

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»**  
**Высшая школа технологии и энергетики**  
**Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования  
природных ресурсов**

# **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ОБРАБОТКИ ОСАДКА**

## **Выполнение курсовой работы**

Методические указания для студентов очной формы обучения  
по направлению подготовки  
18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Составитель А. Б. Дягилева

Санкт-Петербург  
2022

Утверждено  
на заседании кафедры ООСиРИПР  
08.02.2022 г., протокол № 5

Рецензент О. А. Шанова

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Эколого-экономическая эффективность очистки воды и обработки осадка» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». В методических указаниях представлен порядок выполнения и оформления курсовой работы. Приведены рекомендации и примеры расчета показателей, которые используются при проведении эколого-экономического обоснования проектных решений.

Методические указания предназначены для магистров очной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД  
в качестве методических указаний

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 14.06.2022 г. Изд. № 5236/21

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

ВШТЭ СПбГУПТД, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Термины и определения.....	6
Задание для курсовой работы .....	8
Порядок выполнения и содержание курсовой работы.....	9
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	26

## ВВЕДЕНИЕ

В период реформирования объектов хозяйственной деятельности в рыночных условиях особенно важны навыки специалистов для разработки технических решений, направленных на повышение экологической эффективности как самих предприятий различной категории воздействия на окружающую среду, так и на выбор технологического оборудования, обеспечивающего очистку сточных вод и переработку осадков в заданном режиме эксплуатации.

Сегодня программа повышения экологической эффективности должна разрабатываться для объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду с учетом сопоставления технологических показателей, характеризующих каждую из применяемых на объекте технологий, с показателями наилучших доступных технологий, описанных в соответствующих информационно-технических справочниках.

Методические указания содержат рекомендации по использованию теоретических и практических материалов для выполнения магистрами курсовой работы по дисциплине «Эколого-экономическая эффективность технологии очистки воды и обработки осадков» по направлению подготовки 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и разработаны в рамках ФГОС согласно утверждённой программе. Выполнение курсовой работы направлено на получение компетенций ПК-2 (способен к разработке и эколого-экономическому обоснованию планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации), ПК-4 (способен к разработке технологий глубокой переработки органических отходов с использованием биотехнологий), ПК-5 (способен к внедрению методов технологического контроля и программ модернизации технологических процессов обращения с отходами) и развития навыка в подготовке документов с целью обеспечения объективности принимаемых решений, а также для повышения эффективности и качества государственной экологической экспертизы.

Цель курсовой работы заключается в закреплении знаний студентов, полученных при теоретическом освоении ряда взаимосвязанных дисциплин, которые позволяют на основе комплексного научно-технического подхода оценивать эколого-экономическую эффективность технологических решений по защите окружающей среды при проектировании объектов различной хозяйственной деятельности.

Задачами курсовой работы являются:

- отработка навыков по подбору и обработке объективной информации в сфере наилучших технологий по очистке воды и обработки осадков;

- проведение технологических, экономических и проверочных расчетов по отдельным аппаратам и технологическим узлам систем очистки водных потоков с оценкой критериев эколого-экономической эффективности технологических процессов;

- применение основ эколого-экономической оптимизации принятых решений по приоритетным показателям систем очистки с учетом оценки затрат на технологические нужды перспективных технологий очистки водных потоков и обработки осадка.

Курсовая работа выполняется в два этапа.

*1 этап – индивидуальное выполнение оценки эколого-экономической эффективности проектных конкретных решений, направленных на реализацию мероприятия, которое может входить в перечень программы повышения экологической эффективности. В состав материала проекта входит расчет затрат на реализацию конкретного природоохранного мероприятия с учетом выбора оборудования, представленного на рынке, и компенсационных выплат, связанных с негативным воздействием на окружающую среду и рисками различного уровня. Расчет выполняется на основе актуальной нормативно-правовой документации и с использованием научно-технической литературы в сфере проектирования очистного оборудования, с соблюдением авторских прав при использовании инновационных решений при обосновании технических решений. Результаты представляются в виде пояснительной записки с графическим материалом и презентации.*

Объем материала курсовой работы 30 – 40 листов, (шрифт 14, интервал 1.5), содержащего следующие обязательные элементы:

- описание технологического процесса, спецификация и экспликация оборудования;
- сравнительные расчеты процесса при различных критериях надежности технологического оборудования;
- оценка эксплуатационных затрат и компенсационных выплат;
- графическая часть в виде технологической схемы процесса;
- вариант презентации проекта для публичной защиты (8-10 слайдов).

*2 этап выполнения курсовой работы – проведение экспертизы проекта сокурсника, согласно требованиям к экспертизе с формированием заключения по форме, предусмотренной для оценки проектной документации на этапе ходатайства о намерениях для обоснования необходимых*

инвестиций при планировании к реализации мероприятий, в том числе направленных на повышение экологической эффективности.

Курсовая работа должна содержать титульный лист, задание, исходные данные, основные разделы, выводы и список используемой литературы.

## **ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ**

### **ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

**Эффективность проекта (ЭП) намечаемой хозяйственной деятельности** – категория, отражающая соответствие проекта, целям и интересам его участников, в том числе общества в целом.

**Эколого-экономическая эффективность проекта (ЭЭЭП)** – показатель, характеризующий соотношение общих экономических выгод и потерь от проекта, включая внешние экологические эффекты, и связанные с ними социальные и экономические последствия, затрагивающие интересы населения и будущих поколений в результате реализации данного проекта.

**Модель отказов** – модель, определяющая механизм развития процессом, приводящая к отказу изделия (системы).

**Вероятность безотказной работы очистного оборудования и сооружений** – вероятность того, что оно будет сохранять свои рабочие параметры в заданных пределах в течение определенного промежутка времени при выбранных технических условиях эксплуатации.

**Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)** – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду (ОС) планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

**Надёжность** – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

**Экологические затраты (издержки) и выгоды** – внешние и внутренние для инвестора, предприятия, организации экологические эффекты, выражающиеся в непреднамеренных отрицательных или положительных последствиях реализации проектов для ОС и населения; результат воздействия одного экономического субъекта на другие, не учитываемый в условиях сделок на рынке и не включенные в цену товара. К экологическим затратам относятся внешние эффекты (экономические и

внеэкономические последствия, возникающие во внешней среде при производстве товаров и услуг, но не отраженные в рыночных ценах последних). К экологическим затратам также могут относиться затраты на осуществление природоохранных мероприятий. К экологическим выгодам относятся возникновение общественных благ, увеличение продуктивности природных ресурсов, снижение загрязнения и др.

**Затраты-эффективность** – метод экономического анализа, основанный на сравнении вариантов, с разным соотношением затрат и получаемого при этом результата. Лучшим считается вариант с наименьшими затратами, обеспечивающими достижение необходимого результата.

**Чистая приведенная стоимость** (другие названия – чистая текущая стоимость) – накопленный дисконтированный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период времени или денежная сумма, представляющая собой разность между приведенной стоимостью всех притоков и оттоков денежных средств, связанных с проектом путем дисконтирования каждого из них по заданной ставке доходности.

**Ставка дисконтирования** (другие названия - ставка дисконта или норма дисконта) – ставка процента, выбранная для расчета приведенной стоимости некоторых будущих затрат или выгод, или ставка, по которой производится операция дисконтирования, т.е. расчет дисконтированной стоимости.

**Дисконтирование** – определение сегодняшнего эквивалента некоторой суммы денег, ожидаемой в определенный момент времени в будущем.

**Общая экономическая ценность природных благ и окружающей среды** – стоимостная оценка природных благ, учитывающая в стоимостном выражении ценность природных благ, рынки которых в настоящий момент времени отсутствуют или не развиты.

**Внутренняя ставка отдачи** (внутренняя норма рентабельности, внутренняя норма доходности, внутренняя ставка окупаемости) – ставка (в процентах), по которой должны дисконтироваться все будущие денежные потоки (положительные и отрицательные), для того чтобы чистая приведенная стоимость этих денежных потоков равнялась нулю. Иногда она называется ставкой отдачи дисконтированного денежного потока.

**Экологический ущерб** (ущерб от загрязнения ОС, экологический вред, эколого-экономический ущерб) – стоимостное выражение социально-экономических последствий, вызванных загрязнением ОС, потерей или ухудшением качества природных ресурсов и объектов, продуцируемых ими благ и экологических услуг и связанных с этими факторами ухудшением

здоровья людей, потерей доходов, снижением стоимости недвижимости, а также затратами на ликвидацию негативных последствий и иные будущие расходы, вызванные намечаемым производством, использованием, выбросом или потенциальным выбросом вредных веществ или иной деятельностью, негативно влияющей на ОС.

## **ЗАДАНИЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Задание формируется для каждого студента индивидуально по форме, разработанной УМУ ВШТЭ СПбГУПТД, содержание согласуется между преподавателем и магистрантом и включается в пояснительную записку курсовой работы после титульного листа.

Техническое решение, которое подлежит эколого-экономическому обоснованию является подготовительным материалом (исходными данными) для обоснования необходимых инвестиций для реализации проекта, которое требует доказательства эколого-экономической целесообразности, объемов и сроков капитальных вложений, необходимых для обеспечения жизненного цикла проекта.

Обоснование выполняется на основе документации, в соответствии с законодательством Российской Федерации и утвержденными в установленном порядке стандартами (нормами и правилами), а также описанием практических действий по осуществлению (обеспечению) инвестиций.

Одним из вариантов исходных данных для выполнения курсовой работы по данной дисциплине может являться конкретное техническое решение, разработанное ранее при освоении дисциплины «Разработка систем рационального водопользования».

Другими вариантами исходных данных для выполнения курсовой работы являются известные технические решения, относящиеся к наилучшим доступным технологиям (НДТ) в сфере оборотного водообеспечения, локальных систем очистки воды и обработки осадков (по вертикальным или горизонтальным информационно-технологическим справочникам (ИТС)). Одно из таких решений с учетом особенностей формирования нагрузки на водоочистное сооружение берется за основу сравнительного анализа для эколого-экономического обоснования и относительно его выполняется комплекс расчетов с учетом:

- различных вариантов комплектации данного технического решения;
- различных вариантов повышения надежности данного технического решения со снижением риска несанкционированных сбросов;



- перспективного технического решения, которое может быть включено в ИТС при его обновлении.

Оценка эколого-экономической эффективности технологии очистки воды и обработки осадка является составной частью оценки эффективности проекта в целом, предусмотренной современными требованиями и методическими рекомендациями по оценке эффективности любого технологического инвестиционных проекта.

Показатели эколого-экономической эффективности проекта являются как показателями экологической эффективности технических решений, выраженные в денежном эквиваленте, так и мероприятия, связанные с социальными эффектами, а также с возможными внешними затратами, которые могут возникать в смежных отраслях экономики (например, ущерб от воздействия сброса в системы водоочистки систем водоканала), в результате воздействия на ОС как на промышленной площадке, так и за ее пределами.

В задании курсовой работы отражается требование к специфике выводов, которые должны быть включены в пояснительную записку, для следующих видов целевого использования:

- эколого-экономической оценки системы государственной экологической экспертизы, эффективности проведения государственной экологической экспертизы;

- оценки эффективности инвестиционных проектов в части учета экологических и связанных с ними социальных эффектов;

- оценки воздействия на окружающую среду;

- разработки вариантов предпроектной, в том числе прединвестиционной, и проектной документации, обосновывающей хозяйственную деятельность;

- разработки проектов по повышению экологической эффективности объектов хозяйственной деятельности;

- для иных случаев, связанных с экономическим анализом воздействия на ОС и с экономической оценкой социальных, экономических и иных последствий данного воздействия.

Навыки, который отрабатываются при выполнении этой части курсовой работы формируют у магистра компетенцию для принятия значимых эколого-экономических решений.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Последовательность и календарный план выполнения работы отражены в индивидуальном задании курсовой работы.

В разделе исходные данные для проектирования выбирается основное техническое решение, которое обеспечивает реализацию проекта хозяйственной деятельности в рамках экологических ограничений и в соответствии с НДТ для данной отрасли.

В качестве отправной точки для расчета требуемых объемов финансирования рассчитывается вероятный ущерб, наносимый ОС (сбросы в водоем) или системам коммунального водоотведения. Он является «нулевым вариантом» при сравнительных расчетах. Определяют плату за загрязнение при наличии технологического решения и без него. Расчет ведется с учетом коэффициентов по условиям водовыпуска или условий повышения экологической эффективности для объекта определённого вида хозяйственной деятельности.

Далее производится выбор различных вариантов НДТ в сфере очистки воды и обработки осадков, в том числе с учетом перспективных технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса.

Анализ эффективности очистного оборудования по технологическим параметрам выполняется по аналогии с оценкой преимуществ и недостатков, которые освоены при изучении дисциплины «Теория и технология очистки воды и обработки осадка».

Для разработки вариантов для эколого-экономической оценки проектного решения могут быть применены различные методы анализа надежности технических систем. Для выполнения этих работ может быть использовано Руководство по применению методов анализа надежности (ГОСТ Р 51901.5 - 2005). Этим руководством пользуются проектные организации, службы материально-технического обеспечения и технического обслуживания для оценки частоты замены составных частей и планирования технического обслуживания. Исследования проводят на стадиях проектирования, разработки, эксплуатации и технического обслуживания на различных уровнях системы и в условиях разной детализации проекта. Методы могут быть использованы для сопоставления результатов анализа с установленными требованиями. Полученные оценки позволяют определить главные элементы стоимости жизненного цикла продукции (системы) и должны быть использованы при оценке эколого-экономического обоснования проектного решения.

Общая процедура анализа надежности описана в выше указанном руководстве.

В курсовой работе необходимо выбрать один из вариантов требований (критериев) надежности (по согласованию с преподавателем) и определить ряд показателей, которые позволяют уточнить комплектацию

технологической схемы для обеспечения экологических показателей выбранного технического решения.

Представление материалов в этой части курсовой работы начинается с определения исследуемой системы, режимов и условий ее работы, функциональных связей. Обычно результаты определения системы являются входом в процесс разработки системы.

Далее проводится определение требований надежности в соответствии с действующими нормативными документами. Сюда входит определение целей надежности и работоспособности системы, а также характеристик и особенностей системы, режимов ее эксплуатации, условий окружающей среды и требований обслуживания.

Сам анализ методов надежности и соответствующих данных эффективности позволяет провести *качественный анализ*, в который входит:

- анализ функциональной структуры системы;
- определение режимов неисправностей системы и компонентов, механизмов отказов, причин и последствий отказов;
- определение механизма деградации, который может привести к отказу;
- анализ путей отказа/неисправности;
- анализ ремонтпригодности с учетом времени, метода изоляции и метода восстановления;
- определение адекватности методов диагностики неисправностей;
- анализ возможностей предотвращения неисправностей;
- определение стратегий технического обслуживания и ремонта.

*Количественный анализ*, в который входит: разработка моделей надежности и/или эксплуатационной готовности; определение необходимых числовых данных; определение числовых оценок показателей надежности; проведение необходимого анализа критичности и чувствительности, в курсовом проекте как правило не определяются.

*Рекомендации* в курсовой работе по этому разделу проводятся на качественной основе.

Анализ при выполнении этой задачи с учетом требований надежности необходим для рассматриваемого проекта и возможности его реализации при использовании альтернативных вариантов. Действия в этом направлении могут включать решение следующих задач:

- оценка улучшения надежности системы по результатам проектирования и производства (например, резервирование, снижение нагрузок, совершенствование стратегий технического обслуживания системы, контроля

продукции и технологических процессов, системы менеджмента качества и материально-технической базы производства);

- исследование проекта системы и определение слабых мест и режимов критичности отказов компонентов;

- исследование проблем интерфейса системы, свойств и механизмов отказоустойчивости и т.д.;

- разработка альтернативных путей повышения надежности (например, использование резервирования, контроля эффективности, обнаружения неисправностей и т.д.);

- выполнение исследований по оценке стоимости и сложности альтернативных проектов.

Эта часть и относится к эколого-экономическому обоснованию принятого технического решения.

Оценка ЭЭЭП является составной частью проектной документации и одним из этапов ОВОС для любых проектов, а также направлена на определение в денежном выражении последствий данного воздействия и использование полученных данных при проведении экономического анализа проекта.

В основе оценки ЭЭЭП лежат стандартные принципы и процедуры экономического анализа, отраженные в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов.

К основным принципам ЭЭЭП, позволяющим учитывать внешние и социальные эффекты, относятся:

- включение экологических затрат и выгод в денежные потоки, учитываемые при анализе проекта, и моделирование денежных потоков;

- использование в качестве временного промежутка для анализа всего периода воздействия проекта на ОС и население, в том числе и после окончания проекта, а не только периода жизненного цикла проекта;

- учет фактора времени как одного из инструментов для отражения долгосрочных экологических и социальных последствий реализации проекта;

- распространение пространственных границ проекта до границ его влияния на ОС, естественные и искусственные экосистемы, природные комплексы, учет возможных последствий на разных уровнях влияния проекта – локальном, региональном, национальном;

- исключение риска двойного учета затрат и выгод;

- учет возможности недооценки экологических выгод и природных благ в анализе из-за отсутствия данных, сложностей с их получением и описание данных выгод и благ в качественных показателях;

- гибкий выбор методов и методик расчета, исходящий из наличия методик, подходящих для оценки последствий определенного типа воздействия и их целесообразности, наличия исходной информации, времени проведения анализа и имеющихся финансовых ресурсов;

- сравнение социально желательных результатов и частных интересов для анализа возможности устранения возникающих противоречий на ранних стадиях принятия решений и анализ распределения выгод и затрат между различными сторонами, затрагиваемыми проектом;

- использование анализа «затраты–эффективность» при нецелесообразности или невозможности проведения традиционного анализа «затраты-выгоды», например, в случаях, когда выгоды представить в денежном выражении невозможно;

- сравнение вариантов воздействия на ОС «с проектом» и «без проекта»;

- сравнение различных вариантов проектов для учета альтернативных вариантов намечаемой деятельности, в том числе варианта отказа от деятельности для экономического обоснования варианта, предлагаемого для реализации.

Для выполнения экономических расчетов в данной курсовой работе для выбранного комплексного технологического процесса допускается отметить *подход «затраты–эффективность»* для оценки ЭЭЭП.

Данный метод используется при оценке эколого-экономической эффективности реализации проектов, социальные или экологические выгоды от которых трудно поддаются измерению в денежном выражении, при выборе природоохранных программ, отдельных природоохранных мероприятий, технологий, оборудования. Это касается и перспективных технологий в области очистки воды и обработки осадка.

Метод основан на выявлении наиболее эффективного способа расходования средств для достижения поставленных целей. Его используют при сопоставлении нескольких вариантов для выбора из них оптимального, то есть такого, который позволяет добиться поставленных целей (лучших результатов) при наименьших затратах.

Первым шагом проведения анализа «затраты–эффективность» является определение цели или заранее установленного стандарта или экологического (санитарного) ограничения, которые должны быть достигнуты при реализации проекта. Такими целями может быть сохранение некоего природного объекта нетронутым, минимизация затрагиваемой проектом территории, минимизация экологического вреда и связанных с ним

социально-экономических последствий, достижение некоего уровня поступления вредных веществ в рабочей зоне и ОС, достижение неких стандартов состояния технических систем.

Когда цель, стандарт или ограничения выбраны, анализ «затраты-эффективность» осуществляется посредством определения величины затрат на их достижение. При этом рассматривается широкий спектр вариантов. Сюда, например, может включаться анализ капитальных и текущих затрат по разным технологиям.

Возможным подходом для определения эффективности природоохранных инвестиций может служить метод приведенных затрат. В соответствии с данным методом из нескольких проектов выбирается проект, удовлетворяющий следующему условию:

$$C + rK \rightarrow \min,$$

где  $C$  – текущие годовые затраты,  $K$  – капитальные вложения,  $r$  – коэффициент дисконтирования.

На основе анализа выбирается вариант, предполагающий наименьшие затраты при достижении выбранной цели.

Для понимания механизма выбора приводится простой пример, где целью проекта является достижение определенного сброса вредных веществ, не превышающем 100 условных единиц. Для решения этой задачи можно предложить три технологии, из которых надо выбрать наиболее эффективную с точки зрения затрат и получаемого результата.

Технология условная	Стоимость установки, млн руб.	Затраты на усл. ед.	Уровень выбросов, усл. единицы
А	45	0.6	99
Б	15	0.2	125
В	20	0.3	102

Приведенные в таблице данные показывают, что достичь поставленной цели можно, используя технологию А, но она является самой дорогой из рассматриваемых вариантов. Технология В позволяет достичь уровня, не на много превышающего установленные требования с вдвое меньшими затратами. Учитывая финансовое состояние компании, отсутствие свободных финансовых резервов, более реалистичным будет выбор технологии В. Однако в этом случае важным этапом может стать сравнение экологических ущербов и потенциальных финансовых затрат (например, ущерба здоровью,

штрафов и иных компенсаций за невыполнение санитарных требований), связанных с его возникновением вследствие превышения установленного норматива.

В том случае, если для достижения поставленной цели, стандарта или норматива требуются слишком большие затраты, необходимо продолжить анализ «затраты–эффективность» путем пересмотра целей и стандартов и идти по пути проведения последовательной оптимизации.

В случае принятия положительного решения о реализации проекта метод также может быть использован для выбора варианта, приводящего к наименьшим негативным экологическим последствиям, например, для выбора одного из вариантов с перспективой оптимизации процесса.

### **Обоснование выбора оптимальной системы водоочистки и основного оборудования**

При обосновании выбора оптимальной системы прорабатываются варианты целесообразности устройства системы очистки, объединенной с производственным процессом или отдельной, а также определяются состав основных сооружений, трассировка основных коммуникаций и степень использования существующих реконструируемых объектов.

При наличии конкурентоспособных вариантов оптимальную систему обработки воды определяют на основании технико-экономических расчетов.

Расчеты рекомендуется выполнять без излишней детализации, только по основным и отличающимся элементам затрат.

Для вариантов, отличающихся в основном размерами капитальных вложений при незначительной (10 – 15 %) разнице в эксплуатационных затратах, последние в расчете можно не учитывать.

Для вариантов, значительно отличающихся размерами капитальных вложений и эксплуатационных затрат, оптимальная система определяется по минимуму приведенных затрат  $P$ , руб/год, по формуле:

$$P = C + E_n K,$$

где  $C$  – эксплуатационные (текущие) затраты, руб/год;  $K$  – капитальные вложения, руб.;  $E_n$  – коэффициент эффективности капитальных вложений, принимаемый в размере 0,12.

Капитальные вложения рекомендуется определять по укрупненным удельным показателям стоимости строительства и по данным фирм-поставщиков технологии очистки и оборудования.

Эксплуатационные затраты рекомендуется определять по основным составляющим: амортизационным отчислениям, затратам на электроэнергию и реагенты, на содержание обслуживающего персонала. При этом величину амортизационных отчислений, включая затраты на текущий ремонт, допускается принимать укрупненно: для сетей и водоводов в размере 5 % стоимости строительства, для сооружений – 10 % стоимости строительства.

Затраты на электроэнергию, реагенты и содержание обслуживающего персонала определяют на основании соответствующих тарифов, прејскурантов и нормативов численности ИТР и рабочих (см. список литературы).

При разнице в приведенных затратах от 5 до 10 % варианты можно считать практически равноценными. При выборе оптимального варианта необходимо учитывать такие факторы, как сокращение продолжительности строительства, создание минимальных транспортных помех, степень дефицитности материалов и оборудования и т.п.

Расчетные величины сводятся в таблицу. В качестве примера приведены сравнительные данные для реализации технологии биологической очистки воды (таблица 1), осуществляемой на территории стран СНГ. В анализе ЭЭЭП для принятия решения рассматривались четыре технологии, представленные на рынке оборудования для экологических целей и современной справочной технологической литературе.

Таблица 1 – Основные сравниваемые параметры технологии биологической очистки воды

№ пп	Наименование сравнительных характеристик	Ед. изм.	SFC Umwelttechnik GmbH	Kemeo environmental projects	ОАО "345 МЗ"	Ekobuilding technology cz s.r.o.
1	Краткое описание технологии, процессов		Модифицированная технология с SBR реакторам (реактор переменного действия)	Модифицированная классическая технология «УСТ» с зонами DN+N с применением флотаторов вместо первичных отстойников и вторичными отстойниками	Биологическая очистка сточных вод на взвешенном или с чередованием аэробного и анаэробного режима в одном аэротенке со вторичными отстойниками	Модифицированная классическая технология «УСТ» с зонами AN+DN+N с сепарацией суспензии во взвешенном слое осадка USBF
2	<b>Производительность очистных сооружений</b>					
	Среднесуточный приток	м <sup>3</sup> /сут	8 400,00	8 400,00	8 400,00	8 400,00



Продолжение табл.1

№ пп	Наименование сравнительных характеристик	Ед. изм.	SFC Umwelttechnik GmbH	Kemeo environmental projects	ОАО "345 МЗ"	Ekobuilding technology cz s.r.o.
	Максимальный часовой приток	м <sup>3</sup> /ч	1 200,00	625,00	750,00	730,00
3	<b>Характеристика остаточных загрязнений в очищенной сточной воде:</b>					
	Взвешенные вещества	мг/л	10,00	10,00	12,00	3,00
	БПК5	мг/л	15,00	6,00	3,00	3,00
	ХПКсг	мг/л	100,00	20,00	30,00	30,00
	Азот общий	мг/л	10,00	10,00	10,00	10,00
	Фосфор фосфатов	мг/л	2,00	3,50	1,00	0,20
6	<b>Срок эксплуатации комплекса (расчетный показатель от производителя оборудования)</b>					
	Срок службы технологическое оборудование	Лет	15,00	15,00	10,00	25
	Срок службы электрооборудование	Лет	10,00	15,00	10,00	15
	Срок службы оборудование КИП и А	Лет	10,00	10,00	10,00	15
4	Количество обслуживающего персонала	штат, чел	6,00	11,00	20,00	18,00
	<b>Заработанная плата обслуживающего персонала</b>	евро/год	6 363,64	11 666,67	21 212,12	19 090,91
6	Стоимость технологического оборудования	евро	4 104 332,00	7 400 000,00	4 231 300,00	3 539 460,00
	Монтаж оборудования	евро	615 650	1 480 000,00	634 695,00	530 540
	Ввод в эксплуатацию	евро	246 260	259 000,00	253 878,00	212 000
	Транспорт	евро	164 173	111 000,00	169 252,00	283 000
	<b>Итого, стоимость технологической части</b>	евро	<b>5 130 415,00</b>	<b>9 250 000,00</b>	<b>5 289 125,00</b>	<b>4 565 000,00</b>

Продолжение табл.1

№ пп	Наименование сравнительных характеристик	Ед. изм.	SFC Umweltelchnik GmbH	Kemeo environmental projects	ОАО "345 МЗ"	Ekobuilding technology cz s.r.o.
7	Стоимость строительства зданий и сооружений (СМР)	евро	2 754 585,00	2 516 000,00	3 830 075,00	3 735 000,00
8	Общая стоимость объекта (под ключ)	евро	7 885 000,00	11 766 000,00	9 119 200,00	8 300 000,00
9	Удельные капзатраты на 1м <sup>3</sup> производительности сутки	евро/м <sup>3</sup>	938,69	1 400,71	1 085,62	988,10
10	Амортизационные отчисления на здания и сооружения	евро	165 275,10	150 960,00	229 804,50	224 100,00
11	Амортизационные отчисления на оборудование	евро	492 519,84	888 000,00	507 756,00	424 735,20
12	Капитальный ремонт, текущий ремонт, прочие затраты	евро	315 400,00	470 640,00	364 768,00	332 000,00
13	<b><u>Затраты на реагенты (без транспортировки)</u></b>					
	Доза коагулянта для дефосфатации	кг/сут	23,01	73,50	21,00	5,00
		кг/г	8 400,00	26 827,50	7 665,00	1 825,00
	Затраты на коагулянт для дефосфатации	евро/г	8 400,00	26 827,50	7 665,00	1 825,00
	Доза флокулянта для обезвоживания ила	кг/сут	4,11	12,50	14,38	3,62
		кг/г	1 500,00	4 562,50	5 250,00	1 320,00
Затраты на флокулянт для обезвоживания ила	евро/г	7 500,00	22 812,50	26 250,00	6 600,00	
14	<b>Электроэнергия</b>					

№ пп	Наименование сравнительных характеристик	Ед. изм.	SFC Umweltelchni k GmBh	Kemeo environmental projects	ОАО "345 МЗ"	Ekobuilding technology cz s.r.o.
	Потребляемая мощность электроэнергии	кВт·ч /сут	792,05	2 268,00	4 032,00	2 500,00
	Годовой расход электроэнергии	кВт·ч/г	289 100,00	827 820,00	1 471 680,00	912 500,00
	Затраты на электроэнергию	евро/г	18 470,28	52 888,50	94 024,00	58 298,61
	Удельный расход электроэнергии на очистку 1 м <sup>3</sup> сточных вод	кВт·ч /м <sup>3</sup>	<b>0,09</b>	<b>0,27</b>	0,48	0,30
<b>15</b>	<b>Объем потребляемого воздуха</b>	N м <sup>3</sup> /ч	2 482,80	25 989,00	4 750,00	2 287,00

**Заработанная плата обслуживающего персонала** производится, согласно средней зарплаты одного человека в регионе – 17500 т/мес (1060 евро/год).

**Расчет стоимости технологической части** производится с учётом суммирования стоимости монтажных работ технологического оборудования, ввода в эксплуатацию КОС и поставку оборудования (транспортные расходы).

Расчет стоимости технологической части:

$$Ц_{\text{тех.части}} = Ц_{\text{мон}} + Ц_{\text{вв.эксп.}} + Ц_{\text{тр}},$$

где  $Ц_{\text{тех.части}}$  – стоимость технологической части,  $Ц_{\text{мон}}$  – стоимость монтажных работ технологического оборудования (составляет 15 % от стоимости технологического оборудования);

$$Ц_{\text{мон}} = Ц_{\text{тех.обор.}} \times 0,15;$$

$Ц_{\text{тех.обор.}}$  – стоимость технологического оборудования;

$Ц_{\text{вв.эксп.}}$  – стоимость ввода на эксплуатацию (составляет 6 % от стоимости технологического оборудования);

$$Ц_{\text{вв.эксп.}} = Ц_{\text{тех.обор.}} \times 0,06,$$

Цтр – стоимость поставки оборудования (транспорт), рассчитывается исходя из затрат от стоимости оборудования и составляет 4 %.

**Амортизационные отчисления на здания и сооружения** (Цам.смп), принимаем 6 % от строительно-монтажных работ.

$$\text{Цам.смп} = \text{Цсмп} \times 0,06.$$

**Амортизационные отчисления на оборудование** (Цам.тех.об.) принимается 12 % от стоимости технологического оборудования:

$$\text{Цам.тех.об.} = \text{Цтех.обор.} \times 0,12,$$

**Капитальный ремонт, текущий ремонт, прочие затраты** (Цкап.рем.) принимается 4 % от суммарной стоимости, согласно следующей формуле:

$$\text{Цкап.рем.} = (\text{Цсмп} + \text{Цтех.обор.}) \times 0,04.$$

Данные компаниями Kemeo environmental projects и ОАО «345 МЗ» о дозе коагулянта для дефосфатации и о дозе флокулянта для обезвоживания ила не было предоставлено, поэтому **затраты на реагенты** производятся расчетным путем, которые приведены в соответствующих нормативных документах. Доза реагентов при введении на ступени биологической очистки определяется по формуле:

$$C_{\text{РЕАГ}} = K C_{\text{Робщ}}$$

где  $C_{\text{РЕАГ}}$  – необходимая доза реагента, мг/л;  $K$  – коэффициент увеличения стехиометрического соотношения, вычисленный с учетом определения по стандартным методикам содержания общего фосфора по  $\text{PO}_4^{3-}$  и металлов реагента по окиси металла;  $C_{\text{Робщ}}$  – концентрация общего фосфора в поступающей воде, мг/л (по  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

При отсутствии данных о концентрации в поступающей воде общего фосфора ориентировочно может быть принято  $C_{\text{Робщ}} = (2 \div 3) \times C_{\text{РО}_4}$ , где  $C_{\text{РО}_4}$  – концентрация фосфатов в поступающей воде, мг  $\text{PO}_4/\text{л}$ .

Таблица 2 – Эффективность удаления фосфора

Эффективность удаления общего фосфора, %	Величина К при применении	
	сернокислого железа	сернокислого алюминия
60	0,15	0,35
65	0,25	0,4
70	0,33	0,5

Эффективность удаления общего фосфора, %	Величина К при применении	
	сернокислого железа	сернокислого алюминия
75	0,5	0,65
80	0,66	0,74
85	1	0,9

Согласно данным компании «Kemeo environmental projects» остаточная концентрация фосфора составляет 3,5 мг/л, а ОАО «345 МЗ» – 1 мг/л.

Ориентировочная стоимость коагулянта составляет 1 евро/кг, а стоимость флокулянта составляет 5 евро/кг.

**Затраты на электроэнергию** производятся исходя из стоимости электроэнергии за 1 кВт по регионам для промышленного обеспечения объектов.

В канализационных очистных сооружениях (КОС) основным потребителям электроэнергии является воздуходувная подстанция, ориентировочно 70–80 % от общей электроэнергии в КОС.

Согласно данным компании объем потребляемого воздуха в системе биологической очистки составляет ( $Q_{\text{воздуха}}$ , м<sup>3</sup>/час):

- SFC Umwelttechnik GmbH:  $Q_{\text{воздуха}} = 2482,8 \text{ N м}^3/\text{час}$ .
- (33032+26556=59588 N м<sup>3</sup>/сут).
- «Kemeo environmental projects»:  $Q_{\text{воздуха}} = 25989 \text{ N м}^3/\text{час}$ .
- ОАО «345 МЗ»:  $Q_{\text{воздуха}} = 4750 \text{ N м}^3/\text{час}$ .
- «Ekobuilding technology cz s.r.o.»:  $Q_{\text{воздуха}} = 2287 \text{ N м}^3/\text{час}$ .

Исходя из объема потребляемого воздуха в системе биологической очистки для каждой компании подберем воздуходувки в количестве 3 шт. (2 раб+1 рез) и проверим данные:

**SFC Umwelttechnik GmbH:**  $Q_{\text{воздуха}} = 2482,8 \text{ N м}^3/\text{час}$  (41,8 м<sup>3</sup>/мин):

производительность одной воздуходувки составляет:

41,8 м<sup>3</sup>/мин: 2 раб. = 20,7 м<sup>3</sup>/мин,

$P1/P2 = 27,7/37 \text{ кВт}$ .

Потребляемая мощность электроэнергии воздуходувной системы составляет:

$37 \text{ кВт} \times 24 \text{ час} \times 2 \text{ шт. раб.} = 1776 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут}$  (80 % от общей электроэнергии).

Потребляемая мощность электроэнергии КОС составляет:

$(1776 \times 0,2) + 1776 = 2131 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (777888 кВт·ч/год), следовательно, удельный расход электроэнергии на очистку  $1 \text{ м}^3$  сточных вод составит  $0,25 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$ , а не  $0,09$ .

**«Kemeo environmental projects»:**  $Q_{\text{воздуха}} = 25989 \text{ Н м}^3/\text{час}$  ( $433 \text{ м}^3/\text{мин}$ ):

производительность одной воздуходувки составляет:

$433 \text{ м}^3/\text{мин}: 2 \text{ раб.} = 216,6 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,

$P1/P2 = 239/315 \text{ кВт}$ .

Потребляемая мощность электроэнергии воздуходувной системы составляет:

$315 \text{ кВт} \times 24 \text{ час} \times 2 \text{ шт. раб.} = 15120 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (80 % от общей электроэнергии).

Потребляемая мощность электроэнергии КОС составляет:

$(15120 \times 20 \%) + 15120 = 18144 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (6622560 кВт·ч/год), следовательно, удельный расход электроэнергии на очистку  $1 \text{ м}^3$  сточных вод составляет  $1,81 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$ , а не  $0,27$ .

**Расчет для системы аэрации фирмы ОАО «345 МЗ»:**

$Q_{\text{воздуха}} = 4750 \text{ Н м}^3/\text{час}$  ( $49,2 \text{ м}^3/\text{мин}$ );

производительность одной воздуходувки составляет:

$49,2 \text{ м}^3/\text{мин}: 2 \text{ раб.} = 20,7 \text{ м}^3/\text{мин}$ ,

$P1/P2 = 60,9/75 \text{ кВт}$ .

Потребляемая мощность электроэнергии воздуходувной составляет:

$75 \text{ кВт} \times 24 \text{ час} \times 2 \text{ шт. раб.} = 3600 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (80 % от общей электроэнергии).

Потребляемая мощность электроэнергии КОС составляет:

$(3600 \times 0,20) + 3600 = 4320 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (1576800 кВт·ч/год), следовательно, удельный расход электроэнергии на очистку  $1 \text{ м}^3$  сточных вод –  $0,51 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$ .

**«Ekobuilding technology cz s.r.o.»:**  $Q_{\text{воздуха}} = 2287 \text{ Н м}^3/\text{час}$ , ( $38,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ );

производительность одной воздуходувки составляет:

$38,1 \text{ м}^3/\text{мин}: 2 \text{ раб.} = 19,1 \text{ м}^3/\text{мин}$

$P1/P2 = 21,7/30 \text{ кВт}$ .

Потребляемая мощность электроэнергии воздухоподвудной системы составляет:

$30 \text{ кВт} \times 24 \text{ час} \times 2 \text{ шт. раб.} = 1440 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (80 % от общей электроэнергии).

Потребляемая мощность электроэнергии КОС составляет:

$(1440 \times 0,20) + 1440 = 1728 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$  (630720 кВт·ч/год), следовательно, удельный расход электроэнергии на очистку  $1 \text{ м}^3$  сточных вод –  $0,21 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$ .

Из объема потребляемого воздуха в системе биологической очистки и приведенным расчетом видно, что полученные данные по электроэнергии от компании «Kemeo environmental projects» и SFC Umweltelchnik GmbH не достоверные, предоставленные данные компаний «Ekobuilding technology cz s.r.o.» коррелирует с расчетом и электроэнергия учтена с запасом.

Мы имеем 4 конкурентные технологии, разработанные компаниями «Kemeo environmental projects», ОАО «345 МЗ», SFC Umweltelchnik GmbH и «Ekobuilding technology cz s.r.o.». Произведем их качественное сравнение.

Предлагаемая технология **SFC Umweltelchnik GmbH** представляет собой вариант классической гравитационной седиментации с прерывистым процессом очистки. Прерывистый процесс, однако, не подходит для комплексной технологии очистки воды с нитрификацией – денитрификацией из-за довольно сложного регулирования процесса. Эффективность очистки сравнима или чуть выше по сравнению с классической гравитационной седиментацией.

Предлагаемое качество очищенных сточных вод SFC Umweltelchnik GmbH не соответствует требованиям сброса очищенных сточных вод в окружающую среду.

В предлагаемой технологии компании «**Kemeo environmental projects**» после барабанных сит стоки направляются в усреднитель для регулирования равномерности подачи стоков и по концентрациям.

Применение усреднителя буквально означает, что еще раз дополнительно надо перекачать насосами всю перетекающую воду. Если среднесуточный расход равен  $8400 \text{ м}^3/\text{сут}$ , то необходимо дополнительно перекачать  $8400 \text{ м}^3/\text{сут}$  на высоту  $H = 10 - 12 \text{ м}$  водяного столба. Насос производительностью  $350 \text{ м}^3/\text{час}$  должен работать 24 часа в сутки ( $350 \times 24 = 8400 \text{ м}^3/\text{сут}$ ).

Потребляемая мощность одного насоса не менее 20 кВт или  $20 \times 24 = 240 \text{ кВт}\cdot\text{час/сут} \times 365 \text{ дней} = 87\,600 \text{ кВт}\cdot\text{час/год}$ .

В усреднитель подается воздух для взмучивания осевшей на дно взвеси, далее стоки напором направляются в биологическую очистку.

Подача воздуха в усреднитель и подача напором – все это приведет к увеличению общих эксплуатационных расходов по электроэнергии. Если оборудование в технологической схеме оптимально подобрано и рассчитано, то нет необходимости применения после механической очистки усреднителей, занимающих большие строительные площади и превышающих эксплуатационные расходы.

Флотационная очистка сточных вод технологически и экономически эффективна при извлечении примесей, обладающих природной гидрофобностью (нефть, нефтепродукты, углеводородные жидкости, жиры, мыла, синтетические моющие средства и др.). Применение флотации для механической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, приводит к более высоким эксплуатационным расходам и более высоким капитальным затратам при обычных параметрах сточных вод. Очищенные сточные воды не соответствуют требованиям сброса в окружающую среду.

До конца не решен вопрос утилизации и обеззараживания осадка (проблема с яйцами гельминтов), так как нестабилизированный сырой осадок из флотаторов в объеме 2000 кг/сут и избыточный ил из вторичных отстойников – 666 кг/сут подается сразу без уплотнения и стабилизации на механическое обезвоживание осадка.

Предложенные вторичные отстойники не обеспечат стабильной работы при изменениях гидравлической нагрузки и нагрузки по загрязнению. При низкой гидравлической мощности таких отстойников, при увеличении нагрузки будет происходить массовый вынос ила, что приведет к увеличению занимаемой площади и удорожанию строительства КОС. Предлагаемая технология согласно таблице 1 получается более дорогостоящая чем другие технологии.

Предлагаемая технология **ОАО «345 МЗ»** - биологическая очистка сточных вод на взвешенном иле с чередованием аэробного и анаэробного режима в одном аэротенке со вторичными отстойниками.

По качеству очистки данная технология относится к традиционной технологии и может быть отнесена к НДТ. В данных сооружениях применяется фильтрация суспензии через частично взвешенный слой.

Мощность удаления суспензии взвешенного осадка в биореакторах данного типа составляет не более 4,8 кг взвешенных веществ (ВВ) в м<sup>2</sup> в час:  $6 \text{ кг/ВВ/м}^3 \times 0,8 \text{ м/час} = 4,8 \text{ кг ВВ / м}^2 \cdot \text{час}$ .



**Технология USBF** компании **«Ekobuilding technology cz s.r.o.»** работает с биомассой во взвешенном слое, с сепарацией суспензии во взвешенном слое осадка, имеет большие преимущества в очистке стоков.

Биореакторы по технологии USBF более усовершенствованные. Основываясь на тех же принципах очистки, что по технологии ОАО «345 МЗ», - фильтрации сквозь взвешенный слой осадка, современные биореакторы USBF имеют мощность удаления суспензии взвешенного осадка  $10,8 \text{ кг ВВ/м}^2 \cdot \text{час}$ :  $6 \text{ кг/ВВ/м}^3 \times 1,8 \text{ м/час} = 10,8 \text{ кг/ВВ/м}^2 \cdot \text{час}$ .

Эти биореакторы используют для сепарации (отделение) суспензии активируемого ила комбинацию совершенно взвешенного и частично взвешенного слоя осадка с принудительной рециркуляцией ила. Технология USBF имеет два преимущества по сравнению с применяемой в технологии ОАО «345 МЗ»:

- увеличивается мощность отбора осадка в 2,0 – 2,5 раза;
- увеличивается в 2 - 3 раза динамическая гидравлическая нагрузка.

Это значит, что при пиковых нагрузках не следует ожидать выноса ила.

Малые размеры и компактность биореактора, высокая скорость движения воды - в нем лучше приспособлены для работы в условиях экстремально низких температур. Для исключения влияния атмосферы в USBF-сепараторе по всей поверхности обеспечивается равномерный подвод тепловой энергии к поверхности воды. Это достигается сплошным отбором очищенной воды под поверхностью с помощью сборных трубок, размещенных непосредственно под поверхностью USBF-сепаратора и выведенных в боковой сборный коллектор очищенной воды. Равномерный сплошной забор очищенной воды в уровне USBF-сепаратора обеспечивает равномерный подвод тепловой энергии путем протекания воды, которое не позволяет замерзание в уровне USBF-сепаратора.

Процесс очистки основан на едином процессе с фильтрацией во взвешенном слое, который последовательно проходит через три взаимосвязанные зоны: анаэробную, аноксическую и аэробную. При этом создаются условия для прохождения процесса наиболее эффективной комплексной очистки стоков. При данной технологии биологической очистки удаляются как органические загрязнения, так и макробиогенные элементы азота и фосфора с высоким качеством очистки воды: БПК<sub>5</sub> - до 3 мг/л, взвешенные вещества – до 3 мг/л, азот общий – до 10 мг/л, фосфор – до 0,2 мг/л и ХПК – до 30 мг/л.

Сравнительные технико-экономические данные, приведенные в таблице 1 и 2, а также расчеты и качественное сравнение позволяет сделать

выбор в пользу технологии USBF, разработанной «Ekobuilding technology cz s.r.o.».

### **Раздел курсовой работы Выводы**

На основании проведенного сравнения технологических решений и расчетов основных затрат на их реализацию делаются развернутые выводы о целесообразности реализации решения с подробным его описанием, которое подлежит финансированию и реализации с наименьшим экологическим ущербом, и существенной экономической эффективностью.

Выводы имеют форму, приближенную у варианту заключения для проведения экологической экспертизы, которая содержит: констатирующую часть, описательную и заключительную.

Основные результаты проекта представляются в виде презентации для публичной защиты технического решения (8-10 слайдов).

### **Раздел курсовой работы Список используемой литературы**

В списке указывается актуальная научно-технической литература, нормативно-правовая и методическая документация в сфере расчета выбранных технологических (энергоэффективных, надежных и экологически безопасных) процессов и их экономических показателей. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2017.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И САЙТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

1. Сайт для работы с техническими документами: <https://docs.cntd.ru/>
2. Федеральный Закон «Об экологической экспертизе» (с изменениями на 30. 12. 2020) Текст электронный, Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9014668>
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция, исправленная и дополненная). Текст: электронный, Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=8730>
4. Сайт для работы с актуальными редакциями НДТ <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT>

5. О порядке определена сметной стоимости строительства, а также о порядке разработки, рассмотрения и введения в действие прогнозных индексов изменения сметной стоимости, Письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 31.08.2017 № 31108-СМ09 Электронный ресурс, Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/456095444>
6. Дягилева, А. Б. Основы проектирования природоохранных систем и сооружений. Ч. 2 Водовыпуски и производственный контроль. Особые разделы проектной документации : учеб. пособие / А. Б. Дягилева ; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. - 80 с. - ISBN 978-5-91646-229-6. Текст : электронный. Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/1615640491.pdf>
7. Амбросова, Г. Т. Очистные сооружения канализации. Обработка, обезвоживание и обеззараживание осадка городских сточных вод : учебное пособие / Г. Т. Амбросова, А. А. Функ, Н. В. Синеева. — Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016. — 109 с. — ISBN 978-5-7795-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68813.html> (дата обращения: 01.02.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/68813>