



Проект «Мониторинг и сокращение углеродного следа российских водоканалов»

Повышение энергоэффективности очистных сооружений водоотведения

Виктор Баженов, д.т.н., проф.,
ЗАО «Водоснабжение и водоотведение», www.pump.ru



Вода - дело компетентных

Капиталовложения* в расчете на 1 м³ воды составляют:

в Берлине - \$ 0,66

в Лондоне - \$0,63

в Москве – всего \$0,25

в С.-Петербурге - \$0,21

[*www.raww.ru/node/2469](http://www.raww.ru/node/2469)

Где в ВКХ сосредоточена высшая капиталоотдача?

Где в ВКХ высший потенциал энергосбережения?



Вода - дело компетентных

Нам есть кого догонять

Энергоемкость производства 1 м³ воды:

- в России - 1.04 кВт-ч
- в Москве - 0.49 кВт-ч
- в Берлине - 0.27 кВт-ч
- в Шанхае - 0.28 кВт-ч

<http://raww.ru/node/2469>

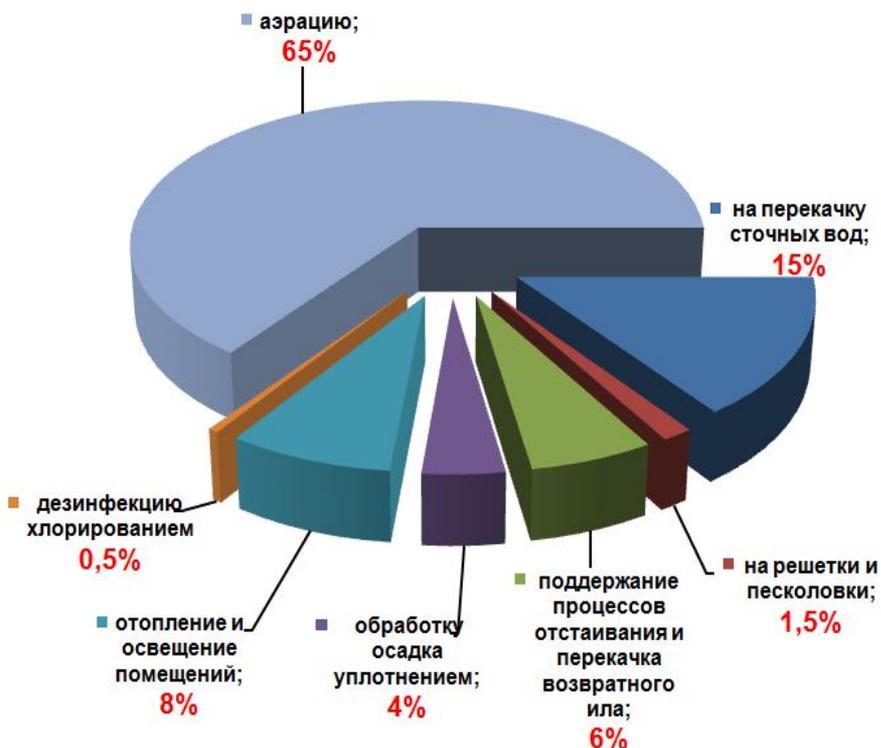


Кстати, в Германии 1 кВт-ч стоит в среднем 0,2 Евро = 8 руб.

Вода - дело компетентных

Энергозатраты на процессы очистки и аэрации...

Стандартный процесс очистки сточных вод муниципалитетов ориентировочно требует затрат электроэнергии:



Внедрение высокоэффективного воздуходувного оборудования совместно со способностью такого оборудования к управлению; до 30%



Энергозатраты на процессы аэрации стандартного муниципального комплекса очистки составляют 100%

... требуют оптимизации различными путями.

Величина возможного энергосбережения колоссальна – до 65%.

В России не менее

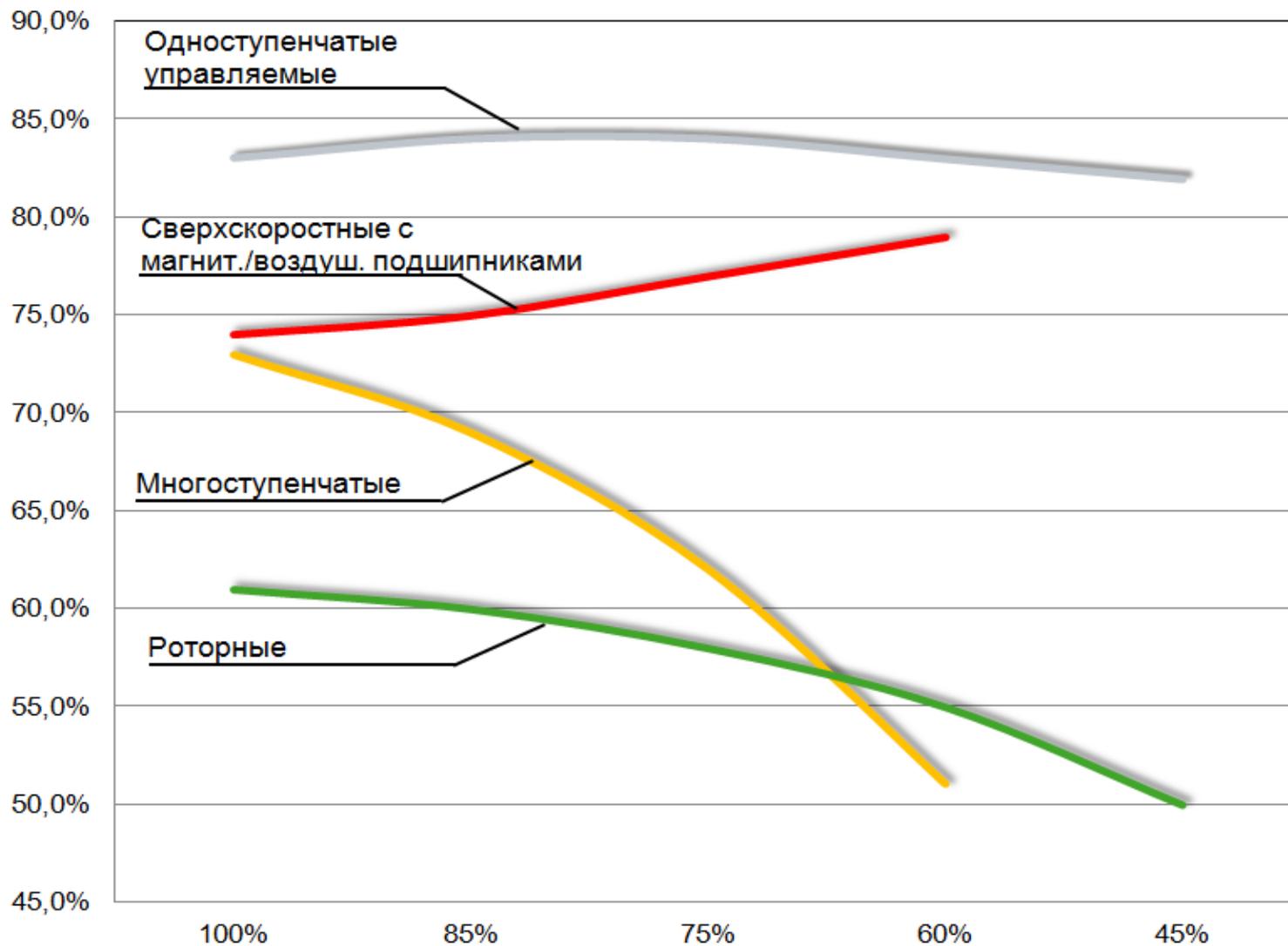
80%

Воздуха на очистных сооружениях подают
многоступенчатые турбокомпрессоры
Насколько они эффективны?



Вода - дело компетентных

КПД, %



Поддача воздуховок, % от номинала



Вода - дело компетентных

Могилев, Брест



Михаил Сац, Директор Брестского ПО «Водоканал»

А.Г. Палагин, Главный инженер Горводоканала
«Могилев»

**«Замена многоступенчатых воздуходувок
на управляемые окупилась за 2 года»**



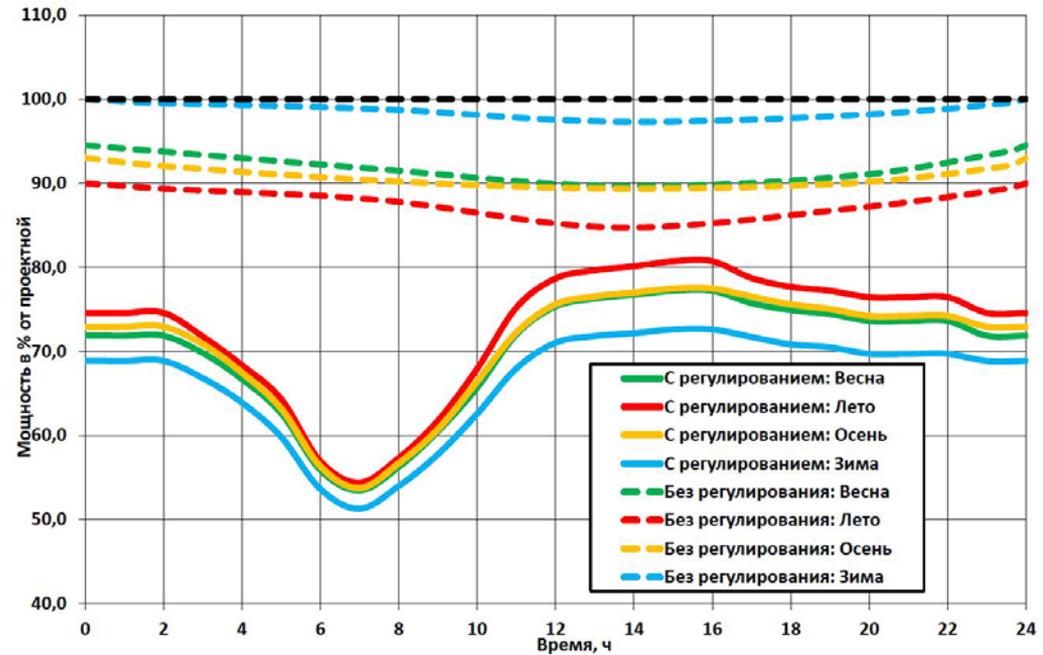
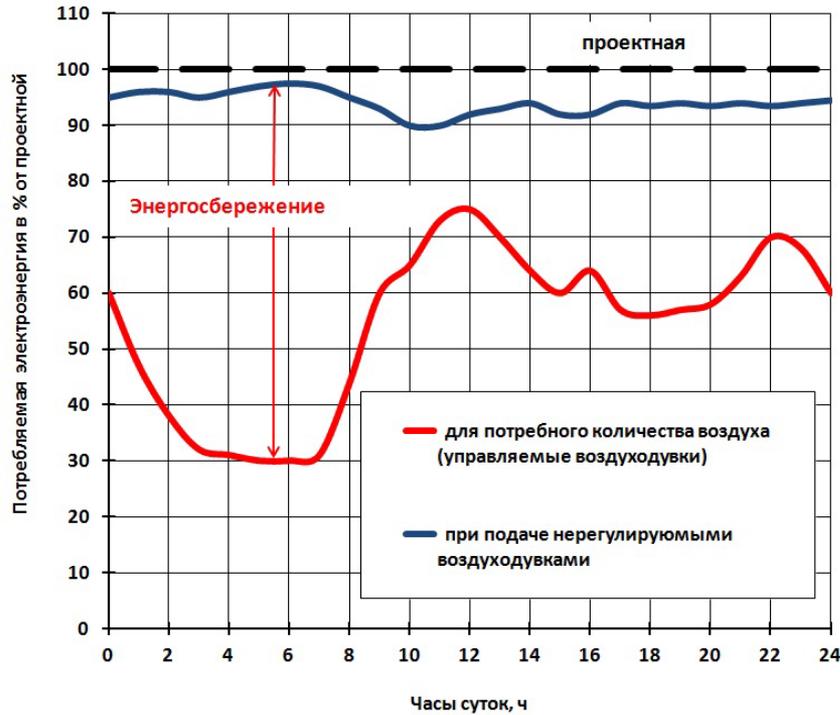
Вода - дело компетентных

Экономия 35 – 40%

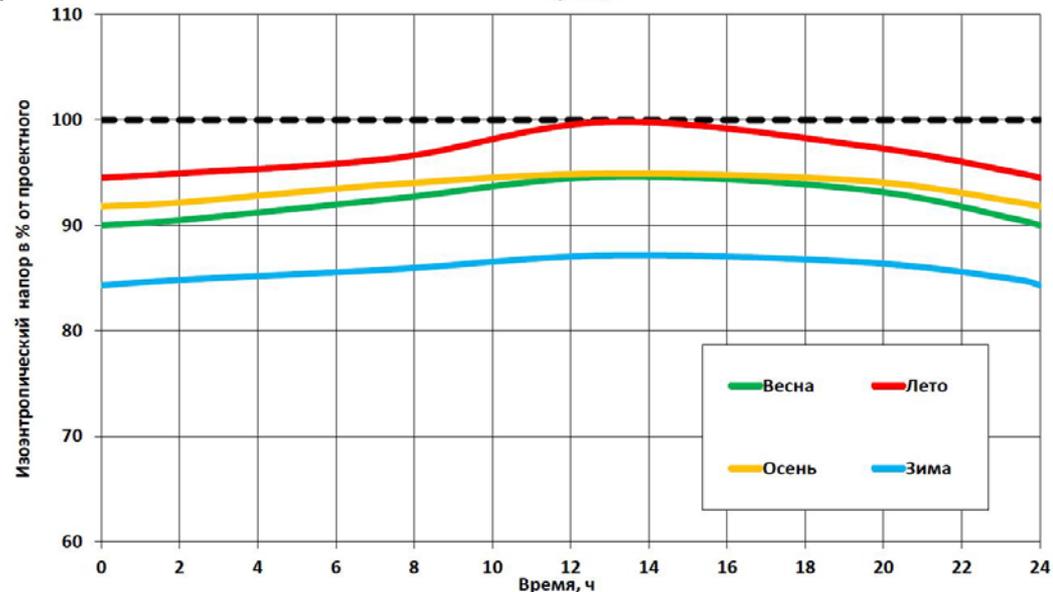
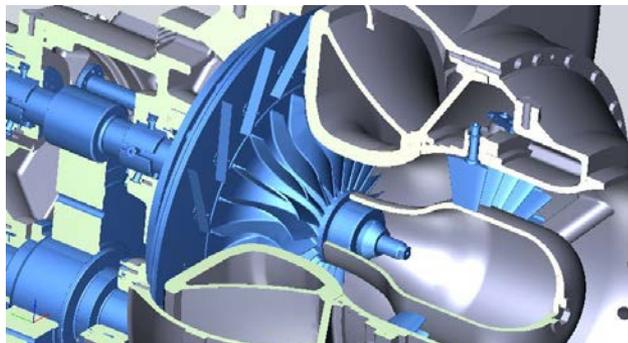


Вода - дело компетентных

Формирование процессов энергосбережения при использовании управляемых воздуходувок.



Управляемые воздуходувки должны обеспечивать возможность регулирования в пределах 45 – 100%.



Лизинговая программа по Европейским условиям- Siemens Finance.

ЗАО «ВИВ» совместно со своим партнером «Сименс Финанс» предлагает в лизинг следующее оборудование:

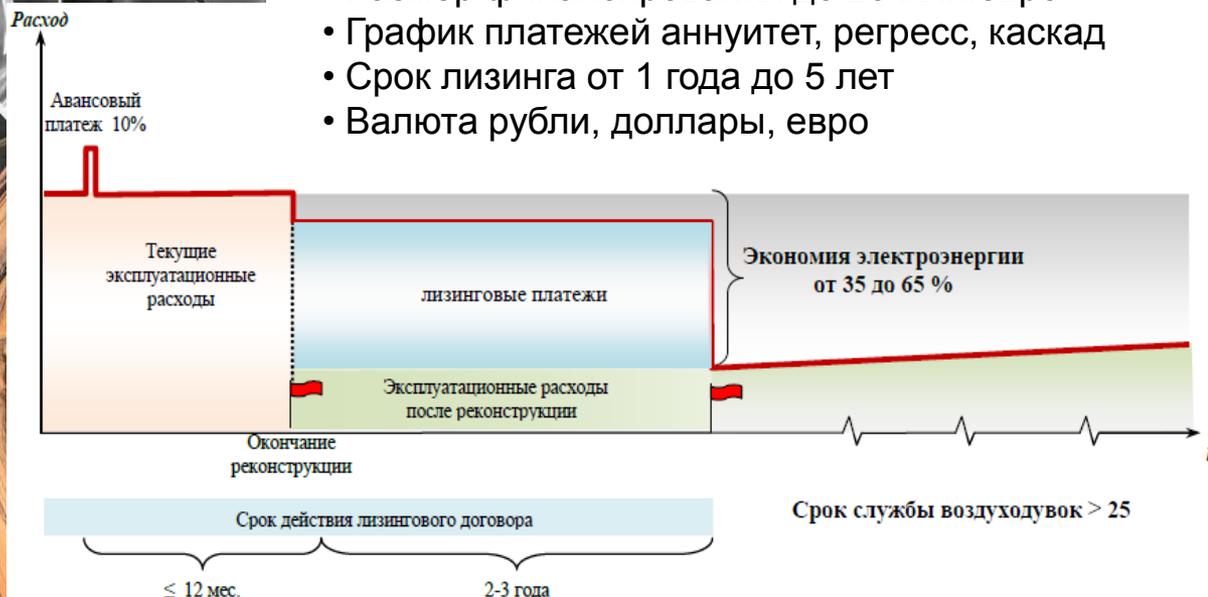
Воздуходувки
Аэраторы
Мешалки
Арматуру
Электрощиты и автоматику

Базовые условия предоставления лизинга от Сименс Финанс:

- Удорожание от 4% до 10% годовых
- Размер аванса от 10%
- Размер финансирования до 25 млн. евро
- График платежей аннуитет, регресс, каскад
- Срок лизинга от 1 года до 5 лет
- Валюта рубли, доллары, евро

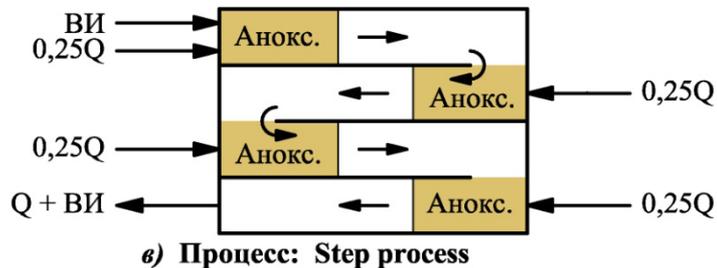
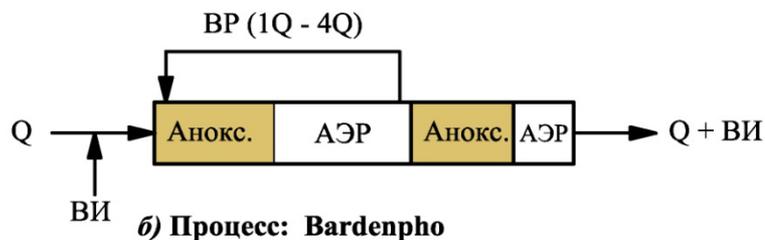
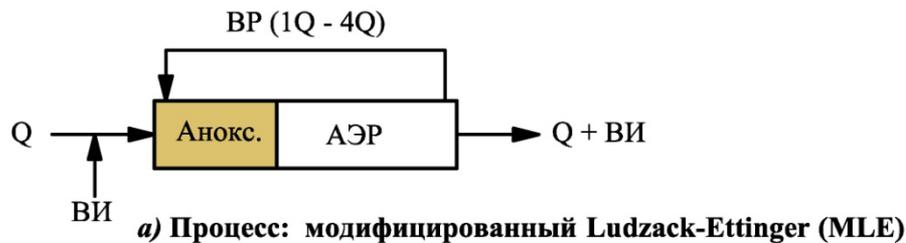
ВОЗДУХОДУВКИ
+
аэраторы + мешалки

лизинг 4-9%
годовых на 5 лет
аванс от 10%

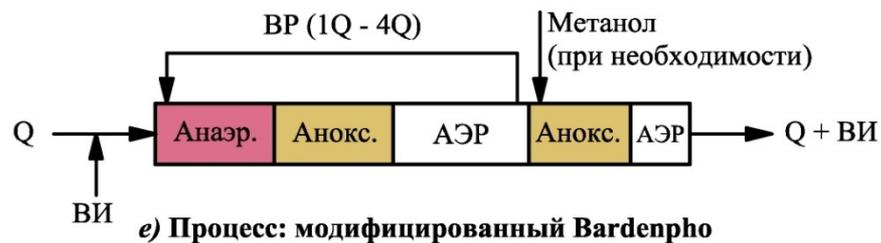
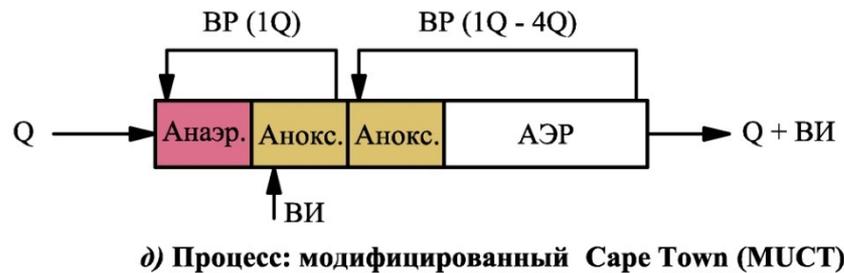
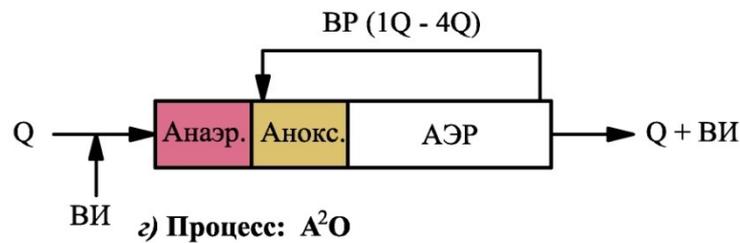


Современные процессы содержат принципы энергоэффективности

N



N + P



**Если процессы (проекты) современные
– значит энергосберегающие.
Энергосбережение предполагает управление.**

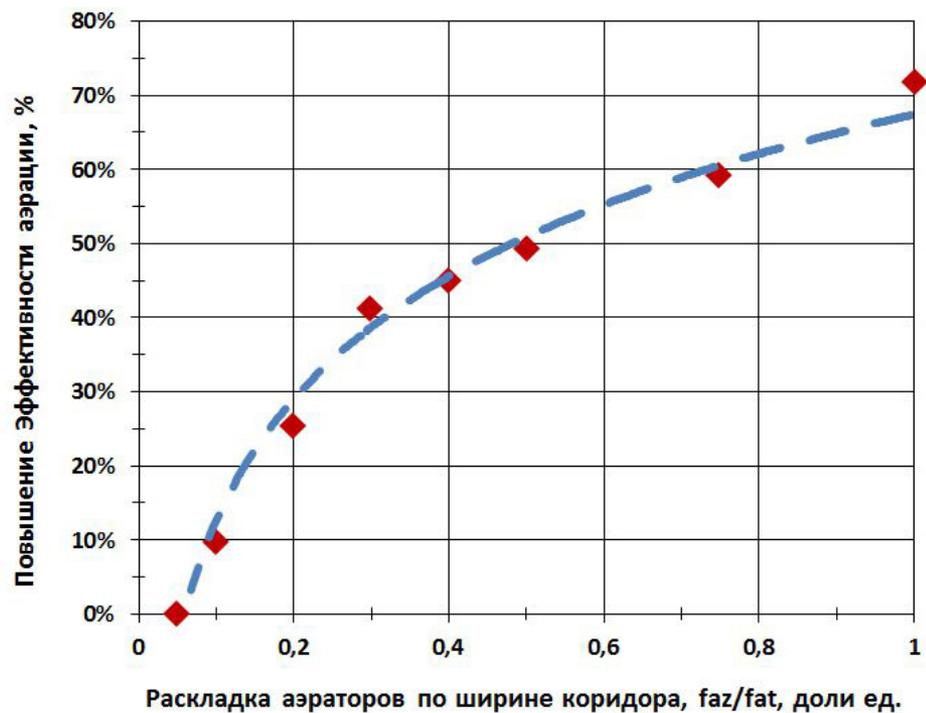
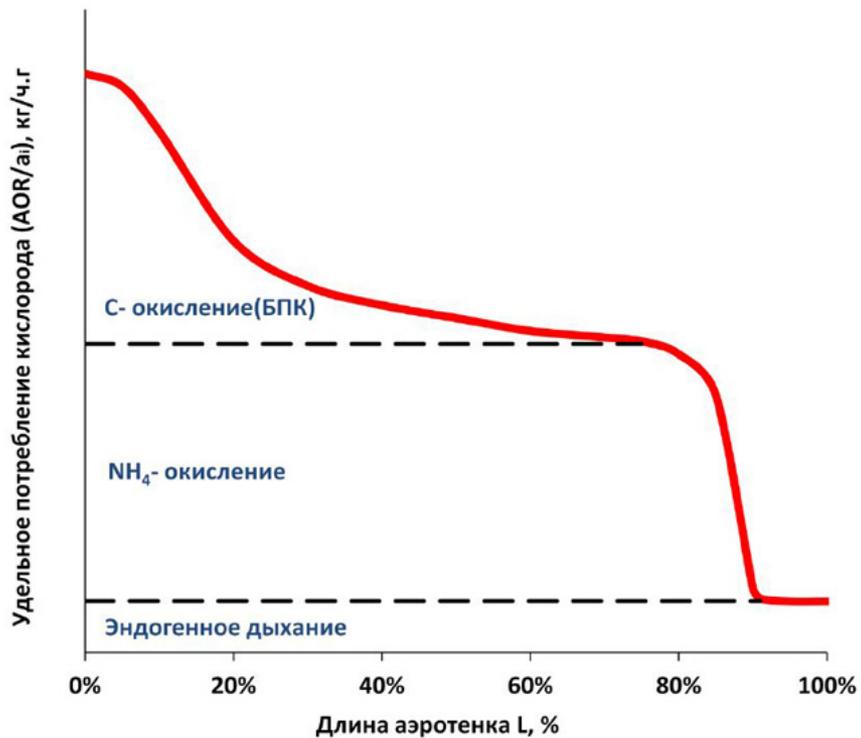
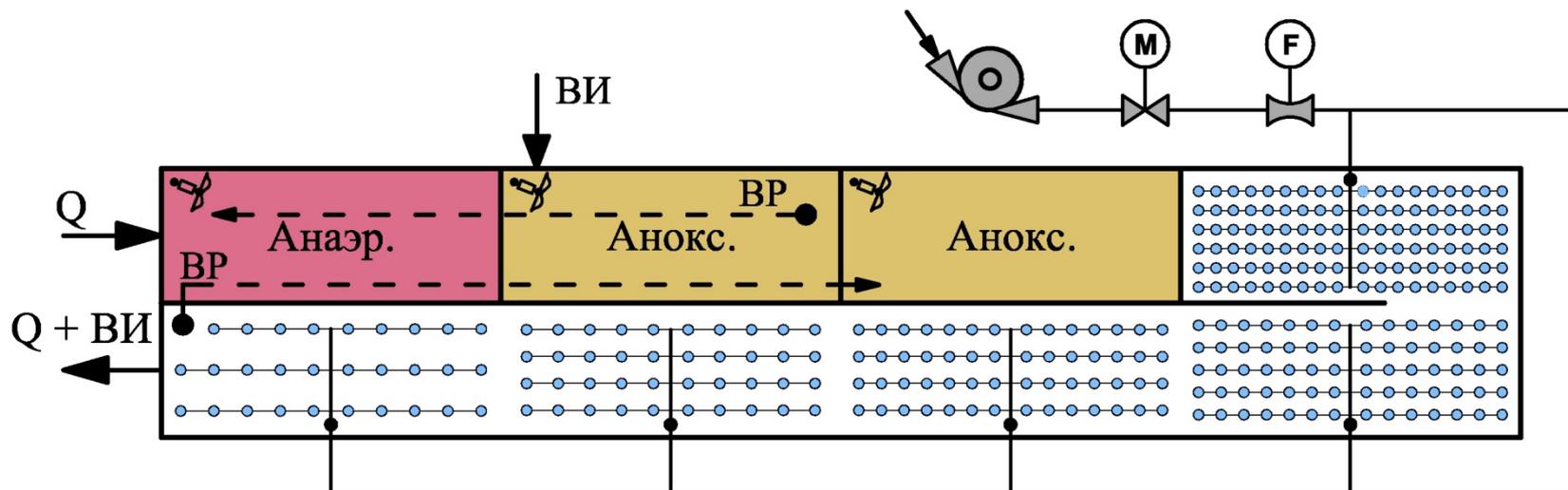
Не удачный проект

Удачный проект



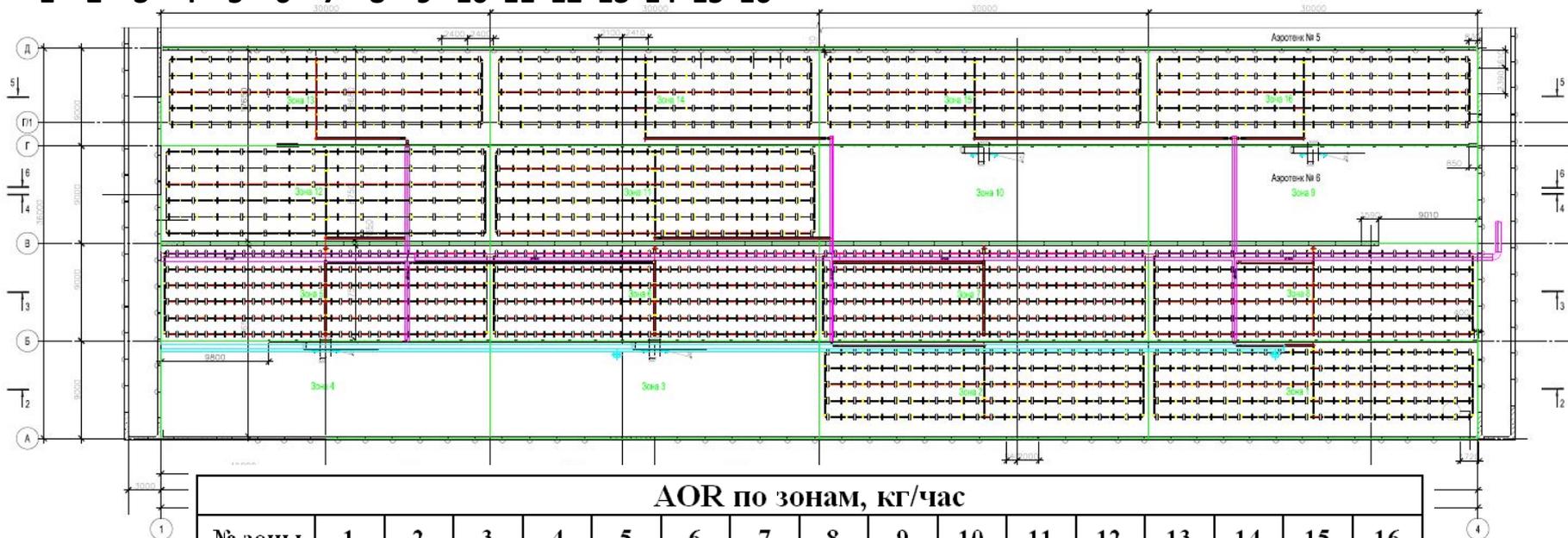
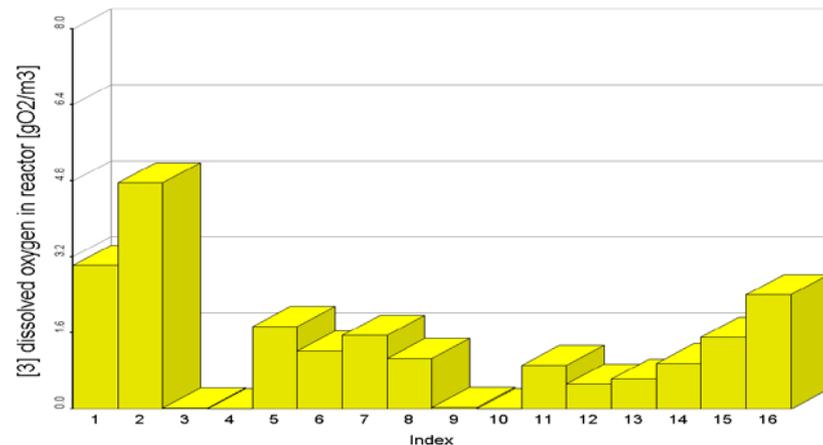
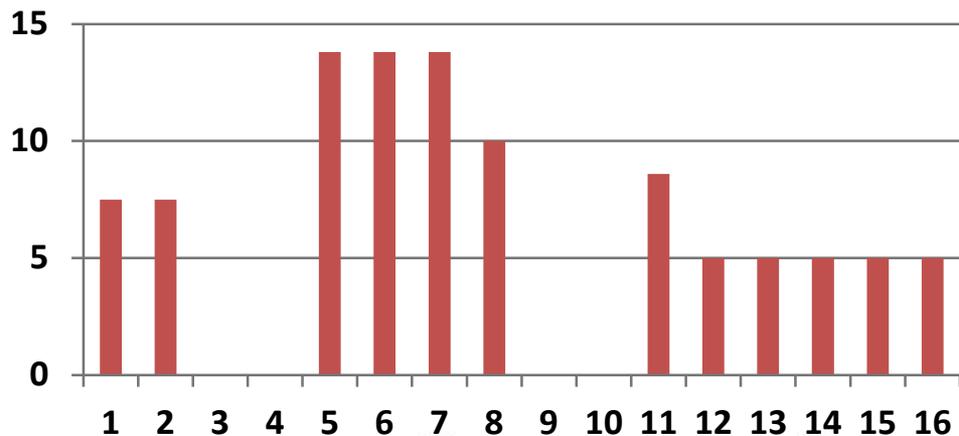
- **Массоперенос хуже на ~ 70%,**
- **При управлении подачей воздуха полимерные аэраторы кольятируются.**

Распределение аэраторов по длине аэротенка.



Распределение аэраторов по длине аэротенка.

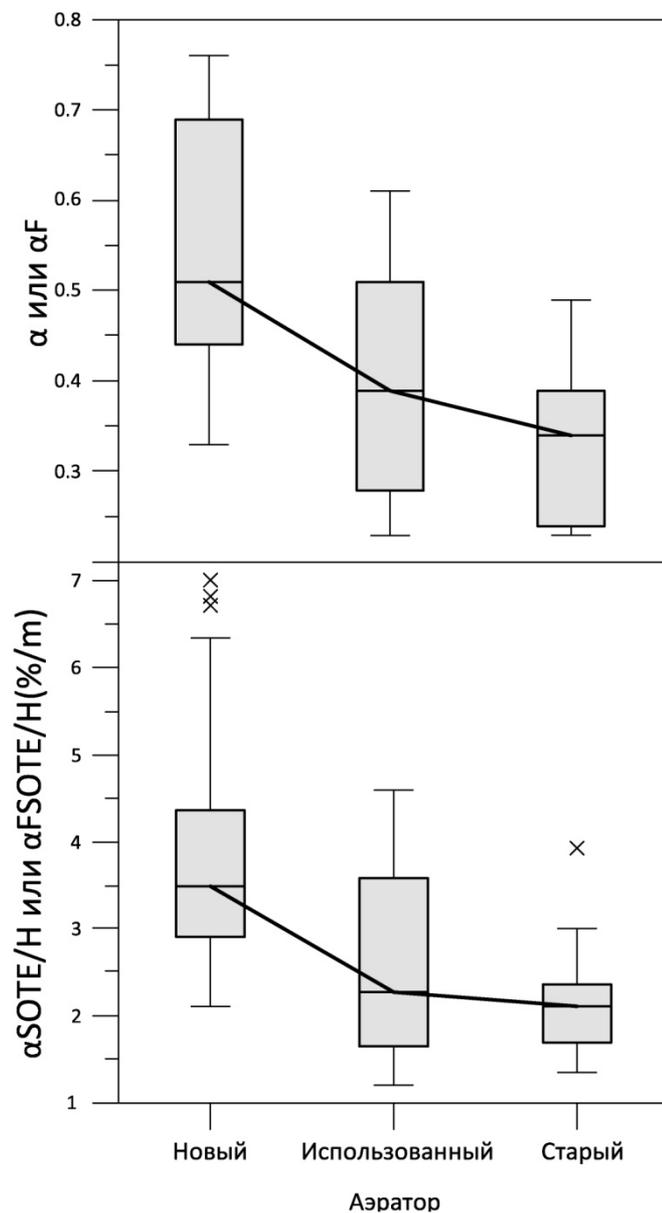
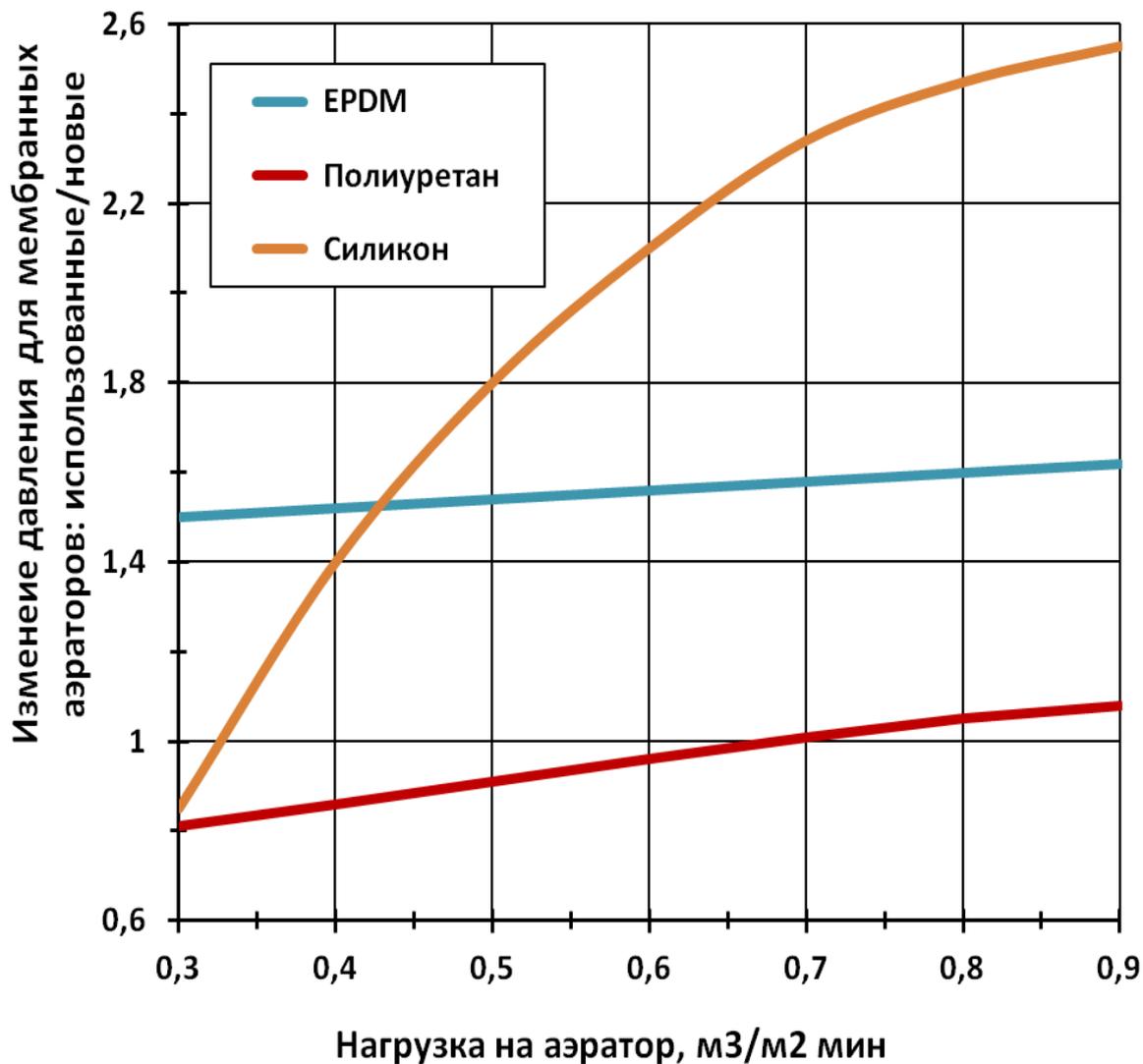
Удельный расход воздуха, %



АОР по зонам, кг/час

№ зоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Min	12,1	11,4	0,0	0,0	37,1	33,3	27,5	22,9	0,0	0,0	19,7	13,5	9,5	7,3	6,3	5,8
Max	21,8	16,1	0,0	0,0	49,3	43,9	41,0	33,0	0,0	0,0	25,1	18,1	17,7	18,4	18,5	18,0
Среднее	18,0	14,6	0,0	0,0	44,1	40,7	36,8	30,7	0,0	0,0	23,4	17,4	16,1	15,3	14,0	12,2

Изменение давления стандартными классическими материалами в процессе эксплуатации в диапазоне рабочих нагрузок по воздуху.



Сравнительная характеристика современных мембранных аэраторов – диспергаторов (6 м глубина, 30 – 60% производительности).

Фирма изготовитель	SOTE*, %	Материалы мембран	Наличие системы промывки	Типы аэраторов	Экономически оправданный лет срок*, слубы*	Системы креплений Обычно применяемый материал распределительной системы (РС)
U&D Китай	38 - 45	EPDM с добавками, Силиконовые композиции.	Химическая один раз в 12 - 24 месяца	Трубчатые, Дисковые до 350 мм, Борд 660 - 160 мм, Пластинчатые с алюминиевым корпусом до 200 *2000	EPDM 5 - 6 Силикон До 8	Различные варианты (защелкивающиеся замки, резьбовые, софт-коннекторы). Замкнутая РС из ПВХ проектируется и поставляется совместно
RENAU Германия	38 - 45	Силиконовые композиции	Химическая один раз в 12 - 24 месяца. Для силиконовых мембран возможно реже	Диски до 300 мм, Трубчатые до 2 м (по обе стороны РС)	EPDM 6 Силикон не менее 8	Различные варианты (защелкивающиеся замки, резьбовые, софт-коннекторы). Распределительная система из НПВХ
Bioworks Германия	48 - 52	Силиконовая композиция	Воздушная до 1 раза в месяц, возможна химическая	Трубчатые модули	До 8	РС на гибких элементах к плавающему фидеру из ПВХ
Aqua Consult Австрия	42 - 48	Полиуретановая композиция	Воздушная	Пластинчатые (борд) с нержавеющей основой до 4000 мм длиной	Не менее 8	Сочетание ПВХ и нержавеющей стали. Быстрорборная конструкция РС
Sanitaire США	42 - 48	Полиуретановая композиция	Химическая, по периодичности нет данных.	Пластинчатые до 2286 мм длиной	Не менее 8	Защелкивающиеся замки с системой из ПВХ
SSI США	42 - 45 40 - 42	EPDM с добавками, Силиконовые композиции	Химическая, по периодичности нет данных	Диски диаметром 270 и 350 мм	EPDM 5 - 6 Силикон До 8	Защелкивающиеся замки, софт-коннекторы с системой из ПВХ
NORON Финляндия	36 - 43 34 - 39	EPDM с добавками, пористый полиэтилен	Химическая, в зависимости от потери давления	Диски диаметром 215 - 300 мм	EPDM 5 - 6	Защелкивающийся замок с системой из ПВХ
Siemens Германия	36 - 41	EPDM с добавками	Химическая По потери давления	Сдвоенные диски по 210 мм	6	Круговой замок
Gummi-Jaeger Германия	36 - 46	EPDM с пониженным содержанием пластификаторов	Химическая по потере давления и периодическая воздушная	Диски 270 - 340 мм	Не менее 8	Софт-конектор с системой из ПВХ

Варианты комплектации аэротенков мембранными пластинчатыми аэраторами U&D «алюминиевый борд», материалы: силикон, EPDM.



Данное решение экономит количество воздухопроизводящих труб, сокращает сроки и стоимость монтажа.

Алюминиевая основа долговечна, в процессе эксплуатации будет требоваться заменять собственно мембраны.

**Производство обеспечивает:
По мембранам (дисковые + пластинчатые) = 2 млн. в месяц.
По трубным и алюминиевым модулям = 6 метров в минуту.**

Энергоэффективность в перемешивании



Мешалки XSB – самое энергосберегающее и высокопроизводительное оборудование.

Снижение энергопотребления до 25%
при КПД эл. двигателя 90,4%

Максимальная тяга более 6422 Н (919 Н/кВт)

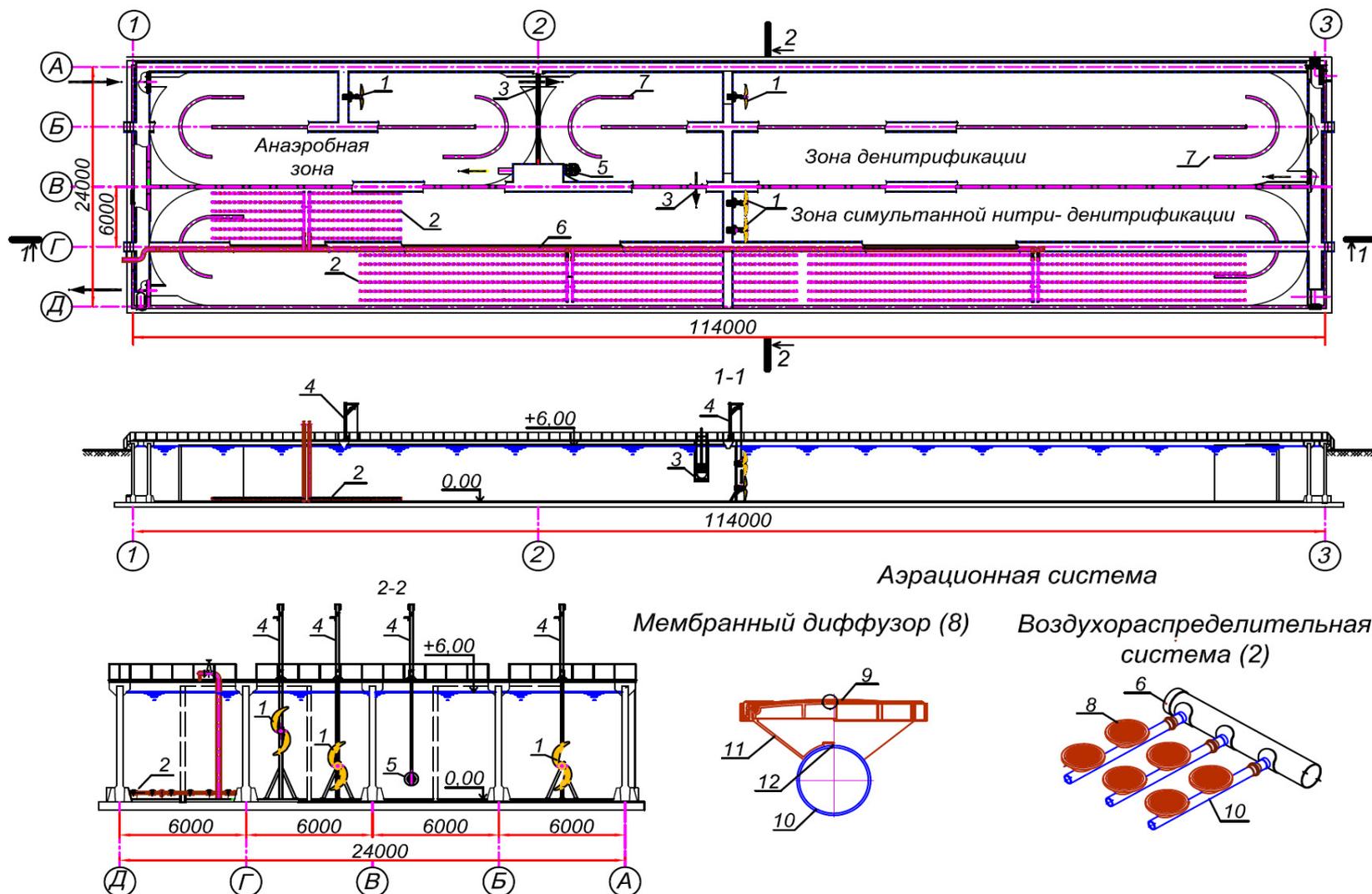
Эффективность достигает 1045 Н/кВт

Характеристика XSB – 50Hz

Диаметр [мм]	Скорость [об ⁻¹]	P _р [кВт]	Тяга [Н]	Тяга/P _р [Н/кВт]
2750В	53,2	4,75	4966	1045
2750В	56,8	5,78	5661	979
2750В	60,5	6,99	6422	919
2500В	53,2	4,57	4620	1010
2500В	56,8	5,57	5266	946
2500В	60,5	6,73	5975	888
2200В	56,8	4,55	4179	918
2200В	60,5	5,50	4741	862
2200В	64,1	6,54	5322	813
1400В	86,1	5,01	3242	647



Карусельный принцип – как энергосберегающее решение

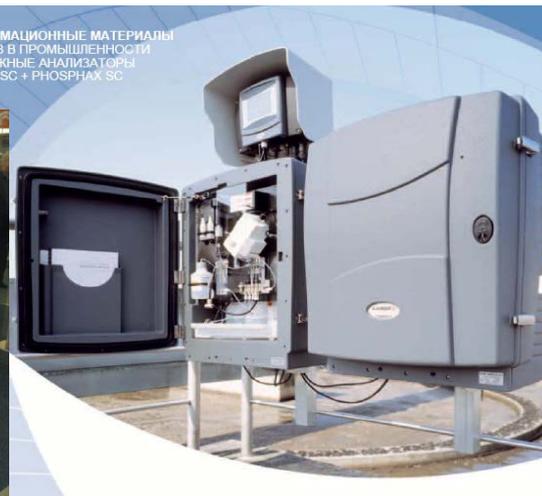
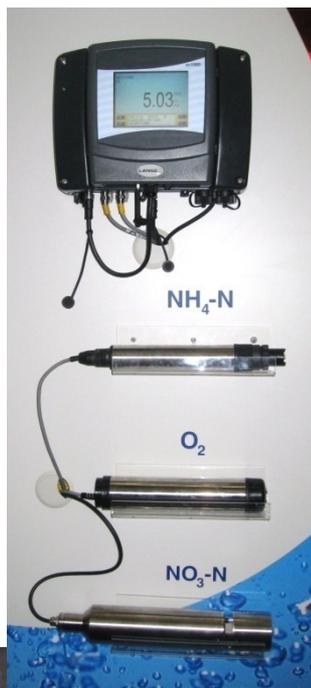


- 1- погружные мешалки, 2- аэрационная система на базе дисковых мембранных аэраторов, 3- подача иловой смеси в последующую зону обработки, 4- подъемное устройство, 5- рециркуляционный насос, 6- воздуховод, 7- потоконаправляющая перегородка, 8- мембранный диффузор, 9- пористая мембрана, 10- воздухораспределитель, 11- держатель диффузора, 12- воздухопропускное отверстие.

Проводится выбор конкретных датчиков в соответствии с требованиями определенными в ходе моделирования



Оптический датчик концентрации кислорода



Приборы on-line контроля концентраций форм азота и фосфатов



Традиционный отечественный производственный кислородомер

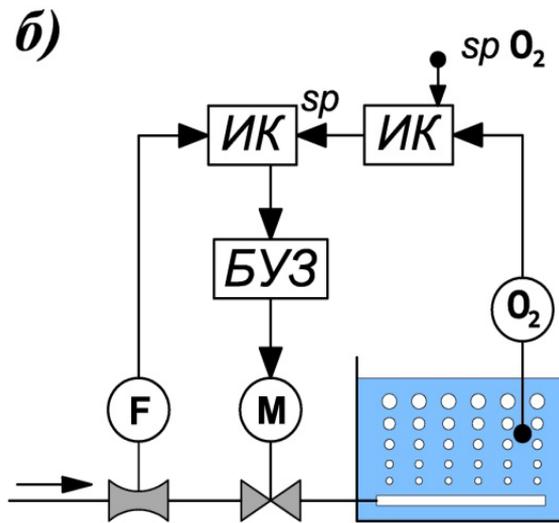
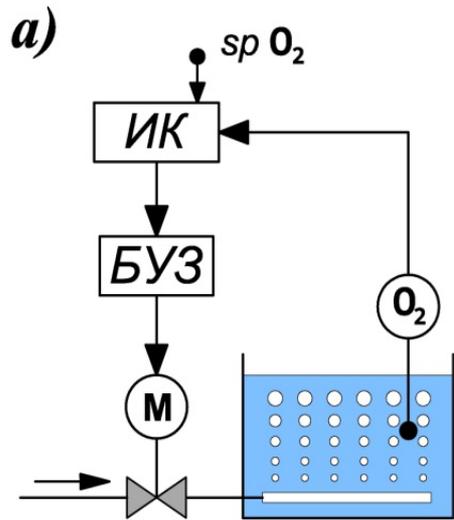
ITT Royce Technologies,
Dr. Lange,
А-Бассенс,
Измерительная техника,
Mettler Toledo



Датчик окислительно восстановительного потенциала eH

Места расположения технологических датчиков и их назначение.

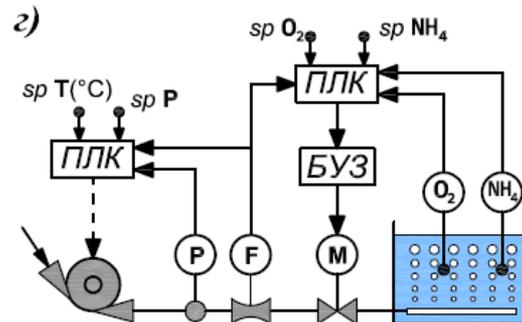
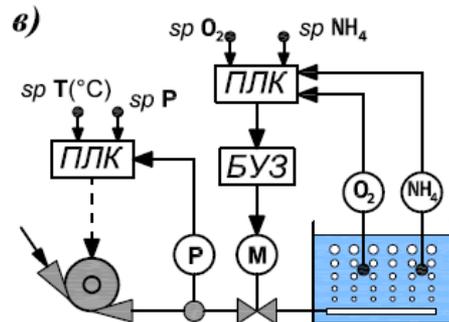
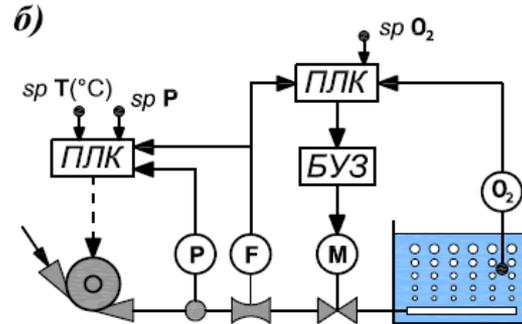
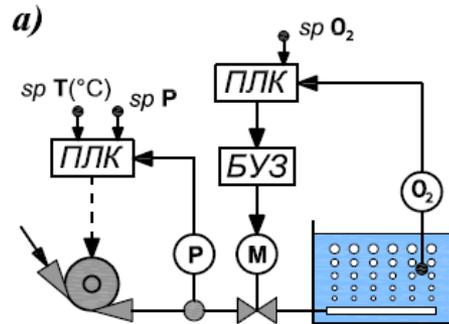
Датчики	Их расположение	Их назначение и контроль, ОП (оптимизация процесса)
NH_4	Осветленная вода, перед азротенками	Регистрация нагрузки. Поиск причин нарушенного процесса.
Eh , $\text{NO}_{2(3)}$	Анаэробная зона	Нитратная нагрузка. ОП способом управления фосфатного рецикла.
$\text{NO}_{2(3)}$, КРК	Нитратный рецикл	Нитратная нагрузка на аноксидную зону, поддержание миним. КРК. ОП.
$\text{NO}_{2(3)}$, КРК, Eh	Первая аноксидная зона	Проверка миним. КРК, степени удаления нитратов в аноксидной зоне. ОП способом управления нитратного рецикла.
$\text{NO}_{2(3)}$, Eh	Вторая аноксидная зона	При необходимости и обосновании управление рециклом возвратного активного ила. ОП и энергосбережение.
КРК, pH, $\text{NO}_{2(3)}$, NH_4	Аэробная зона	Контроль за процессами удаления БПК и степени обеспеченности реакции нитрификации. Поддержание микроорганизмов активного ила в жизнеспособном состоянии. Управление воздушным оборудованием. Оптимизация подачи воздуха в азротенки и энергосбережение.
$\text{NO}_{2(3)}$, КРК	Пост-аноксидная зона (например, Bardenpho)	Контроль с целью минимизации подачи углеродсодержащего реагента (например, метанола или осветленных сточных вод). Оптимизация процесса, экономия расходования реагента или обеспечения качества биологической доочистки.
Le	Вторичный отстойник	Контроль за уровнем активного ила во вторичных отстойниках. Поддержание качества очистки. Контроль возраста активного ила посредством управления выводом (или насосами) избыточного ила из системы.
КРК	Зона аэрации перед выпуском очищенных сточных вод (если существует)	Контроль за процессами насыщения кислородом перед сбросом очищенных вод, если органы Охраны Природы диктуют таковую необходимость.
Динамические измерения расходомерами		
Датчики: уровня, скорости, перепада давления, Расходомеры: индукционные, электромагнитные, ультразвуковые, учет кол-ва часов работы при известной мощности.	Лоток исходной и/или очищенной воды	Регистрация и контроль суточных изменений расхода вод, как параметра величины суточной технологической нагрузки. Оптимизация процесса очистки и энергосбережение.
	Воздуховоды и воздухопроводки	Регистрация и контроль суточных изменений подачи воздуха в азротенки. Оптимизация процесса очистки и энергосбережение.
	Трубопровод расхода избыточного ила	Контроль за расходом избыточного ила с целью поддержания возраста активного ила. ОП, обеспечение надежности очистки и ее качества.



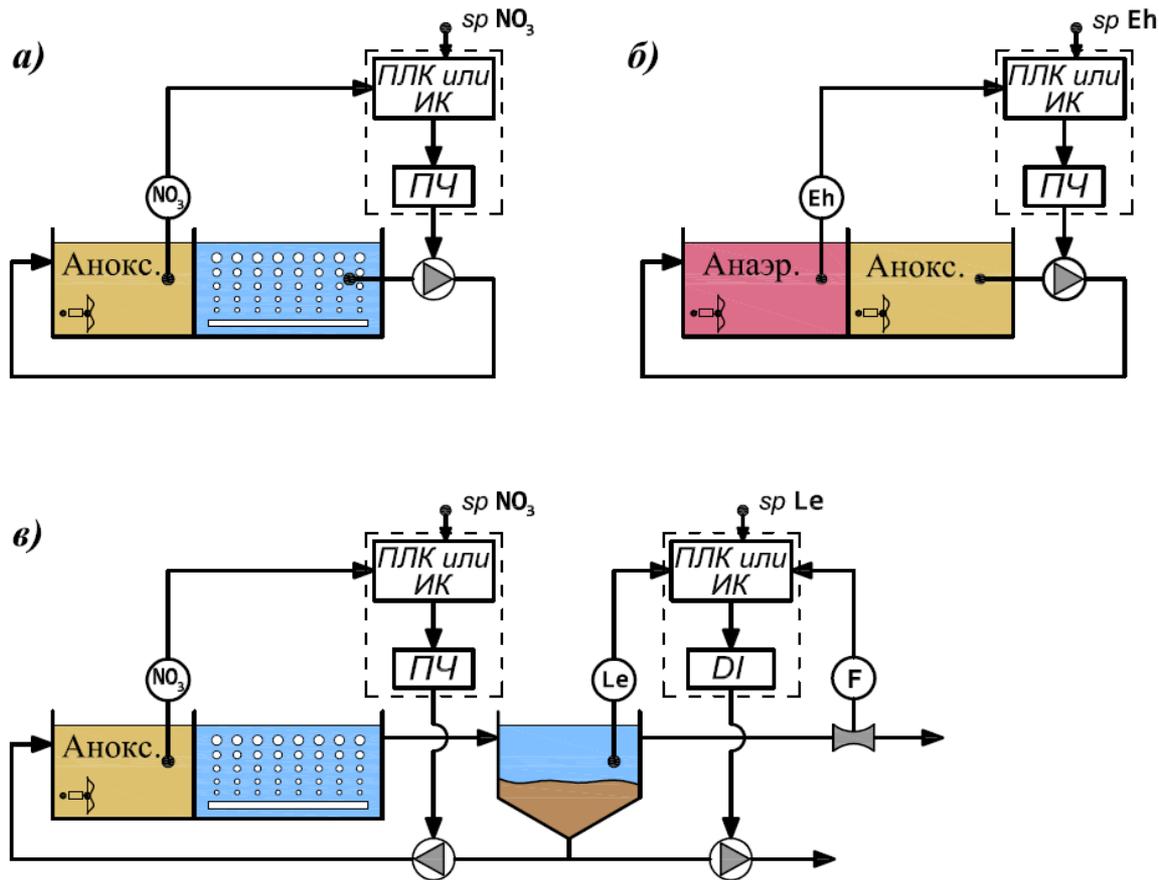
Управление и автоматизация подачи воздуха

- простое управление
- каскадное управление

М – электропривод задвижки
Ф – измерение количества подаваемого воздуха
Р – измерение давления в воздуховоде
БУЗ – блок управления задвижками
ПЛК – программируемый логический контроллер с ПИД – регулированием
ИК – измерительный контроллер с ПИД – регулированием
sp – установки контроллеров в соответствии с назначениями
O₂, NH₄ – измерительные приборы технологических концентраций элементов (кислорода, аммонийного азота).



Примеры автоматизированного управления процессами технологических перекачек



- а) нитратного рецикла,
- б) фосфатного рецикла,
- в) рециклов возвратного и избыточного ила.

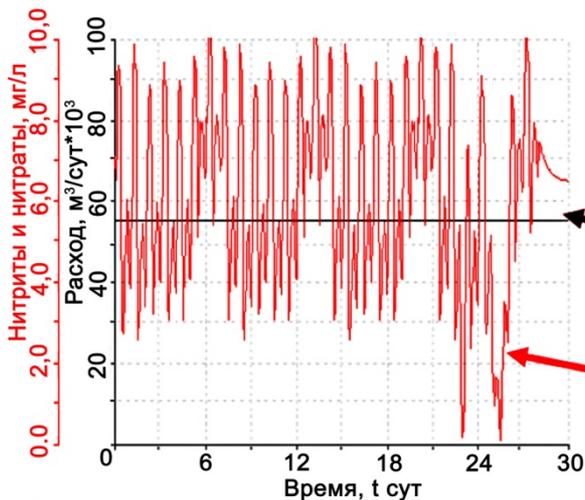
F – изменение количества очищенной воды,

ПЧ – преобразователь частоты тока,

Le – измерительный прибор уровня активного ила во вторичном отстойнике или распределения концентрации активного ила по глубине отстойника,

Пример неуправляемого и управляемого межзонного рецикла иловой смеси.

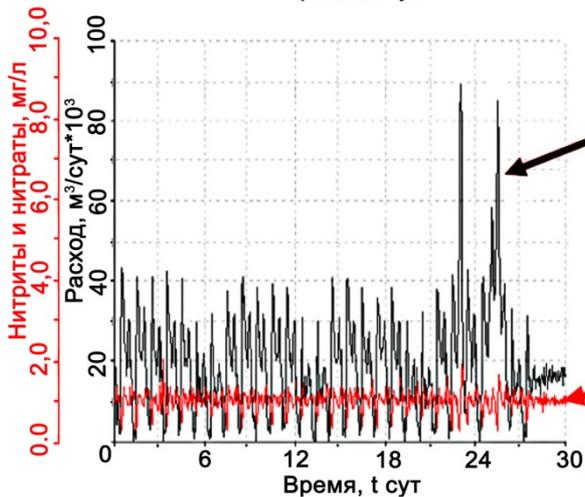
Классический вариант:
Неуправляемый режим



Постоянный внутр. рецикл

Нитраты в Анокс значительные колебания

Предлагаемый вариант:
Управляемый режим

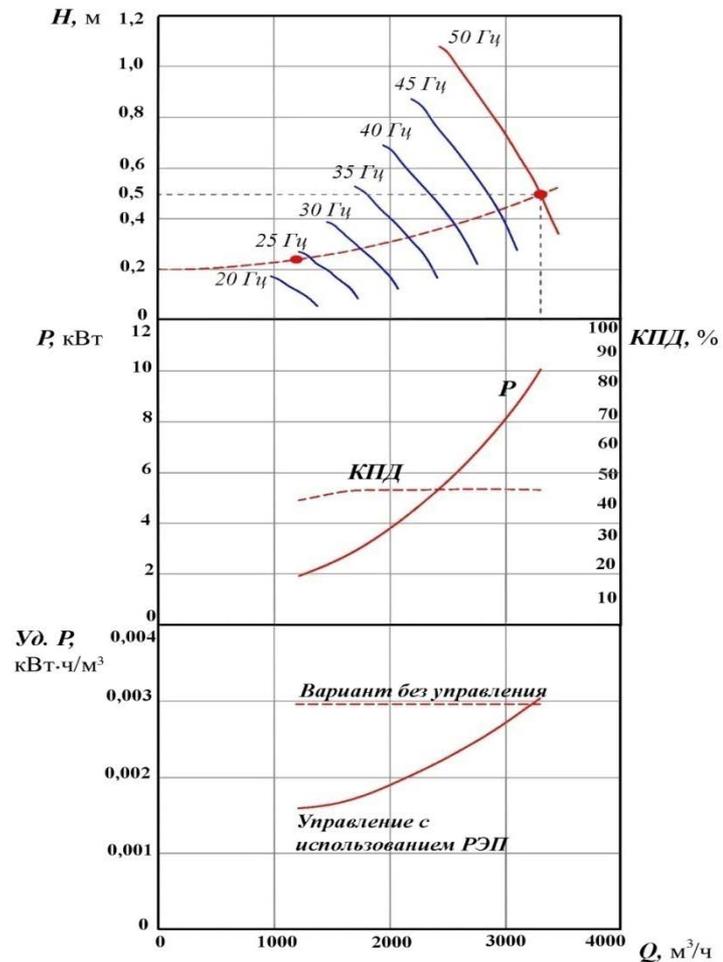


Управляемый внутр. рецикл по датчику нитратов

Нитраты в Анокс управляются по уставке 1 мгN/л



Экономия электроэнергии



Предсказывать экономию возможно!

PROCESS TABLE

GPS-X 5.0 --cnplib-- [stn5rf*]

File Edit View Tools Options Help

Input 7

[63] chemical dosage, flow proportional: 4005 gMe/m³

[inf] soluble ortho-phosphate: 3.8 gP/m³

[inf] influent flow: 30000 m³/d

Process Control

[ras] underflow rate: 30000 m³/d

[was] pumped flow: 682 m³/d

internal rec

[o2(8,1)] internal recycle: 1925000 m³/d

cont ana

[snoana] setpoint for control variable: 0.0354

anox cont

[snoax] setpoint for control variable: 0.27

Input 6

[32] split fraction: 0.65

Layout

sludge

[o2] active heterotrophic biomass	: 462.8	gCOD/m ³
[o2] active autotrophic biomass	: 38.55	gCOD/m ³
[o2] active poly-P accumulating biomass	: 194.6	gCOD/m ³
[o2] stored polyphosphate	: 84.06	gP/m ³
[was] total suspended solids	: 3460	g/m ³
[fsludge] total suspended solids	: 6.831e+04	g/m ³

Soluble Phosphor... Ammonia nitrates mix reactors oxygen

effluent R uct cin SRT coagulation air flow

filtrated digestion biogas recycle water chem sludge

N-NH4 BAF inf treated filtrate thik overflow settled

Steady State **Tue, Jan 31, 2006 00:00:00** Default Scenario Stop 30 d Simulation Control

Mode: Simulate

Start GPS-X 5.0 GPS-X 5.0 --cnplib-- [...

17:52

Спасибо за внимание

Вопросы?

**Закрытое Акционерное Общество
«Водоснабжение и водоотведение»**

127018, Москва, ул. Полковая 1

Тел.: +7 (495) 641 00 41, факс: +7 (495) 641 00 40

Эл. Пота: info@pump.ru, www.pump.ru



Вода - дело компетентных