



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт химии и энергетики

М.В. Кравцова, Д.А. Волков

# ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ. ВЫПОЛНЕНИЕ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Электронное  
учебно-методическое  
пособие



---

---

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2021

ISBN 978-5-8259-1030-7

УДК 66.01(075.8)+378.091.313(075.8)

ББК 35.11я73+74.480.278я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, менеджер проекта ц. 48 ОТВС ПАО «Тольяттиазот» *А.В. Анциферов*;  
д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры «Химическая технология  
и ресурсосбережение» Тольяттинского государственного университета

*Г.И. Остапенко.*

Кравцова, М.В. Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Выполнение бакалаврской работы : электронное учебно-методическое пособие / М.В. Кравцова, Д.А. Волков. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1030-7.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль «Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов») всех форм обучения, для помощи в написании, оформлении и защите бакалаврской работы.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

Редактор *Е.А. Держаева*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 01.10.2021.  
Объем издания 1,45 Мб.  
Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.  
Заказ № 1-18-20.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,  
тел. 8 (8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

Введение .....	5
1. Тематика и задание на выполнение выпускной квалификационной работы .....	10
2. Требования к содержанию выпускной квалификационной работы .....	17
3. Пояснения к содержанию выпускной квалификационной работы .....	21
Библиографический список .....	30

## Введение

Небывалый рост использования природных ресурсов, удвоение их потребления каждые 7–10 лет, ускоренное (и не всегда оправданное) внедрение в практику новых веществ, материалов и технологий создало реальную угрозу необратимого нарушения существующего в природе равновесия. В настоящее время в целях преодоления экологического кризиса и обеспечения здоровья существующего и будущих поколений людей, сохранения биосферы и обеспечения воспроизводства природно-ресурсного потенциала в нашей стране действует Экологическая доктрина Российской Федерации, в соответствии с которой к основным направлениям государственной политики в области охраны окружающей среды относится снижение загрязнения окружающей среды и обеспечение принципов ресурсосбережения. Документ включает в себя следующие основные положения:

- внедрение ресурсосберегающих и безотходных технологий во всех сферах хозяйственной деятельности;
- технологическое перевооружение и постепенный вывод из эксплуатации предприятий с устаревшим оборудованием;
- оснащение предприятий современным природоохранным оборудованием;
- обеспечение качества воды, почвы и атмосферного воздуха в соответствии с нормативными требованиями;
- сокращение удельного водопотребления в производстве и жилищно-коммунальном хозяйстве;
- поддержка экологически эффективного производства энергии, включая использование возобновляемых источников и вторичного сырья;
- развитие систем использования вторичных ресурсов, в том числе переработки отходов;
- снижение потерь энергии и сырья при транспортировке, в том числе за счет экологически обоснованной децентрализации производства энергии, оптимизации системы энергоснабжения мелких потребителей;
- модернизация и развитие экологически безопасных видов транспорта, транспортных коммуникаций и топлива, в том числе неуглеродного.

Основными задачами научного обеспечения в сфере охраны окружающей среды являются **развитие научных знаний** об экологических основах устойчивого развития, выявление новых экологических рисков, порождаемых развитием общества, а также природными процессами и явлениями. Для этого необходимы:

- разработка экологически эффективных и ресурсосберегающих технологий, производств, видов сырья, материалов, продукции и оборудования, в том числе в сельском хозяйстве;

- разработка научных принципов и технологий использования возобновляемых биологических ресурсов (лесных, водных, охотничье-промысловых, лекарственных и др.), обеспечивающих их устойчивое воспроизводство;

- разработка принципов использования атмосферного воздуха (воздушных ресурсов) в целях сохранения окружающей среды;

- разработка методологии и методов эколого-экономической оценки, в том числе определение стоимости природных объектов с учетом их средообразующей функции, для использования при принятии решений в различных отраслях экономики Российской Федерации;

- создание основ определения экологических рисков в целях создания системы управления качеством природной среды;

- разработка средств и методов предупреждения и ликвидации загрязнений, реабилитации окружающей среды и утилизации опасных отходов;

- разработка и развитие современных методов экологического мониторинга, а также информационных технологий в целях государственного управления в области природопользования и охраны окружающей среды;

- применение в производствах наилучших доступных технологий.

Выпускная квалификационная работа является заключительным этапом процесса обучения студента в университете. Его цель – систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний студента, углубленное изучение и решение актуальной задачи по оценке воздействия на окружающую среду промышленных объектов, проектированию и оптимизации ресурсосберегающих техно-

гий. Согласно ФГОС ВО по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» итоговая государственная аттестация включает защиту выпускной квалификационной работы бакалавра. Выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает:

- расширение, закрепление и систематизацию теоретических знаний и приобретение навыков практического применения этих знаний при решении конкретной научно-исследовательской, технической или производственной задачи;

- развитие навыков ведения самостоятельных теоретических и экспериментальных исследований, оптимизации проектно-технологических и экономических решений;

- приобретение опыта обработки, анализа и систематизации результатов теоретических и инженерных расчетов, экспериментальных исследований, оценки их практической значимости и возможной области применения;

- приобретение опыта представления и публичной защиты результатов своей деятельности.

Область профессиональной деятельности бакалавра по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» включает создание, внедрение и эксплуатацию энерго- и ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий в производствах основных неорганических веществ, продуктов основного и тонкого органического синтеза, полимерных материалов, продуктов переработки нефти, газа и твердого топлива, микробиологического синтеза, лекарственных препаратов и пищевых продуктов, разработку методов обращения с промышленными и бытовыми отходами и вторичными сырьевыми ресурсами.

Объектами профессиональной деятельности бакалавров являются:

- основные химические, нефтехимические и биотехнологические производства;

- процессы и аппараты в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

- промышленные установки и технологические схемы, включая системы автоматизированного управления;
- сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов;
- методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия;
- системы искусственного интеллекта в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

### ***Цель и задачи выпускной квалификационной работы***

**Целью** выпускной квалификационной работы является минимизация воздействия на окружающую среду предприятий на основе проектирования ресурсосберегающих технологий и/или оптимизации существующих технологий на предприятиях различной отраслевой группы (химической, нефтехимической промышленности, биотехнологических производствах, предприятиях в области обращения с отходами: переработки и утилизации отходов).

Для реализации вышеназванной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- провести литературный обзор по теме исследования;
- выполнить теоретический анализ существующих и перспективных энерго- и ресурсосберегающих способов проведения процесса, заявленного в теме;
- обоснованный выбор энерго- и ресурсосберегающего способа проведения процесса и (или) конструкции аппарата;
- используя результаты анализа научной, научно-технической и патентной литературы, предложить изменения в технологической схеме или в конструкции оборудования, нивелирующие выявленные недостатки;
- выбрать оборудование из существующих аналогов или спроектировать для обеспечения работы технологической схемы по ее обновленным параметрам;
- разработать алгоритм расчета основных параметров процесса (аппарата);

- провести экспериментальные исследования процесса (если предусмотрено темой ВКР);
- провести расчет материального и энергетического балансов;
- представить выводы по результатам проведенной работы о возможности и целесообразности предложенной оптимизации.

Выпускная квалификационная работа бакалавра может содержать в себе элементы технической новизны.

Студент изучает технологический процесс и оборудование в соответствии с темой работы, затем анализирует и разрабатывает технические предложения по модернизации существующих технологий или отдельных узлов, деталей машин и аппаратов с целью снижения энергозатратности и ресурсосбережения. Снижение металлоемкости и материалоемкости кроме сбережения энергии дает и существенный дополнительный выигрыш: уменьшение загрязнения окружающей среды, связанное с добычей и подготовкой сырья, производством материалов, их транспортом. При уменьшении материалоемкости отдельных узлов, деталей, аппаратов при сохранении их технических характеристик сокращаются масса, габариты (следовательно и затраты на монтаж), что приводит к экономии в площадях, на которых это оборудование размещается. Одним из направлений разрабатываемой тематики ВКР является снижение отходов производства и повторное, полезное использование этих отходов, так называемых вторичных ресурсов.

На основании технического предложения перерабатывается конструкция узла или детали либо изменяется технологический процесс, что находит свое отражение в работе и презентации.

## **1. Тематика и задание на выполнение выпускной квалификационной работы**

Темой выпускной квалификационной работы или проекта является проектирование ресурсосберегающих технологий и/или оптимизация существующих технологий на предприятиях различной отраслевой группы (химической, нефтехимической промышленности, биотехнологических производствах, предприятиях в области обращения с отходами: переработки и утилизации отходов), возможно, это разработка современной установки для защиты окружающей среды для уменьшения количества выбросов, сбросов, снижения образования отходов промышленных, коммунальных на предприятиях, разработка энерго- и ресурсосберегающих установок и оборудования, технология использования нетрадиционных источников энергии. Тематику квалификационных работ определяет выпускающая кафедра. Она должна быть актуальной и учитывать реальные задачи промышленности и коммунального хозяйства РФ. Задание на выполнение выпускной квалификационной работы студент получает согласно нормативным документам университета.

### ***Примерная тематика выпускных квалификационных работ***

1. Снижение энергоемкости процесса ректификации, абсорбции, экстракции, адсорбции, десорбции, сушки, кристаллизации и т. д.
2. Анализ аппаратурного оформления процесса переработки полимерных отходов с позиций ресурсосбережения.
3. Анализ методов интенсификации процесса отстаивания, фильтрования, центрифугирования, перемешивания, псевдооживления и т. п.
4. Совершенствование конструкции оборудования с целью снижения энергоемкости (материалоемкости) процесса нагревания, охлаждения, испарения, конденсации т. п.
5. Совершенствование технологии термохимического обезвреживания дымовых газов при сжигании твердых отходов.
6. Совершенствование технологии производства биопрепарата для деструкции жировых загрязнений сточных вод.
7. Совершенствование технологии получения биоэтанола из отходов промышленного и сельскохозяйственного производства.

8. Анализ процессов получения активированного угля из отходов биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.
9. Анализ возможности использования альтернативных топлив для производства цемента.
10. Совершенствование технологии получения кормовых антибиотиков из лигноцеллюлозных отходов.
11. Анализ процессов утилизации кубовых отходов процесса ректификации винилхлорида.
12. Разработка энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий для производства капролактама на химических предприятиях.
13. Разработка новых технических и технологических решений для процесса утилизации твердых бытовых и коммунальных отходов.
14. Создание теоретических моделей технологических процессов очистки сточных вод на промышленных предприятиях.
15. Решение задачи оптимизации технологических процессов и систем с позиции энерго- и ресурсосбережения для машиностроительного предприятия.
16. Разработка установки для защиты окружающей среды от выбросов для котельных, расположенных в селитебной зоне.
17. Утилизация донных отложений нефтешлама.
18. Утилизация осадка городских очистных сооружений.
19. Утилизация отходов промышленных предприятий первого класса опасности.
20. Разработка мероприятий по рекультивации полигонов.
21. Разработка энерго- и ресурсосберегающих установок и оборудования для сферы обращения с отходами.
22. Разработка технологии использования нетрадиционных источников энергии на промышленных предприятиях города.
23. Разработка экодому.

***Тематика выпускных квалификационных работ должна быть направлена:***

- на решение задач по разработке энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий на основе результатов поиска, обработки и анализа научно-технической информации;

- разработку новых технических и технологических решений на основе результатов научных исследований;
- создание теоретических моделей технологических процессов, позволяющих прогнозировать технологические параметры, характеристики работы аппаратуры и свойства получаемых веществ, материалов и изделий; разработку алгоритмов и программ;
- разработку интеллектуальных систем для научных исследований;
- решение задач оптимизации технологических процессов и систем с позиции энерго- и ресурсосбережения.

Жизненный цикл большинства продуктов, необходимых современному обществу, остается весьма несовершенным и состоит из трех последовательных этапов: производства продуктов, их потребления и выброса образующихся отходов в окружающую среду. При этом в стоимость целевого продукта технологического процесса в виде непроизводственных затрат включаются как стоимость отходов, так и все затраты, связанные с их удалением, захоронением, сбросом и т. д. Потеряв, таким образом, стоимость, отходы автоматически исключаются из системы распределения, со всеми вытекающими отсюда последствиями для природы и общества. Радикальное изменение сложившейся ситуации возможно, прежде всего, при условии решения технологических задач: сокращения потерь материально-энергетических ресурсов по мере трансформации их в отходы производства; целесообразного изменения маршрутов движения всех материальных и энергетических потоков, обеспечивающего наиболее полную их переработку; уменьшения действия отходов на объекты природной среды. Комплексная переработка сырья и материалов с использованием всех полезных компонентов становится основой создания малоотходных технологических процессов.

Вследствие разнообразия состава и свойств образующихся отходов порой трудно ограничиться существующими типовыми схемами улавливания и обезвреживания вредных веществ. Могут потребоваться новые технологические решения и средства защиты природы от антропогенных опасностей. Степень экологического совершенства или несовершенства объекта исследований в ВКР уже можно оценить по его принадлежности к одному из трех вариантов.

Вариант 1: соответствует случаю неполного использования сырья и материалов, загрязнения воздушного или водного бассейнов, почвы, отсутствия систем обезвоживания и утилизации отходов, а также средств оперативного контроля производственной безопасности и состояний окружающей среды. Такие производства должны полностью реконструироваться за счет установки эффективных систем газо- и водоочистки, организации оборотного водоснабжения, рекуперации тепла и т. д.

Вариант 2: соответствует многим действующим производствам в регионе. Обработка отходов в этом случае может осуществляться на локальных (цеховых) сооружениях, где происходит улавливание ценных для производства веществ и достигается снижение их концентраций до приемлемого уровня. При этом полезные продукты оборотных циклов (нагретый воздух, вода, хладагенты, растворители, смазочные материалы и т. п.) вновь возвращаются в производство, а отходы направляются на общие заводские или районные очистные сооружения и после соответствующей обработки до уровня действующих стандартов поступают в окружающую среду. Однако и этой схеме свойственны недостатки: несовершенство технологий, образующих отходы; отсутствие гарантий сохранности природной среды в случае нескольких одновременно действующих источников загрязнений в регионе, выбросы которых обладают эффектом суммации действия. Необходимо учитывать и тот факт, что функции природоохранных нормативов выполняют санитарно-гигиенические нормы и правила, соблюдение которых еще не гарантирует экологической безопасности технологий.

Вариант 3: характерны три стадии комплексной обработки отходов производства и потребления: локальная, заводская и районная. Неиспользуемые вторичные материальные ресурсы (ВМР) и продукты оборотных циклов данного предприятия перерабатываются на соседних (смежных) объектах. Но для обеспечения стабильности при реализации этого варианта требуется контролировать состав образующихся отходов, иначе они не найдут спроса у потенциальных потребителей. Понятия «безотходные технологии» и «замкнутые циклы производства» в основном имеют концептуальное значение и не должны восприниматься буквально. Абсолютно полное ис-

пользование всех отходов, как и полная рецикличность производства, противоречат фундаментальным естественнонаучным представлениям и не имеют аналогов в функционировании природных экосистем. Кроме того, полная безотходность производства, как принцип и как техническое решение, противоречит идее оптимального функционирования экономики, поскольку затраты на создание и эксплуатацию технологических процессов возрастают экспоненциально, резко увеличиваясь именно на последних этапах приближения к экологическому идеалу.

Правильнее ставить в ВКР задачу о комплексном экологическом и экономическом оптимуме загрязнения природной среды в условиях создания (проектирования, размещения, модернизации промышленного предприятия) или функционирования действующих экологически безопасных малоотходных технологий. Этот оптимум достигается при минимизации антропогенной нагрузки до пределов, безопасных для природной среды, при условии выполнения заданных темпов социально-экономического развития природохозяйственных комплексов. Таким образом, под малоотходным производством следует понимать такое производство (или совокупность производств), в результате практической деятельности которого вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными нормами, но по техническим, экономическим, организационным и иным причинам часть сырья и материалов переходят в отходы и направляются на захоронение (длительное хранение). Малоотходная технология включает разработку и внедрение технологических процессов, производств и оборудования, обеспечивающих:

- комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов;
- существенное уменьшение или полное исключение загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления;
- переработку отходов производства и потребления с получением товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологического равновесия;
- системы оборотного водоснабжения;

— создание экологически чистых территориально-производственных комплексов.

Итак, на данном этапе развития интеллектуальных и производственных сил общества научное представление о характере взаимодействий природы и промышленного производства должно основываться на понимании неизбежности антропогенных воздействий на окружающую среду. При этом особый смысл и значение приобретает естественный потенциал самоочищения и самовосстановления природы, недоиспользование которого приводит к дополнительным затратам на промышленную переработку отходов. В бакалаврской работе, прежде всего, необходимо правильно определить границы системы, составляющей предмет исследования проблемы защиты природной среды от промышленных загрязнений. В понятие «система» должны включаться все компоненты, которые, как можно предположить в ходе разработки проекта, будут влиять на рассматриваемую экологическую проблему или будут подвергаться ее влиянию вне зависимости от того, к какому типу внутренней структурной организации они формально относятся.

Для того чтобы оценить величину антропогенной нагрузки (отходов производства) на природную среду, нужно построить математические модели образования отходов в технологическом процессе, модели переноса примесей в воздушной или водной средах и модели воздействия примесей на биологические компоненты (в виде расчетных схем, балансовых уравнений). При этом возможно решение следующих задач ВКР:

- анализ причин появления отходов в технологическом процессе или сфере потребления продукта;
- исследование путей переноса вредных веществ в природную среду;
- изучение процессов био-физико-химического превращения и накопления примесей в экосистемах;
- анализ реакции биоценозов на загрязнение;
- оценка возможных видов ущерба, наносимого природе и обществу;

- поиск оптимальных управленческих решений в промышленной и/или экологической средах;
- выбор технологического оборудования, способного обеспечить реализацию энерго- и ресурсосберегающих процессов на предприятии.

Задания на выполнение бакалаврской работы выдаются согласно Положению о выпускной квалификационной работе ТГУ. Названия разделов и сроки выполнения согласуются с руководителем ВКР.

## 2. Требования к содержанию выпускной квалификационной работы

Структура бакалаврской работы включает следующие элементы:

- а) титульный лист;
- б) задание на выполнение ВКР;
- в) календарный план выполнения ВКР;
- г) аннотацию;
- д) содержание;
- е) введение;
- ж) основную часть (разделы, главы);
- и) заключение;
- к) список использованной литературы;
- л) приложение.

**Аннотация на ВКР бакалавра** должна содержать характеристику темы, ее актуальность, краткие сведения о цели и задачах работы, структуре и объеме выполненной работы.

Во **введении** излагается актуальность темы, ее значение для хозяйства РФ, охраны биосферы.

**Основная часть** может содержать следующие разделы:

- описание объекта исследования;
- существующее состояние технологического объекта, его региональную значимость;
- обзор литературы и патентные исследования;
- описание исследуемого технологического процесса;
- обоснование выбора оборудования;
- технологический расчет основного оборудования (студент производит необходимые технологические и механические расчеты оборудования, приводит обоснование выбора конструктивных материалов; описание примененных методов теоретических и экспериментальных исследований, описание экспериментальных установок, алгоритмов компьютерных расчетов, пояснения к созданным компьютерным программам);
- теоретические основы процесса (интегральные уравнения материального и теплового балансов);
- описание технологической (принципиальной) схемы;

- описание конструкции и принципа работы оборудования, схемы аппаратов, машин, области их применения и сравнительную характеристику, экспериментальные или лабораторные стенды (установки);
- технологические расчеты основного оборудования с применением ЭВМ;
- вопросы интенсификации тепло- и массообмена, гидродинамики, деформирования твердых тел и т. п.;
- эколого-экономическое обоснование проекта.

**Заключение** содержит выводы по работе; ожидаемые результаты; результаты исследований и разработок, полученные при выполнении работы модели, алгоритмы расчетов; выводы и рекомендации по возможной области применения результатов работы.

**Список использованной литературы** включает библиографическое описание источников, ссылки на литературу указывают в тексте работы цифрой, заключенной в квадратные скобки.

**Графическая часть** бакалаврской работы включает плакаты, содержащие алгоритмы расчетов, таблицы, графики, схемы, фотографии и другие материалы, дающие полное представление о результатах проведенных студентом исследований. При вынесении на плакаты большого количества формул, графиков, алгоритмов расчетов целесообразно представить лист с пояснением условных обозначений. Компьютерные иллюстрации к бакалаврской работе должны быть подшиты в виде распечатки. За принятые в выпускной квалификационной работе решения и правильность всех данных отвечает автор работы – студент.

На защиту бакалаврской работы могут быть представлены материалы в форме презентации.

Графическая часть проекта включает следующие материалы:

- технологическую схему процесса (один лист);
- чертежи общего вида разрабатываемого или предлагаемого агрегата;
- чертежи узлов проектируемых аппаратов и машин;
- плакат «Эколого-экономическое обоснование проекта» (один лист);
- графики, характеризующие результаты экспериментальных работ, если в ВКР была включена экспериментальная часть.

На первом листе графической части приводится сравнительный анализ существующих способов и конструкций аппаратов технологического процесса, разрабатываемого по теме ВКР.

На втором листе графической части изображается принципиальная схема, отражающая последовательность проведения основных стадий технологического процесса.

На третьем листе возможно изображение общего вида аппарата, машины, установки в рабочем положении с необходимым числом видов, продольных и поперечных разрезов. Чертеж должен содержать сведения о конструкции и функциональных особенностях изделия; габаритные и основные размеры, которые определены в результате технологического расчета. На чертеже аппарата указывается технологическая характеристика аппарата и технические требования.

На четвертом и пятом (при необходимости и шестом) листах представляются физическая картина процесса, материальный и тепловой балансы (в виде формул или таблиц), схема лабораторной установки, технико-экономические показатели, энергетическая эффективность конструкций, элементы и устройства интенсификации, экспериментальные и другие графики, блок-схемы, алгоритмы расчетов, диаграммы, таблицы сравнительных характеристик и обоснование выбора аппарата, принципиальные схемы аналогичных аппаратов, конструкции узлов для интенсификации процесса и новых технических решений.

### ***Пример типовой структуры графической части ВКР***

#### **Вариант 1**

1. Сравнительный анализ конструкций аппаратов (машин) для реализации процесса с позиций энерго- и ресурсосбережения.
2. Технологическая (принципиальная) схема процесса.
3. Общий вид основного аппарата с выносками, таблицами, техническими требованиями.
4. Элементы физической, математической картины процесса.
5. Способы интенсификации, таблицы, рисунки, графики, дающие наиболее глубокое представление об исследуемом процессе.

## Вариант 2

1. Обоснование технического решения (графики, гистограммы, таблицы и т. д., представляющие сравнительные затраты энергии, сырья, материалов, реагентов).

2. Характеристики сырья, продуктов, топлива, выбросов, сбросов, твердых отходов и т. д. с точки зрения их экологической и производственной безопасности.

3. Технологическая схема процесса.

4. Чертеж общего вида единицы оборудования.

5. Графическое отображение новшества (реорганизации). Технологический узел, блок-схема организации процесса, единица оборудования и т. д.

Оформление ВКР должно соответствовать Положению о выпускной квалификационной работе ТГУ.

### **3. Пояснения к содержанию выпускной квалификационной работы**

#### **Аннотация**

Аннотация выполняется при завершении работы над ВКР. В ней содержатся краткие сведения и характеристика проекта: название темы, актуальность темы, цель и задачи работы, краткие характеристики важнейших материалов и конструкций. В аннотации необходимо привести основные проектные решения. Здесь же указывается объем работы и графической части. Аннотация не считается разделом ВКР и не нумеруется как раздел.

#### **Содержание**

В содержании приводится нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов, их наименование, а также номера страниц, с которых они начинаются. При оформлении содержания введение следует считать первым разделом, а заключение последним. Кроме того, в содержание включают «Список использованной литературы» и «Приложение» с указанием номеров страниц. Титульный лист, задание и аннотацию в содержание не включают.

#### **Введение**

Во введении очень кратко рассматриваются особенности проектируемого или модернизируемого объекта в бакалаврской работе и его сложность с точки зрения охраны окружающей среды от промышленных загрязнений. Не следует писать о значении охраны окружающей среды вообще и перечислять все постановления и нормативные документы по данной проблеме. Важно отметить спрос на целевой продукт и перспективу его общественного потребления. Наряду с этим необходимо представить и экологическое обоснование разрабатываемой темы – какое влияние решение данной задачи может оказать на состояние окружающей природной среды: способствует ли проводимая работа созданию малоотходного, энергосберегающего производства, повышению выхода продуктов, более полному использованию сырья, замене дефицитного или токсичного сырья менее дефицитным и менее токсичным, полностью или частично используются отходы, заменяется ли громоздкая, многостадийная схема более компактной, периодический

процесс на непрерывный и т. д. На основании материала введения формулируются задачи бакалаврской работы.

#### **Описание объекта исследования (например, характеристика отходов и их влияние на окружающую среду и человека)**

В этом разделе дается название отходов, их состав. Приводятся теплофизические, химические и механические свойства сырья, необходимые для последующих расчетов. Характеризуется степень агрессивности перерабатываемых веществ, дисперсности, склонность к слеживанию твердого, порошкообразного, кристаллического или гранулированного материала и т. д. В данном разделе собраны не все характеристики отходов и продукта, а лишь те свойства, которые нужны для выбора метода проведения заданного процесса защиты окружающей среды и необходимых расчетов. Поэтому содержание первого раздела основного текста работы зависит от конкретных особенностей процесса.

#### **Существующее состояние технологического объекта. Региональная значимость**

В этом разделе приводится описание существующей технологической схемы. Описание технологической части производится по ходу переработки сырья в продукт. Параллельно с регламентными требованиями технологического процесса вскрываются проблемы охраны производственной и окружающей природной среды, наличие или отсутствие мониторинга производственных помещений, отмечается наличие или отсутствие энерго- и ресурсосберегающего оборудования. Дается токсикологическая характеристика используемого сырья, промежуточных и конечных продуктов. Вредные вещества и их количества, проникающие в природную среду на каждом этапе производства, обобщаются в виде таблицы. Необходимо отразить и региональную значимость проблемы.

#### **Обзор литературных источников и патентные исследования**

Проектируемая технологическая схема и разрабатываемая конструкция должны учитывать последние достижения науки и техники. Литературный обзор и патентный поиск заканчивается выводами о возможности и целесообразности использования той или иной технологии переработки отходов и конструкции машины или аппа-

рата, а также конкретного технического решения при модернизации существующей установки. Если предлагаемое техническое решение обладает существенной новизной и полезностью по сравнению с выявленными решениями, то по согласованию с руководителем составляется заявка на предполагаемое изобретение. Студент должен найти нужные литературные источники самостоятельно. Для этого рекомендуется использовать библиотечные систематические и алфавитные каталоги. В библиотеке имеются также систематические предметные и библиографические указатели по отраслям, а также разработанные кафедрой материалы по дипломному проектированию. Просмотр специальных журналов и сборников начинается с реферативных журналов по данной отрасли знаний. Журнальную статью можно отыскать по указателю статей, помещенному в последнем номере журнала. Патентную информацию можно найти в следующих источниках:

- бюллетень «Открытия и изобретения»;
- бюллетень «Изобретения за рубежом»;
- сборник «Внедренные изобретения»;
- описание изобретений.

Кроме того, проведению обширного и качественного патентного поиска помогут интернет-ресурсы **[www.fips.ru](http://www.fips.ru)** и **[ru.espacenet.com](http://ru.espacenet.com)**.

В процессе патентного поиска студент выполняет следующие задания:

- поиск технического решения для модернизации машины или аппарата;
- исследование новизны объекта проектирования и составление описания предлагаемого изобретения.

В соответствии с заданием в данный раздел включают:

- регламент патентного поиска;
- справку о патентном поиске;
- перечень отобранных патентных документов;
- заключение о проверке на патентную чистоту или описание предлагаемого изобретения.

Результаты патентного поиска оформляют в виде таблиц (ГОСТ 15011–82). Далее проводится сопоставительный анализ отобран-

ных технических решений в научной литературе, изобретений и объекта разработки. Исходя из этого анализа делается вывод о возможности реализации конкретного технического решения в объекте проектирования.

### **Описание исследуемого технологического процесса**

В описании последовательно приводятся все стадии процесса, в результате которого из исходного сырья получают продукт или происходит переработка отходов. Особое внимание уделяется технологическому назначению разрабатываемого оборудования: машины, аппарата или установки. Полное описание включает порядок движения основных рабочих потоков. Указываются режимные параметры. Если известно несколько схем проведения заданного процесса или несколько конструкций аппаратов и машин для осуществления этого процесса, в разделе надо обосновать, почему автор отдал предпочтение конкретной схеме ведения процесса и конструкции для его проведения. При выполнении проекта экспериментальной установки наряду с описанием схемы процесса необходимо указать цели исследований, методику проведения экспериментов.

Обычно *теоретические основы процесса* изучают по различным источникам. На основе выбранной физической модели применительно к решаемой задаче составляют систему соответствующих математических уравнений – математическую модель процесса. Построение математической модели заключается в создании формализованного описания объекта исследования на языке математики в виде некоторой системы уравнений и функциональных соотношений между отдельными параметрами модели.

Построение математических моделей химико-технологических процессов или отдельных аппаратов может осуществляться двумя способами: основой модели могут быть балансовые уравнения для переноса вещества и энергии (материальный и тепловой балансы), либо она представляется системой регрессионных уравнений.

При проведении технологических расчетов необходимо использовать технические и программные средства моделирования. При использовании компьютерной техники для проведения расчетов обязательно должна быть приведена методика расчета, представлен

алгоритм расчета, составлена таблица идентификаторов, в приложении может быть приведена программа расчета.

При *описании технологической схемы* следует проанализировать основной вариант и рассмотреть вопросы, позволяющие интенсифицировать основной процесс и повысить технико-экономические показатели, сделать его проще, дешевле, безопаснее. Необходимо также учитывать требования охраны окружающей среды.

В условиях роста масштабов промышленного производства охрана окружающей среды стала одной из важнейших проблем современности, в решении которых значительная роль принадлежит процессам и аппаратам химической технологии, как при разработке новых малоотходных производств, так и при разработке методов очистки сточных вод и газовых выбросов. Это достигается одновременно несколькими путями: комплексное использование сырья, замкнутые водооборотные циклы, селективность процесса, оптимизация его режима, замена отдельных стадий процесса на экологически более чистые. Технологическая схема должна оказывать возможно меньшее отрицательное воздействие на природные экосистемы, и при проведении рассматриваемого технологического процесса должны быть сведены к минимуму выбросы в атмосферу и гидросферу.

Обоснованный окончательный вариант технологической схемы следует подробно описать с указанием типов основного оборудования. На схеме указываются направления материальных потоков. Для контроля, измерения, регулирования и сигнализации параметров технологического процесса в схеме необходимо применить приборы КИПиА.

Описание технологической схемы в тексте работы должно согласовываться с графической частью.

#### *Описание конструкции и работы аппарата*

В разделе приводится схема аппарата, выбранного на основании проведенного литературно-патентного обзора. Схема аппарата изображается условно, но с указанием основных узлов и деталей, номера узлов и деталей показываются на полочках выносных линий. В соответствии со схемой аппарата дается описание конструкции,

отмечаются ее преимущества по сравнению с применяемой конструкцией в действующем производстве.

При описании работы аппарата указываются функциональное назначение аппарата, требования к распределению потоков в аппарате, как эти требования выполняются, какие устройства предусмотрены, приводятся параметры ведения процесса в аппарате.

#### *Технологические, тепловые и другие расчеты*

В начале раздела приводятся исходные данные для расчета, включающие производительность аппарата или машины, с указанием начальных и конечных параметров процесса, приводятся характеристики веществ, участвующих в процессе, дается характеристика готовых продуктов.

Технологические расчеты должны содержать:

- материальный и тепловой баланс процесса;
- выбор методики расчета;
- расчет основных размеров аппарата;
- подбор аппарата по ГОСТ, ОСТ, ТУ.

Тепловые расчеты включают:

- составление теплового баланса;
- составление температурной схемы расчета;
- определение средней разности температур;
- уточненный расчет (для основного аппарата) коэффициентов теплоотдачи;
- расчет поверхности теплообмена.

#### *Прочностные расчеты*

Перед проведением расчетов на прочность необходимо выбрать материал для изготовления аппарата. Материал выбирается исходя из условий проведения процесса (температура, давление и др.), коррозионных свойств сред, в которых эксплуатируется аппарат, из условий соблюдения чистоты продукта, безопасной работы.

Для выбранного материала должна быть приведена таблица прочностных характеристик, а также методы термической обработки и сварки.

Расчеты на прочность машин и аппаратов должны проводиться в соответствии с действующими стандартами, а также методи-

ками, изложенными в учебной литературе. Обязательному расчету на прочность подлежат основные узлы и детали аппарата или машины, воспринимающие нагрузки при работе. Расчет проводится на максимальные нагрузки, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации аппарата. Например, быстровращающиеся валы рассчитываются на вибропрочность, жесткость и усталость.

При высоких температурах в расчетах должны учитываться ползучесть материала, релаксация напряжений. Для тонкостенных оболочек следует проводить расчет потери устойчивости, укрепления отверстий и др.

### **Обоснование выбора технологического оборудования**

Необходимым условием выбора технологического оборудования является надежность и безопасность его работы в течение установленного регламентом срока. При этом предпочтение следует отдавать серийно выпускаемому промышленностью технологическому оборудованию, подбор которого после проведения необходимых расчетов производится по каталогам машиностроительных заводов. Несмотря на многообразие серийно выпускаемого оборудования, при проектировании и модернизации производств часто приходится разрабатывать нестандартное оборудование, отличающееся более высокими технико-экономическими показателями. Нестандартное оборудование ориентировано на конкретный технологический процесс и проектируется специально для него из расчета на заданную производительность. Расчет нестандартного оборудования производится аналогично расчету стандартного. Выбрав тип оборудования и определив его размеры, студент выполняет механические расчеты и разрабатывает чертежи нестандартного оборудования.

### **Технологические расчеты**

Под технологическим расчетом понимают совокупность расчетов, связанных непосредственно с параметрами, видом и особенностями технологического процесса, проводимого в разрабатываемой машине или аппарате. Основной целью технологического расчета является определение основных параметров, необходимых при выполнении графической части проектируемого объекта, а также про-

ведении последующих специальных расчетов (кинематического, прочностного и т. д.). Важнейшей характеристикой работы машины или аппарата является их производительность, под которой понимают количество продукции (массовое, объемное), полученной в единицу времени.

### *Материальный баланс*

Составление материальных балансов основано на использовании закона сохранения массы  $G_1 + G_2 = G_3 + G_4$ , где  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$  — количество веществ, поступающих, имеющихся, покинувших аппарат (машину), оставшихся соответственно. Следует учитывать, что количество веществ здесь должно быть выражено в единицах массы. Вид уравнения материального баланса зависит от характера протекающего технологического процесса. При проектировании реакционной аппаратуры в основе материального баланса лежат стехиометрические уравнения химических реакций, протекающих в аппаратах. Если реакция, протекающая в химическом реакторе, простая, то обычно составляют одно уравнение материального баланса по любому реагенту или продукту. Если реакция сложная, материальный баланс включает несколько уравнений по веществам, каждое из которых участвует по меньшей мере в одной из простых реакций, составляющих сложную. Материальный баланс может быть общим (суммарным), если он относится ко всей установке и в него включены все вещества, участвующие в процессе, или частным, если он составлен только по отношению к одному компоненту, к части установки либо к определенной фазе. Частные материальные балансы охватывают часть установки (один реактор из каскада, один вакуум-кристаллизатор из многокорпусной установки). Сумма частных материальных балансов при этом всегда должна быть равна общему балансу. На основании уравнений материального баланса производится расчет прихода и расхода всех видов исходных материалов и продукта. Итоговые расчеты удобно свести в таблицу. В некоторых случаях материальному балансу должен предшествовать тепловой баланс. Так, при расчете вакуумной кристаллизации нельзя определить выход кристаллов, не определив предварительно количество испаряющегося при создании вакуума растворителя.

### *Тепловой баланс*

В этом разделе работы составляются уравнения теплового баланса для разрабатываемых аппаратов и машин с целью определения количества тепла, которое нужно ввести либо вывести из системы. Кроме того, рассчитывается количество теплоносителей с заданными параметрами, определяется эффект, полученный в системе в результате теплового воздействия, обосновывается выбор вида теплоносителя. Уравнение теплового баланса является частным случаем закона сохранения энергии, когда изменение всех других видов энергии, кроме тепловой, равно нулю, и имеет вид  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$ , где  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  – теплота поглощенная, содержащаяся, отдаваемая, оставшаяся в системе. Иногда возникают затруднения в составлении теплового баланса в связи с невозможностью строго определить все необходимые исходные данные. Задача может оказаться многовариантной. Например, в процессе сушки с частичной рециркуляцией сушильного агента кратность циркуляции последнего зависит от многих практических производственных соображений («мягкости» сушки, желаемой температуры сушильного агента на выбросе, взрыво- и огнеопасности процесса и т. д.), которые не всегда удается облечь в строгую математическую форму. В этом случае при составлении теплового баланса приходится задавать исходные параметры по экспериментальным или производственным данным, например предельной влажности сушильного агента на выбросе. Тепловой баланс следует составить и при проектировании машин. В этом случае тепловой баланс составляется для расчета систем охлаждения, определения минимальной наружной поверхности изделия, обеспечивающей нормальный отвод выделяющегося в машине тепла (когда диссипация механической энергии достаточно велика, например в шнековых смесителях), и т. д.

В конце работы делаются выводы об особенностях разрабатываемого вопроса, научной и практической ценности, связи с производством, актуальности и перспективах развития и применения.

В списке использованных источников приводятся современные цитируемые источники (до 80 шт., в том числе 10–15 источников, изданных после 2010 г., иностранные источники, ссылки на интернет-страницы), статьи, патенты, книги, которые автор работы использовал при написании ВКР.

## Библиографический список

1. Баранов, Д.А. Процессы и аппараты химической технологии : учеб. пособие / Д.А. Баранов. — Изд. 3-е, стер. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. — 407 с. — ISBN 978-5-8114-4984-2.
2. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н.И. Акинин, Л.К. Маринина, А.Я. Васин [и др.]. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. — 446 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4.
3. Веригин, А.Н. Машины и аппараты переработки дисперсных материалов : основы проектирования : учеб. пособие / А.Н. Веригин, В.С. Данильчук, Н.А. Незамаев. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. — 536 с. — ISBN 978-5-8114-2755-0.
4. Ветошкин, А.Г. Основы инженерной экологии : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. — 328 с. — ISBN 978-5-8114-2822-9.
5. Ветошкин, А.Г. Технические средства инженерной экологии : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. — 424 с. — ISBN 978-5-8114-2825-0.
6. Ветошкин, А.Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. — 303 с. — ISBN 978-5-8114-2035-3.
7. Волков, В.А. Теоретические основы охраны окружающей среды : учеб. пособие / В.А. Волков. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015. — 253 с. — ISBN 978-5-8114-1830-5.
8. Кривошеин, Д.А. Основы экологической безопасности производств : учеб. пособие / Д.А. Кривошеин, В.П. Дмитренко, Н.В. Федотова. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-1816-9.
9. Москвичев, Ю.А. Теоретические основы химической технологии : учеб. пособие / Ю.А. Москвичев, А.К. Григоричев, О.С. Павлов. — Изд. 4-е, стер. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2020. — 271 с. — ISBN 978-5-8114-4983-5.

10. Основы природопользования и энергоресурсосбережения : учеб. пособие / В.В. Денисов, И.А. Денисова, Т.И. Дровозова, А.П. Москаленко. – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. – 407 с. – ISBN 978-5-8114-3962-1.
11. Положение о выпускной квалификационной работе : утверждено решением ученого совета Тольяттинского государственного университета № 254 от 21 ноября 2019 года. – Тольятти, 2019. – 29 с. – URL: [www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/state-educational-standards/254-Полож\\_ВКР.pdf](http://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/state-educational-standards/254-Полож_ВКР.pdf) (дата обращения: 22.09.2021).
12. Расчет и проектирование массообменных аппаратов : учеб. пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, О.В. Абрамов [и др.]. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015. – 352 с. – ISBN 978-5-8114-1672-1.
13. Смирнов, Н.Н. Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов) : учеб. пособие / Н.Н. Смирнов, В.М. Барабаш, К.А. Карпов. – Изд. 4-е, стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. – 79, [1] с. – ISBN 978-5-8114-4122-8.
14. Тупикин, Е.И. Общая нефтехимия : учеб. пособие / Е.И. Тупикин. – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2019. – 318, [1] с. – ISBN 978-5-8114-4105-1.
15. Широков, Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии : учеб. пособие / Ю.А. Широков. – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2018. – 357 с. – ISBN 978-5-8114-2578-5.