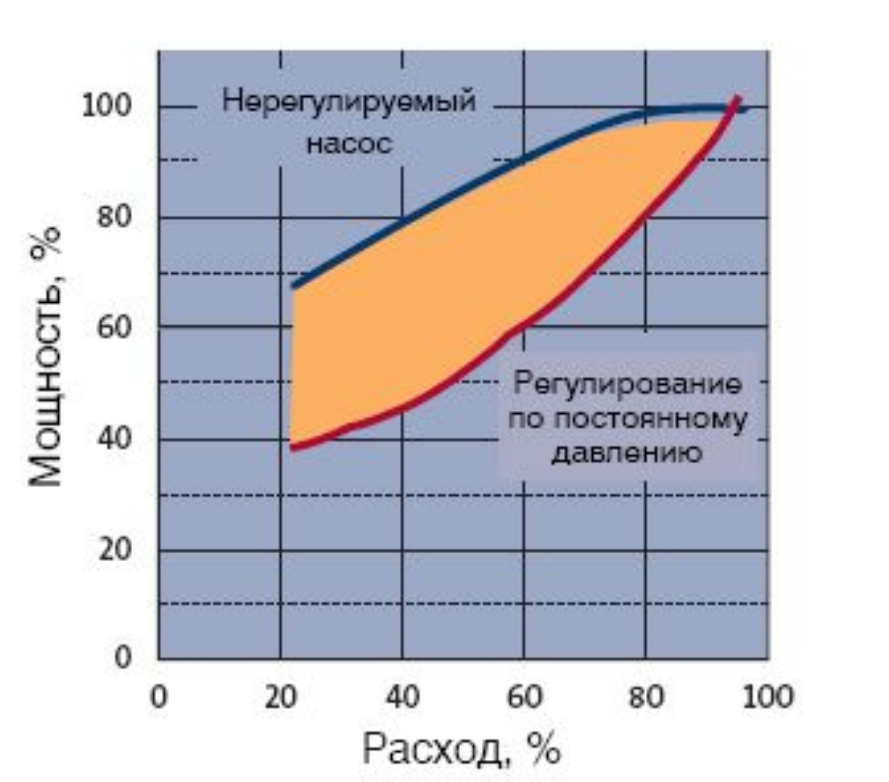
	1	2	3	4	5	
Flow	100	75	55	35	12	%
Head	100	100	100	100	100	%
Time	150	300	450	900	1500	h/Year
Energy consumption	33427	47562	59653	67178	67315	kWh/Year
Quantity	3	2	2	1	1	


TP 200-620/4
H
(м)
Q = 1293 м3/ч
H = 45.9 м
P2 = 192 кВт
P1 = 202 кВт
К.П.Д.нас.= 84.3 %
К.П.Д. агрегата = 80.1 %
Q(м3/ч)
P2
(кВт)

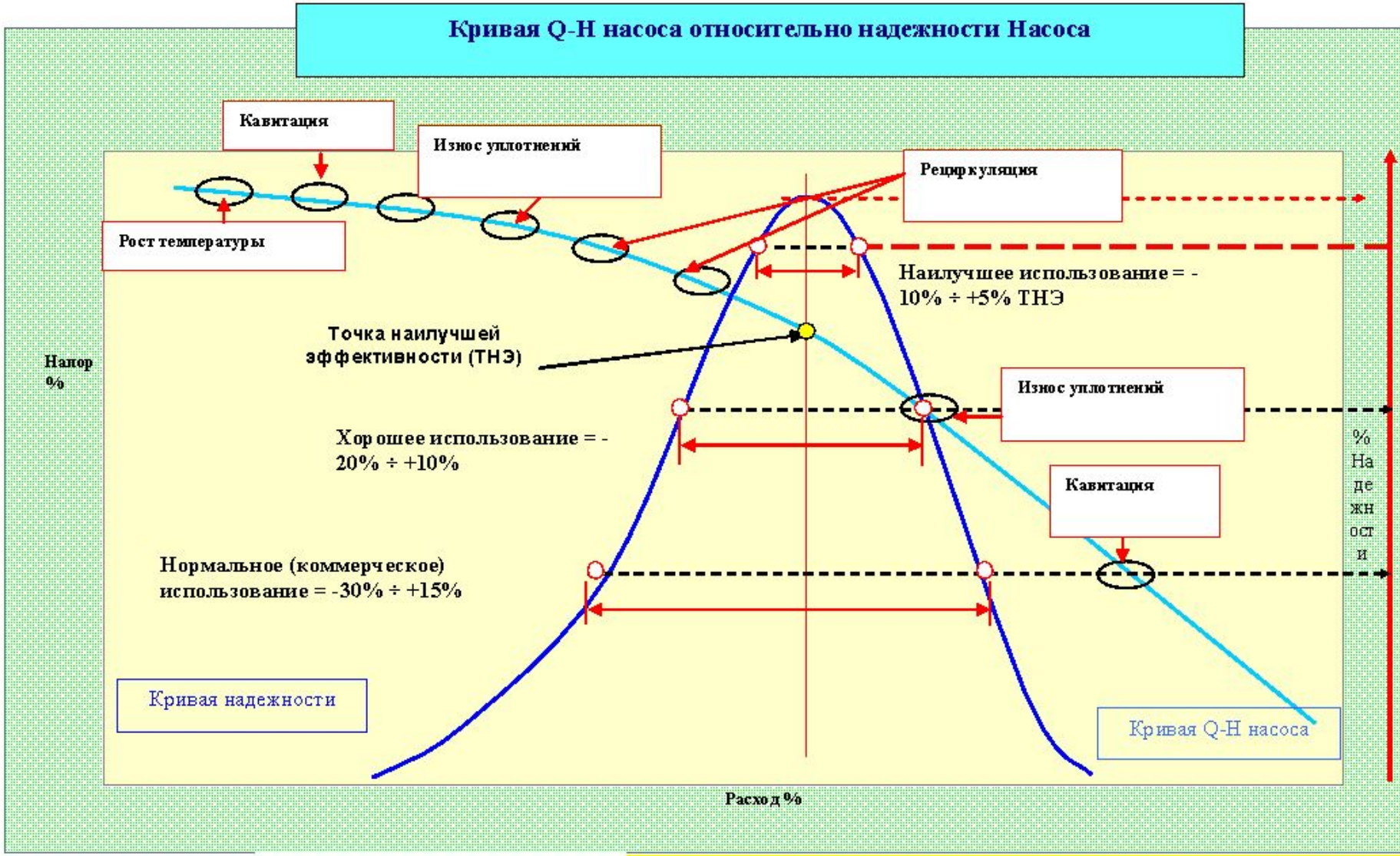

TP 200-560/4
H
(м)
Q = 1250 м3/ч
H = 45.9 м
P2 = 189 кВт
P1 = 201 кВт
К.П.Д. нас 82.8 %
К.П.Д. агрегата = 77.8 %
n = 2 x 100 % + 1 x 93 %
Q(м3/ч)
P2
(кВт)

Регулирование частоты вращения по постоянному давлению





ОПТИМИЗАЦИЯ НАСОСНЫХ СИСТЕМ



2004, Copyright 2004 by Barringer & Associates, Inc., Humble, TX 77347, USA