

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,

Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.

Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .

Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.

Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА БАЗЕ ПОКАЗАТЕЛЯ — ЗАТРАТЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА (LIFE CYCLE COST)



В.И. Баженов, к. т. н.,
Н.А. Кривощекова,
ЗАО «Водоснабжение и водоотведение».

В.И. Баженов

В России выбор инженерных решений основан на методе сравнительной экономической эффективности по показателю приведенных затрат [1].



Приведенные затраты (П) по каждому варианту представляют собой сумму:

$$P = C + E_n \cdot K, \quad (1)$$

или

$$P = T_n \cdot C + K \quad (2)$$

где:

C — эксплуатационные затраты по данному варианту;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K — капитальные вложения в строительство;

T_n — срок окупаемости капитальных вложений.

За рубежом основным инструментом, помогающим сократить убытки и увеличить энергоэффективность большинства типов инженерных систем, является анализ по стоимости жизненного цикла (Life cycle cost = LCC). Метод расчета LCC является результатом совместных исследований, проведенных институтом Гидравлики (www.pumps.org — Hydraulic Institute, USA), институтом Europump (www.europump.org) и Управлением промышленных технологий при Министерстве энергетики США.

Таким образом российский подход к технико-экономической оценке инженерных решений не поддерживается международной практикой, при этом сама оценка вариантов, подлежащих сравнению, тормозится в связи с отсутствием в России четкого механизма расчетов. Для насосных систем механизм расчетов с использованием LCC был опубликован [2].

Данные материалы предлагают детальное технико-экономическое сравнение трех вариантов современных блоков биологической очистки, при реконструкции и новом строительстве, расчетной производительностью 20 000 м³/сут, как наиболее капиталоемкого и энергозатратного для условий муниципальной очистки сточных вод:

1. стандартный вариант без удаления биогенных элементов на базе современных полимерных пневматических аэраторов, далее по тексту «стандартный»;

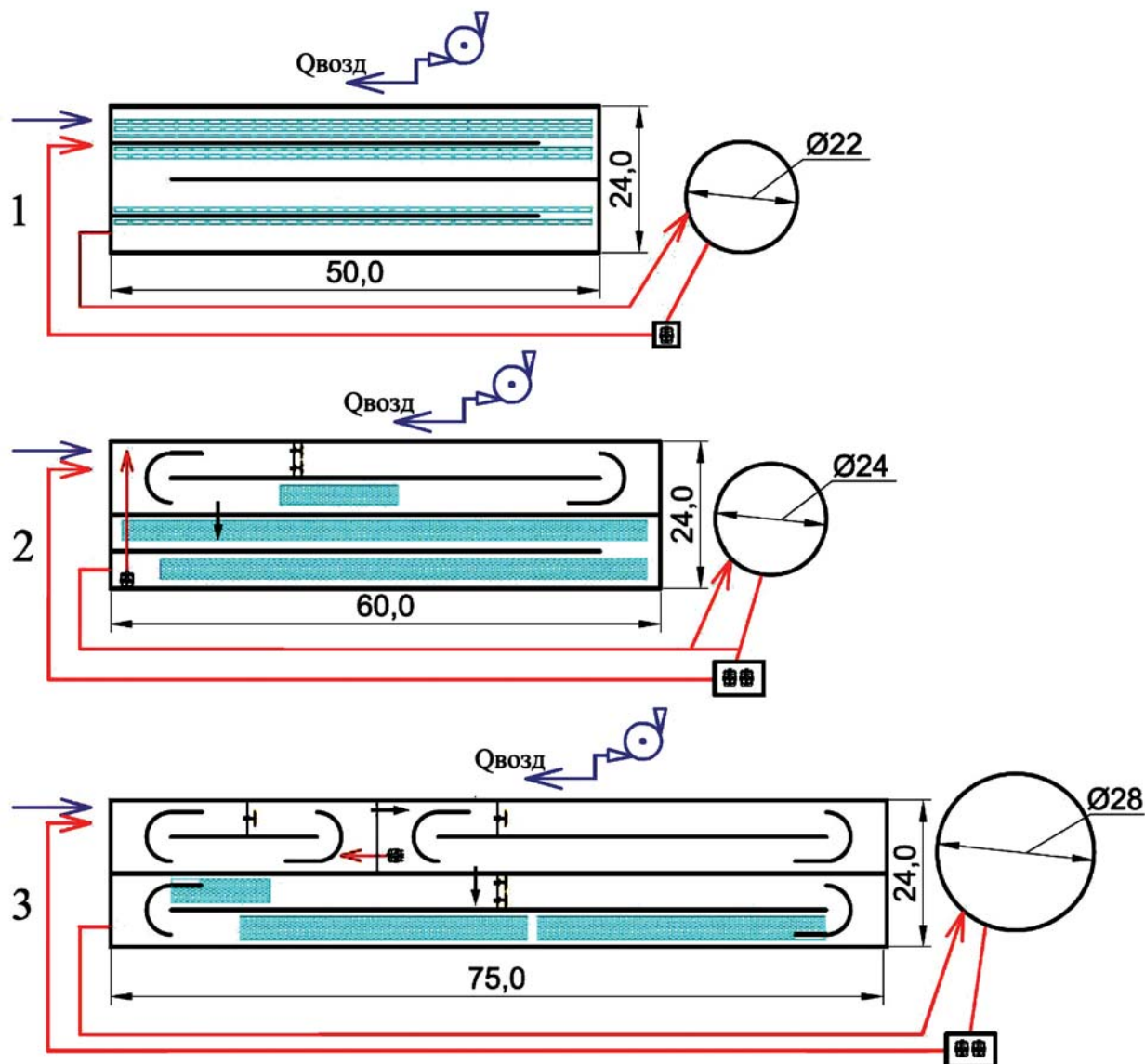


Рис. 1.

Схемы блоков биологической очистки по сравниваемым вариантам:

1. стандартный вариант без удаления биогенных элементов на базе современных полимерных пневматических аэраторов,
2. вариант при удалении азота с погружными мешалками и насосами, а также современных аэрационных систем с дисковыми мембранными аэраторами,
3. вариант при удалении азота и фосфора с погружными мешалками и насосами, а также современных аэрационных систем с дисковыми мембранными аэраторами.

2. вариант при удалении азота с погружными мешалками и насосами, а также современных аэрационных систем с дисковыми мембранными аэраторами, далее по тексту «с удалением азота»;

3. вариант при удалении азота и фосфора с погружными мешалками и насосами, а также современных аэрационных систем с дисковыми мембранными аэраторами, далее по тексту «с удалением азота и фосфора».

Затраты жизненного цикла (LCC) исчисляются за срок службы на покупку, монтаж, пусконаладку, эксплуатацию, техобслуживание, вплоть до затрат на утилизацию данного оборудования и его вывоза [3]. Анализ LCC по-

зволяет выявить наиболее выгодное решение в рамках доступных возможностей.

Ресурс насосных систем нередко составляет от 15 до 20 лет. С практической точки зрения рекомендуется исчислять текущее значение LCC за период 4–8, иногда 10 лет. И это не противоречит Российским нормам.

Проанализируем формулу (2): T_n — величина обратная E_n , а E_n по различным источникам принимается равной от 0,12 до 0,17 [1,4]. Таким образом, T_n распределяет эксплуатационные затраты C , на срок 6–8 лет.

Элементы затрат жизненного цикла LCC по каждому из сравниваемых вариантов выражаются уравнением:

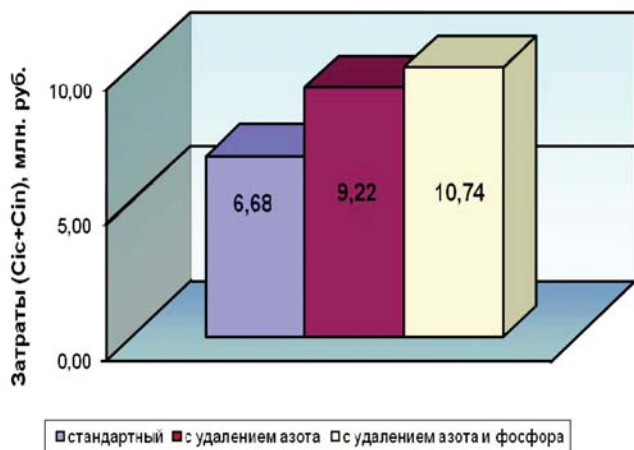


Рис. 2. Реконструкция объекта. Сравнительные капитальные затраты (C_{ic}+C_{in}) по трем вариантам блоков биологической очистки.

$$LCC = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d, \quad (3)$$

где:

C_{ic} — капитальные затраты (строительные работы, стоимость оборудования);

C_{in} — затраты на монтаж, пуско-наладку;

C_e — затраты на электрическую энергию;

C_o — текущие затраты (в основном затраты на оплату труда обслуживающего персонала);

C_m — затраты на сервис и техобслуживание (текущий и плановый ремонт, при необходимости замена оборудования);

C_s — затраты по причине простоя (упущенная выгода) или потере производительности;

C_{env} — затраты на охрану окружающей среды и предотвращение ущерба;

C_d — затраты на утилизацию, расчет остаточной стоимости оборудования для его будущего использования.

Целью LCC является оптимизация затрат для выбора наиболее подходящего варианта, в зависимости от поставленных задач. Расчет можно производить с учетом

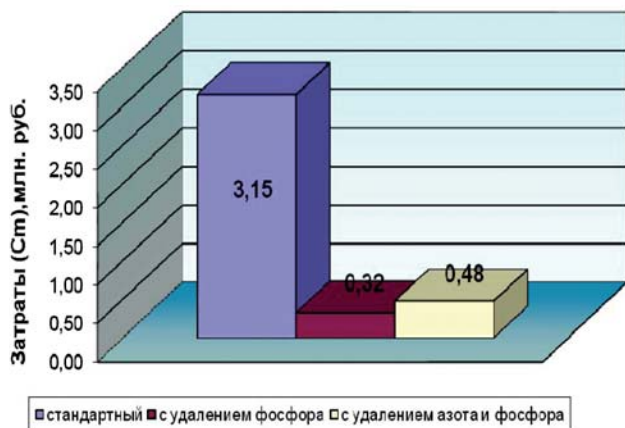


Рис. 4. Реконструкция объекта. Сравнительные затраты на сервис и техобслуживание (C_m) по трем вариантам блоков биологической очистки.

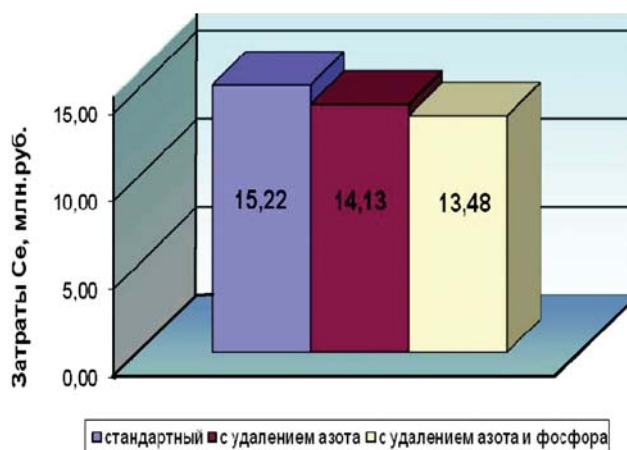


Рис. 3. Реконструкция объекта. Сравнительные затраты на электроэнергию (C_e) по трем вариантам блоков биологической очистки.

всех слагаемых LCC или исключить некоторые слагаемые например, ввиду их равнозначности по сравниваемым вариантам. Пользователь сам должен решить, какие именно затраты учитывать.

Так, например, особенностью представленных расчетов является C_o=0, поскольку этот фактор второстепенен и не характерен для сравниваемых вариантов, скорее он запутает логику пользователя (затраты на утилизацию и остаточная стоимость оборудования имеют разные знаки: «+» и «-»).

При этом показатель C_{env}, часто вообще не используемый в расчетах LCC, приобретает одно из ключевых значений, поскольку качество очистки сточных вод по вариантам будет существенно отличаться массовой долей загрязнений по органическим и биогенным элементам (азот и фосфор). Затраты C_{env} учитываются нами как ущерб, наносимый окружающей среде от сброса очищенных вод различного качества в соответствии с нормативами [5, 6,10].

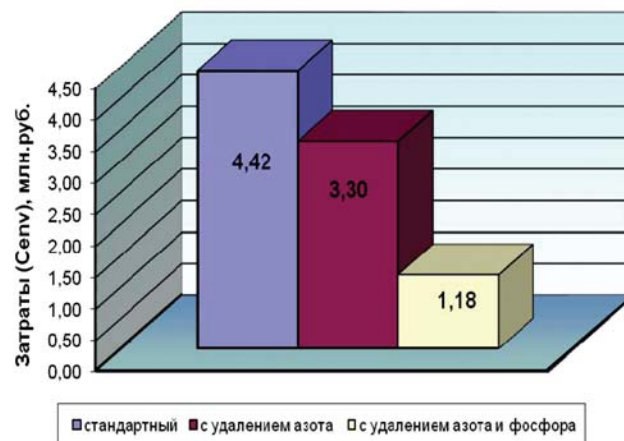


Рис. 5. Реконструкция объекта. Сравнительные затраты на окружающую среду (C_{env}) по трем вариантам блоков биологической очистки.

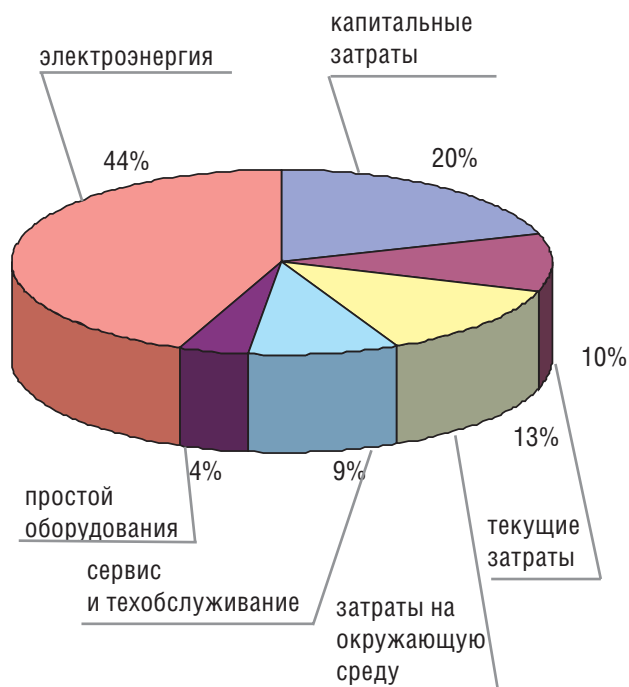


Рис. 6.

Реконструкция объекта. Затраты жизненного цикла LCC блока биологической очистки по стандартному варианту, где:

- 1 — затраты на электроэнергию (15 215 520,53 руб.);
- 2 — затраты на простой оборудования (1 246 464,92 руб.);
- 3 — затраты на сервис и техобслуживание (3 147 326,56 руб.);
- 4 — затраты на окружающую среду (4 421 198,80 руб.);
- 5 — текущие затраты (3 553 440,00 руб.);
- 6 — капитальные затраты (6 680 000,00 руб.).

Главной целью метода является прямая выгода. Поэтому совершенно очевидно, что темп ежегодной инфляции (p) требуется компенсировать процентной ставкой (i), выраженной в долях ед.:

$$C_n = C_p \cdot (1 + (i - p))^n, \quad (4)$$

где:

n — расчетный период, лет, $n=8$;

C_p и C_n — текущие и предстоящие через « n » лет затраты;

i — процентная ставка, принимается с учетом депозитных ставок банков высшей категории надежности, приблизительно на настоящее время $i=16\%$.

p — годовой темп инфляции, $p=12\%$.

Следует учесть, что использование коэффициента дисконтирования позволяет привести разновременные затраты и результаты, осуществляемые и получаемые в ходе реализации проекта, к сопоставимому виду, т. к. очевидно, что ценность эквивалентных денежных средств, получаемых в различные моменты времени, неодинаковы.

С учетом коэффициента дисконтирования формула (4) примет вид:

$$C_n = C_p \cdot \alpha \quad (5)$$

где:

α — коэффициент дисконтирования вычисляется по формуле (6):

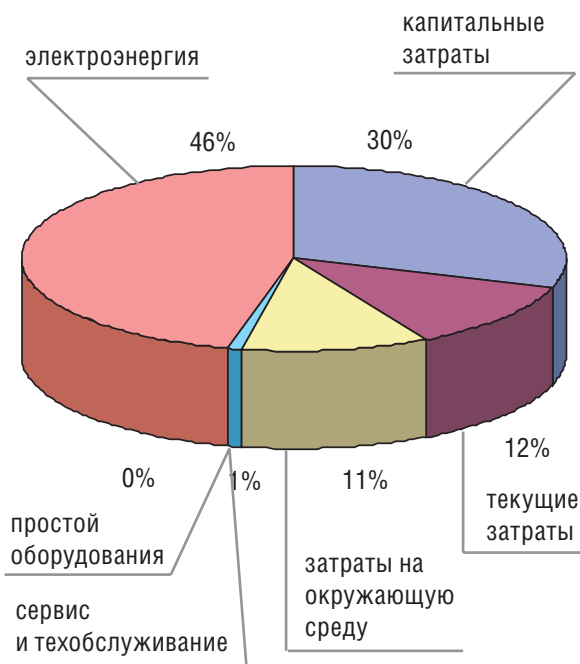


Рис. 7.

Реконструкция объекта. Затраты жизненного цикла LCC блока биологической очистки с удалением азота, где:

- 1 — затраты на электроэнергию (14 127 950,67 руб.);
- 2 — затраты на простой оборудования (0,00 руб.);
- 3 — затраты на сервис и техобслуживание (322 321,97 руб.);
- 4 — затраты на окружающую среду (3 298 368,29 руб.);
- 5 — текущие затраты (3 553 440,00 руб.);
- 6 — капитальные затраты (9 223 949,00 руб.).

$$\alpha = [(1+p)^1/(1+i)^1] + [(1+p)^2/(1+i)^2] + \dots + [(1+p)^n/(1+i)^n] \quad (6)$$

Показатель степени в формуле — количество лет n . Как указывалось выше, годовой темп инфляции p принимается равным 12% , а процентная ставка i — 16% .

Исходные данные для расчета представлены в табл. 1, а схемы вариантов сравнения на рис. 1. Варианты включают: собственно сооружения биологической очистки активным илом (далее по тексту для упрощения — «азротенки»), вторичные отстойники, насосные станции рециркуляционного активного ила и воздушное оборудование. Как видно из таблицы, рассматриваемые варианты имеют одинаковую производительность ($20\,000\text{ м}^3/\text{сут}$) и исходные концентрации загрязнений, но отличаются качеством очистки, технологическими параметрами (которые определяют объемы сооружений и мощности энергоресурсов).

Конструктивные размеры сооружений указаны в табл. 2. Стоимость азротенка взята по т. п. 902–2–179 в ценах 1984 г. по [7]. Индекс перевода цен 1984 г. в текущие цены на данный момент принята 120. Азротенки оборудованы: по стандартному варианту полимерной трубчатой системой аэрации без установки мешалок и устройств внутренней рециркуляции, в остальных случаях — мелкопузырчатой дисковой мембранной систе-

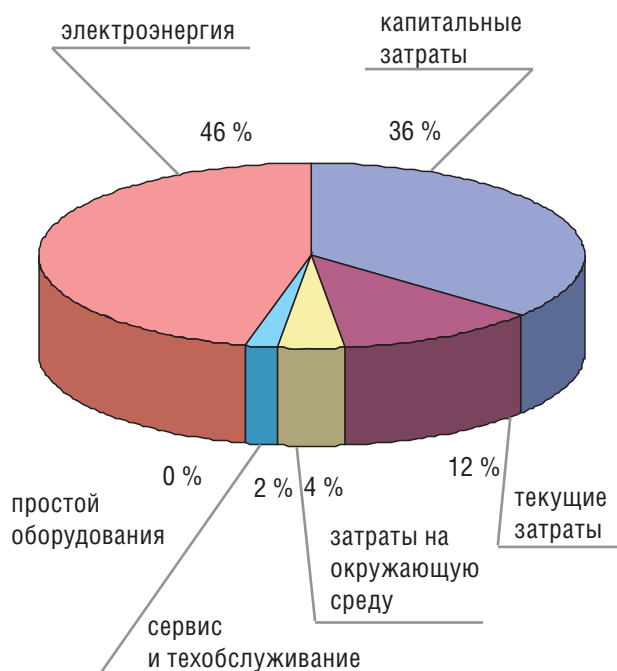


Рис. 8. Реконструкция объекта. Затраты жизненного цикла ЛСС блока биологической очистки с удалением азота и фосфора, где: 1 — затраты на электроэнергию (13 479 591,72 руб.); 2 — затраты на простой оборудования (0,00 руб.); 3 — затраты на сервис и техобслуживание (476 482,85 руб.); 4 — затраты на окружающую среду (1 179 027,35 руб.); 5 — текущие затраты (3 553 440,00 руб.); 6 — капитальные затраты (10 739 978,00 руб.).

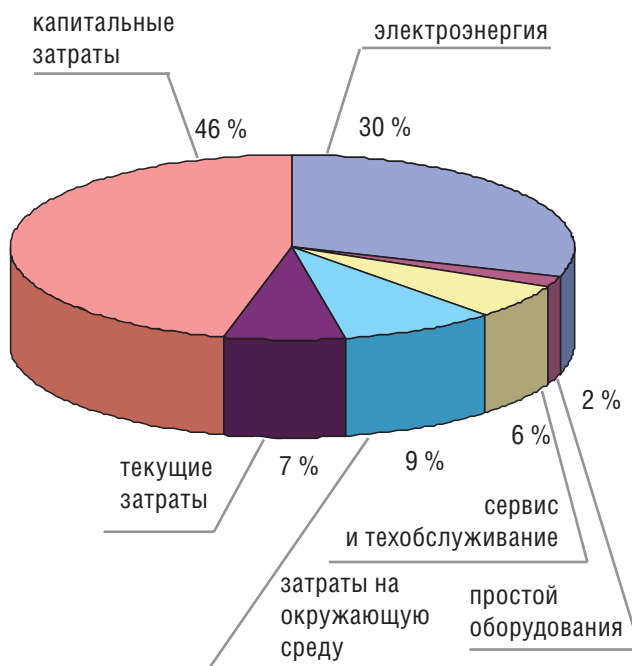


Рис. 10. Новое строительство объекта. Затраты жизненного цикла ЛСС блока биологической очистки по стандартному варианту, где: 1 — затраты на электроэнергию (15 215 520,53 руб.); 2 — затраты на простой оборудования (1 246 464,92 руб.); 3 — затраты на сервис и техобслуживание (3 147 326,56 руб.); 4 — затраты на окружающую среду (4 421 198,80 руб.); 5 — текущие затраты (3 553 440,00 руб.); 6 — капитальные затраты (23 027 750,00 руб.).

мой аэрации с использованием погружных мешалок и рециркуляционных насосов. Тип вторичных отстойников — радиальный, при этом степень рециркуляции по двум вариантам с удалением биогенных элементов удвоена по отношению к стандартному варианту и составляет 150 %.

Экономические показатели эксплуатационных затрат рассчитывались при следующих условиях:

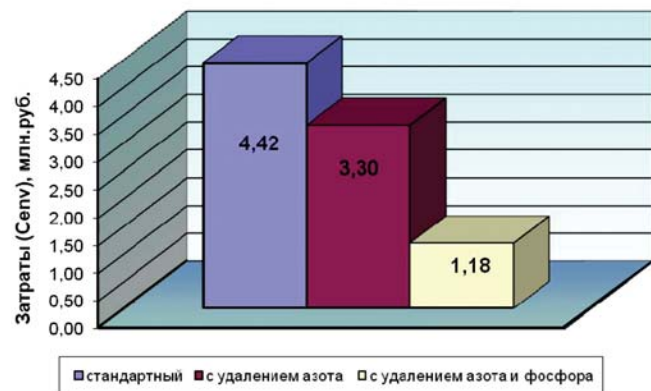


Рис. 9. Новое строительство объекта. Сравнительные капитальные затраты (C_{ic}+C_{in}) по трем вариантам блоков биологической очистки.

- Эксплуатационные затраты рассчитывались с использованием формул (4, 5, 6) принимая во внимание годовые темпы инфляции, процентные ставки и коэффициент дисконтирования α .
- Затраты на электроэнергию C_e принимались в соответствии с потребляемой мощностью 1 кВт по одноставочному тарифу 177,38 коп/кВт.ч (для иных, прочих потребителей) в соответствии с постановлением РЭК г. Москвы [8].
- Текущие затраты C_o включали величину заработной платы обслуживающего персонала согласно [7]. Условно принято: количество обслуживающего персонала — 2 рабочих с зарплатой 20 000 руб./мес. (предполагая, что блок очистки производительностью 80 тыс. м³/сут обслуживают 8 рабочих).
- Затраты на сервис и техобслуживание C_m определились исходя из потребности на базовые ремонтные комплекты, затраты по замене полимерной трубчатой аэрационной системы через 4 года по стандартному варианту (руководствуясь опытом эксплуатации), а также трудозатраты на ремонт и замену оборудования, рассчитанные по ведомости трудозатрат.
- Затраты на охрану окружающей среды и предотвращение ущерба C_{env} рассчитывались как затраты на сброс загрязняющих веществ в водные объекты в соответствии с общепринятыми нормативами [6,10]:

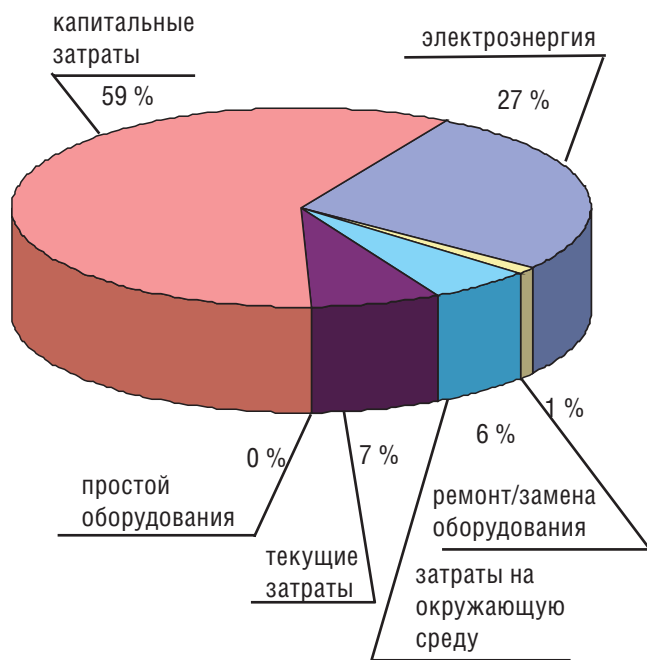


Рис. 11. Новое строительство объекта. Затраты жизненного цикла LCC блока биологической очистки с удалением азота, где:
 1 — затраты на электроэнергию (14 127 950,67 руб.);
 2 — затраты на простой оборудования (0,00 руб.);
 3 — затраты на сервис и техобслуживание (322 321,97 руб.);
 4 — затраты на окружающую среду (3 298 368,29 руб.);
 5 — текущие затраты (3 553 440,00 руб.);
 6 — капитальные затраты (31 216 349,00 руб.).



Рис. 12. Новое строительство объекта. Затраты жизненного цикла LCC блока биологической очистки с удалением азота и фосфора, где:
 1 — затраты на электроэнергию (13 479 591,72 руб.);
 2 — затраты на простой оборудования (0,00 руб.);
 3 — затраты на сервис и техобслуживание (476 482,85 руб.);
 4 — затраты на окружающую среду (1 179 027,35 руб.);
 5 — текущие затраты (3 553 440,00 руб.);
 6 — капитальные затраты (41 023 478,00 руб.).

в пределах допустимых нормативов сброса для водоемов рыбохозяйственного назначения, а также за превышение лимитов. Исходные концентрации представлены в табл. 1. Очевидно, что при варианте биологической очистки с наихудшими параметрами очищенной воды платежи за сброс будут выше.

- По варианту затрат на простой оборудования C_s указывалось, что плановая остановка работы блока биологической очистки по стандартному варианту планируется через 4 года в связи с заменой системы полимерной трубчатой аэрации. Следовательно, остальные блоки биологической очистки по этому варианту будут принимать на себя дополнительную нагрузку. Планируется форсированный режим работы сооружений на протяжении 1 месяца (срок полной замены системы аэрации). Это приведет к сбросу в водный объект дополнительной массы загрязняющих веществ и увеличению платы по тарифам за сброс загрязняющих веществ в водный объект [6,10].

Расчеты капитальных затрат на установку и монтаж ($C_{ic} + C_{in}$) представлены в табл. 3 и табл. 10 для вариантов реконструкции и нового строительства соответственно. Варианты отличаются затратами на проведение общестроительных работ.

Итоговые таблицы по расчетам затрат жизненного цикла LCC сводятся в сводный расчет, представленный в

табл. 9 и табл. 11, также для вариантов реконструкции и нового строительства соответственно.

Слагаемые LCC затрат представлены на рис. 6–8 для вариантов реконструкции объектов и на рис. 10–12 для вариантов нового строительства.

АНАЛИЗ LCC ПОЗВОЛЯЕТ СДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ВЫВОДЫ:

- Показатель LCC (затраты жизненного цикла) своевременен и важен. Целесообразность его использования определяется следующими задачами:
 - оптимизация инвестиционных и эксплуатационных затрат;
 - как технико-экономическая основа тендерных предложений различного уровня техники;
 - учет исходных к.п.д. оборудования как элементов затрат;
 - учет качества используемого оборудования как элементов затрат.
- Реконструкция действующих объектов биологической очистки более выгодна с точки зрения внедрения новых технологий, рассчитанных на удаление биогенных элементов в России, потому что доля капитальных затрат на общестроительные работы существенно превышает все остальные ежегодные эксплуатационные

затраты, включающие затраты на электроэнергию и штрафы за превышение показателей сброса.

3. При реконструкции современных сооружений аэробной биологической очистки в условиях действующих слагаемых затрат стандартный вариант наиболее затратен. Эта величина по циклу LCC за 8 лет составляет по сравнению с вариантом удаления азота — 12,2 %, с вариантом совместного удаления азота и фосфора — 16,4 %.
4. В условиях нового строительства современных объектов биологической очистки сточных вод использовать новые технологии удаления азота / азота и фосфора невыгодно и затратно на 3,8 % / 18 % соответственно.
5. Наблюдающийся в России потенциал роста затрат на эксплуатационные показатели (в первую очередь, на электроэнергию и штрафы за сброс биогенных элементов) в будущем определит выгоду от внедрения новых технологий, рассчитанных на удаление биогенных элементов.
6. Более дорогое, но энергоэффективное оборудование выгодно использовать в условиях реконструкции и строительства новых объектов.

Таблица 1

Исходные данные для расчетов по вариантам

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|--|-------------|-------------------|-----------------------------|
| Расход, м ³ /сут | 20 000 | 20 000 | 20 000 |
| Исходные концентрации | | | |
| ХПК, мг/л | 300 | 300 | 300 |
| БПК ₅ , мг/л | 150 | 150 | 150 |
| N-NH ₄ , мг/л | 30 | 30 | 30 |
| P-PO ₄ , мг/л | 4 | 4 | 4 |
| Параметры очищенной воды | | | |
| ХПК, мг/л | 50 | 30 | 30 |
| БПК ₅ , мг/л | 15 | 10 | 10 |
| N-NH ₄ , мг/л | 3 | 0,4 | 0,4 |
| N-NO ₂ , мг/л | - | - | - |
| N-NO ₃ , мг/л | 25 | 9,5 | 9,5 |
| P-PO ₄ , мг/л | 4 | 4 | 1 |
| Аэротенк | | | |
| T _{среднее} в аэротенках, ч | 8 | 10 | 12 |
| Q _{возд} , м ³ /м ³ | 8 | 6 | 5 |
| Вторичный отстойник | | | |
| Поверхностная нагрузка, м ³ /м ² | 2,2 | 1,8 | 1,5 |

Таблица 2

Конструктивные размеры сооружений

| Сооружение | Вариант | | |
|---|-------------|-------------------|-----------------------------|
| | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
| Аэротенк четырехкоридорный | 50х6х6м | 60х6х6м | 75х6х6м |
| Вторичный отстойник | Д=22м | Д=24м | Д=28м |
| Насосная станция рециркулирующего активного ила | Д=3м, Н=6м | Д=3м, Н=6м | Д=3м, Н=6м |

Таблица 3

Расчет капитальных затрат, на установку и монтаж ($C_{ic} + C_{in}$). Реконструкция объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|--|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| Система пневматической мелкопузырчатой аэрации | полимерная трубчатая | мембранные дисковые | мембранные дисковые |
| Количество | 778 п.м. | 1400 дисков | 1200 дисков |
| Затраты с монтажом, руб. | 1 750 000,00 | 1 402 555,00 | 1 202 190,00 |
| Тип мешалок | | SR 4430 | SR 4430 |
| Мощность, кВт | | 4,3 | 4,3 |
| Количество, ед. | | 2 | 4 |
| Затраты на мешалки с аксессуарами и с монтажом, руб. | — | 1 716 394,00 | 3 432 788,00 |
| Тип рециркуляционных насосов | | PP 4650 | PP 4650 |
| Мощность, кВт | | 5,5 | 5,5 |
| Количество, ед. | | 1 | 1 |
| Затраты на насосы с аксессуарами и с монтажом, руб. | — | 675 000,00 | 675 000,00 |
| Итого по разделу, руб. | 1 750 000,00 | 3 793 949,00 | 5 309 978,00 |
| Вторичные отстойники | радиальный | радиальный | радиальный |
| Диаметр, м | 22 | 24 | 28 |
| Типовой проект | | 902-2-347 | |
| Количество, ед. | 1 | 1 | 1 |
| Рециркулирующие насосы возвратного активного ила | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT |
| Количество, ед. | 1 | 2 | 2 |
| Мощность, кВт за ед. | 9 | 9 | 9 |
| Затраты, руб. | 550 000,00 | 1 050 000,00 | 1 050 000,00 |
| Итого по разделу, руб. | 550 000,00 | 1 050 000,00 | 1 050 000,00 |
| Воздуходувное оборудование | | | |
| Марка воздуходувки | Siemens STC-GO | Siemens STC-GO | Siemens STC-GO |
| Количество, ед. | 1 | 1 | 1 |
| Общая подача, м ³ /час | 6 670 | 5 000 | 4 170 |
| Потребляемая мощность, кВт | 136,5 | 103 | 88,2 |
| Затраты на воздуходувное оборудование, руб. | 4 380 000,00 | 4 380 000,00 | 4 380 000,00 |
| Общие затраты на блок биологической очистки, руб. | 6 680 000,00 | 9 223 949,00 | 10 739 978,00 |

Таблица 4

Расчет годовых затрат электроэнергии. Реконструкция объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|--|-------------|-------------------|-----------------------------|
| Тип мешалок | — | SR 4430 | SR 4430 |
| Мощность, кВт | | 4,3 | 4,3 |
| Количество, ед. | | 2 | 4 |
| Годовая мощность на единицу, кВт/год | | 37 668 | 37 668 |
| Затраты на электроэнергию на единицу, руб. | | 66 815,50 | 66 815,50 |

| | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|
| Всего, руб | — | 133 631,00 | 267 261,99 |
| Тип рециркуляционных насосов, установленных в аэротенке | — | PP 4650 | PP 4650 |
| Мощность, кВт | | 5,5 | 5,5 |
| Количество, ед. | | 1 | 1 |
| Годовая мощность на единицу, кВт/год | | 48 180 | 48 180 |
| Затраты на эл.энергию на единицу, руб. | | 85 461,68 | 85 461,68 |
| Всего, руб | — | 85 461,684 | 85 461,684 |
| Рециркулирующие насосы возвратного активного ила | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT |
| Мощность, кВт за ед. | 9 | 9 | 9 |
| Количество, ед. | 1 | 2 | 2 |
| Годовая мощность на единицу, кВт/год | 78840 | 78840 | 78840 |
| Затраты на эл.энергию на единицу, руб. | 139 846,39 | 139 846,39 | 139 846,39 |
| Всего, руб. | 139 846,39 | 279 692,78 | 279 692,78 |
| Воздуходувное оборудование | Siemens STC-GO | Siemens STC-GO | Siemens STC-GO |
| Потребляемая мощность, кВт | 136,5 | 103 | 88,2 |
| Количество, ед. | 1 | 1 | 1 |
| Годовая мощность на единицу, кВт/год | 1 195 740,00 | 902 280,00 | 772 632,00 |
| Затраты на эл.энергию на единицу, руб. | 2 121 003,61 | 1 600 464,26 | 1 370 494,64 |
| Итого, руб. | 2 260 850,00 | 2 099 249,73 | 2 002 911,10 |

Таблица 5

Расчет стоимости текущих затрат. Реконструкция объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|--|-------------|-------------------|-----------------------------|
| Заработная плата в текущих ценах, руб. | 528 000,00 | 528 000,00 | 528 000,00 |
| Итого, руб. | 528 000,00 | 528 000,00 | 528 000,00 |

Таблица 6

Расчет затрат на сервис и техобслуживание С_м. Реконструкция объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|---|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Оборудование | полимерная трубчатая аэрация | мембранные дисковые | мембранные дисковые |
| Количество | 778 п.м. | не требуется | не требуется |
| Затраты (приведена за 1 год), руб. | 437 500,00 | — | — |
| Оборудование | — | SR 4430 | SR 4430 |
| Затраты на базовый рем. комплект (приведены за 1 год), руб. | — | 22 906,52 | 45 813,04 |
| Оборудование | — | PP 4650 | PP 4650 |
| Затраты на базовый рем. комплект (приведены за 1 год), руб. | — | 6 674,29 | 6 674,29 |
| Оборудование | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT |
| Затраты на базовый рем. комплект (приведены за 1 год), руб. | 2 156,25 | 4 312,50 | 4 312,50 |
| Трудозатраты (приведены за 1 год), руб. | 28 000,00 | 14 000,00 | 14 000,00 |
| Итого, руб. | 467 656,25 | 47 893,31 | 70 799,83 |

Таблица 7

Затраты на охрану окружающей среды C_{env} . Реконструкция объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|---|-------------|-------------------|-----------------------------|
| Годовые платежи за сброс в водный объект по вариантам в текущих ценах, руб. | 656 938,90 | 490 099,30 | 175 189,80 |
| Итого, руб. | 656 938,90 | 490 099,30 | 175 189,80 |

Таблица 8

Расчет стоимости затрат на простой оборудования. Реконструкция объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|---|-------------|-------------------|-----------------------------|
| Платежи за сброс в водный объект при форсированном режиме работы сооружений биологической очистки, руб. | 185 210,24 | 0,00 | 0,00 |
| Итого, руб. | 185 210,24 | 0,00 | 0,00 |

Таблица 9

Итоговая таблица LCC. Реконструкция объекта

| Исходные данные к расчету LCC | | | |
|---|---------------|-------------------|-----------------------------|
| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
| Расчетный период, лет | 8 | 8 | 8 |
| Процентная ставка, % | 16 | 16 | 16 |
| Годовой темп инфляции, % | 12 | 12 | 12 |
| Коэффициент дисконтирования | 6,73 | 6,73 | 6,73 |
| Капитальные затраты, установка, монтаж | 6 680 000,00 | 9 223 949,00 | 10 739 978,00 |
| Затраты на электроэнергию за год, руб. | 2 260 850,00 | 2 099 249,73 | 2 002 911,10 |
| Текущие затраты, руб. | 528 000,00 | 528 000,00 | 528 000,00 |
| Простой оборудования, руб. | 185 210,24 | 0,00 | 0,00 |
| Сервис и техобслуживание, руб. | 467 656,25 | 47 893,31 | 70 799,83 |
| Затраты на окружающую среду, руб. | 656 938,90 | 490 099,30 | 175 189,80 |
| Сумма годовых затрат, руб. | 4 098 655,39 | 3 165 242,34 | 2 776 900,73 |
| Ежегодные затраты, руб. | 27 583 950,80 | 21 302 080,93 | 18 688 541,93 |
| Результат расчета LCC | | | |
| Полные затраты жизненного цикла блока биологической очистки LCC, руб. | 34 263 950,80 | 30 526 029,93 | 29 428 519,93 |
| Слагаемые LCC: | | | |
| Затраты на электроэнергию (C_e) | 15 215 520,53 | 14 127 950,67 | 13 479 591,72 |
| Затраты на простой оборудования (C_s) | 1 246 464,92 | 0,00 | 0,00 |
| Затраты на сервис и техобслуживание (C_m) | 3 147 326,56 | 322 321,97 | 476 482,85 |
| Затраты на окружающую среду (C_{env}) | 4 421 198,80 | 3 298 368,29 | 1 179 027,35 |
| Текущие затраты (C_o) | 3 553 440,00 | 3 553 440,00 | 3 553 440,00 |
| Капитальные затраты, а также затраты на установку и монтаж ($C_{ic} + C_m$) | 6 680 000,00 | 9 223 949,00 | 10 739 978,00 |

Таблица 10

Расчет стоимости капитальных затрат на установку и монтаж ($C_{ic} + C_{in}$). Новое строительство объекта

| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
|--|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| Аэротенк | | | |
| Затраты на СМР, руб. | 12 000 000,00 | 16 428 000,00 | 22 500 000,00 |
| Затраты на доп. потоконаправляющие стенки, руб. | ----- | 821 400,00 | 2 250 000,00 |
| Система пневматической мелкопузырчатой аэрации | полимерная трубчатая | мембранные дисковые | мембранные дисковые |
| Количество | 778 п.м. | 1 400 дисков | 1 200 дисков |
| Затраты на систему и монтаж, руб. | 1 750 000, | 1 402 555,00 | 1 202 190,00 |
| Тип мешалок | | SR 4430 | SR 4430 |
| Мощность, кВт | | 4,3 | 4,3 |
| Количество | | 2 | 4 |
| Затраты на мешалки с аксессуарами и с монтажом, руб. | ----- | 1 716 394,00 | 3 432 788,00 |
| Тип рециркуляционных насосов | | PP 4650 | PP 4650 |
| Мощность, кВт | | 5,5 | 5,5 |
| Количество | | 1 | 1 |
| Затраты на насосы с аксессуарами и с монтажом, руб. | ----- | 675 000,00 | 675 000,00 |
| Итого по разделу, руб. | 1 750 000,00 | 3 793 949,00 | 5 309 978,00 |
| Вторичные отстойники | | | |
| Диаметр, м | 22 | 24 | 28 |
| Типовой проект | | 902-2-347 | |
| Количество | 1 | 1 | 1 |
| Затраты на вторичный отстойник в комплектации с современными скребковыми механизмами, руб. | 4 347 750,00 | 4 743 000,00 | 5 533 500,00 |
| Рециркулирующие насосы возвратного активного ила | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT | NP 3153.181 LT |
| Количество | 1 | 2 | 2 |
| Мощность, кВт за ед. | 9 | 9 | 9 |
| Затраты, руб. | 550 000,00 | 1 050 000,00 | 1 050 000,00 |
| Итого по разделу, руб. | 550 000,00 | 1 050 000,00 | 1 050 000,00 |
| Воздуходувное оборудование | | | |
| Марка воздуходувки | Siemens STC-GO | Siemens STC-GO | Siemens STC-GO |
| Количество | 1 | 1 | 1 |
| Общая подача, м ³ /час | 6 670 | 5 000 | 4 170 |
| Потребляемая мощность, кВт | 136,5 | 103 | 88,2 |
| Затраты на воздуходувное оборудование, руб. | 4 380 000,00 | 4 380 000,00 | 4 380 000,00 |
| Общие затраты на блок биологической очистки, руб. | 23 027 750,00 | 31 216 349,00 | 41 023 478,00 |

Итоговая таблица LCC. Новое строительство объекта

| Исходные данные к расчету LCC | | | |
|--|--------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Показатели | Стандартный | С удалением азота | С удалением азота и фосфора |
| Расчетный период, лет | 8 | 8 | 8 |
| Процентная ставка, % | 16 | 16 | 16 |
| Годовой темп инфляции, % | 12 | 12 | 12 |
| Коэффициент дисконтирования | 6,73 | 6,73 | 6,73 |
| Капитальные затраты, установка, монтаж, руб. | 23 027 750,00 | 31 216 349,00 | 41 023 478,00 |
| Затраты на электроэнергию за год, руб. | 2 260 850,00 | 2 099 249,73 | 2 002 911,10 |
| Текущие затраты, руб. | 528 000,00 | 528 000,00 | 528 000,00 |
| Простой оборудования, руб. | 185 210,24 | 0,00 | 0,00 |
| Сервис и техобслуживание, руб. | 467 656,25 | 47 893,31 | 70 799,83 |
| Затраты на окружающую среду, руб. | 656 938,90 | 490 099,30 | 175 189,80 |
| Сумма годовых затрат, руб. | 4 098 655,39 | 3 165 242,34 | 2 776 900,73 |
| Ежегодные затраты, руб. | 27 583 950,80 | 21 302 080,93 | 18 688 541,93 |
| Результат расчета LCC | | | |
| Полные затраты жизненного цикла блока биологической очистки LCC, руб. | 50 611 700,80 | 52 518 429,93 | 59 712 019,93 |
| Слагаемые LCC | | | |
| Затраты на электроэнергию (C_e) | 15 215 520,53 | 14 127 950,67 | 13 479 591,72 |
| Затраты на простой оборудования (C_s) | 1 246 464,92 | 0,00 | 0,00 |
| Затраты на сервис и техобслуживание (C_m) | 3 147 326,56 | 322 321,97 | 476 482,85 |
| Затраты на окружающую среду (C_{env}) | 4 421 198,80 | 3 298 368,29 | 1 179 027,35 |
| Текущие затраты (C_o) | 3 553 440,00 | 3 553 440,00 | 3 553 440,00 |
| Капитальные затраты, а также затраты на установку и монтаж ($C_{ic}+C_{in}$) | 23 027 750,00 | 31 216 349,00 | 41 023 478,00 |

ЛИТЕРАТУРА:

1. Составление технико-экономической части проектов внеплощадочных систем водоснабжения и канализации (Справочное пособие к СНиП). — М., Союзводоканалпроект, Стройиздат, 1991.
2. В.И. Баженов, С.Е. Березин, Н.Н. Зубовская, Экономический анализ насосных систем на базе показателя затраты жизненного цикла. Журнал руководителя и главного бухгалтера ЖКХ, №5, 2006.
3. Pumps Life Cycle Cost: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Copyright 2001, by Hydraulic Institute and Europump. Printed in USA.
4. Справочник проектировщика «Канализация населенных мест и промышленных предприятий». Под редакцией В.Н. Самохина. — М., Стройиздат, 1981.
5. Министерство природных ресурсов РФ. Приказ от 17.12.2007 №333 «Об утверждении методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей.»
6. ПП РФ от 12.06.2003 №344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».
7. Рекомендации по расчету сравнительной экономической эффективности научно-исследовательских разработок в области очистки сточных вод и обработки осадков. — М., 1984.
8. Постановление РЭК Москвы от 19.12.2007 № 86. Приложение 1.
9. Марголина Е.В.. Обоснование экономической эффективности инвестиционных проектов. Учебное пособие. Московский Государственный университет природообустройства. — М., 2002.
10. ПП РФ от 01.07.2005 №410 «О внесении изменений в приложение № 1 к ПП РФ от 12.06.2003 № 344»