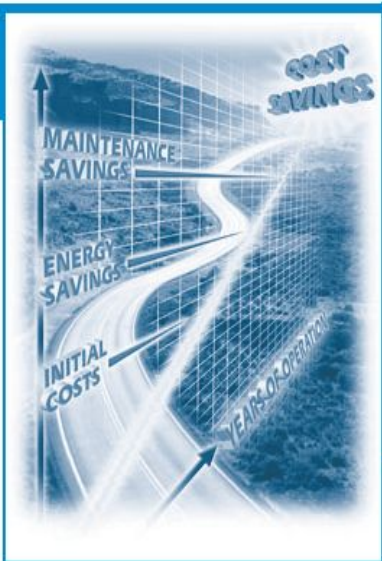


PUMP LIFE CYCLE COSTS:

A GUIDE TO
LCC ANALYSIS FOR PUMPING SYSTEMS

EXECUTIVE SUMMARY



Office of Industrial Technologies
Energy Efficiency and Renewable Energy
U.S. Department of Energy

Hydraulic Institute



Europump



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. Экономия**, 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 взаимосвязаны. 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



LCC = стоимость жизненного цикла

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d$$

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

С е – 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

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

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

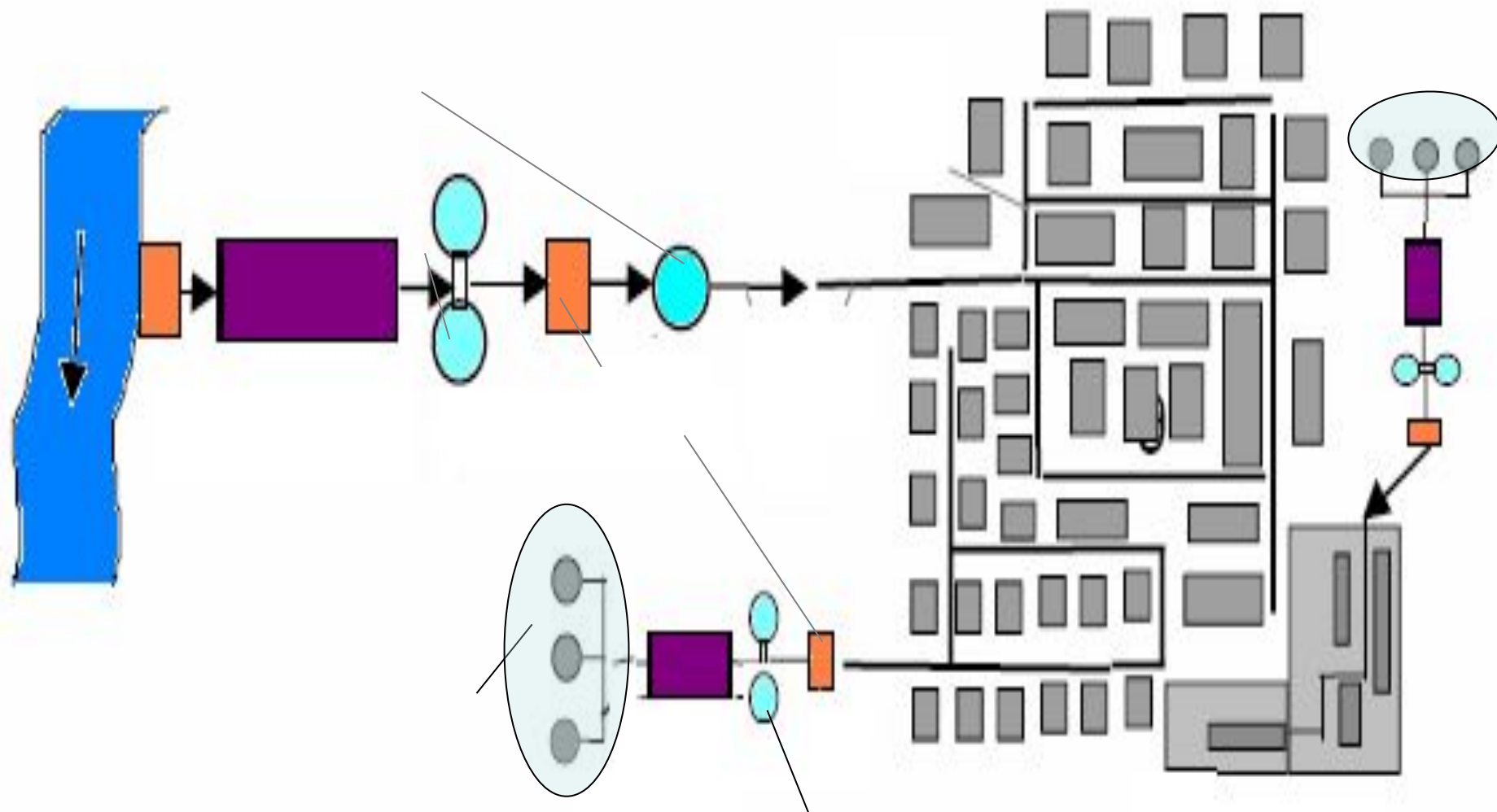
- **Правильное проектирование насосной системы является наиболее важным элементом минимизации стоимости жизненного цикла.**
- **Все насосные системы состоят из насоса, двигателя, установленных труб, средств контроля, и все эти элементы должны рассматриваться индивидуально**

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

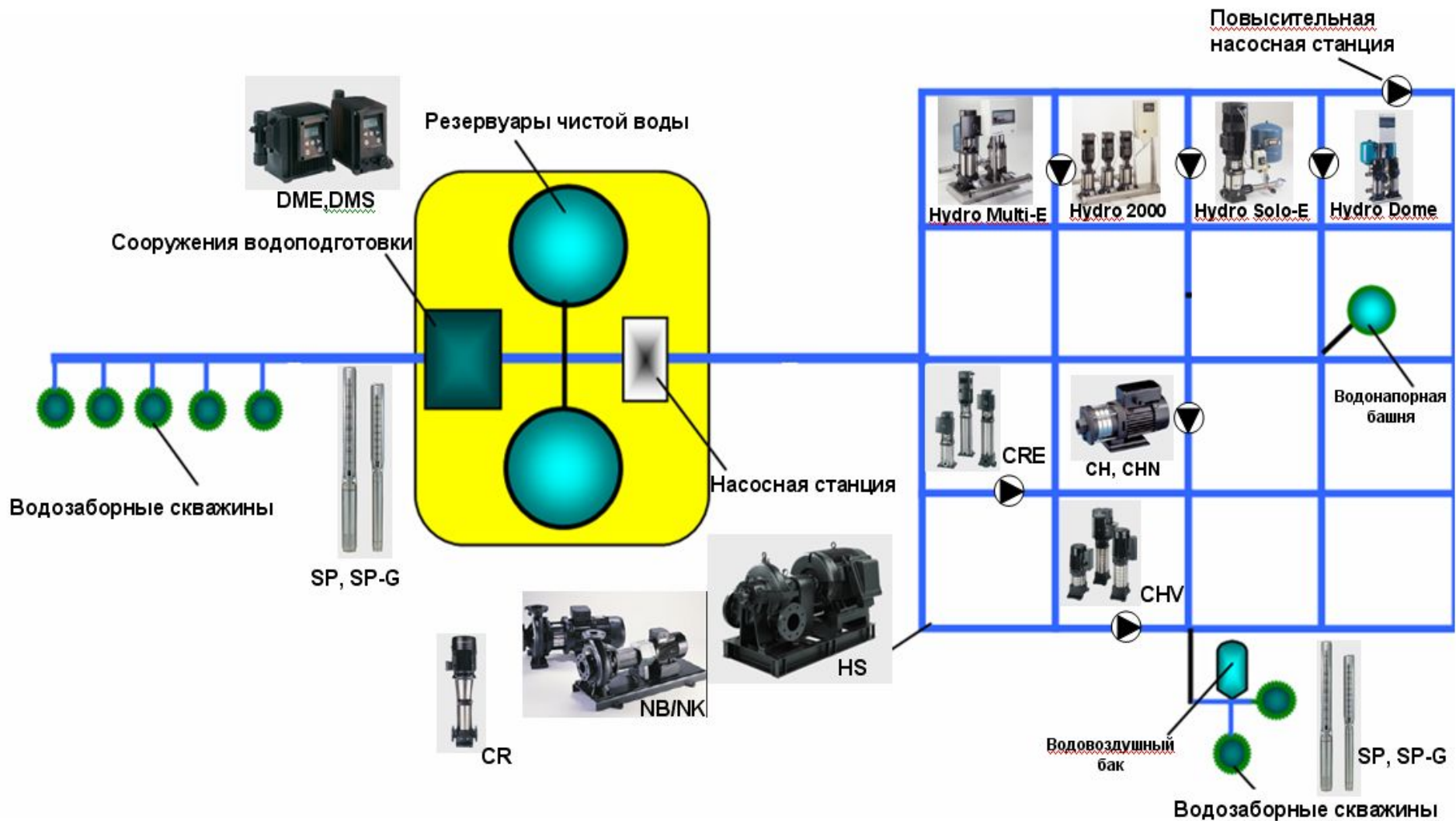
- Насосные системы потребляют около **20%** мировой электрической энергии и в конкретных промышленных процессах оно может составлять от **25%** до **90%** общего потребления



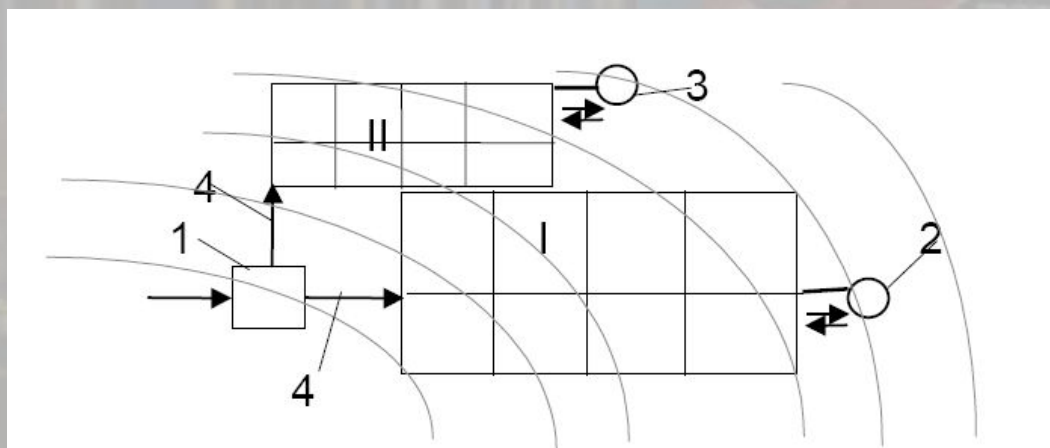
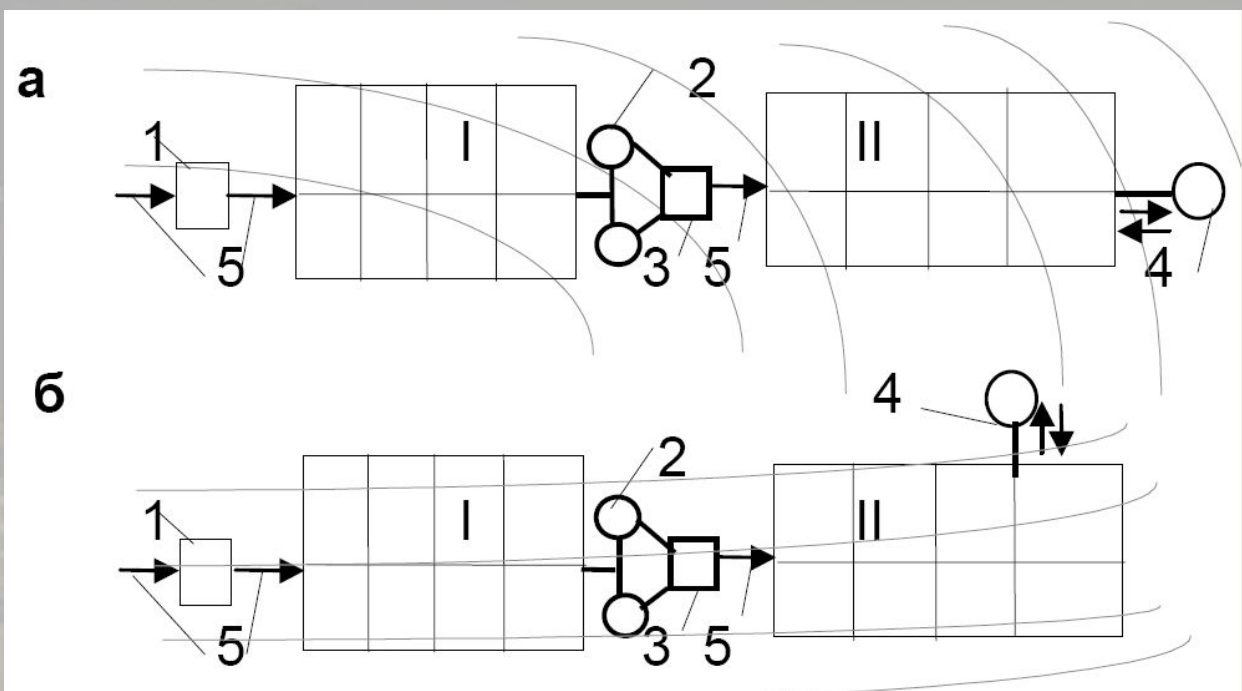
Системы водоснабжения

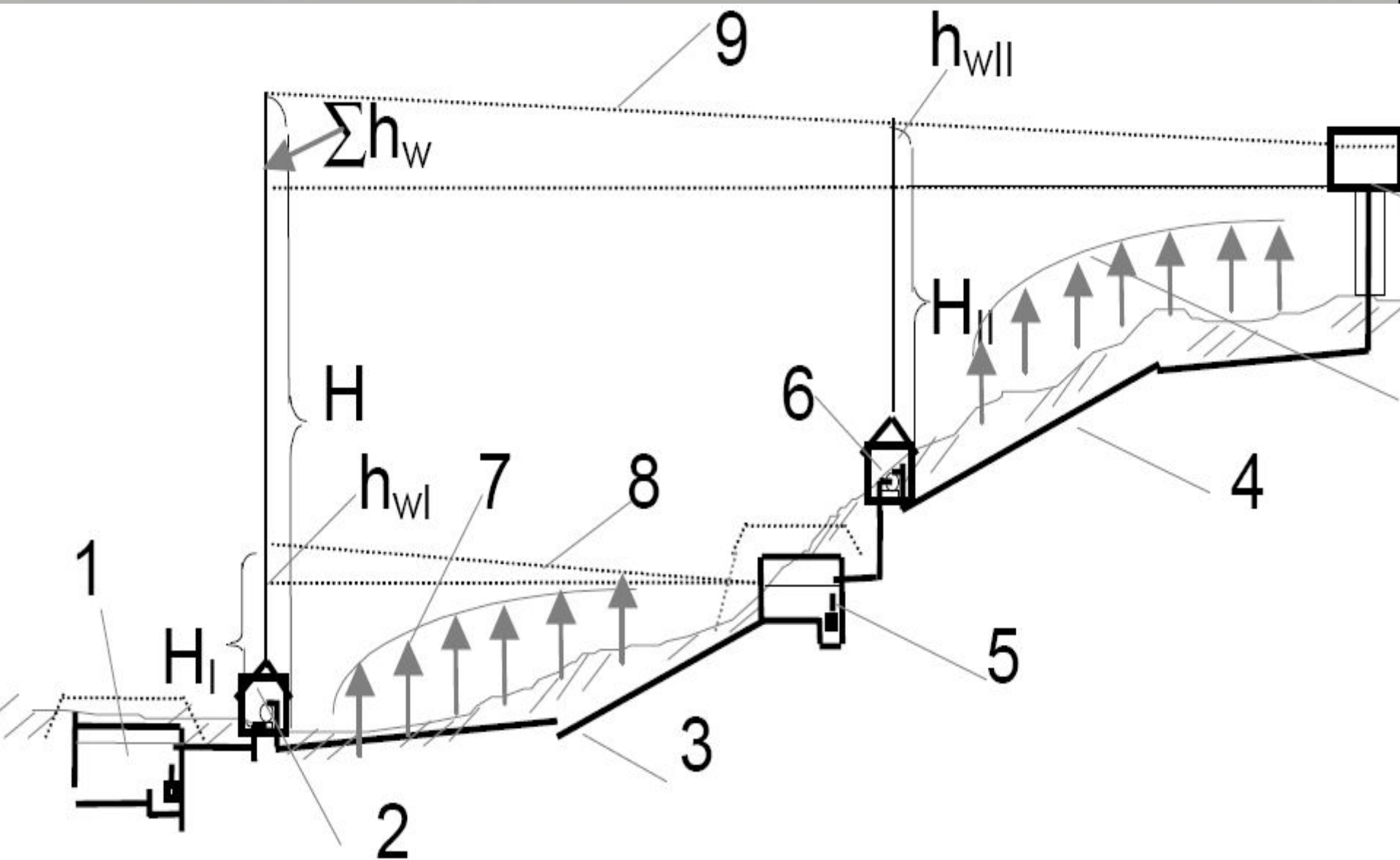


Система водоснабжения

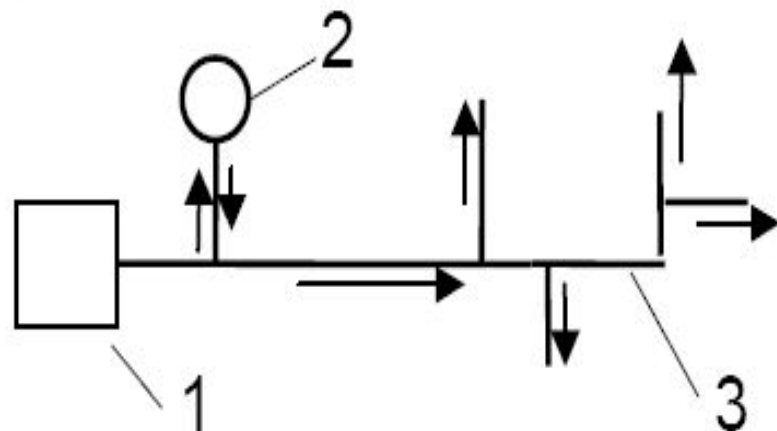


Системы водоснабжения

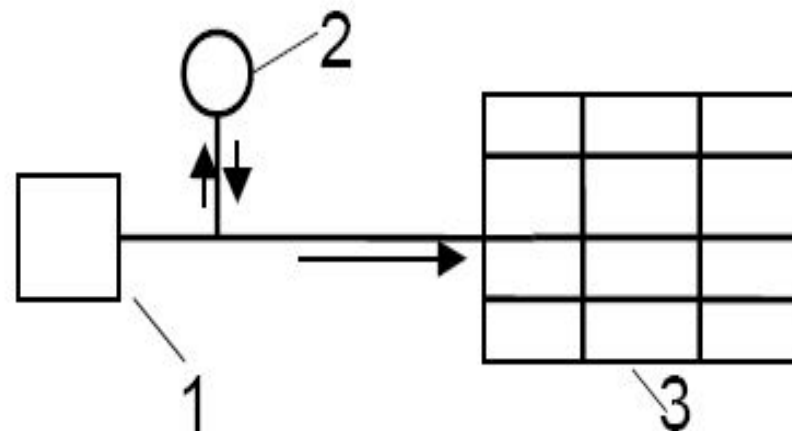




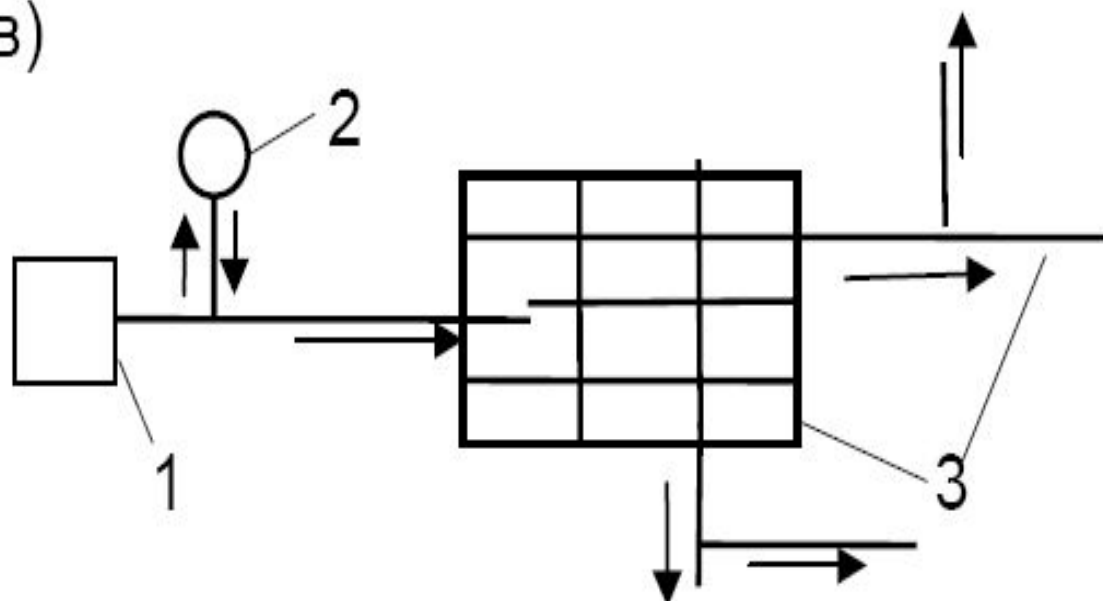
a)



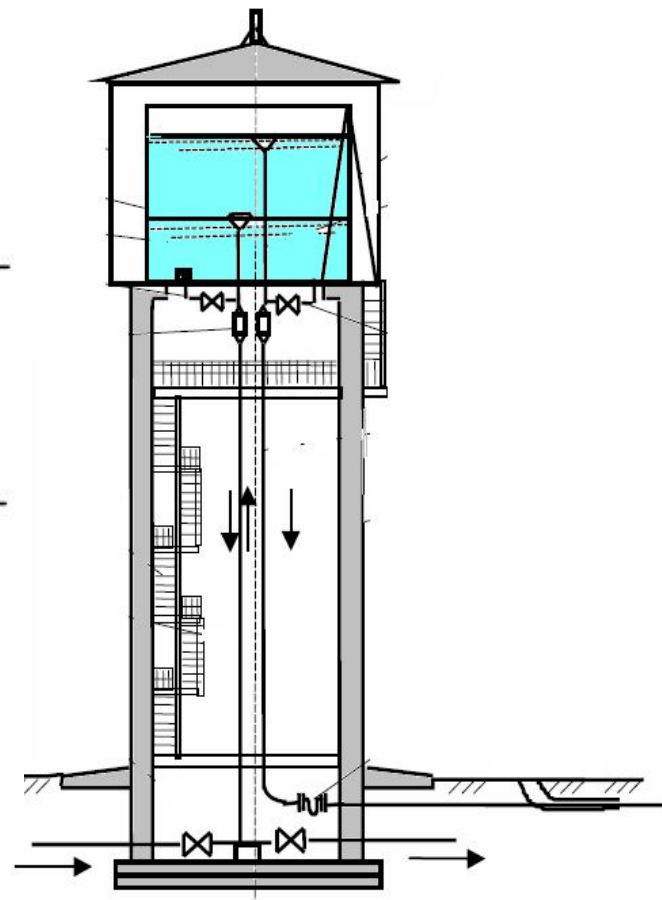
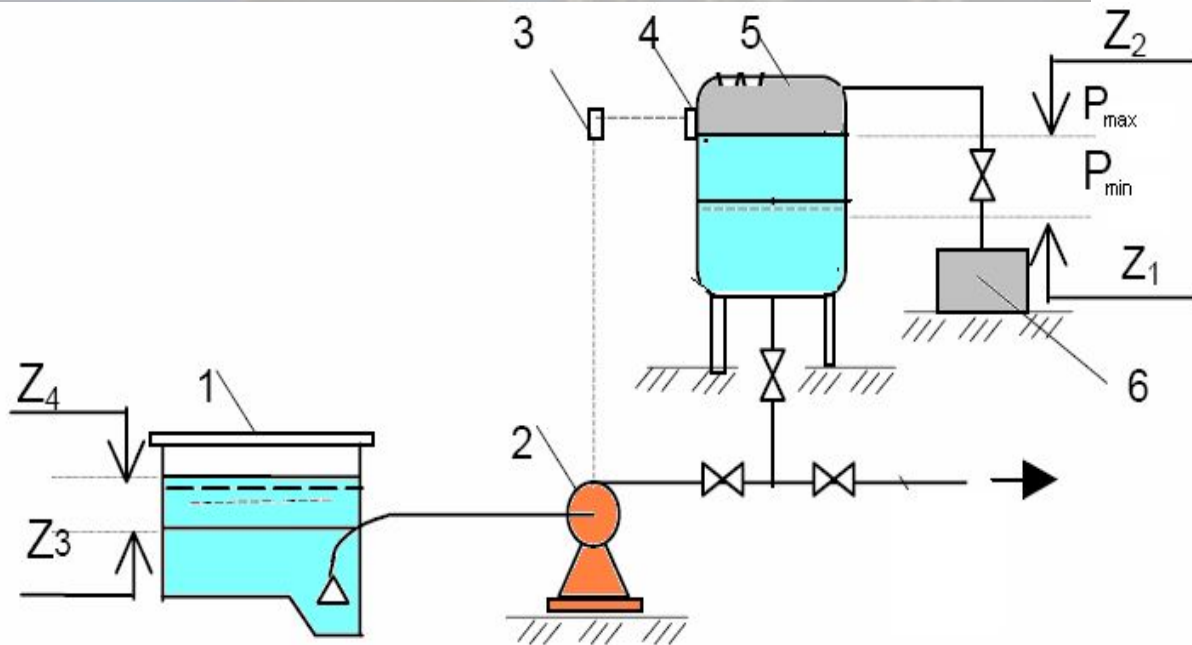
б)



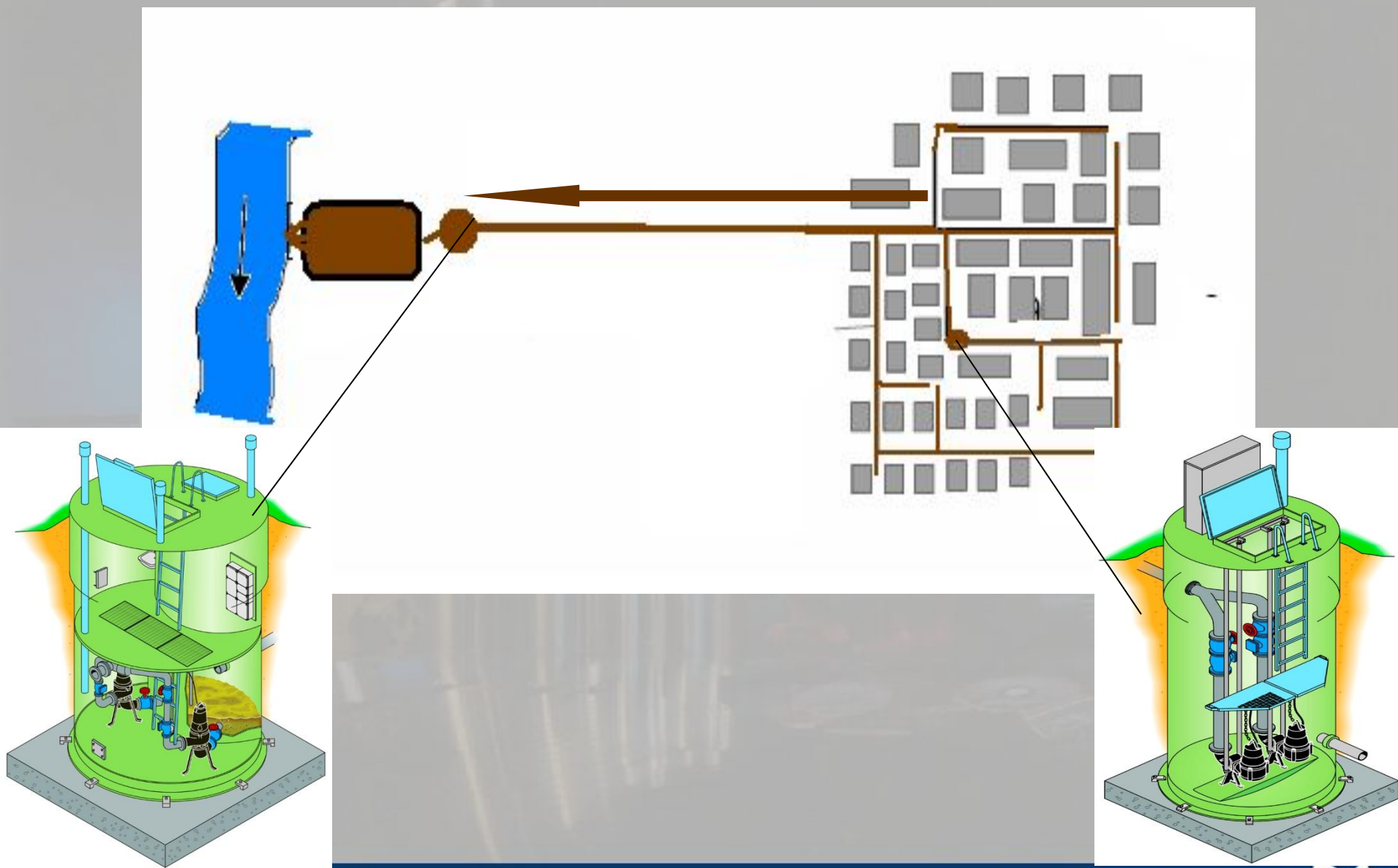
в)



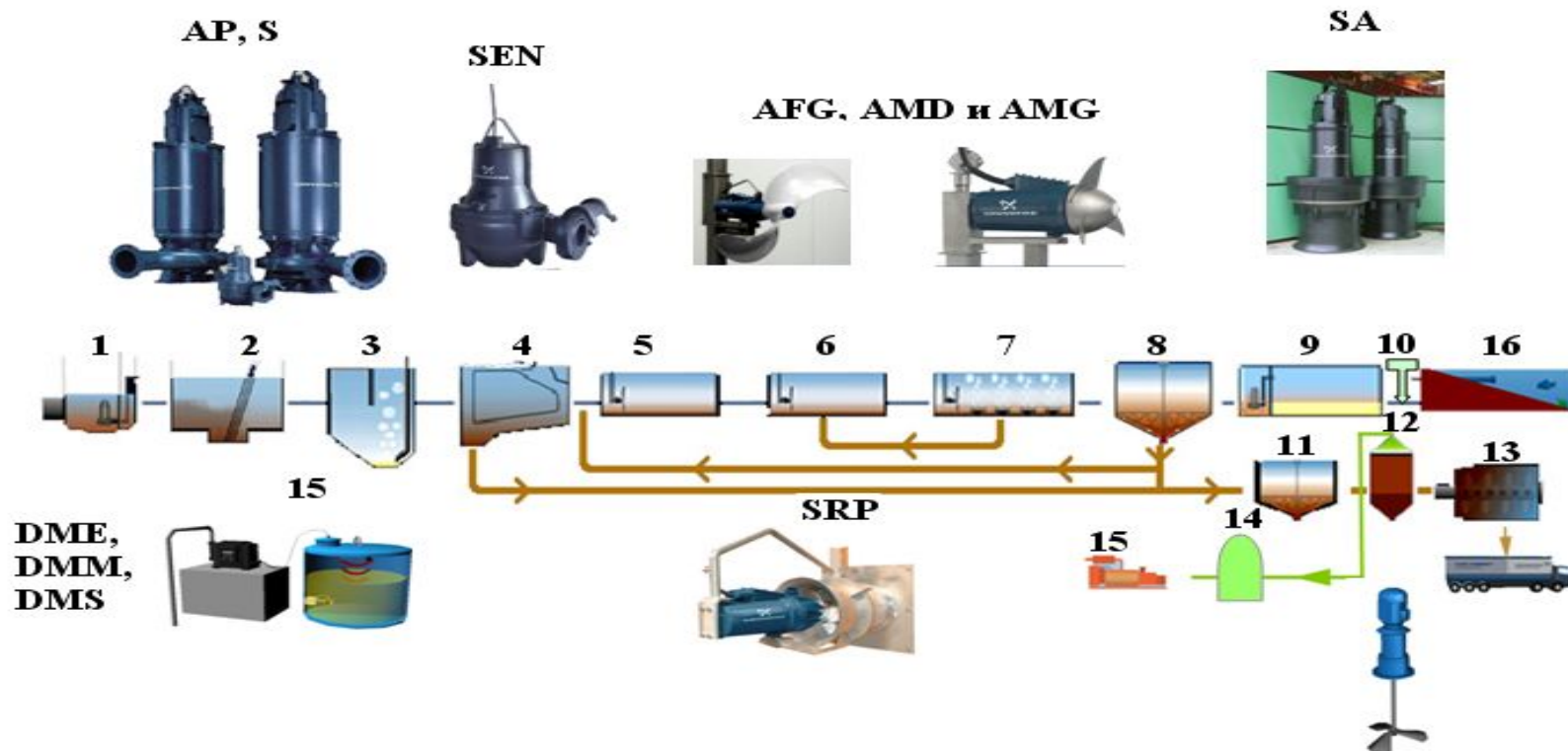
Системы водоснабжения



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

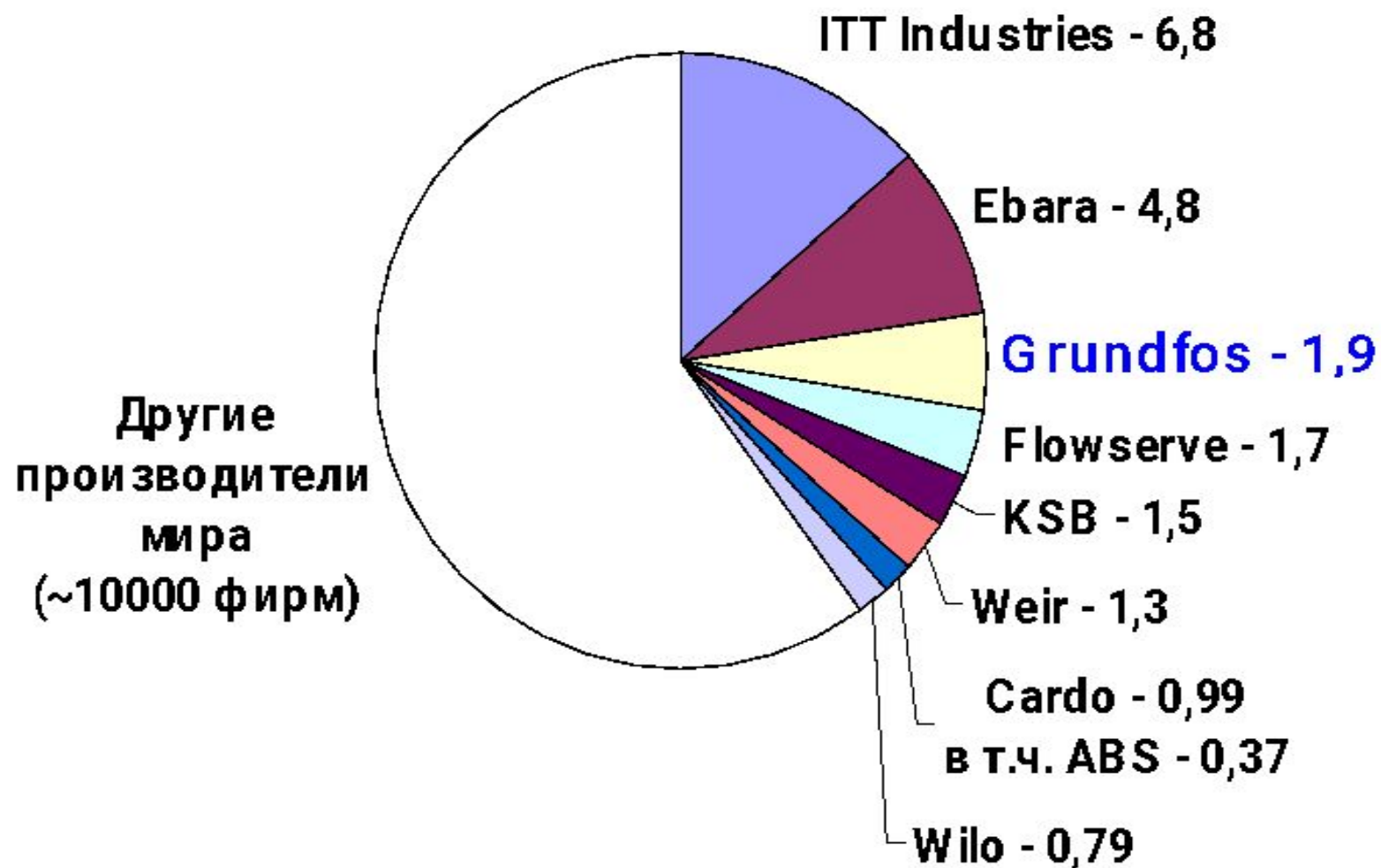
η_p – КПД насоса

η_m – КПД двигателя

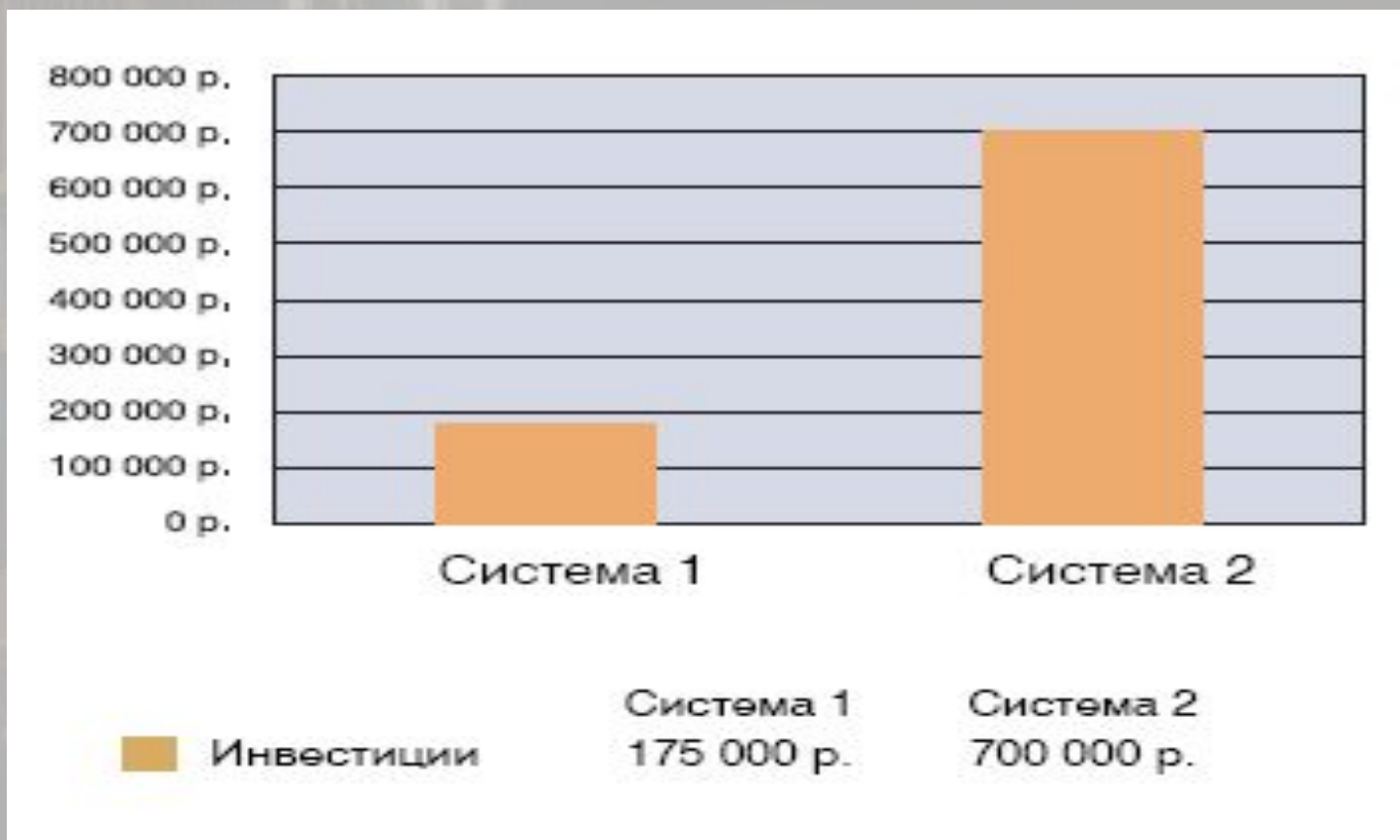
$s.g.$ – постоянная гравитации

Таблица перевода единиц измерения давления

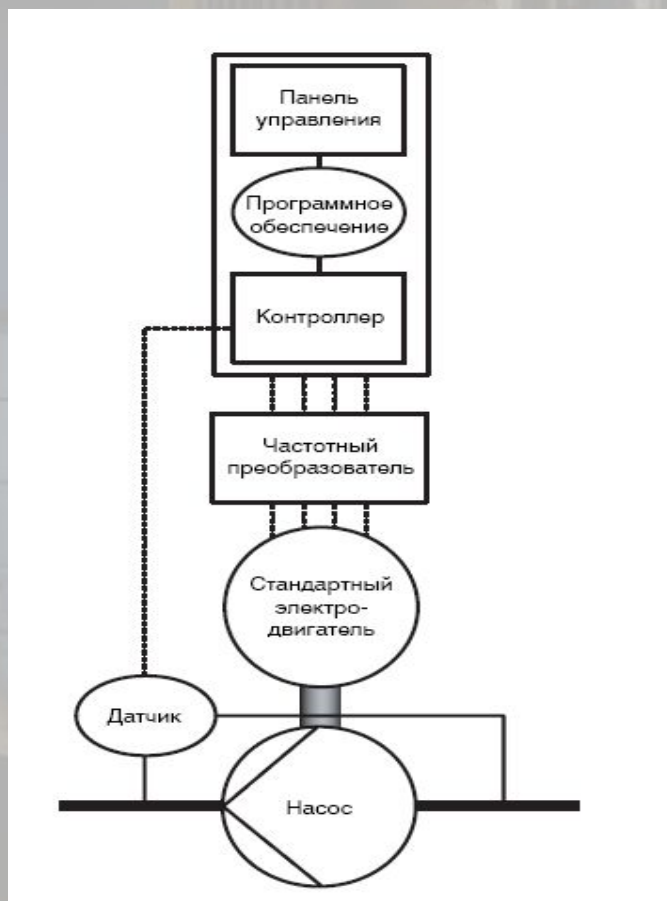
	Паскаль	Бар	Метры водяного столба	Техническая атмосфера	Стандартная атмосфера	Тор (0°С)	Фунт-сила на квадратный дюйм
	(Н/м²) Па	бар	м Н ₂ О	(кгс/см²) ат	атм	мм ртутного столба	(фунт/дюйм²)
1 Па	1	10 ⁻⁵	1.020 10 ⁻⁴	1.020 10 ⁻⁵	9.869 10 ⁻⁴	7.500 10 ⁻³	1.450 10 ⁻⁴
1 бар	10 ⁵	1	10.2	1.020	0.9869	750	14.5
1 м Н₂О	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 Нg	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



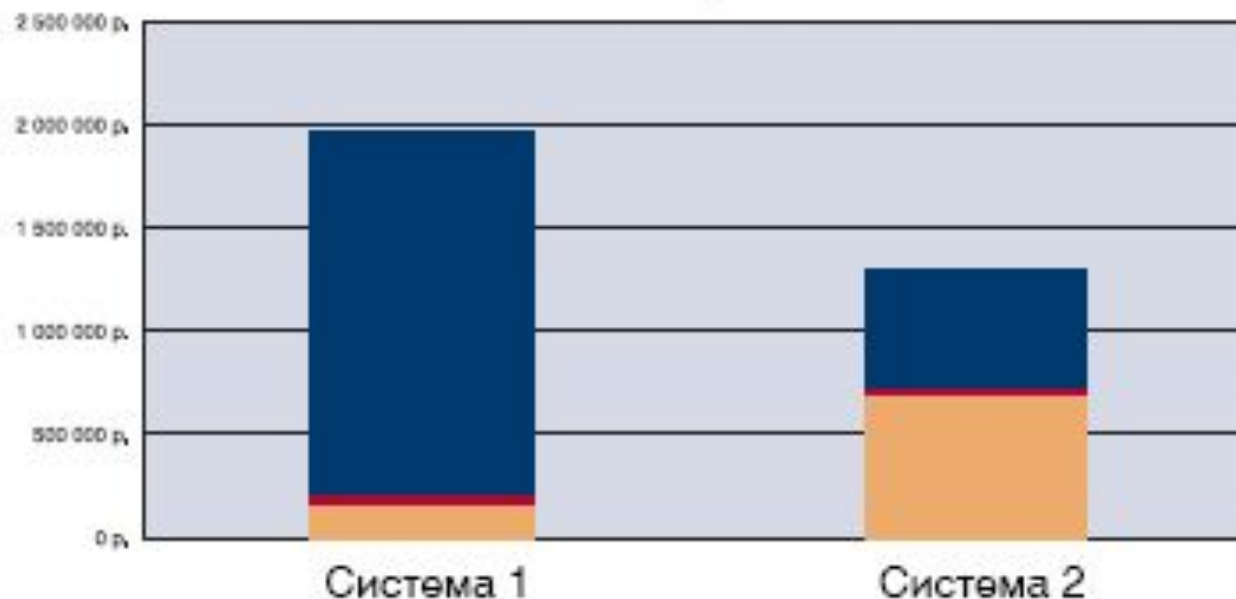
Затраты на инвестиции для системы с нерегулируемым (система 1) и регулируемым (система 2) насосом



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



Стоимость жизненного цикла 20 лет эксплуатации



- Затраты на электроэнергию
- Затраты на обслуживание
- Инвестиции

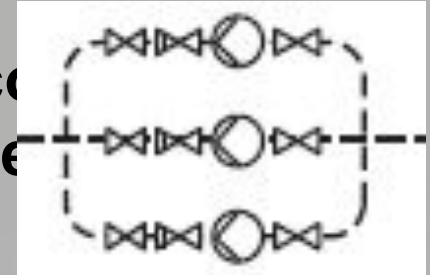
Система 1
1 750 000 p.
35 000 p.
175 000 p.

Система 2
560 000 p.
35 000 p.
700 000 p.

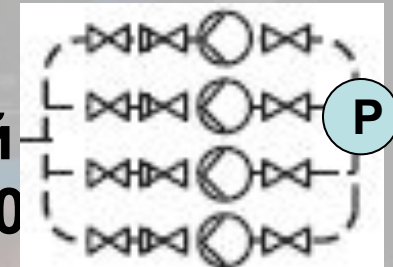
Пример расчета

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

- **Вариант 1** : 2 рабочих и 1 резервный насос
- NK 250-400/409. Мощность электродвигателя 132 кВт



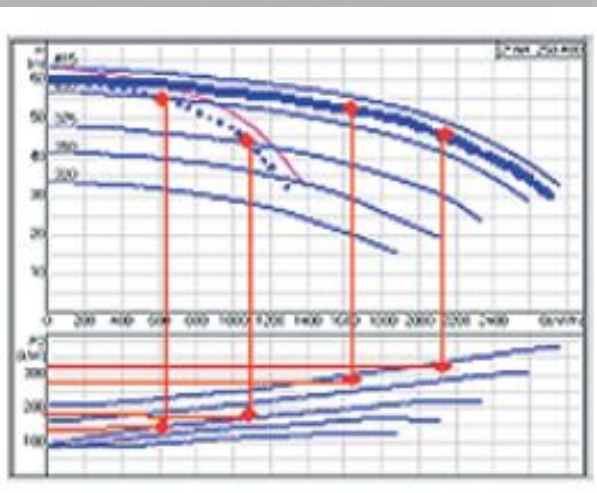
- Регулирование режима подачи
- пуском и остановкой насосов
- **Вариант 2** : 3 рабочих и 1 резервный
- регулируемые насосы 4 x NK 200-400
- Мощность электродвигателя 4 x 132 кВт
- Регулирование насосов по давлению в
- насосной станции



- **Вариант** : 3 рабочих и 1 резерв
- регулируемые насосы 4 x NK
- Мощность электродвигателя 4 x 132 кВт
- Регулирование насосов по

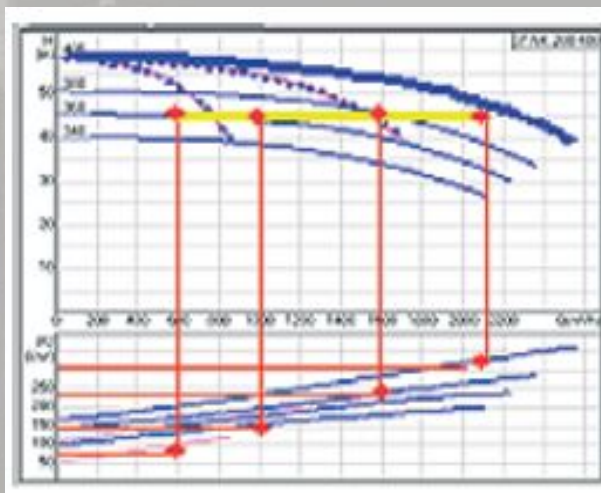


Вариант 1



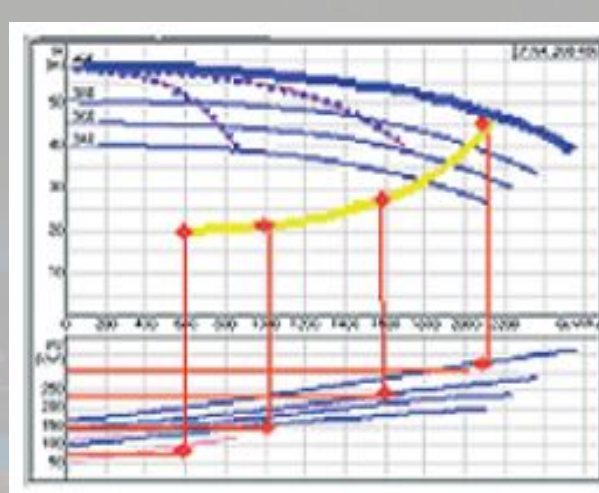
Расход в системе, %	Время, ч	Потребляемая мощность, кВт	Энергопотребление, кВт ч
100	438	342	149 796
75	876	308	269 808
50	3 066	187	573 342
25	4 380	164	718 320
Итого	8 760	Итого	1 711 266

Вариант 2



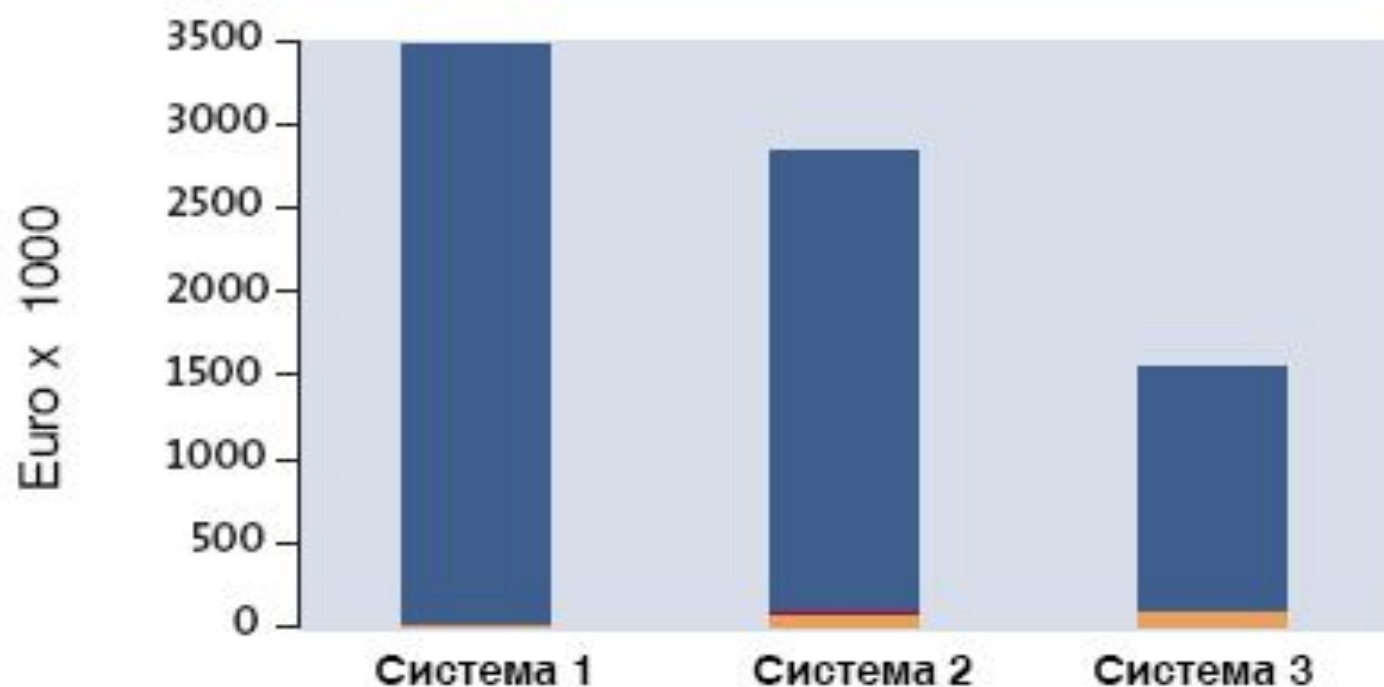
Расход в системе, %	Время, ч	Потребляемая мощность, кВт	Энергопотребление, кВт ч
100	438	349	152 862
75	876	260	227 760
50	3 066	178	545 748
25	4 380	100	438 000
Итого	8 760	Итого	1 364 370

Вариант 3



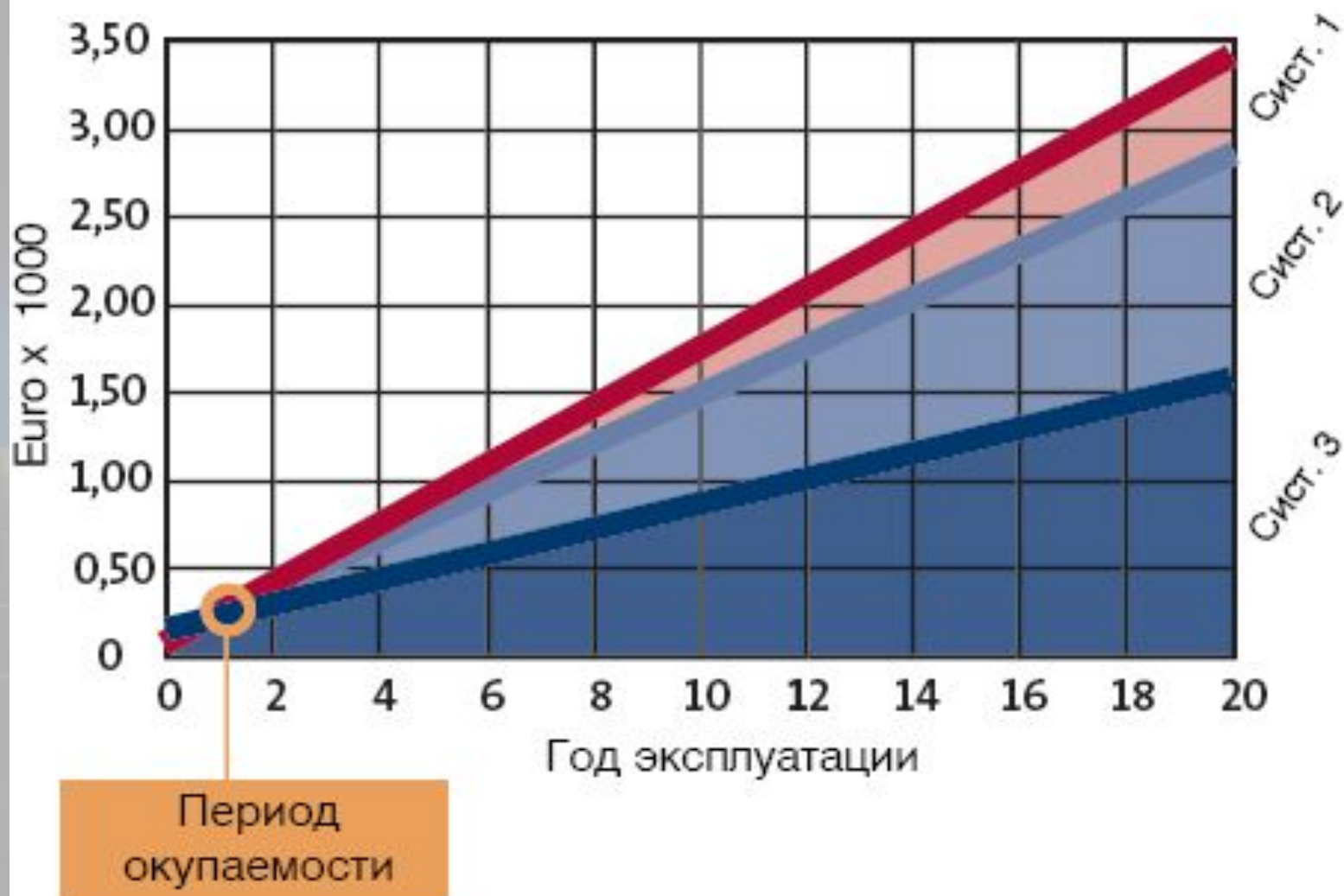
Расход в системе, %	Время, ч	Потребляемая мощность, кВт	Энергопотребление, кВт ч
100	438	349	152 862
75	876	135	118 260
50	3 066	79	242 214
25	4 380	47	205 860
Итого	8 760	Итого	719 196

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	kBt 4 /Year
Operating cost	500	EUR /Year
Maintenance cost	400	EUR /Year
Downtime and loss of production cost	0	EUR /Year
Environmental cost	0	EUR
Decommissioning 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	kBt 4 /Year
Operating cost	500	EUR /Year
Maintenance cost	400	EUR /Year
Downtime and loss of production cost	0	EUR /Year
Environmental cost	0	EUR
Decommissioning 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	м3/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

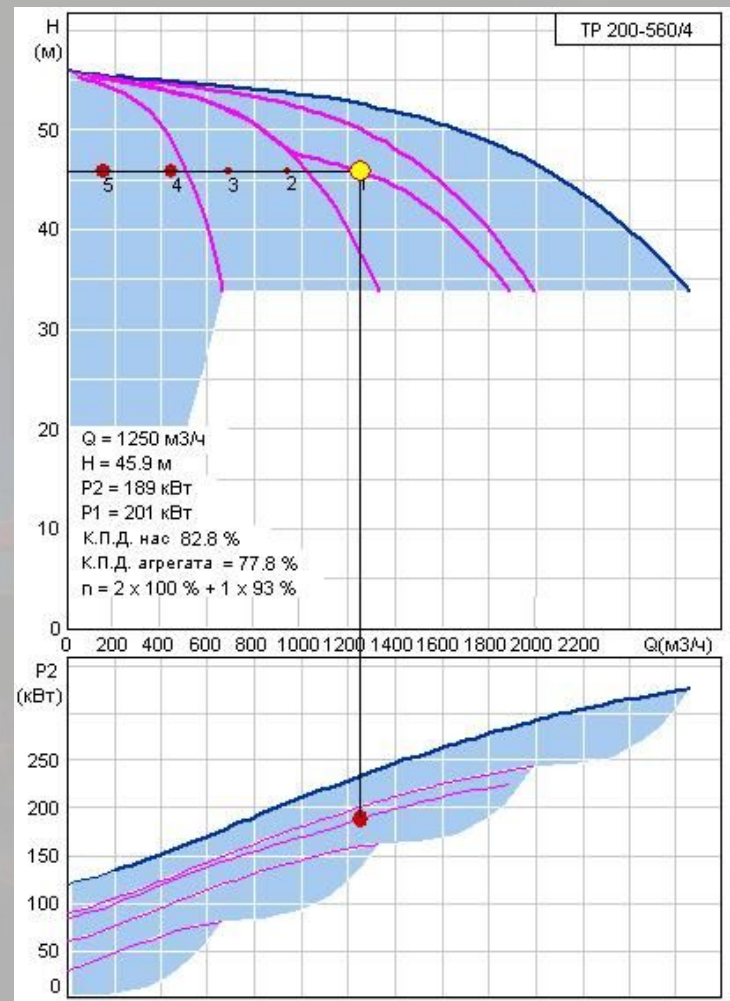
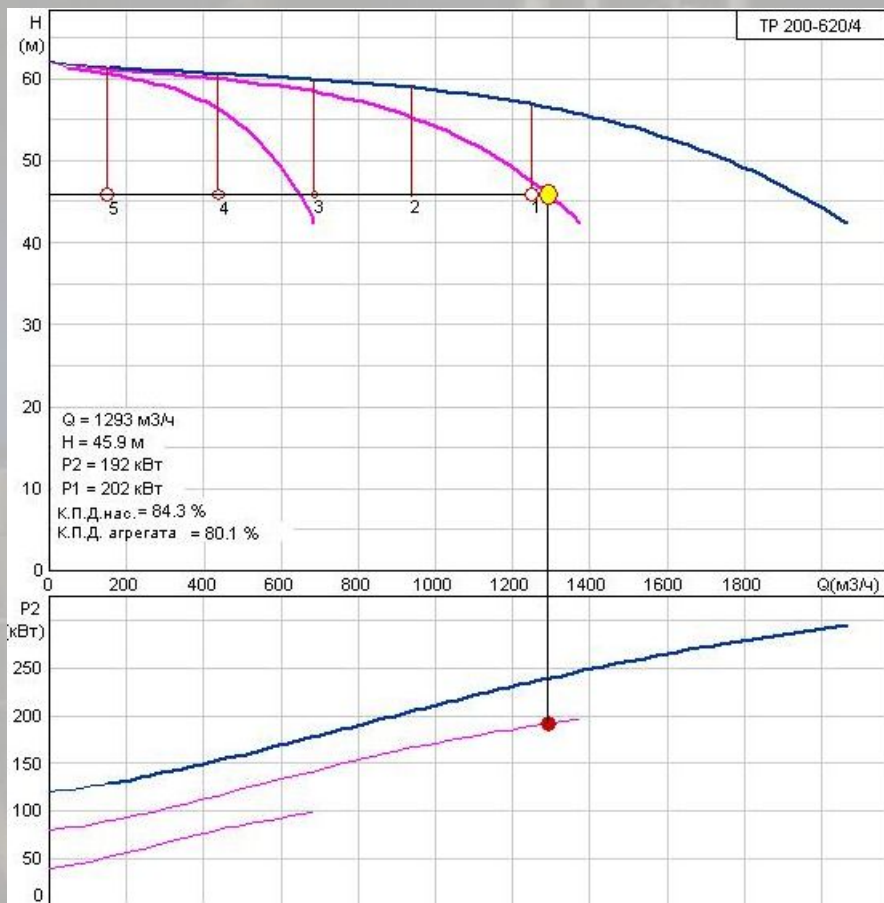
	1	2	3	4	5	
Flow	100	75	55	35	12	%
Head	100	100	100	100	100	%
Time	150	300	450	900	1500	h/Year
Energy consumption	30270	60540	90810	90810	151351	kWh/Year
Quantity	2	2	2	1	1	

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	м3/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	

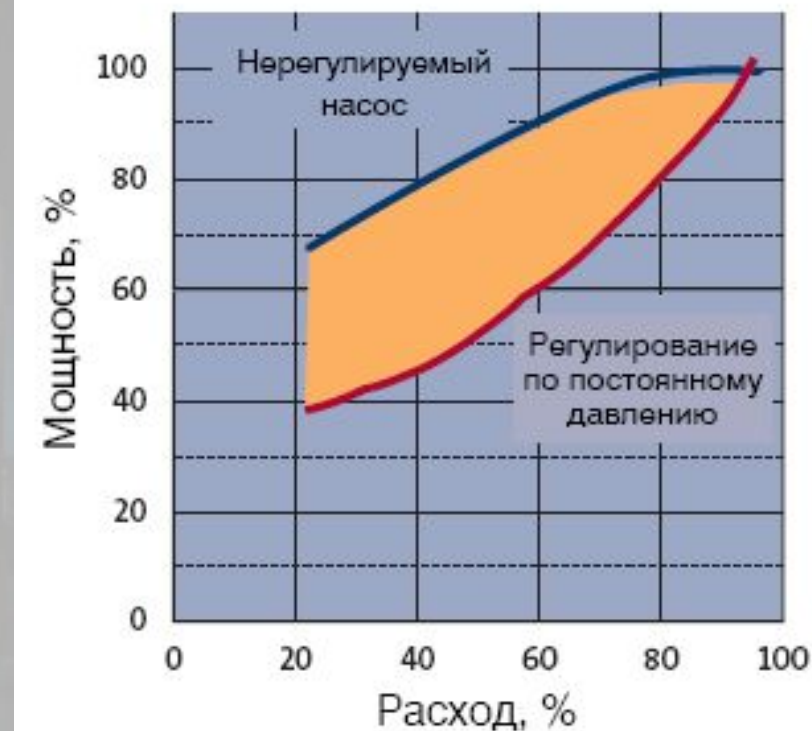
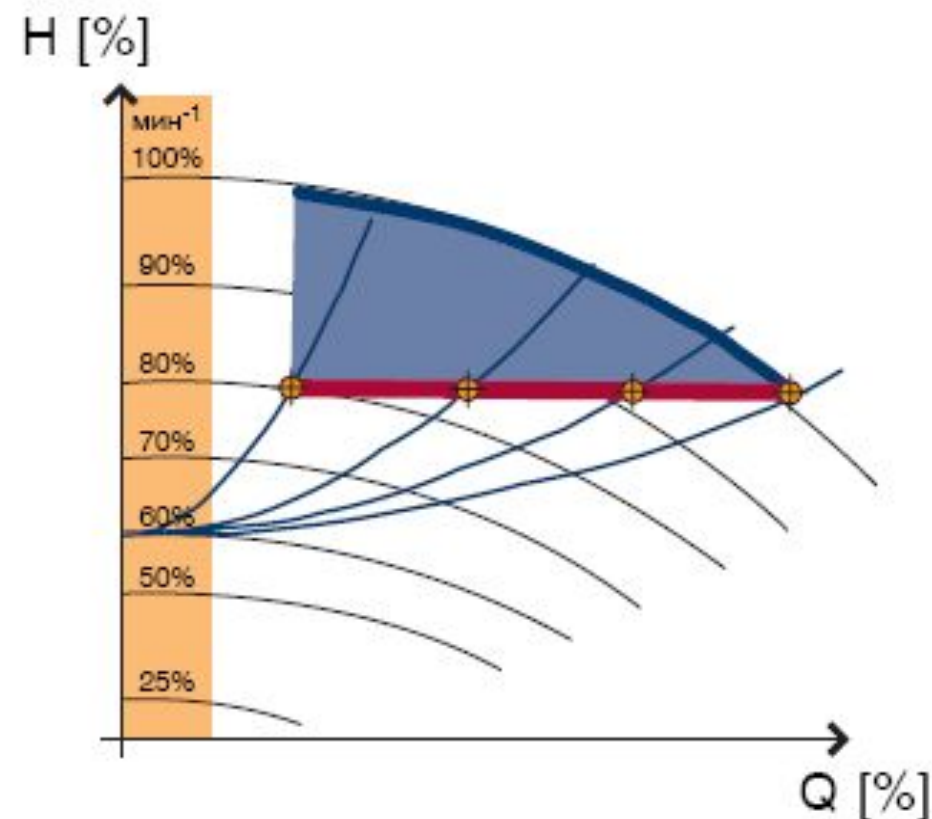
Note: Не включает контроллер потребления!

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	

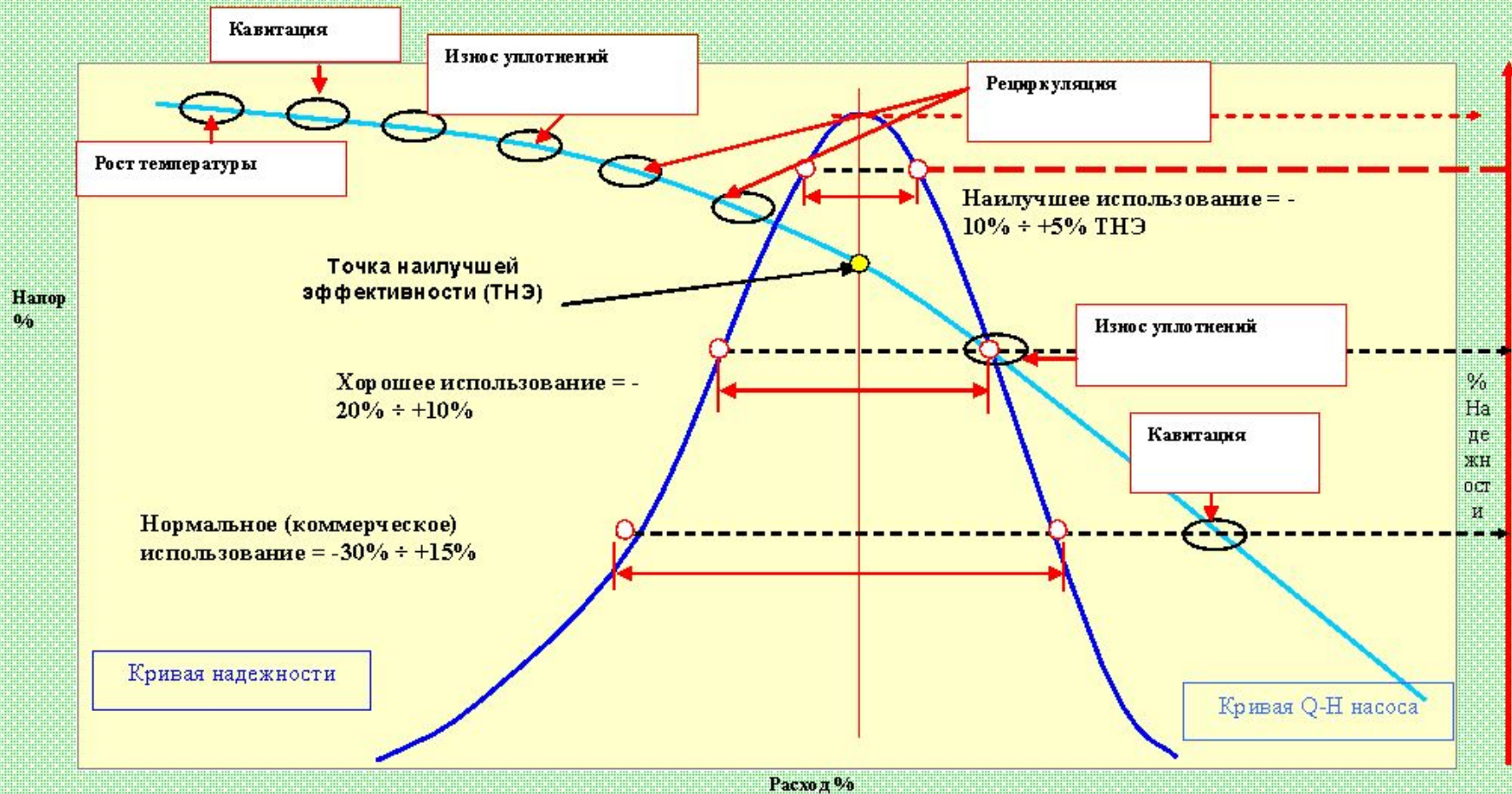


Регулирование частоты вращения по постоянному давлению



ОПТИМИЗАЦИЯ НАСОСНЫХ СИСТЕМ

Кривая Q-H насоса относительно надежности Насоса



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