

## **МЕТОД РАСЧЕТА ЛСС В ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Винярская И. В., аспирант

*Научный руководитель д-р техн. наук, проф. А. Д. Гуринович*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Обеспечение устойчивого и эффективного водопользования напрямую связано с обоснованием инвестиций при проектировании и строительстве водоочистных сооружений. Одним из наиболее ответственных и значимых этапов прединвестиционных исследований является обоснование экономической эффективности инвестиционного проекта, включающее анализ и интегральную оценку всей имеющейся технико-экономической и финансовой информации. Нередко решения должны приниматься в условиях, когда имеется ряд альтернативных или взаимно независимых проектов.

Технико-экономическое обоснование должно базироваться на достоверных исходных данных, которые должны быть получены либо на стадии обоснования инвестиций либо на стадии предпроектного обследования. Выбор технологии очистки сточных вод должен проводиться на основе экологических и экономических критериев.

Критерием выбора той или иной технологии является степень очистки сточных вод при заданной производительности, при этом стоимость сооружений и оборудования не может являться доминирующим фактором выбора. Основными из них являются следующие.

1. В основе выбора лежит главный критерий – стоимость жизненного цикла, который является комплексным показателем, характеризующим стоимость, качество и надежность сооружений и оборудования. Данный критерий должен опираться на опыте их работы по данным от производителя, гарантирующего соответствующий срок службы при сохранении требуемых параметров очистки. Срок службы технологического оборудования, который колеблется, как правило, от

10 до 30 лет – должен максимально приближаться к сроку службы сооружений и зданий, который составляет 50 лет.

2. Критерий, характеризующий используемые материалы сооружений и оборудования, должен учитывать устойчивость и защищенность их от производных продуктов технологий очистки сточных вод – химической и биологической коррозии, от воздействия атмосферных осадков, ультрафиолетового излучения, высоких и низких температур, а также возможности возникновения природных катаклизмов (наводнений, ураганов, землетрясений и др.).

3. Затраты на сервисное обслуживание. Оптимальным является процесс очистки сточных вод, не требующий постоянного присутствия оператора, регулярного внесения каких-либо реагентов.

4. Стоимость расходных материалов (мембран воздуходувок и пр.).

5. Энергопотребление – наличие большого количества движущихся деталей и сложной автоматики увеличивает энергоемкость и стоимость процесса очистки и снижает надежность установки.

6. Гарантийные обязательства от производителя оборудования.

7. Частота технического обслуживания и алгоритм его проведения. В ходе длительной эксплуатации водопроводящих сооружений многие конструктивные элементы выходят из строя это - полное разрушение железобетона конструкции водопроводящего сооружения, образование дефектов, нарушающих нормальную эксплуатационную работу конструкции водопроводящего сооружения; например, нарушение стыковых соединений, а также разрушение отдельных элементов сооружения, и т.д.

8. Эксплуатационные затраты, удельные эксплуатационные затраты на 1 м<sup>3</sup> очищенных сточных вод. На экономическую эффективность оказывает влияние рост эксплуатационных затрат в течение жизненного цикла очистных сооружений. В период физического и морального износа это оборудование характеризуется резким возрастанием эксплуатационных затрат за счёт выработки ресурсов материалов и конструкций, используемых при возведении сооружения. Для полной оценки физического износа требуется детальное обследование конструктивных элементов с использованием современных методик, аппаратуры и инженерного расчёта остаточной несущей способности очистных сооружений как сложных строительных систем. На величину эксплуатационных затрат оказывает влияние и количество обслуживающего персонала.

При принятии решений об инвестициях строительства очистных сооружений возникает потребность в долгосрочном прогнозировании их эффективности и анализе доходов и затрат на протяжении всего срока службы (жизненного цикла). Наряду с известными методами оценки инвестиционных проектов: расчета срока окупаемости инвестиций ( $t$ ), расчета индекса рентабельности инвестиций ( $IR$ ), определении чистого приведенного эффекта ( $NPV$ ) и внутренней нормы доходности ( $IRR$ ), методика расчета стоимости жизненного цикла  $LCC$  позволяет провести полноценный анализ эффективности.

Жизненный цикл очистных сооружений можно разделить на временные этапы согласно рисунку 1.



Рисунок 1 – Этапы жизненного цикла очистных сооружений

Стоимость жизненного цикла оборудования и в целом очистных сооружений определяет соотношение «цена – качество – надежность». Целью расчета стоимости жизненного цикла является определение и

выбор наиболее эффективного оборудования из ряда предложенных альтернативных при минимальной суммарной стоимости этапов жизненного цикла за длительный период. LCC является наиболее объективным показателем оценки проекта, однако на практике расчет LCC может иметь некоторые сложности. Анализ LCC помогает оценить затраты и процесс выбора, основанные на общей стоимости, а не на первоначальной стоимости оборудования и строительно-монтажных работ. Сумма расходов по эксплуатации, значительно превосходит стоимости приобретения оборудования закупки. Наиболее сложно оценить эксплуатационные расходы из-за большого числа влияющих на них факторов. Из этих факторов следует выделить внутренние (надежность, соблюдение регламента работы, ремонтпригодность, энергопотребление и т.д.), зависящие от самого предприятия, и внешние, на которые предприятие не может повлиять (цена топливно-энергетических ресурсов и расходных материалов, заработная плата, инфляция, квалификация персонала, и др.). Однако именно они порой составляют основную часть затрат LCC. Так. Расходы на электроэнергию могут составлять более 50 -60% от общих затрат на эксплуатацию. Применение методики расчета LCC в отношениях « заказчик - инвестор – производитель оборудования» предполагает долгосрочное партнерство всех сторон. Если заказчик использует данную методику для выбора оптимальной по затратам технологии очистки сточных вод, то проектировщик, производитель и подрядчик должны быть заинтересованы в улучшении показателей LCC.

Расчет LCC очистных сооружений призван охватывать достаточно продолжительный период времени эксплуатации строительных конструкций – порядка 50 лет. В связи с столь длительным сроком необходимо учитывать фактор инфляции и различия в однотипных затратах в разные моменты времени. В общем случае формула расчета затрат LCC имеет следующий вид:

$$LCC = K_c + K_o + \sum_1^T \Delta_t (1+r)^t - A_{ct} - \sum_1^n A_{otn} + \sum_1^n K_{otn} (1+r)^{tn}$$

где  $K_c$  – стоимость строительства зданий и сооружений;

$K_{ot}$  – стоимость технологического оборудования на  $tn$ -й год срока эксплуатации;

$K_o$  – первоначальные инвестиции на оборудование;

$\mathcal{E}_t$  – годовые эксплуатационные затраты в t-году;  
 $T$  – срок эксплуатации (жизненного цикла) , лет;  
 $T = T_c$  – срок эксплуатации строительных конструкций;  
 $n = T_c/T_o$  – количество периодов замены оборудования за расчетный срок эксплуатации сооружений;  
 $r$  – процентная ставка, равная ставке рефинансирования.

Первоначальные инвестиции в оборудование:

$$K_o = K_{т.о.} + K_m + K_{п.н.} + T_p ,$$

где  $K_{т.о.}$  – стоимость технологического оборудования;  
 $K_m$  – стоимость монтажа оборудования;  
 $K_{п.н.}$  – стоимость ввода в эксплуатацию (пуско-наладочных работ);  
 $T_p$  – транспортные расходы.

Годовые эксплуатационные затраты с учетом НДС определяются по формуле:

$$\mathcal{E} = C_э + C_{кр} + C_p + C_з ,$$

где  $C_э$  – затраты на электроэнергию;  
 $C_{кр}$  – капитальный ремонт, текущий ремонт, прочие затраты;  
 $C_p$  – затраты на реагенты;  
 $C_з$  – заработная плата обслуживающего персонала.

Затраты на капитальный ремонт:

$$C_{кр} = (K_c + K_o) \times 4\% ,$$

где  $K_c$  – стоимость строительства зданий и сооружений;  
 $K_o$  – первоначальные инвестиции на оборудование.

Затраты на реагенты определяются по формуле:

$$C_p = C_{коаг} + C_{нейтр} + C_{рН} + C_{флок} ,$$

где  $C_{\text{коаг}}$  – затраты на коагулянт;  
 $C_{\text{нейтр}}$  – затраты на реагент для нейтрализации;  
 $C_{\text{рН}}$  – затраты на реагент для корректировки рН;  
 $C_{\text{флок}}$  – затраты на флокулянт.

Амортизационные отчисления на строительные сооружения –  $A_{ct}$  с учетом индексации стоимости сооружений определяется по формуле:

$$A_{ct} = \sum_1^T \frac{K_c}{T} (1 + r)^t$$

Соответственно амортизационные отчисления на оборудование определяются по формуле:

$$A_{otn} = \sum_1^{T_{on}} \frac{K_{otn}}{T_{on}} (1 + r)^{t_n}$$

В системе водного хозяйства применяются все новые технологии и оборудование. На основании анализа проведенных торгов становится очевидно, что возникает необходимость разработки методической основы технико-экономического обоснования выбора проекта очистных сооружений на этапе подрядных торгов. При выборе тех или иных очистных сооружений необходимо анализировать особенности производства и принимать во внимание все критерии оценки. Таким образом, ключевым при выборе очистного оборудования для предприятий мясопереработки должен являться комплексный подход к учету всех вышеперечисленных критериев. Расчет стоимости жизненного цикла позволяет учесть все экономические показатели и показать заказчику и инвестору выгодность более дорогого инвестиционного проекта, при осуществлении которого заказчик несет наименьшие затраты в течение срока эксплуатации, а проектировщик, производитель и подрядчик имеют большие доходы путем реализации более надёжной и экономичной технологии, сооружений и оборудования.

## *Литература*

1. Чеботаева, М. Очистка сточных вод предприятий мясной промышленности / М.Чеботаев, П.Акулов // Мясные технологии: специализированный журнал. – 2012. – №9. – С.10.

2. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к системам водоотведения населенных пунктов»: постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь 15 мая 2014г. №48// Консультант Плюс: Версия Проф. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – М., 2015.

3. О проведении процедур закупок при строительстве: Указ Президента Респ. Беларусь 31 дек. 2013 г. № 591 // Консультант Плюс: Версия Проф. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – М., 2015.

4. Положение о порядке организации и проведения процедур закупок товаров (работ, услуг) при строительстве объектов: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 31 янв. 2014 г. № 88 // Консультант Плюс: Версия Проф. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – М., 2015.

5. Постановление Минприроды РБ от 29.12.2009г. «О внесении изменений и дополнений ...» в постановление от 29.04.2008 г. №43 «Об утверждении Инструкции о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты»

6. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь; редкол.: Л.М. Александрович [и др.]. – Минск :Юнипак, 2004. – 202 с.

7. BARTKIEWICZ В., Oczyszczanie ścieków przemysłowych, Wydawnictwo Naukowe PWN. – 2007.

8. POLSKA AKADEMIA NAUKKOMISJA TECHNICZNEJ INFRASTRUKTURY WSI / Stanisław Krzanowski, Andrzej Wałęga, Iwona Paśmionka; red. nacz. Jerzy Gruszczyński. – Krakow, 2008. – 89 с.