



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина

**Химико-
технологический
институт**

**Ю. И. НЕЙН
Н. П. БЕЛЬСКАЯ**

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Содержание и оформление курсового проекта
и выпускной квалификационной работы бакалавра

Учебное пособие

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Ю. И. Нейн, Н. П. Бельская

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Содержание и оформление курсового проекта
и выпускной квалификационной работы бакалавра

Учебное пособие

Рекомендовано
методическим советом Уральского федерального университета
в качестве учебного пособия для студентов вуза,
обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2019

УДК 66.02(07)
ББК 35
Н461

Рецензенты:

А. В. Ко к ш а р о в, кандидат химических наук, капитан внутренней службы
(Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России);
Е. М. Ка ш и н а, начальник центральной заводской лаборатории
ПАО «Уральский завод резиновых технических изделий»

Научный редактор
кандидат химических наук, доцент М. Ф. К о с т е р и н а
(Уральский федеральный университет)

Нейн, Ю. И.

Н461 Основы проектирования химических установок : Содержание и оформление курсового проекта и выпускной квалификационной работы бакалавра : учеб. пособие / Ю. И. Нейн, Н. П. Бельская ; [науч. ред. М. Ф. Костерина] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 124 с.

ISBN 978-5-7996-2552-8

В учебном пособии изложены основные сведения, необходимые студентам для выполнения курсового и дипломного проектов химических установок: возможные варианты проектов, их структура и содержание; справочный и нормативный материал по промышленному проектированию; рекомендации по выбору основного и вспомогательного технологического оборудования.

Для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению «Химическая технология».

УДК 66.02(07)
ББК 35

Оглавление

Предисловие	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	5
2. ЭТАПЫ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	9
2.1. Подготовительный этап	9
2.2. Производственная и преддипломная практика	10
2.3. Выполнение курсового и дипломного проектов	12
2.4. Защита проектов	12
3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ	15
3.1. Структура и объем проектов	15
3.2. Оформление текстовых материалов	16
3.3. Библиографические ссылки: правила составления	22
3.4. Оформление графических материалов	25
4. СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ	27
4.1. Пояснительная записка курсового проекта	27
4.2. Пояснительная записка дипломного проекта	28
5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ	32
5.1. Технологические курсовой и дипломный проекты	32
5.2. Научно-исследовательский дипломный проект	38
6. ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ВЫБОР	49
6.1. Виды технологического оборудования	49
6.2. Общие направления в проектировании химического оборудования	51
6.3. Краткие сведения о материалах и защитных покрытиях для изготовления химических аппаратов и машин	54
6.4. Выбор основного и вспомогательного технологического оборудования	59
СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК	67
ПРИЛОЖЕНИЯ	69

Предисловие

Выполнение курсового и дипломного проектов, в основу которых положены технологические и технико-экономические расчеты, рассмотрение вопросов механизации, роботизации и автоматизации участков производства, охраны окружающей среды, — важный этап в формировании технолога современных химических предприятий.

Основной целью данного учебного пособия является оказание помощи химикам-технологам на завершающем этапе проектирования — при оформлении текстовых и графических документов курсового и дипломного проектов.

Учебное пособие содержит сведения о возможных вариантах курсового и дипломного проектов, их структуре и содержании, справочный и нормативный материал по промышленному проектированию, рекомендации по выбору основного и вспомогательного технологического оборудования.

Общие требования к содержанию и оформлению курсового и дипломного проектов регламентируются ГОСТ 7.32–2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» (М. : Стандартинформ, 2006), основой которого являются общероссийские стандарты и нормативные акты, устанавливающие требования ко всем видам проектной и научно-технической документации. Поэтому данное учебное пособие составлено на основе указанного стандарта, но с учетом специфики проектирования химико-технологических производств, а также включает необходимые разъяснения и большое количество примеров.

Приведенные в пособии краткие сведения по выбору материалов и защитных покрытий для изготовления химических аппаратов, рекомендации по выбору основного и вспомогательного технологического оборудования должны помочь студентам разработать принципиальную технологическую схему производства, создание которой является важнейшей частью проекта. Грамотное составление такой схемы как основа успешной эксплуатации проектируемой установки необходимо для всех технологических и экономических расчетов, выполняемых при курсовом и дипломном проектировании.

Подготовка технологов связана с обучением студентов методам проектирования и составлению необходимых документов, являясь основным звеном подготовки технологов для предприятий химической промышленности. И первые практические навыки в проектировании студенты приобретают именно в процессе курсового и дипломного проектирования, поэтому задача пособия состоит в помощи студентам в написании пояснительной записки.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Развитие любого производства, и в частности химического, осуществляется в двух основных формах: экстенсивной и интенсивной.

Первая форма связана главным образом с количественным ростом предприятий, созданием новых производственных мощностей, увеличением числа работающих.

Вторая форма предполагает прежде всего более эффективное использование и совершенствование имеющегося потенциала, повышение качества работы и выпускаемой продукции за счет использования новейших достижений научно-технического прогресса, совершенствования организации и управления, повышения уровня образования и квалификации работающих, их инициативы, а также за счет роста производительности труда [1].

Качеством проектов определяется технический уровень химических предприятий. Поэтому при проектировании химических производств должны закладываться наиболее прогрессивные технические решения, дающие наивысший экономический и социальный эффект и тем самым существенно влияющие на ускорение научно-технического прогресса, которое предопределяет переход к принципиально новым технологическим процессам и системам, использование последних технических достижений, внедрение средств автоматизации на всех стадиях производственных процессов.

При проектировании соблюдаются федеральные и ведомственные нормы и правила, технические условия и нормативы применительно к конкретным химическим производствам.

В настоящее время большое внимание уделяется повышению качества, расширению ассортимента и увеличению выпуска минеральных удобрений и средств защиты растений, мономеров и прогрессивных пластических масс, химических волокон и ряда других важных химических продуктов и материалов. При этом рост производства осуществляется за счет не только проектирования новых химических заводов, но и расширения производств (ввода дополнительных мощностей), а также за счет реконструкции действующих производств, которая предполагает установку нового современного оборудования или модернизацию существующих машин и аппаратов.

Таким образом, основными направлениями в проектировании являются:

- проектирование нового предприятия;
- расширение существующего предприятия;
- техническое перевооружение действующего предприятия;
- реконструкция действующего предприятия, цеха или участка.

Как при разработке новых производств, так и при расширении и реконструкции действующих должна использоваться самая прогрессивная технология и новейшая конкурентоспособная техника, предусматриваться автоматизация, механизация и роботизация производства и должны учитываться вопросы экологии и охраны окружающей среды.

В перспективе предстоит проектирование промышленных предприятий с полной утилизацией отходов, т. е. с безотходной технологией и водооборотом.

Проектирование нового предприятия — это полное сооружение нового предприятия (и последующих его очередей). Этот путь позволяет достигать максимальных результатов собственно в производстве, однако имеет много экономических и экологических недостатков, в их числе главные:

- максимальный объем проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ;

- наибольшая стоимость и сроки строительства, пуска и освоения объекта;

- большое воздействие на социально-демографическую ситуацию региона, поскольку, как правило, требуется привлекать новые трудовые ресурсы, что, в свою очередь, создает дополнительные урбанистические (необходимость нового жилищного строительства) и дорожно-транспортные проблемы (необходимо организовывать доставку большого количества работающих с учетом имеющегося общественного транспорта);

- максимальное негативное техногенное воздействие на окружающую среду (освоение новых территорий и акваторий).

К новому строительству следует прибегать, по существу, лишь в следующих ситуациях:

- Необходимая новая продукция не может быть произведена на действующих предприятиях даже после их реконструкции.

- Создание новых современных предприятий на существующих или новых площадках и промзонах необходимо взамен ликвидируемых устаревших объектов, дальнейшая эксплуатация которых признана нецелесообразной по экономическим или экологическим причинам (в частности, это ситуация с перемещением промзон из исторических центров крупных городов).

- Соответствующие производства необходимы в интересах национальной безопасности.

Расширение существующего предприятия — это строительство новых производственных комплексов на территории действующих предприятий. Его осуществляют для увеличения мощности действующего предприятия с одновременным улучшением технико-экономических показателей, которые не могут быть достигнуты путем реконструкции или технического перевооружения.

При расширении действующего предприятия осуществляется строительство:

- последующих его очередей (дублирующих существующие и создающих условия для их реконструкции);

- дополнительных производств, новых цехов (или расширение действующих цехов) основного производственного назначения;
- новых объектов вспомогательного и обслуживающего назначения;
- опытных производств, исследовательских и испытательных центров.

Важнейшими направлениями современной технической политики являются техническое перевооружение и реконструкция действующих производств.

Техническое перевооружение заключается в замене отдельных производственных установок или оборудования (технических единиц) на иное:

- идентичное по конструкции, но физически новое, неизношенное;
- аналогичное по конструкции, но изготовленное из более качественных материалов;
- более совершенное по конструкции.

Под техническим перевооружением следует понимать такое обновление производства, при котором действующее производство оснащается новейшей техникой, создающей предпосылки для существенного повышения производительности труда, качества, надежности и долговечности продукции.

Техническое перевооружение не затрагивает системно технических и технологических основ производства: лишь изменяются конкретные позиции оборудования или отдельные технологические решения.

Реконструкция действующего предприятия предполагает такие изменения, которые ведут к переустройству всего цеха, установки или значительной их части. Реконструкция позволяет наращивать производственные мощности, используя резерв предприятия без строительства новых производственных площадей. Реконструкция состоит в полном или частичном переоборудовании производства на базе новой техники и технологии, но без строительства новых или расширения действующих цехов основного производственного назначения [1].

При реконструкции химических установок большое значение имеет **модернизация оборудования**, так как она повышает экономическую эффективность существующего оборудования и значительно сокращает сроки проведения реконструкции.

Под модернизацией следует понимать конструктивные и технологические мероприятия по замене отдельных устаревших или недостаточно надежных деталей и их соединений в аппаратах и машинах с целью доведения эксплуатируемого оборудования до уровня современных моделей, выпускаемых машиностроительными заводами.

Модернизация повышает технические и эксплуатационные качества оборудования, т. е. делает его более надежным в работе, увеличивает его срок службы и упрощает обслуживание. Главная задача модернизации химического оборудования — создание условий для последующей комплексной механизации и автоматизации технологических процессов.

Основные направления модернизации:

- повышение производительности аппаратов или машин;
- расширение технологических возможностей оборудования (расширение ассортимента) и повышение качества продукции или изделий;
- увеличение эксплуатационной надежности аппаратов и машин и срока их службы;
- увеличение межремонтного пробега оборудования, уменьшение длительности ремонта и его стоимости;
- уменьшение массы, металлоемкости, энергоемкости и стоимости оборудования;
- улучшение условий труда обслуживающего персонала и техники безопасности, а также повышение производительности труда рабочих;
- исключение или переработка выбросов и вредных стоков.

Модернизацию, как правило, проводят комплексно, охватывая ряд основных направлений, обеспечивающих наибольший экономический эффект. В тех случаях, когда значительная часть производственных фондов устарела и чрезмерно расширилась сфера капитального ремонта, целесообразно осуществление не модернизации оборудования, а технического перевооружения предприятия.

Как показывает опыт, капитальные вложения (инвестиции), направленные на техперевооружение, реконструкцию и расширение производства, окупаются примерно вдвое быстрее, чем при новом строительстве.

2. ЭТАПЫ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект — это учебная работа, целью которой является закрепление знаний по курсам «Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза», «Основы химической технологии полимеров», «Химическая технология органических веществ» и другим специальным курсам. В процессе выполнения курсового проекта отрабатываются навыки проектирования производства химических веществ с учетом современных требований к технологическим схемам и обеспечению техники безопасности при выполнении всех работ, а также с учетом соблюдения экологических норм. При этом выявляются степень подготовки студента к самостоятельной работе и творческий потенциал будущего дипломника.

Дипломный проект является самостоятельной выпускной квалификационной работой (ВКР), на основании которой Государственная аттестационная комиссия решает вопрос о присвоении учащемуся квалификации бакалавра. Дипломное проектирование должно быть увязано с реальными требованиями и потребностями современных химических производств.

Этапы курсового проектирования:

- подготовительный;
- производственная практика;
- выполнение курсового проекта;
- защита курсового проекта.

Этапы дипломного проектирования:

- подготовительный;
- преддипломная практика;
- выполнение дипломного проекта;
- защита дипломного проекта.

2.1. Подготовительный этап

Целью подготовительного этапа является решение организационных вопросов: разработка тематики курсового или дипломного проекта, назначение и утверждение руководителей и консультантов, проведение организационных собраний в академических группах, выдача студентам заданий, составление плана-графика работы.

2.2. Производственная и преддипломная практика

Производственная практика предназначена для закрепления и углубления знаний, полученных в процессе обучения как по общеинженерным, так и по специальным дисциплинам, а также для подготовки будущих бакалавров к практической инженерной деятельности на производстве.

Задачами производственной практики являются подготовка студентов к курсовому проектированию по спецкурсу «Основы проектирования и оборудование предприятий основного органического синтеза», а также сбор необходимых для этого данных. Перед началом практики студент получает индивидуальное задание.

За время прохождения производственной практики студенты должны ознакомиться с технологическим оформлением важнейших процессов производства веществ (красителей и полупродуктов, мономеров и полимеров, эластомеров и резино-технических изделий, лекарственных препаратов и антибиотиков, пищевых продуктов и др.).

Преддипломная практика является завершением подготовки будущего специалиста к самостоятельной инженерной деятельности.

Основной целью преддипломной практики на заводе или в научно-исследовательском подразделении является приобретение студентом производственных навыков самостоятельной работы, сбор данных для выполнения выпускной квалификационной работы (проекта).

В ходе производственной и преддипломной практики студенты должны научиться анализировать и критически осмысливать существующую технологию, выявлять ее недостатки с целью их устранения. На основе проведенного анализа необходимо наметить пути совершенствования действующей технологии и ликвидации «узких мест» производства и для этого следует **изучить**:

— результаты работы цеховой и центральной заводской лабораторий данного предприятия, отраслевых институтов по вопросам производства конкретного продукта;

— последние достижения в области создания безотходных технологических процессов, применения новой техники и научной организации труда;

— пути интенсификации, механизации и автоматизации технологических процессов;

— сырье, базы его получения, условия хранения, способы транспортировки и дозирования, методы проверки сырья на соответствие НТД, ресурсы сырья, возможности расширения производства, а также замены отдельных видов сырья;

— технологическое оформление физико-химических процессов, применяемых на производствах.

Необходимо также **собрать**:

— данные для расчета материального и теплового балансов, для технологических расчетов в соответствии с методическими указаниями (расходные коэффициенты реагентов и растворителей; объемы реакционных смесей; исходные

и конечные температуры теплоносителей и хладагентов, вязкости, теплопроводности и плотности реакционных масс; коэффициенты заполнения аппаратов; нормы технологического режима; характер получаемых суспензий и время их фильтрации; характер получаемых пастообразных материалов и время их сушки в аппарате конкретного типа; скорость отгонки растворителей и другие сведения, необходимые для проектирования);

— данные о возможности механизации и автоматизации технологического процесса с целью исключения ручного труда и контакта работников с химическими веществами и микроорганизмами;

— чертежи технологических схем и основных видов оборудования, указанных руководителем практики от кафедры;

— сведения о методах контроля производства; требования, предъявляемые к качеству готовой продукции; соответствие производства требованиям нормативно-технической документации (ГОСТ, ОСТ, GMP);

— данные по охране труда и технике безопасности;

— материалы по экологической безопасности производства, о мероприятиях по охране окружающей среды;

— данные об утилизации отходов производства и о методах очистки сточных вод изучаемого производства.

Кроме перечисленного, для дипломного проектирования также необходима информация для проведения технико-экономических расчетов. Цель технико-экономической части — экономическое обоснование технических решений, принятых в дипломном проекте, которое сводится к обоснованию их эффективности, определяемой себестоимостью продукции, удельными капитальными вложениями, сроком окупаемости капитальных вложений.

В результате прохождения преддипломной практики студенты в большей мере, чем после производственной практики, способны анализировать технологическую схему предприятия с точки зрения промышленной безопасности и техническую документацию, подбирать соответствующее оборудование, а также использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда в проектировании производства.

По завершении производственной и преддипломной практики студенту необходимо представить на кафедру систематизированные исходные данные для успешного выполнения курсового и дипломного проектов соответственно и отзыв руководителя практики от предприятия.

Зачет по производственной и преддипломной практике принимается комиссией на предприятии или на выпускающей кафедре в течение недели после окончания практики и в присутствии не менее двух преподавателей.

После зачета по производственной и преддипломной практике руководитель выдает студенту задание на курсовое/дипломное проектирование.

2.3. Выполнение курсового и дипломного проектов

Работа над курсовым и дипломным проектами осуществляется студентом по календарному плану в соответствии с полученным заданием. В целях организации ритмичной работы студента в задании на проект заполняется календарный план выполнения отдельных его этапов. Руководитель устанавливает часы консультаций для студента на весь период выполнения курсового и дипломного проектов, на которых обсуждаются варианты выполнения разделов проекта, а также делаются критические замечания, даются указания, советы, высказываются пожелания и проверяются результаты работы.

В период курсового и дипломного проектирования студент пользуется информационными ресурсами УрФУ: библиотекой, читальными залами, компьютерными сетями и классами. Сведения о порядке и возможностях их использования сообщаются выпускающей кафедрой на стенде «Уголок дипломника». Для выполнения специальных конструкторских или технологических расчетов студент может пользоваться учебниками и учебными пособиями, а также методическими указаниями по курсовому и дипломному проектированию, разработанными на кафедрах университета.

Полученные студентом лабораторные разработки, данные специальной литературы, экспериментальные и расчетные результаты по разрабатываемой теме и их анализ, предложенные усовершенствования или модернизация описываются в пояснительной записке к курсовому и дипломному проектам и дополняются иллюстрационными материалами в виде чертежей, схем или плакатов.

2.4. Защита проектов

Защита курсового проекта

Цель защиты курсового проекта — выявление теоретических знаний, полученных студентом в ходе обучения, и практических навыков проведения необходимых технологических расчетов; оценка степени подготовки студента к самостоятельной работе и его творческого потенциала как будущего дипломника. Срок представления студентом курсового проекта устанавливается кафедрой в соответствии с учебным планом специальности и учебным графиком. Защита курсового проекта проводится перед комиссией в составе 2–3 преподавателей кафедры. Для защиты студентом должны быть представлены пояснительная записка, подписанная студентом и руководителем, а также графический и демонстрационный материал.

Курсовой проект размещается в электронной библиотечной системе УрФУ. Согласно положению «О курсовом проектировании» (СМК-ПВД-7.5-01-112-2017), не позднее, чем за один день до защиты, студент размещает текст пояснительной записки или отчета о выполненной работе, а также скан рецензии в электронном

портфолио в личном кабинете. Только после того как студент разместит курсовой проект в электронном виде с подписанным заданием, его допускают к защите. После защиты студент должен разместить в личном кабинете титульный лист курсового проекта с подписями и оценкой.

Во время защиты студенту важно показать актуальность темы, практическую и научную ценность проекта. Вопросы, которые по окончании доклада (5–7 мин) студенту задают члены комиссии, относятся к теме проекта, а также к разделам общепрофессиональных и специальных дисциплин. По докладу и ответам на вопросы комиссия судит не только о широте кругозора студента, умении публично выступать и аргументированно отстаивать свою точку зрения, но и о пробелах в его знаниях.

Оценивается курсовой проект по балльно-рейтинговой системе.

Защита дипломного проекта

В соответствии с законом Российской Федерации «Об образовании» итоговая государственная аттестация выпускника, завершающего обучение по основной образовательной программе высшего образования в учебном заведении, является обязательной и включает государственный экзамен и защиту выпускной квалификационной работы (ВКР) — дипломного проекта [2]. Цель защиты выпускной квалификационной работы — установление соответствия уровня подготовки обучающегося, освоившего образовательную программу бакалавриата, выполнению им профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и образовательной программы (ОП) по направлению подготовки высшего образования, разработанной на основе образовательного стандарта. В рамках государственной итоговой аттестации (ГИА) проверяется уровень сформированности результатов освоения образовательной программы, заявленных в общей характеристике образовательной программы (ОХОП).

Требования к порядку планирования, организации и проведения государственной итоговой аттестации, к структуре и форме документов по организации ГИА сформулированы в утвержденной в УрФУ документированной процедуре «Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры» (СМК-ПВД-7.5-01-102-2016), введенной в действие приказом ректора № 08/03 от 09.01.2017 г.

На доклад по результатам выпускной квалификационной работы бакалавра предоставляется 7–8 мин.

ВКР бакалавра, так же как и курсовой проект, размещается в электронной библиотечной системе УрФУ.

В комплект сопроводительных документов для размещения ВКР входят:

— приказ об утверждении тем ВКР (готовится дирекцией Химико-технологического института совместно с выпускающей кафедрой);

- заключение об отсутствии неправомерных цитирований (формируется через соответствующую систему «Антиплагиат»);
- отзыв научного руководителя;
- заключение о возможности размещения ВКР в электронном виде и режиме доступа (готовится управлением информационной безопасности совместно с выпускающей кафедрой);
- лицензионный договор с автором ВКР.

Объективная оценка уровня соответствия результатов обучения требованиям к освоению образовательной программы обеспечивается системой разработанных критериев (показателей) оценки освоения знаний, сформированности умений и опыта выполнения профессиональных задач.

Критерии оценки утверждены на заседании учебно-методического совета Химико-технологического института, реализующего образовательную программу, протокол № 1 от 28.01.2015 г.

Выпускная квалификационная работа бакалавра оценивается по балльно-рейтинговой системе.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ

3.1. Структура и объем проектов

Курсовой и дипломный проекты состоят из текстовой части, которая включает пояснительную записку и спецификации (к сборочным чертежам), и графической части. Первой страницей курсового и дипломного проектов является **титульный лист** установленного образца (прил. 1 и 2), титульный лист не нумеруется; второй страницей является **задание** на выполнение курсового и дипломного проектов, утвержденное заведующим кафедрой (прил. 3 и 4). Для курсового проекта задание печатается на одном листе в одном экземпляре, титульный лист печатается на обычной бумаге. Для дипломной работы задание печатается на одном листе с двух сторон в двух экземплярах, титульный лист печатается на плотной бумаге.

Примерный объем курсового проекта: пояснительная записка — 50–60 страниц формата А4 печатного текста; графическая часть — 2–4 листа формата А1 (как правило, включает принципиальную технологическую схему, сборочный чертеж реактора или установки, химические схемы, формулы и прочие демонстрационные материалы).

Примерный объем дипломного проекта: пояснительная записка — 70–80 страниц формата А4 печатного текста; графическая часть — 5–6 листов формата А1 (как правило, включает принципиальную технологическую схему, сборочный чертеж реактора или установки, химические схемы, формулы, сводную таблицу технико-экономических показателей и прочие демонстрационные материалы).

После задания на курсовой и дипломный проекты следующая страница — содержание курсового и дипломного проектов (см. оформление в прил. 5–7).

Затем следует **реферат**, в котором приводят: тему курсового и дипломного проектов; количество страниц пояснительной записки, а также количество рисунков, таблиц и библиографических наименований; ключевые слова; задачи и цель проекта; новшества и усовершенствования, внесенные в проект; результаты работы, области возможного применения результатов работы, перспективы ее развития. Ориентировочный объем реферата 2 тыс. знаков (примерно 0,7 листа формата А4, см. прил. 8).

Перечень листов графических документов оформляется в виде таблицы (см. прил. 9).

Сокращения, новые символы, условные обозначения и т. п., введенные автором для удобства работы с пояснительной запиской, а также не общеизвестные или неметрические сокращения физических величин необходимо привести в виде

перечня (см. прил. 10). В перечень не включают сокращения и условные обозначения, повторяющиеся в тексте менее трех раз: их расшифровывают в тексте при первом упоминании.

3.2. Оформление текстовых материалов

Требования к набору текста определяются ГОСТ 7.32–2001 [3] и ГОСТ 2.105–95 ЕСКД [4]:

- Бумага формата А4, текст на одной стороне листа.
- Поля должны оставаться по всем четырем сторонам печатного листа: левое поле — не менее 30 мм, правое — не менее 10 мм, верхнее и нижнее — не менее 20 мм.
- Страницы должны иметь сквозную нумерацию.
- Шрифт –Times New Roman.
- Кегль основного текста — 12-й, 14-й.
- Кегль вспомогательного текста — 10-й (подрисуночные подписи, сноски, примечания и др.).
- Интервал между строками: 1,5 при 12-м кегле и 1,0 при 14-м кегле.
- Заголовки отделяются от текста тройным интервалом.
- Расстояние между заголовками раздела и подраздела — 2 интервала.
- Первая строка абзаца начинается с отступа в 1,25 см.
- Нежелательны выделения в тексте подчеркиванием.
- При наборе должны различаться тире (–) как знак пунктуации и дефис (-) как элемент слова.
- Номера страниц указываются начиная с 3-й; титул, оборот титула и концевая страница не нумеруются.
- Отделяются пробелом:
 - знаки §, №, % от цифр, к которым они относятся;
 - тире с двух сторон от стоящих рядом слов;
 - сокращенные обозначения температурных шкал (°С, °Ф, К и т. д.);
 - знаки математических действий и соотношений (+, –, ×, :, /, =, ~) от смежных символов;
 - аргумент от знака функции;
 - инициалы от фамилии.
- Не отделяются пробелом:
 - знаки ', " , ° от цифр, к которым они относятся;
 - скобки от заключенного в них текста;
 - тире между цифрами, обозначающими интервал значений (например: 15–19 июня);
 - кавычки от заключенных в них слов;
 - знак сноски от слова, к которому он относится.

Разделы основной части пояснительной записки разбивают на подразделы и пункты. Все разделы начинаются с нового листа, подразделы идут в подбор. Подразделы и пункты разделяются одним строчным интервалом.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей основной части пояснительной записки, подразделы — в пределах раздела, пункты — в пределах подраздела. После номера раздела, подраздела, пункта перед их названием точку не ставят, например:

- 2 Описание технологического процесса
- 2.3 Химическая схема производства
- 2.3.1 Синтез исходных 1,2,3-тиадиазолов

Заголовки (названия) разделов располагают по центру страницы текста, печатают прописными буквами, с расстоянием до текста 10 мм.

Заголовки подразделов и пунктов печатают с абзаца строчными буквами, первая буква — прописная.

Точку в конце заголовков не ставят. Перенос слов в заголовках и подчеркивание заголовков не допускаются.

Иллюстрирующие материалы пояснительной записки: рисунки, чертежи, схемы, графики, фотографии и пр. — называют рисунками и обозначают словом «рисунок». Рисунки нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела (например: Рисунок 3.1, т. е. первый рисунок третьего раздела) или в пределах всего документа.

Рисунки должны иметь наименование и поясняющие сведения. Слово «Рисунок», порядковый номер и наименование рисунка располагают под иллюстрацией посередине строки, а ниже — поясняющие сведения.

Рисунки располагают после первой ссылки на них в тексте. Ссылки на рисунок приводят с указанием порядкового номера рисунка, например: «... на рисунке 3.1».

Таблицы применяют для наглядного представления и удобного сравнения показателей. Оформление таблиц в отчете должно соответствовать ГОСТ 7.32–2001 [3].

Таблицу следует располагать в проекте (работе) непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Слово «Таблица» и ее номер указывают над таблицей справа; название таблицы с прописной буквы располагают строкой ниже посередине листа, также над таблицей. Наименование таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Пример оформления таблицы показан в прил. 11.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). В этом случае над другими частями таблицы пишут слова «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» и указывают номер таблицы,

например: Продолжение таблицы 1. При переносе таблицы на другой лист (страницу) ее заголовков не повторяют, но повторяют «шапку».

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Допускается нумеровать таблицы в пределах каждого раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например: Таблица 2.1 (т. е. первая таблица второго раздела).

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они грамматически самостоятельны. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точку не ставят.

Заголовки граф, как правило, печатают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Ячейки в таблицах, как правило, ограничивают линиями со всех сторон.

В таблице допускается размер шрифта меньше, чем в тексте.

Цифры в графах таблицы должны располагаться так, чтобы разряды чисел во всей графе находились под одноименными разрядами. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графе ставят тире. Если цифры или математические знаки в графе повторяются, их проставляют повторно, заменяя их кавычками или комбинацией кавычек и тире не допускается.

Математические уравнения и формулы оформляют по ГОСТ 2.105–95 ЕСКД [4] и ГОСТ 8417–2002 [5]. Их нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела или всего текста. Цифры заключают в круглые скобки и записывают с правой стороны на уровне формулы. Ссылки на формулу в тексте приводят с указанием ее порядкового номера в круглых скобках, например: «По формуле (2.5)...» (т. е. по пятой формуле второго раздела).

Символы, переменные и числовые коэффициенты, входящие в формулу, расшифровывают слева направо непосредственно под формулой через точку с запятой. Каждый символ пишут с новой строки, после тире приводят его расшифровку, ставят запятую и указывают размерность. Первую строку расшифровки начинают со слова «где» (после формулы ставится запятая) без двоеточия после него.

В формулах следует использовать обозначения и символы, установленные соответствующими стандартами. Значения физических величин, применяемых в формулах, должны быть выражены в единицах СИ согласно ГОСТ 8.417–2002 [5] и в единицах, допускаемых к применению наравне с единицами СИ, а также в кратных ($\times 10$) и дольных ($:10$) от них.

Уравнения химических реакций и химические схемы оформляют в соответствии с ОСТ 64–02–003–2002 [6].

Последовательность химических превращений обозначают в зависимости от расположения схемы — вертикальными или горизонтальными стрелками между структурными формулами соединений. Над стрелкой (или слева от нее)

указывают химические формулы вводимых в реакцию веществ, а под стрелкой (или справа от нее) — основные параметры и особо важные условия проведения химических реакций (катализаторы в квадратных скобках, температуру, давление, pH среды и др.) и выход веществ в процентах от их теоретического выхода. Под структурными формулами соединений указывают их химическое название и молекулярную массу.

Химические схемы многостадийных процессов рекомендуется располагать в вертикальной последовательности. Примеры изображения химических схем производства приведены в прил. 12.

Кодовое обозначение — обязательный элемент оформления текстовых и графических документов курсового и дипломного проектов. Коды присваиваются в соответствии с «Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности» — ОКПД 2 [7] и размещаются на титульном листе и чертежах, например: 18.03.01 20.14.11.124 001 ПЗ.

Расшифровка кодовых обозначений следующая:



На месте кода *организации-разработчика* указывают шестизначный номер учебной специальности, по которой выполняется ВКР, например: 18.03.01 — обозначение направления «Химическая технология» для бакалавров (см. прил. 1, 2).

Код классификационной характеристики присваивают по ОКПД 2 [7], где использованы иерархический метод классификации и последовательный метод кодирования. Код состоит из 2–9 цифровых знаков, и его структура может быть представлена в следующем виде:

XX	класс
XX.X	подкласс
XX.XX	группа
XX.XX.X	подгруппа
XX.XX.XX	вид
XX.XX.XX.XX0	категория
XX.XX.XX.XXX	подкатегория

Для разделения кодовых обозначений в ОКПД 2 между 2-м и 3-м, 4-м и 5-м знаками кода ставится точка.

В тех случаях, когда не производится деление вида на категории, т. е. не осуществляется детализация продукции (услуг, работ) на национальном уровне, 7–9-й знаки кода имеют значение 0 (ноль), а в тех случаях, когда такое деление производится, 7-й и 8-й знаки кода имеют значение, отличное от 0 (ноля).

Детализация на нижней ступени классификационного деления осуществляется только в тех случаях, когда производится деление категории продукции (услуг, работ) на несколько подкатегорий.

Приведем некоторые примеры кодов (первые две цифры в коде ОКПД 2 обозначают общий характер продукции):

20.16.56.120	Смолы фенолоальдегидные прочие в первичных формах
20.16.56.190	Смолы полиуретановые прочие в первичных формах
20.16.57	Полимеры кремнийорганические (силиконы) в первичных формах
20.16.57.110	Смолы кремнийорганические в первичных формах
20.16.57.120	Жидкости кремнийорганические
20.17	Каучуки синтетические в первичных формах
20.17.1	Каучуки синтетические в первичных формах
20.17.10	Каучуки синтетические в первичных формах
20.17.10.110	Каучуки бутадиеновые
20.17.10.120	Каучуки изопреновые и сополимеры изопрена
20.17.10.130	Каучуки бутадиенстирольные и бутадиенметилстирольные (СКС-СКМС)
20.17.10.140	Каучуки на основе сополимеров бутадиена с другими мономерами, кроме стирола и метилстирола
20.17.10.141	Каучуки бутадиеннитрильные
20.17.10.142	Каучуки карбоксилатные
20.17.10.143	Каучуки бутадиенпипериленовые
22.19.73	Изделия из вулканизированной резины прочие, не включенные в другие группировки; твердая резина во всех формах и изделия из нее; напольные покрытия и коврики из вулканизированной пористой резины. Эта группировка также включает резиновые части обуви (например, каблуки и колодки)
22.19.73.110	Изделия технического назначения из вулканизированной резины, не включенные в другие группировки

22.19.73.111	Кольца резиновые уплотнительные
22.19.73.112	Манжеты и воротники резиновые
28.96.10.120	Оборудование для производства продукции из резины и пластмасс, не включенное в другие группировки
20.59.59.000	Продукты разные химические, не включенные в другие группировки
20.14	Вещества химические органические основные прочие
20.14.1	Углеводороды и их производные
20.14.2	Спирты, фенолы, фенолоспирты и их галогенированные, сульфированные, нитрованные или нитрозированные производные; спирты жирные промышленные
20.14.3	Кислоты промышленные монокарбоновые жирные, кислоты карбоновые и их производные
20.14.4	Органические соединения с азотсодержащими функциональными группами
20.14.5	Соединения сераорганические и прочие соединения элементорганические; соединения гетероциклические, не включенные в другие группировки
20.14.6	Эфиры простые, пероксиды органические, эпоксиды, ацетали и полуацетали; соединения органические прочие
20.14.7	Вещества химические органические основные прочие
20.14.8	Щелоки, остающиеся при производстве целлюлозы, кроме таллового масла
20.14.11.124	Бутадиен-1,3
20.14.13.000	Производные ациклических углеводов хлорированные
20.14.44	Соединения с прочими азотсодержащими функциональными группами
20.14.44.110	Диазо-, азо- и азоксисоединения
20.14.44.120	Производные гидразина и гидроксиламина органические [7]

Если по ОКПД 2 [7] продукт не имеет кода классификационной характеристики, то на месте шестизначного кода в обозначении документа ставят ноли — 00 0000.

Порядковый регистрационный номер проекта устанавливает кафедра, организуемая курсовой и дипломный проекты. Если номер документу не присвоен, вместо него ставят ноли.

Вид документа записывают по шифрам согласно ГОСТ 2.701–84 [8], например:

сборочный чертеж — СБ;	аппаратурная схема — АС;
пояснительная записка — ПЗ;	таблицы — ТБ.
технологическая схема — ТС;	

3.3. Библиографические ссылки: правила составления

При написании аналитического обзора литературы курсового и дипломного проектов бакалавра любое заимствование чужого материала (дословное или перефразированное) необходимо сопроводить ссылкой на первоисточник. При ее отсутствии система контроля заимствований автоматически отнесет данный фрагмент работы к неправомерному заимствованию (плагиату). Если по всей работе система контроля заимствований показывает более 30 % неправомерных заимствований, то работа аннулируется и назначается новая тема, которая может быть защищена через год.

Библиографическая ссылка является частью справочного аппарата документа и служит источником библиографической информации о документах — объектах ссылки. Библиографическая ссылка — совокупность библиографических сведений о цитируемом, рассматриваемом или упоминаемом в тексте документе, которые необходимы и достаточны для общей характеристики, идентификации и поиска документа. Общие правила оформления библиографических ссылок приведены в ГОСТ Р 7.0.5–2008 [9].

Список библиографических ссылок должен содержать сведения об источниках, использованных при написании курсового и дипломного проектов бакалавра. В него необходимо включать источники, на которые были сделаны ссылки в тексте работы. Список библиографических ссылок оформляется по ГОСТ 7.0.5–2008 [9].

По месту расположения в документе различают библиографические ссылки:

- внутритекстовые, помещенные в тексте документа;
- подстрочные, вынесенные из текста вниз полосы документа (в сноску);
- затекстовые, вынесенные за текст документа или его части (в выноску).

В студенческих работах используются в основном затекстовые ссылки. Список затекстовых библиографических ссылок располагается в конце пояснительной записки, перед приложениями (если таковые имеются). Библиографические ссылки в списке нумеруются для связи с текстом работы (прил. 13). В тексте пояснительной записки порядковый номер затекстовой ссылки указывают в знаке выноски, который набирают на верхней линии шрифта, или в отсылке, которую приводят в квадратных скобках в строку с текстом документа. Во втором случае это выглядит следующим образом:

с указанием номера и конкретной страницы — [1, с. 58];
только с указанием номера, если дана отсылка на всю книгу, — [3].

В соответствии с правилами представления элементов библиографического описания [9] допускается сокращение отдельных слов и словосочетаний для всех элементов библиографической записи, за исключением основного заглавия документа. Слова и словосочетания сокращают по ГОСТ 7.11–78 [10] и ГОСТ 7.12–93 [11].

Допустимо сокращение названий научных журналов. В качестве примера можно привести следующие:

Журнал общей химии — ЖОХ.

Журнал органической химии — ЖОрХ.

Химия гетероциклических соединений — ХГС.

Известия АН. Серия химическая — Известия АН. Сер. хим.

Химико-фармацевтический журнал — Хим.-фарм. журн. (ХФЖ).

Journal of the Chemical Society — J. Chem. Soc.

Journal of the American Chemical Society — J. Am. Chem. Soc.

The Journal of Organic Chemistry — J. Org. Chem.

Journal of Heterocyclic Chemistry — J. Heterocycl. Chem. (до 1868 г.); Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft — Ber. (с 1868 по 1944 г.), Chem. Ber. (с 1947 г. по настоящее время).

Justus Liebigs Annalen der Chemie — Liebigs Ann. (либо Ann).

Библиографическая ссылка приводится на языке оригинала. Для иероглифического написания первоисточника допускается приводить англоязычную транскрипцию.

Между областями библиографического описания ставятся точка и тире либо точка; разделитель между названием статьи (названием составной части издания) и названием журнала (названием сборника) — две косые черты.

Допускается привлечение материалов и данных, полученных с официальных сайтов Интернета. В данном случае указывается сам источник материалов и дата обращения к источнику. Ссылки на электронные ресурсы составляют по правилам библиографических ссылок, по ГОСТ 7.82–2001 [12].

Примеры

Книги

1. Альперт Л. З. Основы проектирования химических установок. М. : Высш. шк., 1989. 304 с.

2. Негодяев Н. Д., Нейн Ю. И. Современные методы переработки синтетических полимерных материалов : учеб. пособие для студентов химико-технол. специальностей. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 82 с.

3. Безматерных М. А., Бельская Н. П., Мокрушин В. С. Химическая технология, биотехнология: содержание и оформление выпускной квалификационной работы бакалавра : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : УрФУ, 2017. 132 с.

4. Достижения в органическом синтезе : сб. науч. тр. / Ин-т органического синтеза УрО РАН; под ред. О. Н. Чупахина. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 118 с.

5. Райхард К. Растворители и эффекты среды в органической химии. М. : Мир, 1991. 584 с.

Статьи

1. Граник В. Г., Григорьев Н. Б. Экзогенные доноры оксида азота (химический апект) // Изв. АН. Сер. хим. 2002. № 8. С. 1268.

2. Русинов В. Л., Уломский Е. Н., Чупахин О. Н., Чарушин В. Н. Азоло[5,1-с]-1,2,4-триазины как новый класс противовирусных соединений // Изв. АН. Сер. хим. 2008. № 5. С. 967–994.

3. Begtrup M., Pedersen S. The methylation of some 5-hydroxy-1,2,3-triazoles // Acta Chem. Scand. 1965. Vol. 19, № 9. P. 2022–2026.

4. Зарубин И. В., Маскаева Л. Н., Марков В. Ф., Замараева Н. В. Применение тонких пленок сульфида свинца, допированных галогенами, для контроля содержания ионов свинца в водных средах // Вода: химия и экология. 2012. № 6. С. 80–85.

Патенты

1. А. С. 981317 (СССР). Способ получения 4-метилмеркаптоимидазо[4,5-*d*] [1,2,3] триазина / В. С. Мокрушин, В. А. Бакулев, Л. Ю. Кощеева, З. В. Пушкарева. Опубл. в Бюл. изобр. 1982. № 46. С. 55.

2. Патент 3933843 США, МКИ 2 C07D 246/06. Certain 1-substituted-4-oxo-3-substituted phenyl-1,2,3-triazolium compounds / M. J. Abu-el-Haj (USA), J. W. McFarland (USA); Pfizer Inc. (N. Y.) — № 532496; Заявл. 13.12.1974; Опубл. 20.01.1976; НКИ 60/204 — 7 с.

3. Патент WO 8800197 США. Preparation of benzo(thio)pyranoselenodiazoles and -thiadiazoles as pesticides / R. Bogнар, C. Jaszberenyi, S. Makleit, A. Fodor, P. Deak, T. Timar; Alkaloida Vegyeszeti Gyar, Hung. PCT Int. Appl. 1988. 100 pp. Prior.: 26.06.86. (цит. по СА 109:73451).

4. Патент США US 4002636. Certain novel substituted tetrahydro-oxohtiazolo-triazolium compounds useful as herbicides. M. J. Abu-el-Haj and J. W. McFarland (A. G. Hoechst); Chem. Abstr. 86 155663, 1977.

Авторефераты и диссертации

1. Нейн Ю. И. Мезоионные 1,2,3-триазолий-5-олаты и их конденсированные аналоги : дис. ... канд. хим. наук: 02.00.03; [место защиты: Урал. гос. тех. ун-т.]. Екатеринбург, 2006. 140 с.

2. Матерн А. И. Реакции азинов и их дигидропроизводных. Роль электронного переноса в процессах формирования и разрыва связей : дис. д-ра хим. наук. Екатеринбург, 2007. 221 с.

ГОСТы

1. ГОСТ Р 51364–99. Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2001. 67 с.

2. ГОСТ Р 52522–2006. Спирт этиловый из пищевого сырья, водки и изделия ликероводочные. Методы органолептического анализа. М. : Стандартинформ, 2006. 16 с.

Электронные ресурсы

1. Номенклатура органической химии IUPAC [Электронный ресурс] / by Advanced Chemistry Development, Inc. Recommendations 1997. URL: <http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/> (дата обращения: 14.05.2018).

2. Фенолоформальдегидные полимеры [Электронный ресурс]. URL: <http://helpiks.org/1-132382.html> (дата обращения: 30.05.2017).

3. Как правильно использовать зарубежный опыт и рекомендации ВОЗ // viperson.ru : рейтинг персонал. страниц и электрон. библиотек : [портал]. URL: <http://viperson.ru/wind.php?ID=621740> (дата обращения: 22.08.2016).

3.4. Оформление графических материалов

К графическим материалам курсового и дипломного проектов относятся:

- сборочные чертежи аппаратов, установок, их детализовка;
- принципиальные технологические схемы производства;
- таблицы, графики, диаграммы, схемы химических реакций и другие демонстрационные (стендовые) материалы, необходимые для защиты курсового и дипломного проектов.

Все графические документы могут быть представлены только с использованием средств компьютерной графики и пакетов прикладных программ. В любом случае для размещения демонстрационных чертежей и материалов используются листы белой бумаги формата А1.

Сборочные чертежи и чертежи деталей (узлов) аппаратов и установок выполняются в соответствии с ГОСТ 2.701–2008 [8] в объеме требований, представленных в курсе «Инженерная графика».

При составлении принципиальных технологических схем обязательно использование узнаваемых изображений аппаратуры, а также соблюдение соответствия размеров и расположения оборудования в цехе. При этом у каждой установки на чертеже должен быть обозначен необходимый набор запорной арматуры. Кроме того, на чертеже следует приводить условные обозначения оборудования и спецификацию изображенных на схеме аппаратов.

Примеры изображения элементов оборудования принципиальных технологических схем приведены в прил. 16, 17.

Для технологических курсового и дипломного проектов бакалавра необходимо выполнить чертеж основного аппарата (на листе формата А1) и чертеж аппаратурной схемы (на 1–2 листах формата А1).

Для научно-исследовательской работы ВКР бакалавра выполняется только чертеж принципиальной аппаратурной схемы (на 1–2 листах формата А1).

Прочий демонстрационный материал оформляется в произвольной форме с соблюдением общепринятых требований наглядности, четкости, аккуратности. При этом рекомендуется приводить на каждом листе порядковый номер,

наименование материала и краткие надписи, облегчающие восприятие демонстрируемых данных.

Возможно представление части графических материалов в виде компьютерных презентаций на большом экране с использованием мультимедийного оборудования.

4. СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ

4.1. Пояснительная записка курсового проекта

Цель курсового проекта бакалавра — проектирование производства. Этот проект базируется на реальных материалах предприятий и организаций. Задание на проектирование и модернизацию для курсового проекта дается не на весь производственный цикл получения продукта, а лишь на отдельный участок.

В процессе работы над курсовым проектом может быть предложено для усовершенствования и модернизации следующее:

- увеличение мощности действующего производства или организация выпуска нового вида продукции;
- совершенствование технологии и аппаратного оформления;
- повышение степени экологической безопасности, решение вопросов охраны труда и техники безопасности в соответствии с современными требованиями;
- снижение энергоемкости производства, использование энергосберегающих технологий;
- достижение оптимальных технико-экономических показателей производства;
- максимальная механизация, автоматизация производств и компьютеризация управления технологическими процессами.

Текст пояснительной записки должен быть по возможности кратким, с четкими формулировками, не допускающими различных толкований и не содержащими противоречивых данных.

В общем случае пояснительная записка курсового проекта должна содержать следующие элементы, расположенные в указанном порядке:

- Титульный лист.
- Задание на проектирование.
- Содержание.
- Реферат.
- Перечень листов графических документов.
- Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений.
- Введение.
- Аналитический обзор литературы.
- Описание технологического процесса.
- Расчет материального баланса (на единицу продукции — кг, т, дал и т. д. по всем технологическим стадиям с приведением таблицы материального индекса производства).

— Технологические расчеты и подбор основного и вспомогательного оборудования.

— Тепловые расчеты (основного реактора).

— Природопользование и охрана окружающей среды.

— Заключение.

— Список библиографических ссылок.

— Приложения.

Разделы основной части пояснительной записки, начиная с аналитического обзора литературы и заканчивая разделом природопользования, нумеруются (см. прил. 5). Остальные элементы пояснительной записки начинаются с нового листа и не нумеруются.

Начало пояснительной записки: титульный лист, задание, содержание, реферат, перечень листов графических документов, список сокращений — занимает обычно 6–8 страниц.

По согласованию с руководителем проекта структура пояснительной записки может быть изменена, например, могут быть исключены отдельные документы или разделы пояснительной записки курсового проекта.

Перед началом выполнения работы студент согласовывает с руководителем принципиальную технологическую схему производства.

4.2. Пояснительная записка дипломного проекта

По содержанию и разделам различаются дипломные проекты технологического и научно-исследовательского характера.

Технологическая ВКР бакалавра

Целью этого проекта является либо модернизация действующего производства, либо проектирование нового производства путем масштабирования действующих лабораторных, опытно-промышленных установок, и, таким образом, проект представляет собой решение конкретных технологических задач. ВКР базируется на реальных материалах предприятий и организаций. В отличие от задания для ВКР специалиста и магистра задание на проектирование и модернизацию для ВКР бакалавра дается не на весь производственный цикл получения продукта, а лишь на отдельный участок, например, на участок приготовления сырья, разделения фракций или, для химического производства, на одну-две химические стадии получения продукта.

Задание на выполнение ВКР может предусматривать не только индивидуальные работы, но и проекты, выполняемые группой студентов (комплексные, большие по объему инженерные задания), что позволяет усилить и индивидуализировать проработку каждой части проекта и в целом повысить технический уровень ВКР, проверить навыки работы студентов в команде.

Пояснительная записка технологического дипломного проекта включает в себя в общем случае следующие составляющие:

- Титульный лист.
- Задание на проектирование.
- Содержание.
- Реферат.
- Перечень листов графических документов.
- Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений.
- Введение.
- Аналитический обзор литературы (здесь же формулируются цель работы, с обоснованием принятого к проектированию производства, а также вносимые изменения и/или усовершенствования в действующее производство).
- Описание технологического процесса.
- Расчет материального баланса (на единицу продукции).
- Технологические расчеты и подбор основного и вспомогательного оборудования.
- Безопасность жизнедеятельности.
- Природопользование и охрана окружающей среды.
- Экономическая эффективность.
- Заключение.
- Список библиографических ссылок.
- Приложения.

Разделы основной части пояснительной записки, начиная с аналитического обзора литературы и заканчивая разделом «Экономическая эффективность», нумеруются (см. прил. 6). Остальные элементы пояснительной записки начинаются с нового листа и не нумеруются.

Если темой дипломного проекта является **проектирование нового участка химического производства**, заключающееся в разработке основного аппарата или машины и их расположения в установке, агрегате или отделении, то в пояснительной записке должно быть представлено следующее:

- во введении — современные достижения по рассматриваемой теме и обоснование необходимости данного проектирования;
- краткое описание технологического процесса установки, в состав которой входит разрабатываемый аппарат или машина;
- обоснование выбора и технологический расчет оборудования участка, агрегата или отделения;
- обоснование принятой конструкции разрабатываемого аппарата и его описание;
- мероприятия по охране окружающей среды;
- описание компоновки и монтажа оборудования; техника безопасности; противопожарные мероприятия; мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту аппарата или машины; мероприятия по охране труда;

— технико-экономическая часть.

Если темой дипломного проекта является **реконструкция цеха, отделения или участка производства** на новом техническом уровне, в пояснительной записке необходимо:

- раскрыть сущность реконструкции;
- дать обоснование необходимости и возможности реконструкции;
- описать схемы производства после реконструкции;
- обосновать выбор вновь устанавливаемого новейшего оборудования;
- привести технологический расчет оборудования участка производства после реконструкции;
- описать мероприятия по защите окружающей среды;
- раскрыть вопросы техники безопасности; описать мероприятия противопожарные, по техническому обслуживанию и ремонту основного аппарата (машины), по охране труда;
- представить технико-экономическую часть.

Если темой дипломного проекта является **модернизация оборудования**, пояснительная записка должна содержать:

- краткое описание существующего технологического процесса и работающей аппаратуры на действующем производстве; сопоставление с мировым уровнем и имеющимися современными техническими решениями в данной отрасли;
- анализ работы существующего оборудования и описание выявленных недостатков в работе отдельных деталей и устройств;
- описание сущности и обоснование модернизации оборудования;
- рассмотрение вопросов техники безопасности, технического обслуживания и ремонта;
- технико-экономическую часть.

Научно-исследовательский дипломный проект

Данный проект условно состоит из двух частей:

— Первая часть ВКР содержит результаты самостоятельной научно-исследовательской работы (разделы: аналитический обзор литературы, обсуждение результатов исследования, экспериментальная часть).

— Вторая часть является учебной, позволяющей оценить уровень технологической подготовки студента (разделы: описание технологического процесса, расчет материального баланса, технологические расчеты и подбор основного и вспомогательного оборудования, безопасность жизнедеятельности, природопользование и охрана окружающей среды, экономическая эффективность).

В пояснительной записке научно-исследовательского дипломного проекта содержатся в общем случае следующие элементы:

- Титульный лист.
- Задание на проектирование.

- Содержание.
- Реферат.
- Перечень листов графических документов.
- Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений.
- Введение.
- Аналитический обзор литературы.
- Обсуждение результатов.
- Экспериментальная часть.
- Описание технологического процесса.
- Расчет материального баланса (на единицу продукции).
- Технологические расчеты и подбор основного и вспомогательного оборудования.
- Безопасность жизнедеятельности.
- Природопользование и охрана окружающей среды.
- Экономическая эффективность.
- Заключение.
- Список библиографических ссылок.
- Приложения.

Разделы основной части пояснительной записки, начиная с аналитического обзора литературы и заканчивая разделом «Экономическая эффективность», нумеруются (см. прил. 7). Остальные элементы пояснительной записки начинаются с нового листа и не нумеруются.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ

Наполнение основных разделов пояснительной записки технологических курсового и дипломного проектов, с одной стороны, и ВКР научно-исследовательского характера — с другой, имеют некоторые различия.

5.1. Технологические курсовой и дипломный проекты

При написании курсового проекта и выпускной квалификационной работы технологического типа в основных разделах пояснительной записки (начиная с реферата и заканчивая приложениями) должна быть отражена следующая информация.

Реферат

Представляет собой сокращенное изложение существа проекта и выполняется по ГОСТ 7.9–95 [13].

В реферате приводят:

- тему курсового или дипломного проекта;
- количество страниц пояснительной записки, а также количество рисунков, таблиц и библиографических наименований;
- ключевые слова (для информационно-поисковых систем);
- задачи и цель проекта;
- новшества и усовершенствования, внесенные в проект;
- результаты работы, краткие выводы, области возможного применения результатов работы, перспективы ее развития.

Ориентировочный объем реферата 2 тыс. знаков (примерно 0,7 листа формата А4). Пример оформления реферата дан в прил. 8.

Перечень листов графических документов

Составляется в форме таблицы (см. прил. 9).

Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений

Составляется при необходимости. В перечень включают специфические, малораспространенные сокращения, новые символы, условные обозначения и т. п., введенные автором для удобства работы с пояснительной запиской. В перечень не включают сокращения и условные обозначения, повторяющиеся в тексте менее трех раз: их расшифровывают в тексте при первом упоминании.

Сокращение русских слов и словосочетаний должно соответствовать установленным стандартам (ГОСТ 7.12–93) [11].

Перечень располагают столбцом: слева в алфавитном порядке приводят сокращения, условные обозначения, а справа — их расшифровку и размерность.

Пример оформления перечня приведен в прил. 10.

Введение

В данном разделе необходимо показать назначение продукции, значимость выпуска данного вида продукции для экономики и наличие устойчивого рынка сбыта. Во введении приводят обоснование актуальности выполнения проекта, исходные данные для разработки проекта (базовое производство или проект нового объекта), оценку современного состояния решаемых в проекте проблем, показывают актуальность и характеризуют новизну проекта. Введение занимает одну страницу.

Аналитический обзор литературы

Объем аналитического обзора литературы курсового проекта бакалавра не должен превышать 10–15 страниц, а для ВКР — 15–20 страниц. Обзор литературы содержит анализ состояния техники и технологии производства отрасли, относящейся к проектируемому объекту (как по отечественным, так и по зарубежным данным). В обзоре литературы технологических проектов также необходимо рассмотреть основные свойства продукта и различные методы его получения или переработки в изделия. Справочные данные можно представить в виде таблицы.

Сопоставив информацию по существующим методам производства товарных продуктов: по выходам, длительности процесса, затратам на сырье, оборудование и др., — необходимо обосновать выбор технологии для проектируемого производства в целом или для отдельных его стадий [14–19]. Также необходимо выявить недостатки существующей базовой технологии, т. е. технологии, которая используется в настоящее время на конкретном производстве и которая должна быть тщательно изучена студентом во время практики. На основании этого формулируется цель работы.

Как правило, целью технологической ВКР является модернизация базового производства для улучшения качества продукции, увеличения ее выпуска или для соблюдения экологических норм и требований.

Аналитический обзор литературы рекомендуется излагать в следующем порядке:

— краткая характеристика и основные области применения целевого продукта (полупродукта, субстанции и т. п.);

— сравнительная характеристика методов получения и промышленных способов производства данного вида продукции;

— обоснование выбора способа производства, принятого к проектированию;

— краткие сведения о теоретических (химических, физико-химических, биохимических) основах технологических процессов, используемых в данном производстве;

— влияние основных факторов и параметров технологических процессов;

— задачи и цели проектирования, обоснование изменений и усовершенствований, планируемых к использованию при проектировании.

Конкретный план и содержание данного раздела зависят от специфики проекта и согласовываются с руководителем проекта.

Описание технологического процесса

В данном разделе должны быть представлены:

- *Характеристика готовой продукции* — требования к качеству выпускаемой продукции, нормативно-технические документы, регламентирующие эти требования (ГОСТы, ОСТы, ТУ, фармакопейные статьи (ФС) и т. п.), основные свойства продукта, его товарный вид, условия хранения, транспортировки.

- *Характеристика сырья и материалов* — оформляется в виде таблицы (прил. 11).

- *Химическая схема производства* (если она уже приведена в предыдущем разделе, то здесь делается соответствующая ссылка, см. прил. 12).

- *Технологическая блок-схема производства*, которая представляет собой упрощенное графическое отображение последовательности выполнения работ в данном производстве с подразделением их по стадиям и операциям технологического процесса. Каждая стадия и операция должны иметь наименование и порядковый номер. Нумерация стадий и операций осуществляется в порядке их выполнения по ходу технологического процесса, начиная с поступления и подготовки сырья и заканчивая отгрузкой готовой продукции. Например: стадия 2; операции 2.1; 2.2 ... 2.5.

Порядковая нумерация может содержать буквенные индексы, характеризующие вид работ на данной стадии, а именно:

ВР — стадии вспомогательных работ;

ТП — стадии основного технологического процесса;

ПО — стадии переработки используемых отходов;

ОБО — стадии обезвреживания отходов;

ОБВ — стадии обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов в атмосферу;

УМО — стадии упаковки, маркирования и отгрузки готового продукта.

Пример оформления технологической блок-схемы производства приведен в прил. 14.

- Собственно *текст описания стадий технологического процесса*, который излагается в строгом соответствии с ходом технологии производства, т. е. включает последовательное описание стадий (операций), имеющих, как сказано выше, порядковую нумерацию.

Описание каждой стадии (операции) производства, как правило, включает:

- порядковый номер (шифр) и наименование стадии;

- уравнения всех химических реакций (если таковые имеются) с указанием структурных формул, мольных масс и наименований соединений, участвующих в реакциях;

— собственно текст описания стадии технологического процесса, в котором последовательно и четко описаны следующие типовые операции:

- проверка исправности оборудования и подготовка его к работе;
- источник поступления и порядок загрузки сырья и полупродуктов;
- ход технологического процесса с указанием его параметров и действия аппаратчика (оператора) по осуществлению технологического процесса в заданном режиме;
- порядок завершения стадии, способ выгрузки и адресат транспортировки продуктов реакции и отходов производства [12].

В случае потенциально опасных технологических процессов в тексте описания необходимо четко изложить действия оператора по исключению критичных и аварийных ситуаций на данной стадии (участке). Текст описания технологического процесса должен строго соответствовать принципиальной технологической схеме производства (см. ниже). Примеры описания химико-технологических процессов приведены в прил. 21.

• *Контрольные точки производства* — приводятся в виде таблицы (варианты оформления представлены в прил. 19).

• *Принципиальная технологическая схема производства* — обычно приводится в приложении к пояснительной записке, а также входит в состав графической части проекта и изображается на листе формата А1.

Принципиальная технологическая схема производства — это совокупность аппаратуры и оборудования, представляющая собой единую систему, предназначенную для выпуска определенного вида продукции. При этом под системой подразумевается обвязка всех единиц оборудования материальными линиями, линиями энергообеспечения, а также оснащение технологической схемы производства контрольно-измерительными приборами, средствами регулирования, автоматизации и управления технологическими процессами.

Разработка принципиальной технологической схемы производства является важным и ответственным этапом проектирования производства нового вида продукции или нового технологического процесса, поскольку проект должен обеспечить надежную, безопасную работу создаваемой схемы, отвечающей современным требованиям, которые предъявляются к химическим производствам с учетом их оптимальных технико-экономических показателей.

Проектирование технологической схемы производства осуществляется в основном инженерами-технологами с участием специалистов по оснащению схемы энергоносителями и средствами КИПиА. Таким образом, будущая успешная эксплуатация проектируемой схемы в первую очередь зависит от квалифицированной и грамотной работы главного автора проекта — технолога.

Для студенческих проектов используется метод составления чертежей принципиальных технологических схем производства, общепринятый на большинстве предприятий химической промышленности, включая заводы по производству крупнотоннажных веществ, лекарственных препаратов, витаминов, полимерных

материалов и изделий из них, а также другой продукции тонкого органического синтеза. Согласно этому методу оборудование и аппаратуру принято изображать в виде условных обозначений, имеющих визуальное сходство по внешнему контуру с реальным чертежом соответствующего устройства.

В прил. 16–18 приводятся примеры условных обозначений большинства видов оборудования и отдельных деталей аппаратурных схем, а также схематическое изображение типовых установок, наиболее часто встречающихся в производстве продуктов тонкого и основного химического синтеза, в переработке полимеров в изделия. Следует отметить, что на чертеже каждая установка должна иметь весь необходимый набор запорной арматуры — краны, вентили, сообщение с атмосферой (воздушки), смотровые фонари, конденсатоотводчики и т. п.

Расчет материального баланса

Это расчет количества загружаемых веществ и получаемых продуктов с выводом расходных коэффициентов по сырью и материалам и с определением состава и количества отходов (пример составления таблиц материального баланса представлен в прил. 22). Перед началом материальных расчетов обязательно составляется схема-граф материальных потоков, помогающая распределить потоки веществ, указать наличие рециклизации в производстве (прил. 15). Результаты материальных расчетов служат, таким образом, основой технологических, тепловых и экономических расчетов проекта [15, 17].

Технологические расчеты и подбор основного и вспомогательного оборудования

Данный раздел содержит определение производительности аппаратов, их объемов, количества и основных размеров.

Технологические расчеты должны включать расчет емкостного оборудования и обоснование выбора всех единиц основного и вспомогательного оборудования, необходимого для аппаратурного оформления проектируемого производства. На основании этих расчетов составляется ведомость-спецификация оборудования (прил. 20), в которой для стандартных видов оборудования указываются ГОСТы, ОСТы, ТУ и другие нормативные документы, а также приводятся краткая техническая характеристика установок, основные параметры работы, материал рабочей зоны и другие наиболее важные сведения обо всех позициях оборудования. Общие подходы к расчетам приведены в работах [1, 14, 15, 17, 19]. Данные для заполнения ведомости-спецификации оборудования можно взять из соответствующих справочников [20] и нормативных документов [21–23].

Тепловые расчеты (основного реактора)

В связи с тем, что квалификация (степень) «бакалавр» является инженерной, в курсовом проекте бакалавра должен быть представлен тепловой расчет для одного аппарата, в котором происходит теплообмен (в дипломном проекте тепловые расчеты не выполняются).

Тепловые расчеты основного аппарата, имеющего принудительный теплообмен, — это определение требуемой поверхности теплообмена проектируемого аппарата. Результаты тепловых расчетов должны сопровождаться выводами, в которых указываются рекомендуемые теплоизоляционные материалы, необходимые площади поверхностей теплообменных устройств, энергозатраты по отдельным ступеням и по стадиям в целом (расход пара, воды, холодильных агентов, электроэнергии и т. д.).

Для установок периодического действия приводят температурный график технологического процесса и тепловые балансы, составленные для каждой ступени процесса.

Безопасность жизнедеятельности

Этот раздел ВКР бакалавра выполняется под руководством консультантов. Как правило, здесь указываются ПДК использованных реагентов и предусматривается описание действий при внештатной ситуации, приводится краткое описание стадий обезвреживания отходов [24, 25].

Природопользование и охрана окружающей среды

В разделе указывают вредные и опасные вещества и материалы, используемые при получении целевого продукта, отмечают их воздействие на человека и окружающую среду. Также необходимо указать отходы производства (газообразные, жидкие, твердые) и пути их обезвреживания и утилизации. Данные могут быть представлены в виде таблицы.

Экономическое обоснование

Данный раздел ВКР бакалавра также выполняется под руководством консультантов. Вне зависимости от типа дипломной работы (научно-исследовательская работа или проект, представляющий собой самостоятельную законченную инженерную разработку, направленную на создание нового промышленного объекта или реконструкцию и техническое перевооружение действующего производства) в этом разделе приводится расчет показателей экономической эффективности инвестиций (дополнительных капитальных вложений), включающий расчет себестоимости, рентабельности, сроков окупаемости капитальных вложений, точки безубыточности и др. [26].

Заключение

Раздел содержит выводы по всему курсовому и дипломному проектам. Исходя из данных обзора литературы указывается, какое производство было выбрано для проектирования, какие технологические расчеты произведены и что они показали. Также должна быть дана оценка экономической эффективности внесенных изменений в действующее производство (например, модернизации оборудования) с учетом технико-экономических расчетов.

Список библиографических ссылок

Оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008 [9], пример оформления представлен в прил. 13.

Приложения

В приложении размещают чертеж принципиальной технологической схемы производства, выполненный в подходящем масштабе в соответствии с методическими указаниями (примеры оформления схемы даны в прил. 18), а также в приложение могут быть вынесены рисунки, таблицы и фотоматериалы.

5.2. Научно-исследовательский дипломный проект

Тема научно-исследовательской ВКР бакалавра, как правило, входит в плановую госбюджетную или хоздоговорную тематику кафедры и является составной частью аспирантской или магистерской диссертации, а также может быть заделом будущей НИР для способного студента. В связи с этим структура пояснительной записки данной ВКР должна соответствовать требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. В то же время, поскольку написание пояснительной записки научно-исследовательской ВКР, так же как статьи и диссертации, является творческим процессом автора работы и его руководителя (для статьи — соавтора), ряд положений данного пособия, касающихся содержания и структуры первой части ВКР, в которой представлены результаты самостоятельной научно-исследовательской работы (разделы: аналитический обзор литературы, обсуждение результатов, экспериментальная часть), носят рекомендательный характер. Пример оформления содержания научно-исследовательской дипломной работы приведен в прил. 7.

Основные разделы научно-исследовательской ВКР:

- Введение.
- Аналитический обзор литературы.
- Обсуждение результатов.
- Экспериментальная часть.
- Выводы по научной работе.
- Описание технологического процесса.
- Расчет материального баланса (на единицу продукции — кг, т, дал и т. д. по всем технологическим стадиям с приведением таблицы материального индекса производства).
- Технологический расчет основного оборудования.
- Безопасность жизнедеятельности.
- Экономическая эффективность.
- Заключение.
- Список библиографических ссылок.
- Приложение.

Введение

Во введении надо обосновать актуальность выбранной темы работы, сформулировать цель ВКР, раскрыть ее научную новизну, показать практическую значимость.

Актуальность темы

Во введении необходимо раскрыть актуальность выбранной темы НИР, кратко показать достижения других исследователей, работающих в этом направлении, сформулировать нерешенные вопросы, которые позволят получить новые теоретические или практически значимые результаты. Проблема может быть сформулирована широко, тогда как тема ВКР захватит узкий участок данной задачи. Не следует для обоснования актуальности темы приводить фразы типа: «В ряду *тиазолов* [*пиразолов, имидазолов, триазинов* и т. д.] имеются активные препараты, поэтому поиск новых соединений является актуальной задачей» или «С помощью данной реакции получен ограниченный ряд соединений, поэтому актуальной задачей является расширение этого ряда». Вторая формулировка задачи для ВКР бакалавра допустима только в том случае, если работа в дальнейшем не будет развиваться или если она является частью НИР более высокого уровня. Выигрышным является указание на то, что работа выполнена либо по хоздоговору с предприятием, либо по гранту, либо по госпрограмме. В этом случае работа проходит рецензирование и ее актуальность подтверждается независимой экспертизой. Из обоснования актуальности темы вытекает формулировка цели работы.

Цель работы

Цель работы уточняется уже после выполнения эксперимента. Формулировка цели должна в общем виде содержать в себе указание на научную новизну и практическую значимость ВКР. Цель работы выражают одной фразой. Например:

Цель исследования — разработка метода синтеза серии новых гетероциклических веществ...

Цель работы — установление границ применения данной реакции.

Цель исследования — получение биологически активных соединений...

Цель исследования — получение новых фотоактивных соединений [если при обосновании актуальности и темы работы есть ссылки на флуорофоры или хромофоры].

Не следует писать фразы типа: «Цель работы — синтезировать [получить] следующий ряд новых веществ...». Член ГАК в этом случае задает вопрос: «Зачем такие вещества необходимо получать? Кому они вообще нужны?» Для расшифровки общих положений цели можно цель разбить на задачи исследования. В пояснительной записке ВКР бакалавра нецелесообразно ставить цель, которая достижима только при выполнении диссертации на соискание степени магистра или кандидата наук.

Научная новизна

Научная новизна должна соответствовать цели работы. Беспроигрышными являются фразы:

Обнаружена новая реакция...

Впервые установлены закономерности прохождения процесса [реакции]...

Найдены особенности реакции, которые позволяют...

Для ВКР бакалавра вполне допустимо, например, указать, что автору впервые удалось получить соединения, содержащие электроноакцепторные (электронодонорные) заместители, которые ранее не удавалось синтезировать, т. е. расширить область применения реакции или метода. Положения, раскрывающие научную новизну, должны быть конкретными и четкими, не позволяющими их истолковать двояко.

Практическая значимость работы

В данном пункте введения должны быть отражены результаты, имеющие практическое значение. Практическая значимость подразумевает разработку новых методов, путей синтеза (а не просто новой методики) получения ряда веществ, которые представляют интерес для других исследователей. Также практически значимым результатом является получение и наработка веществ для испытаний каких-либо, например биологических, свойств другими организациями или фирмами, чьи специальность или направление отличаются от специальности бакалавра (например, биологами, физиками и т. д.). Недостаточно просто перечислить группу новых соединений, так как из этого не вытекает практическая полезность работы. В ВКР бакалавра допустимо указание на наработку веществ, которые в дальнейшем будут испытаны для выявления их полезных свойств (биологической активности, фотофизических свойств и др.).

Если ВКР целиком или ее часть была доложена на конференции либо ее результаты были опубликованы или направлены в печать, то следует указать на апробацию работы.

Введение в дипломной работе не нумеруется.

Аналитический обзор литературы

Объем аналитического обзора литературы ВКР бакалавра не должен превышать 15–20 страниц. В обзоре необходимо подробно рассмотреть вопросы, связанные с темой работы, привлекая оригинальные публикации. Часть используемых источников не должна быть издана более чем за 5–7 лет до момента написания работы. Анализ литературных данных должен привести автора к формулировке цели и задач его исследования. Приветствуется, если отдельным абзацем в обзоре сформулированы цели, задачи и актуальность работы.

В аналитическом обзоре литературы номера ссылок на источники указывают в квадратных скобках в порядке возрастания, например, от номера [1] к номеру [25].

Нумерация соединений в обзоре сквозная, так же как в главах, описывающих собственный эксперимент автора.

Схемы превращений могут иметь свои номера, но могут и не иметь их (по усмотрению автора). Схема от текста отделяется сверху и снизу не менее чем на 0,3–0,5 см. Выделяют схему следующим образом: либо включают формат объекта, либо устанавливают межстрочный интервал, либо делают это другим удобным для автора способом.

Обсуждение результатов

Данный раздел представляет собой описание проведенного эксперимента и, по возможности, должен иметь название, обычно совпадающее с названием ВКР, например: «Синтез конденсированных 1,2,3-триазолов», «Синтез триазоло-триазолов»).

Обозначение и формат схем такой же, как и в обзоре литературы. Таблицы и рисунки должны обязательно иметь названия и порядковую нумерацию (например: Таблица 4, Рисунок 5). Нумерация рисунков и таблиц должна быть сквозной для всего текста выпускной квалификационной работы.

Для доказательства структуры полученных соединений привлекаются данные рентгеноструктурного анализа (РСА), спектры ЯМР, ИК и УФ, т. е. все методы исследования структуры и свойств органических веществ, предусмотренные образовательной программой. В тексте пояснительной записки приводится рисунок РСА соединений, а полные данные выносятся в виде таблицы в приложение. В тех случаях, когда для доказательства строения соединений необходим анализ спектров ЯМР, то приводится полная распечатка спектров либо даются и обсуждаются рисунки фрагментов спектра. Если спектр довольно простой, то достаточно его текстового описания, а величины химических сдвигов и констант спин-спинового взаимодействия приводятся в экспериментальной части. Данные ИК-спектра (величины характеристичных колебаний групп) и УФ-спектра также могут быть приведены в текстовом виде, но при этом должны быть обязательно расшифрованы и описаны в экспериментальной части.

То же самое относится к спектрам люминесценции и флуоресценции, которые являются практическим достижением автора. При их значительном объеме следует отдельно рассмотреть синтез и практически важные результаты (по усмотрению автора и руководителя). При этом обязательно нужно представить основные характеристики этих спектров (квантовый выход, длинноволновые максимумы поглощения и эмиссии, коэффициент молярного поглощения, сдвиг Стокса и т. д.) и графики самих спектров.

Раздел может завершить заключение, которое обобщает научные и практические достижения ВКР. Заключение позволит студенту на защите ВКР в конце доклада подвести итог своей работы, обратить внимание на главные и существенные достижения. В заключении обычно приводятся формулировки научной новизны и практической значимости работы (обычно те же самые, что и во введении).

Экспериментальная часть

Здесь должны быть приведены методики получения всех синтезированных соединений. Раздел начинается с описания приборов и реактивов, с помощью которых проведены синтетические исследования и изучены спектральные и аналитические характеристики соединений. Например:

Для спектральных исследований использовались аналитически и хроматографически чистые образцы. Контроль за ходом реакции и индивидуальностью полученных

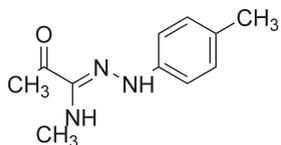
веществ осуществляли с помощью ТСХ на пластинках Sorbfil UV-254. ИК-спектры измерены на ИК-Фурье спектрометре BrukerAlpha (НПВО, ZnSe). УФ-спектры записаны на УФ-спектрометре Perkin Elmer Lambda 45. Спектры флуоресценции были записаны на флуориметре Hitachi F-7000. Спектры ЯМР получены на спектрометре BrukerDRX-400 (400 МГц для ^1H и 100 МГц для ^{13}C), внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры зарегистрированы на спектрометре Varian MAT 311A, ускоряющее напряжение 3 кВ, энергия ионизирующих электронов 70 эВ с прямым вводом образца в источник. Разделение и очистку веществ проводили с помощью жидкостной колоночной хроматографии на силикагеле 0,035–0,070 мм, 60Å (AcrosOrganics) или на силикагеле КСК 40–100 мкм, ГОСТ 3956–76. Рентгеноструктурные исследования кристалла выполнены по стандартной методике на автоматическом четырехкружном рентгеновском дифрактометре Xcalibur 3 с CCD-детектором (МоК α , графитовый монохроматор, ω -сканирование). Элементный анализ выполнен на анализаторе Carlo Erba CHN/S-O EA 1108. Температуры плавления измерены в открытых капиллярах на аппарате Stuard SMP3.

Данные элементного анализа следует приводить с точностью до десятых долей процента, округление результатов обычное. Объясняется это тем, что С, Н, N-анализатор выдает распечатку содержания элементов с точностью до сотых долей процента, однако погрешность прибора составляет $\pm 0,3\%$. Для новых соединений приводятся данные элементного анализа, как минимум, по трем элементам. Несмотря на то что многие редакции журналов не публикуют данные элементного анализа, при приеме статьи в печать результаты элементного анализа необходимо предоставить. В квалификационной работе приведение результатов элементного анализа обязательно. Если серия веществ получена по одной методике, то она приводится для одного из них. Для остальных веществ указывается, что они получены аналогично, но все их физико-химические характеристики должны быть сведены в таблицу или приведены после названия и номера соединения.

Названия веществ должны соответствовать номенклатуре IUPAC. В качестве примера приводим описание получения амидгидразонов.

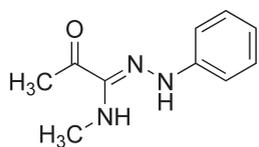
Гидразоны получены по известной методике. Результаты идентификации полученных соединений при помощи ЯМР ^1H -, ИК- спектрометрии, масс-спектропии, элементного анализа приведены ниже.

Общая методика синтеза амидгидразонов 5. Раствор арилгидразоноилхлорида (1 ммоль), ароматического или алифатического амина (1 ммоль) и 0,17 мл (1 ммоль) ДИЭА в диоксане (20 мл) перемешивают при температуре 25–60 °С. Реакция протекает около 2–8 ч. Конец реакции определяют по отсутствию исходного арилгидразоноилхлорида (ТСХ). Раствор выливают в смесь воды и измельченного льда. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой и сушат.



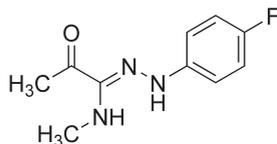
***N*-Метил-*N'*-*p*-толил-2-оксопропангидразонамид (5a).** Желтый порошок (172 мг, 84 %). $R_f = 0.62$ (Г/ЭтА, 1 : 1), 0.67 (Г/Хл, 1 : 5); Т. пл. 100–101 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3 355, 3 268 (N–H), 2 919, 2 888, 2822 (C–H), 1 658 (C=O). Спектр

ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): 2.25 (с, 3H), 2.38 (с, 3H), 2.84 (д, $J = 4.2$ Гц, 3H), 5.06 (к, $J = 4.2$ Гц, 1H), 7.02 и 6.96 (AA'XX', $J = 8.6$ Гц, 4H), 8.86 (с, 1H). Спектр ЯМР ^{13}C (АПТ, DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): (-)20.2, (-)24.9, (-)30.4, (-)112.9(2), (+)128.0, (-)129.3(2), (+)142.3, (+)143.1, (+)193.6. Вычислено для $\text{C}_{11}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}$: С, 64.37; Н, 7.37; N, 20.47. Найдено: С, 64.13; Н, 7.25; N, 20.22. Масс-спектр, m/z (I , %): M^+ 205 (100).



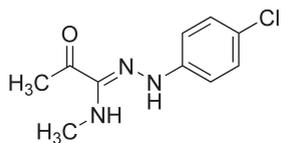
***N*-Метил-*N*'-фенил-2-оксoproпенгидразонамид (5b).**

Желтый порошок (141 мг, 74 %). $R_f = 0.66$ (Г/ЭТА, 1 : 1), 0.60 (Г/Хл, 1 : 5); Т. пл. 110–111 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3374, 3308 (N–H), 3004, 2938, 2917 (C–H), 1658 (C=O). Спектр ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): 2.40 (с, 3H), 2.85–2.87 (м, 3H), 5.20 (уш. с., 1H), 6.73 (т, $J = 7.7$ Гц, 1H), 7.19–7.08 (м, 4H), 8.97 (с, 1H). Спектр ЯМР ^{13}C (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): (-)25.1, (-)30.5, (-)112.9, (-)119.4, (-)128.9, (+)142.6, (+)145.4, (+)193.8. Вычислено для $\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}$: С, 62.81; Н, 6.85; N, 21.97. Найдено: С, 62.73; Н, 6.71; N 21.87. Масс-спектр, m/z (I , %): M^+ 191 (100).



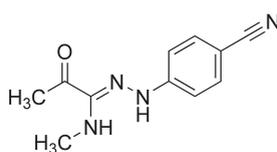
***N*-Метил-*N*'-(4-фторфенил)-2-оксoproпенгидразонамид (5c).**

Желтый порошок (127 мг, 61 %). $R_f = 0.64$ (Г/ЭТА, 1 : 1), 0.51 (Г/Хл, 1 : 5); Т. пл. 85–86 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3389, 3313 (N–H), 3035, 2993, 2938 (C–H), 1657 (C=O). ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): 2.39 (с, 3H), 2.84 (с, 3H), 5.15 (уш. с, 1H), 6.93 (т, $J = 8.8$ Гц, 2H), 7.08–7.14 (м, 2H), 9.00 (с, 1H). Спектр ЯМР ^{13}C (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): (-)24.9, (-)30.4, (-)113.9(2) (д, $J_{\text{C-F}} = 7.5$ Гц), (-)115.4(2) (д, $J_{\text{C-F}} = 22.3$ Гц), (+)142.1 (д, $J_{\text{C-F}} = 1.5$ Гц), (+)142.7, (+)156.2 (д, $J_{\text{C-F}} = 233.3$ Гц), (+)193.7. Вычислено для $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FN}_3\text{O}$: С, 57.41; Н, 5.78; N, 20.08. Найдено: С, 57.21; Н, 5.88; N, 20.29. Масс-спектр, m/z (I , %): M^+ 209 (100).



***N*-Метил-*N*'-(4-хлорфенил)-2-оксoproпенгидразонамид (5d).**

Желтый порошок (171 мг, 76 %). $R_f = 0.66$ (Г/ЭТА, 1 : 1), 0.58 (Г/Хл, 1 : 5); Т. пл. 100–101 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3342, 3250 (N–H), 2884 (C–H), 1659 (C=O). ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): 2.39 (с, 3H), 2.87 (д, $J = 4.8$ Гц, 3H), 5.24 (к, $J = 4.8$ Гц, 1H), 7.13 и 7.49 (AA'XX', $J = 9.2$ Гц, 4H), 9.08 (с, 1H). Спектр ЯМР ^{13}C (АПТ, DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): (-)25.1, (-)30.4, (-)114.3, (+)122.6, (-)128.7, (+)143.0, (+)144.4, (+)193.9. Вычислено для $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{ClN}_3\text{O}$: С, 53.22; Н, 5.36; N, 18.62. Найдено: С, 52.95; Н, 5.51; N, 18.44. Масс-спектр, m/z (I , %): M^+ 225 (100).



***N*-Метил-*N*'-(4-цианофенил)-2-оксoproпенгидразонамид (5e).**

Желто-коричневый порошок (149 мг, 69 %). $R_f = 0.44$ (Г/ЭТА, 1 : 1), 0.50 (Г/Хл, 1 : 5); Т. пл. 150–151 °С. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3385, 3251 (N–H), 2993, 2969, 2931 (C–H), 2213 (C≡N), 1677 (C=O). ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): 2.41 (с, 3H), 2.89 (д, $J = 5.0$ Гц, 3H), 5.70 (к, $J = 5.0$ Гц, 1H), 7.19 и 7.61 (AA'XX', $J = 8.6$ Гц, 4H), 9.58 (с, 1H). Спектр ЯМР ^{13}C (АПТ, DMSO- d_6 , δ , м. д., J , Гц): (-)25.5, (-)30.4, (+)99.6, (-)112.8, (+)120.0, (-)133.4, (+)144.1, (+)148.9, (+)194.4. Вычислено для $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{O}$: С, 61.10; Н, 5.59; N, 25.91. Найдено: С, 61.39; Н, 5.69; N, 25.76. Масс-спектр, m/z (I , %): M^+ 216 (76).

Как видно из приведенного примера, полученные данные элементного анализа в пределах погрешности прибора совпадают с расчетными. Выход продукта

приводят, как правило, на чистое вещество после перекристаллизации либо после другого метода (сублимации, ректификации, перегонки в вакууме или с паром). Однако если после очистки, особенно после хроматографической, выход продукта может быть низким, 30–40 %, то целесообразно приводить выход до очистки и после нее.

Примеры оформления физико-химических данных для новых соединений в табличном варианте приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Выходы, температуры плавления, данные элементного анализа и ТСХ

№ п/п	Брутто-формула	Вычислено, % найдено, %			R_f (элюент)	Т. пл., °С	Выход, %
		С	Н	N			
1а	C ₉ H ₁₀ N ₆ O ₃	$\frac{43,2}{43,2}$	$\frac{4,0}{3,9}$	$\frac{33,59}{33,50}$	0,67 (а)	168–169	77
1б	C ₁₀ H ₁₂ N ₆ O ₃	$\frac{45,5}{45,7}$	$\frac{4,6}{4,6}$	$\frac{31,8}{32,0}$	0,56 (б)	146–148	82

Таблица 2

Спектральные и физико-химические характеристики гидразонов

№ п/п	ИК-спектр, ν , см^{-1}			Спектр ЯМР ¹ H, δ , м. д., КССВ (J), Гц	УФ-спектр, нм, (lgε) в этаноле $c = 5 \cdot 10^{-5}$ моль/л
	NH	CN (NO ₂)	CO		
2а	3 320, 3 250	— (1 560), (1 380)	1 680	12,62 (1H, уш. с., NH); 7,87 (1H, с, NH); 7,53 (1H, с, 2-H); 2,40 (3H, с, CH ₃); 2,10 (3H, с, CH ₃)	259 (4,12) 365 (3,88)
2б	3 573, 3 430	2 230	1 675	14,59 (1H, уш. с., NH); 2,43 (3H, с, CH ₃); 2,38 (3H, с, CH ₃)	268 (4,11) 367 (3,80)

Представление данных физико-химических исследований и элементного анализа в табличной форме экономит объем пояснительной записки ВКР, но затрудняет чтение и анализ документа. Обычно названные исследования проводятся в специализированных лабораториях не самим автором, поэтому следует выразить благодарность тем, кто их проводил.

Выводы

Данный раздел пояснительной записки выпускной квалификационной работы обязателен: заключение его не заменяет. В этом разделе необходимо кратко сформулировать наиболее важные результаты работы. Выводы пишутся, как и вся работа, от третьего лица, в безличной форме и должны соответствовать результатам работы, например:

Синтезирован и наработан в достаточных количествах ряд производных... , перспективных для изучения... [формулируется цель работы].

В результате проведенных исследований были изучены особенности реакции алкилирования 1,4-дизамещенных-5-гидрокси-1,2,3-триазолов. Было обнаружено, что в зависимости от заместителя в положении... алкилирование ... идет либо по третьему атому азота цикла, либо по...

Предложен простой и удобный метод получения моноциклических и конденсированных мезоионных 1,2,3-триазолов реакцией внутримолекулярной циклодегидратации триазенов..., что позволяет синтезировать ранее неизвестные соединения.

Описание технологического процесса

В научно-исследовательских ВКР бакалавра обязательно должна быть технологическая часть, которая позволяет оценить уровень технической подготовки выпускника. Но в научно-исследовательских ВКР ее объем существенно меньше, чем в технологических курсовых проектах и ВКР. За основу расчета берется одна стадия химического процесса, которая включает в себя, как минимум, три технологические операции (например: химическая реакция — выделение продукта — сушка продукта). Желательно выбирать для разработки ту технологию, которая позволяет наработать большее количество полупродукта, являющегося промежуточным звеном в получении целевого вещества, имеющего наибольшее практическое значение.

В разделе «Описание технологического процесса» необходимо выделить следующие подразделы:

— Характеристика готовой продукции (включает описание конечного продукта и обоснование необходимости его наработки).

— Характеристика сырья и материалов.

— Химическая схема производства.

— Блок-схема технологического процесса.

— Описание стадий технологического процесса.

— Основные технологические параметры и контроль производства.

Таким образом, этапом выполнения данной части научно-исследовательской ВКР, как и курсового проекта, является создание блок-схемы производства и построение схемы-граф материальных потоков веществ. Составление принципиальной технологической схемы производства при выполнении исследовательских дипломных проектов также является обязательным этапом всего дипломного проектирования. Только после составления принципиальной технологической схемы производства товарного продукта можно дать собственно

текстовое описание основных стадий технологического процесса. Примеры принципиальных технологических схем приведены в прил. 18, описание стадий технологического процесса — в прил. 21.

В специализированных научно-исследовательских лабораториях по наработке веществ для практического использования или расширенного изучения получают от сотен граммов вещества до нескольких килограммов. Для этого используют **лабораторные установки**. К этой категории технологических схем относят укрупненные лабораторные установки с объемом реакционных сосудов до 10 л, изготовленных из термостойкого стекла с частичным применением металлических узлов и смонтированных с использованием обычного лабораторного оборудования. Эти установки выполняют практически те же функции, что и модульные установки, о которых речь ниже. Потребность в отработке методик на лабораторных установках возникает в тех случаях, когда эффект масштабного перехода от лабораторных опытов (получение от 0,05 г до 5–10 г продукта) к промышленному освоению сопровождается значительным снижением выхода целевого продукта. Кроме того, лабораторные установки используются для наработки новых препаратов для испытаний, а также для получения препаратов и реактивов, потребность в которых составляет лишь сотни граммов или несколько килограммов в год. Проектирование лабораторной установки в ВКР бакалавра возможно, но это не дает полного представления о технологической подготовке студента, поэтому в дипломной работе проектируется часть модульной установки с мощностью производства 100 кг в год [14].

Модульные установки представляют собой малогабаритные, легко переоборудуемые виды аппаратуры, смонтированные, как правило, на монтажных фермах («этажерка»). Такие конструкции позволяют за короткое время переоснастить установку и организовать новое экспериментальное производство. Основное их назначение — освоение производства новых видов продукции, апробация новых методов синтеза и наработка препаратов для широких биологических или клинических испытаний. Модульные установки иногда служат и для серийного выпуска малотоннажной продукции, годовой объем производства которой составляет от нескольких десятков килограммов до 3–5 т. Конечно, наработка 100 кг продукта, который пока не нашел практического применения, за 10–20 дней является учебной задачей, а не практически целесообразной. Но в данном случае ее решение позволяет более полно раскрыть степень технологической подготовки студента.

Модульная установка должна быть максимально универсальной, так как после наработки одного продукта она перемонтируется для наработки следующего [14]. Содержание модульной установки только для наработки единственного вещества в большинстве случаев экономически нецелесообразно. Но если какая-либо субстанция пользуется определенным спросом, то модульную установку можно использовать в течение 6–8 месяцев, а в оставшееся время проводить на ней наработку заказных реактивов.

Оборудование универсальной установки включает в себя несколько емкостных аппаратов с хранилищами для жидких веществ, имеющих гребенку: воздушную, штуцер для подачи сжатого воздуха или азота, что позволяет заполнить мерник. В отдельных случаях используют погружной насос. На материальных линиях трубопроводов в соответствии с требованиями ЕСТД отображается трубопроводная арматура, необходимая для ручной или автоматической регулировки потоков и безопасной транспортировки жидкостей и газов (вентили, краны, клапаны, смотровые фонари, огнепреградители, отсекатели и т. п.). Так как установка является универсальной, то аппаратура, трубопроводы и запорная арматура выполняются из коррозионно-устойчивого материала, чаще всего это нержавеющая сталь. Если в реакции используется соляная кислота, то мерники и трубопроводы должны быть или стеклянными (объем мерника не более 10 л), или керамическими, или из поливинилхлорида (объем мерника не более 50 л). В этих случаях используют стеклянный емкостный аппарат объемом не более 10 л, так как аппараты большего объема дорогие и их применение экономически нецелесообразно. Проще и дешевле использовать эмалированный стальной аппарат. В универсальной установке, предназначенной для наработки различных продуктов, на аппаратах, мерниках и хранилищах устанавливаются воздушники с огнепреградителем. Даже в тех случаях, когда не используются легковоспламеняющиеся жидкости, огнепреградитель на воздушке изображается: он может потребоваться при ремонте схемы на производство другого соединения.

В современных установках небольшого объема применяют **аппараты для индивидуального нагрева или охлаждения**. Теплоносителем такого аппарата является жидкость на основе этиленгликоля. Электронагревание ведется в отдельной емкости, охлаждение — в другой. Нагнетание жидкости осуществляется насосами, интервал ее рабочей температуры составляет от плюс 150 до минус 40 °С. Теплоноситель подается в рубашку реактора снизу, вытекает из верхнего штуцера. Установки небольшого объема удобны в эксплуатации, но капитальные и эксплуатационные затраты на них велики.

В специализированных НИЛ по наработке веществ, находящихся на территории предприятия, для нагревания используют водяной пар с давлением до 6 атм. Пар подается в закольцованные штуцеры рубашки сверху, конденсат отводится через нижний штуцер рубашки и через конденсатоотводчик. Охлаждение реакционной массы в том же аппарате осуществляют водой. Холодную воду подают в рубашку аппарата через нижний штуцер. Если необходимо достичь более низких температур реакционной массы, ее транспортируют в отдельный аппарат и подают в рубашку аппарата охлаждающий рассол. Нагревание паром и охлаждение рассолом в одном аппарате недопустимо, так как из-за этого происходит разбавление рассола и в результате повышается температура его замерзания.

При выборе оборудования для технологической схемы следует максимально использовать стандартные (легкодоступные и дешевые) установки, реакторы, их оснастку, и лишь в случае необходимости допустимо включать в схему

уникальное, нестандартное оборудование. Следует также обращать внимание на возможность использования новой зарубежной высокоэффективной аппаратуры, позволяющей существенно повысить технический уровень производства и обеспечить выпуск продукции, отвечающей требованиям мировых стандартов.

Рекомендации по выбору основного и вспомогательного оборудования приведены в разд. 6 данного пособия.

Безопасность жизнедеятельности

В этом разделе ВКР бакалавра, как правило, указываются ПДК использованных реагентов и предусматривается описание действий при внештатной ситуации, приводится краткое описание стадий обезвреживания отходов [24, 25].

Экономическая эффективность

Здесь приводится расчет сметы затрат на выполнение научно-исследовательской работы, расчет величины или характеристики основных составляющих ожидаемого экономического эффекта от внедрения результатов научно-исследовательской работы и дается прогноз применения результатов выполнения дипломной научно-исследовательской работы [27].

Заключение

В связи с тем, что ГЭК часто рекомендует научно-исследовательские ВКР для участия в конкурсах студенческих НИР, в заключении перечисляют выполненные разделы, а не делают общие выводы по исследовательской части.

Список библиографических ссылок

Оформляется в соответствии с ГОСТ 7.05–2008 [9] (см. прил. 13).

Приложения

В приложениях размещают чертеж принципиальной технологической схемы производства, выполненный в подходящем масштабе в соответствии с методическими указаниями, а также сборочные чертежи основной аппаратуры. Также в приложение могут быть вынесены рисунки, таблицы и фотоматериалы.

6. ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЕГО ВЫБОР

При курсовом и дипломном проектировании обязательно выполняется раздел «Расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования». Рекомендации по выбору технологического оборудования даем ниже.

6.1. Виды технологического оборудования

Все оборудование химических производств можно разделить на три класса: 1) аппараты; 2) машины; 3) транспортные средства.

В зависимости от назначения химическое оборудование делят 1) на универсальное, 2) специализированное и 3) специальное.

Универсальное оборудование — это оборудование общего назначения, или общезаводское. Его можно применять без каких-либо изменений в различных химических производствах. Сюда относятся насосы, компрессоры, вентиляторы, калориферы, центрифуги, сушилки, экстракторы, сепараторы, а также газоочистное и пылеулавливающее оборудование и транспортные средства.

Специализированное оборудование используется для одного процесса различных модификаций. Это теплообменники, колонны ректификационные, абсорберы и др.

Специальное оборудование предназначено для проведения процесса только одного типа. К такому оборудованию относятся каландры, вулканизационные прессы, грануляторы, хлораторы, сублиматоры и др.

Кроме того, технологическое оборудование делят 1) на основное и 2) вспомогательное.

К **основному технологическому оборудованию** относят аппараты и машины, в которых осуществляют различные технологические процессы — химические, физико-химические и др., в результате чего получают целевые продукты. Таким образом, к основному технологическому оборудованию можно отнести следующую аппаратуру: реакционную — контактные аппараты, реакторы, конверторы, колонны синтеза и другие аппараты, в которых протекают химические реакции; аппараты и машины для физико-химических процессов — абсорберы, экстракторы, ректификационные колонны, сатурационные башни, сушилки, выпарные и теплообменные аппараты, вальцы, каландры, прессы и т. п.

К **вспомогательному технологическому оборудованию** можно отнести емкости, резервуары, хранилища и т. п.

Продукты обычно получают на ряде установок, связанных между собой единым технологическим процессом; при этом физическое состояние или химический состав перерабатываемого в каждой из этих установок продукта будет изменяться, и соответственно аппараты или машины, входящие в состав каждой установки, будут работать в различных рабочих условиях. Поэтому аппарат по своей конструкции — форме, размерам и внутреннему устройству — должен соответствовать свойствам обрабатываемых веществ, условиям и требованиям осуществляемого в нем процесса.

Важнейшими факторами, определяющими тип аппарата, являются агрегатное состояние веществ, участвующих в процессе, их химические свойства, температура, давление, тепловой эффект реакции или процесса [1].

К основному технологическому оборудованию предъявляется ряд требований. Аппарат и машина должны обеспечивать заданную производительность и при этом быть компактными (занимать по возможности небольшую производственную площадь), а материал деталей должен обеспечивать долговечность и надежность аппарата и машины, работающих под воздействием агрессивных химических сред.

В эксплуатации аппарат (машина) должен быть надежным, удобным и безопасным.

Время, затрачиваемое проектируемым аппаратом на производство единицы продукции, по возможности следует уменьшить по сравнению с существующим, а расход электроэнергии, пара, воды, сжатого воздуха — снизить.

Технические требования к сосудам и аппаратам стальным сварным устанавливает отраслевой стандарт, ГОСТ Р 52630–2012 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия» [28]. Стандарт распространяется на стальные сварные сосуды и аппараты, работающие под давлением не более 21 МПа, под вакуумом с остаточным давлением не ниже 665 Па (5 мм рт. ст.) или без давления (под налив) и при температуре стенки не ниже минус 70 °С, предназначенные для применения в технологических установках химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, нефтяной, газовой и других отраслях промышленности..

Конструкция аппаратов, работающих под давлением свыше 0,07 МПа, должна отвечать также требованиям ГОСТ Р 54803–2011 «Сосуды стальные сварные высокого давления. Общие технические требования» [29]. Стандарт распространяется на стальные сварные сосуды и аппараты, работающие под внутренним избыточным давлением до 130 МПа (1 300 кгс/см²) при температуре стенки не менее минус 70 °С и не более плюс 525 °С, и устанавливает общие технические требования к проектированию, материалам, изготовлению, реконструкции, ремонту, методам контроля и испытаний, приемке и поставке сосудов и аппаратов, применяемых на опасных производственных объектах.

Согласно ПБ 03–576–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» [30] аппараты снабжаются предохранительными устройствами. Мешалки, перегородки, тарелки, змеевики и другие

внутренние устройства аппаратов делаются съемными для того, чтобы не мешать внутреннему осмотру аппарата.

Сосуды и аппараты должны быть снабжены люками или смотровыми лючками, обеспечивающими осмотр, очистку, монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств, ремонт сосудов и аппаратов.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм должны иметь люки, а с внутренним диаметром 800 мм и менее — лючки. Внутренний диаметр круглых люков должен быть не менее 400 мм. Размеры овальных люков по наименьшей и наибольшей осям в свету должны быть не менее 325 × 400 мм. Внутренний диаметр круглых или размер по наименьшей оси овальных лючков должен быть не менее 80 мм.

Сосуды, состоящие из цилиндрического корпуса и решеток с закрепленными в них трубками (теплообменники), и сосуды, предназначенные для транспортировки и хранения криогенных жидкостей, а также сосуды, предназначенные для работы с веществами 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007–76 [31], но не вызывающими коррозии и накипи, допускается изготавливать без люков и лючков независимо от диаметра сосудов.

Аппараты с внутренним диаметром более 800 мм снабжаются для осмотра и ремонта достаточным количеством лазов. Лазы располагаются в местах, доступных и удобных для обслуживания, и имеют диаметр не менее 400 мм для аппаратов, располагаемых в отапливаемых помещениях, и не менее 450 мм для аппаратов, устанавливаемых на открытых площадках. Размер овальных лазов не менее 325 × 400 мм. В аппаратах с внутренним диаметром 800 мм крышки люков должны быть съемными. На сосудах, работающих под вакуумом, допускаются приварные крышки. На сосудах и в аппаратах крышки массой более 20 кг должны быть снабжены подъемно-поворотными или другими устройствами для их открывания и закрывания.

6.2. Общие направления в проектировании химического оборудования

При создании современного химического оборудования общими направлениями химического машиностроения являются унификация, интенсификация, повышение надежности и укрупнение оборудования, а также эргономика.

Унификация химического оборудования

Оборудование для осуществления современных химико-технологических процессов чрезвычайно разнообразно, причем для одних и тех же целей в различных отраслях химической промышленности можно применять аналогичные (сходные) по конструкции аппараты и машины. Это дает возможность унифицировать не только отдельные сборочные единицы и детали, но и ряд аппаратов

и машин, например, газоочистное и пылеулавливающее оборудование, насосы и машины для сжатия газов и др.

Введение унификации химического оборудования облегчает проектирование, изготовление и эксплуатацию аппаратов и машин, повышает эффективность их использования. Так, унификация теплообменных аппаратов химических производств дает возможность снизить затраты на техническое обслуживание, ремонт и замену аппаратов, сократить время аварийных простоев и ремонта, усовершенствовать организацию и внедрение прогрессивных методов проведения ремонтных работ, уменьшить запасы и отходы деталей и материалов, сократить численность ремонтного персонала.

В настоящее время типоразмерные и параметрические ряды важнейших видов машин и оборудования химических производств регламентированы ГОСТами, что позволило резко сократить количество типоразмеров оборудования и одновременно увеличить серийность его выпуска.

ГОСТами установлены ряды давлений, емкостей, диаметров сосудов и аппаратов: типы и размеры сосудов и аппаратов стальных сварных, чугунных аппаратов, чугунных эмалированных, медных, стальных высокого давления. На ряд конструкций машинного и немашинного оборудования, применяемого во многих химических производствах, разработаны государственные и отраслевые стандарты.

Интенсификация химического оборудования

Увеличение масштабов химических производств требует резкого роста интенсивности и эффективности производственного оборудования. В большинстве случаев это достигается путем интенсификации технологических процессов за счет применения более высоких давлений и повышенных температур, увеличения скоростей, реализации более активных катализаторов и их рационального использования, улучшения гидравлических режимов в аппаратах и т. п.

Повышение надежности химического оборудования

Надежность — одно из необходимых условий бесперебойной и длительной работы аппаратов и машин. Прочность, жесткость, устойчивость, долговечность (срок службы) и герметичность определяют механическую надежность оборудования. Для химических установок вопросы надежности тесно связаны со специфическими условиями работы оборудования — широким диапазоном температур и давлений, а также с агрессивной рабочей средой.

Для современного химического оборудования повышение его надежности и долговечности имеет особое значение, так как его эксплуатация может быть связана с обработкой токсичных, взрыво- и пожароопасных сред и осуществляться под высоким давлением или в глубоком вакууме, при повышенных или низких температурах, больших скоростях.

При проектировании аппаратов высокого давления задача обеспечения их прочности и надежности выступает на первый план. Главное внимание

при повышении надежности сосудов и внутренних устройств аппаратов высокого давления обращается на то, чтобы в процессе эксплуатации они не требовали вскрытия, осмотра и ремонта.

Совершенствование конструкций эмалированных аппаратов, применение новых покрытий способствует увеличению сроков их службы. Благодаря этому срок службы, например, аппаратов с перемешивающими устройствами составляет 6–8 лет; емкостного оборудования — 7–8,5 лет; теплообменников и выпарных аппаратов — 6,5 лет; фильтров — 6,5–7,5 лет.

Как известно, одним из условий надежной работы химических аппаратов является герметизация. Особое значение их герметичность имеет при работе с токсичными, взрыво- и пожароопасными средами, так как утечка перерабатываемых жидкостей и газов через уплотнения в окружающую среду может привести к отравлениям, пожару, взрыву.

Так, в эмалированных аппаратах с перемешивающими устройствами применяют в основном торцевые уплотнения, характеризующиеся высокой герметичностью и надежностью в работе. Аппараты комплектуются комбинированными прокладками с фторопластовым чехлом, обеспечивающими требуемую герметичность при затяжке фланцев без больших усилий, что уменьшает возможность появления сколов защитного покрытия. Для крепления фланцев люков и крышек эмалированного оборудования взамен болтовых соединений применяют зажимы, что обеспечивает надежную герметичность аппаратов и удобство их обслуживания.

Большие изменения произошли в конструкциях валковых машин (вальцах и каландрах), широко используемых на химических производствах для процессов смешения, пластификации, перетирания и дробления полимерных материалов, а также для изготовления изделий из пластмасс и резины. Конструкции этих машин значительно усовершенствованы за счет применения рациональных схем расположения валков и существенного изменения конструкции элементов и отдельных устройств машин: приводов каландров вальцов, механизмов регулирования зазора, приспособлений для компенсации прогиба валков, конструкций подшипников, систем обогрева и охлаждения валков.

Укрупнение химического оборудования

Многотоннажные производства вызывают необходимость в увеличении единичной мощности оборудования, что, в свою очередь, требует создания укрупненного (крупногабаритного) оборудования, комбинированных установок и совмещенных агрегатов. Применение укрупненного оборудования дает возможность увеличить его производительность при снижении капитальных затрат и эксплуатационных расходов, так как уменьшается число аппаратов или машин, протяженность коммуникаций (трубопроводов), количество необходимой арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, металлоложение на тонну продукции, сокращается площадь застройки, количество обслуживающего и ремонтного персонала.

Эргономика

Комплексная механизация и автоматизация, а также интенсификация технологических процессов существенно изменяют условия труда человека. Это вызывает необходимость учитывать при проектировании оборудования возможности человека, который будет обслуживать оборудование, т. е. требования эргономики. Основные элементы эргономики — гигиенические, физиологические и эстетические требования к конструкции технологического оборудования. Качество аппаратов, машин, механизмов должно определяться не только их эффективностью. Проектируемое оборудование не должно быть источником неблагоприятных гигиенических условий труда. При обслуживании оборудования следует исключать выполнение операций в неудобной рабочей позе, применение слишком большого количества операций, слишком больших усилий, слишком резких движений суставов и др. Внешний вид, пропорции, окраска оборудования должны оказывать положительное эмоциональное воздействие на человека.

6.3. Краткие сведения о материалах и защитных покрытиях для изготовления химических аппаратов и машин

Материалы для изготовления химических аппаратов и машин нужно выбирать в соответствии со спецификой их эксплуатации, учитывая при этом возможное изменение исходных физико-химических свойств материалов под воздействием рабочей среды, температуры и протекающих химико-технологических процессов. При выборе материалов для аппаратуры необходимо руководствоваться отраслевым стандартом, ГОСТ Р 52630–2012 [28].

Выбор материала надо начинать с уточнения рабочих условий: температуры, давления, концентрации обрабатываемой среды. При выборе материала для изготовления аппарата или машины необходимо учитывать следующее: механические свойства материала, предел прочности, относительное удлинение, твердость и т. п.; технологичность в изготовлении (в частности, свариваемость); химическую стойкость против разъедания; теплопроводность и др. Например, механические свойства материалов, из которых изготовлена работающая аппаратура, существенно изменяются при низких и высоких температурах. Хорошая свариваемость металлов также является одним из необходимых условий их применения, так как при современной технологии химического аппаратостроения основной способ выполнения неразъемных соединений — сварка.

Главным требованием к материалам химических аппаратов в большинстве случаев является их коррозионная стойкость, так как она определяет долговечность химического оборудования.

Конструкционные материалы и покрытия для химической аппаратуры приводятся ниже.

Стали

Для химического оборудования могут использоваться **углеродистые стали** (ГОСТ 380–2005 [32]), изготавливаемые по химическому составу марок Ст0 — Ст6.

Согласно ГОСТ Р 52630–2012 [28] углеродистая сталь кипящая не должна применяться в сосудах и аппаратах, предназначенных для сжижения газов, а также в средах и аппаратах, соприкасающихся с взрывоопасными и пожароопасными средами, средами 1-го и 2-го классов опасности (ГОСТ 12.1.005–88 [33], ГОСТ 12.1.007–76 [31]), средами, вызывающими коррозионное растрескивание (растворы едкого калия и натрия, азотнокислого калия, натрия, аммония и кальция, азотной кислоты и аммиачной воды, жидкого аммиака и др.), и средами, вызывающими сероводородное растрескивание.

Широкое распространение в химической промышленности получили **низколегированные стали** — кремнемарганцовые стали повышенной прочности и надежности. Марки этих сталей обладают также хорошей пластичностью, высокими значениями ударной вязкости при отрицательных температурах и отличной свариваемостью. Поэтому при изготовлении аппаратуры на среднее давление для некоррозионных сред целесообразно применять высокопрочные марки низколегированных сталей, что позволяет уменьшить толщину стенки аппарата и тем самым сократить его массу, т. е. экономить металл. Применение этих сталей для аппаратов, работающих в условиях пониженных температур (до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$), значительно повышает эксплуатационную надежность оборудования.

Для изготовления аппаратов и машин, предназначенных для работы с коррозионными средами и для работы при высоких температурах, применяют **высоколегированные стали**. Согласно ГОСТ 5632–72 [34] в зависимости от основных свойств эти стали и сплавы подразделяют на три группы:

1) *коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали*, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, щелочной, кислотной, солевой, почвенной и др.), а также против межкристаллической коррозии (марки 08X13, 12X17, 12X18H10T, 10X17H13M2T и др.);

2) *жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы*, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температуре свыше $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ и работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии (марки 12X17, 12X18H10T, 20X23H13, 15X18 и др.);

3) *жаропрочные стали и сплавы*, работающие в течение определенного времени при высоких температурах в нагруженном состоянии и обладающие при этом достаточной окалиностойкостью (марки 20X13, 12X13, 12X18H10T, 20X23H18 и др.).

Значительным резервом снижения себестоимости и металлоемкости технологического оборудования химических производств, а также экономии остродефицитного никеля является широкое применение во вновь создаваемом оборудовании **экономно-легированных и безникелевых сталей** (марки 08X22H6T, 08X12H6M2T, 08X18Г82Т, 07X13АГ20, 08X13) взамен используемых

в настоящее время высоколегированных никелем сталей (марки 12X18H10T и 10X17H13M2T).

Двухслойные металлы

Для обеспечения амортизационного срока службы аппарата достаточен слой коррозионно-стойкого материала толщиной в несколько миллиметров, а для обеспечения условий прочности нужна стенка значительно большей толщины.

Один из эффективных способов экономии дефицитных коррозионно-стойких сталей — применение двухслойных металлов с основным слоем из углеродистой стали и плакирующим (защитным) слоем из коррозионно-стойкой стали или цветных металлов и сплавов. В качестве плакирующего слоя применяют стали марок 08X13, 12X18H10T, 08X17H13M2T, 08X17H13M3T, 06XH28MДТ и др., а также цветные металлы и сплавы (никель, монель-металл). В настоящее время имеются двухслойные стали с плакирующим слоем из меди, латуни, серебра и титана. Применение двухслойных металлов кроме экономии дефицитных металлов и сплавов дает возможность получить такое сочетание нужных свойств, которого нельзя достичь при использовании какого-либо одного металла.

Применение двухслойных сталей особенно целесообразно, когда по условиям обеспечения необходимой прочности аппарата требуется использовать стенки большой толщины (например, в аппаратах, работающих под давлением), а также в тех случаях, когда предъявляются особые требования к чистоте обрабатываемых сред (не сильно коррозионных), так как при обработке или хранении не будет загрязнения их продуктами реакции с материалом стенки.

Чугуны

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧ) является одним из перспективных конструкционных материалов. Такой чугун применяют для изготовления ответственных деталей полимерного оборудования и промышленной трубопроводной арматуры. В высокопрочном чугуне сочетаются высокие технологические, механические и эксплуатационные свойства.

Для изготовления деталей оборудования, работающего с коррозионными средами при повышенных температурах (до 500–600 °С), можно применять отливки из легированного чугуна с повышенной жаростойкостью, коррозионной стойкостью, износостойкостью или жаропрочностью.

Цветные металлы и сплавы

Цветные металлы — свинец, медь, алюминий, никель — и их сплавы применяют для изготовления сварной, паяной и литой аппаратуры, работающей в условиях средней и повышенной агрессивности.

Медь, латунь, алюминий и его сплавы являются также основными конструкционными материалами для изготовления аппаратуры, работающей при отрицательных температурах (до –254 °С).

Марки металлов и сплавов согласно ГОСТам, а также рекомендации по выбору их для паяной, сварной и литой аппаратуры в соответствии с рабочими условиями при ее эксплуатации (давление, температура) и для различных агрессивных сред можно найти в справочной литературе [20].

Неметаллические материалы

При изготовлении химических аппаратов для целого ряда активных коррозионных сред наиболее целесообразно применять неметаллические материалы: пластмассы (винипласт, фаолит, фторопласт и др.), стеклопластики, углеграфитовый материал, керамику, фарфор, композиционные материалы и др. Все указанные материалы применяют в качестве конструкционных материалов для соответствующих сред, температур и давлений.

Пластмассы являются эффективными заменителями металлов. Их применение способствует внедрению безотходной технологии экономии цветных металлов и сплавов, уменьшению массы машин и снижению трудоемкости их изготовления, а также повышению износостойкости деталей.

В ряде случаев, особенно когда теплоносители агрессивны или загрязнены, вместо металлических теплообменных аппаратов целесообразно использовать пластмассовые. Кроме того, использование пластмасс для изготовления теплообменника исключит потребление меди, латуни и коррозионно-стойких сталей и тем самым уменьшит его стоимость.

Стеклопластик является наиболее перспективным материалом для изготовления аппаратов (реакционных и емкостных, скрубберов, насадочных колонн), устойчивых к действию органических растворителей (хлорбензола, анилина и др.), органических и неорганических кислот (5–37 %-ной уксусной ледяной). Колонны из стеклопластика, лакированного термопластами, рекомендуют для широкого применения в условиях агрессивных сред различных производств.

Углеграфитовый материал используют для изготовления теплообменников на рабочее давление до 0,3 МПа с поверхностью теплообмена в одном аппарате блочного типа до 20 м², а также греющих поверхностей выпарных аппаратов для агрессивных растворов.

В качестве конструкционного распространен углеграфитовый материал — антегмит марки АТМ-1: коррозионная устойчивость сочетается у него с высокой теплопроводностью, 35–40 Вт/(м·К), температурный предел его применения 130 °С. Использование углеграфитового материала для изготовления теплообменников дает возможность экономить специальные стали.

Защитные покрытия и футеровки

Правильный выбор материала покрытия в условиях эксплуатации того или иного оборудования позволяет решать сложные технические задачи, так как исключает необходимость использования дефицитных и дорогостоящих конструкционных материалов для его изготовления. Кроме того, имеются химические производства, где корродирующая среда не позволяет применять аппаратуру,

изготовленную даже из специальных сталей. Например, в цехах концентрирования азотной кислоты серная кислота не дает возможности применять аппаратуру из хромоникелевой стали. Поэтому устанавливаемые в этих цехах аппараты, изготовленные из углеродистой стали, защищают от коррозии силикатной футеровкой.

Срок службы защищенных аппаратов определяется не только стойкостью защитных материалов против действия агрессивных сред, но и качеством футеровочных работ. Хорошо выполненная футеровка обеспечивает надежную и бесперебойную работу оборудования.

Основные материалы, применяемые для защиты от коррозии, — кислотоупорный кирпич, диабазовая плитка, диатомовый кирпич, асбозуристовая масса, кислотоупорные цементы, полиизобутилен листовой, асбест листовой.

Антикоррозионные покрытия и футеровку наносят только после проверки герметичности, прочности и предварительной подготовки соответствующих поверхностей. Подготовленная поверхность считается пригодной для нанесения антикоррозионного покрытия, если она обладает равномерным серо-матовым оттенком, совершенно свободна от загрязнений, особенно масляных, не имеет признаков ржавчины, следов неочищенной окалины и находится в абсолютно сухом состоянии.

Эмалевые покрытия

Это наиболее распространенные и надежные покрытия, применяемые для защиты химической аппаратуры от коррозии.

Эмалированная поверхность отличается устойчивостью к воздействию неорганических и органических кислот любых концентраций и их солей, а также щелочных растворов. Но эмалевое покрытие неустойчиво к воздействию плавиковой, кремнефтористоводородной кислот и их солей.

Эмалированная аппаратура, в основном не отличаясь по обслуживанию и эксплуатации от неэмалированной, имеет перед последней ряд преимуществ, два из которых важнейшие. Во-первых, высокая коррозионная стойкость эмалевого покрытия обеспечивает максимальную чистоту обрабатываемых продуктов; во-вторых, для изготовления эмалированной аппаратуры можно использовать недефицитные конструкционные материалы (чугун, малоуглеродистую сталь).

Изоляция

Оборудование и трубопроводы требуют изоляции, если температура нагретых поверхностей аппаратов и машин превышает 45 °С, а трубопроводов — 60 °С. Изоляция, нанесенная на оборудование, должна обеспечить заданный температурный режим, исключить потери теплоты или холода в окружающую среду и создать нормальные санитарно-гигиенические условия работы для обслуживающего персонала.

Оборудование и трубопроводы могут быть изолированы минераловатными, совелитовыми, вулканиковыми и диатомовыми изделиями, а также изделиями из стекловолокна.

В условиях работы химического оборудования к теплоизоляционным покрытиям предъявляют повышенные требования. Такие теплоизоляционные материалы, как шлаковата, стекловата, асбоцемент, зачастую не обеспечивают требуемого качества изоляционного покрытия, поскольку имеют низкую механическую прочность и высокую способность к влагопоглощению, а при эксплуатации в условиях воздействия агрессивных химических сред и атмосферной влаги сравнительно быстро разрушаются.

В последнее время разработаны конструкции теплоизоляционных покрытий, пригодные для эксплуатации в условиях химических производств. В качестве теплоизоляционного материала в этих конструкциях применяют в основном пенопласты (фенольные, пенополиуретан, пенополистирол). Эти материалы имеют низкую теплопроводность, малую объемную массу, необходимую механическую прочность и сравнительно низкую способность к влагопоглощению.

6.4. Выбор основного и вспомогательного технологического оборудования

В настоящее время создается новое поколение машин и агрегатов не только надежных, но и экономичных, способных работать в режиме безотходной и малоотходной технологии. Это касается производства минеральных удобрений, кислот, полимеров, оборудования и технологических линий для изготовления метанола, карбамида, белково-витаминных концентратов из природного газа.

Для комплектации крупнотоннажных технологических линий и установок по производству различных химических продуктов выпускают высокопроизводительное оборудование — фильтры, сушилки, центрифуги, колонные аппараты и др.

Как уже отмечено выше, все технологическое оборудование можно разделить на основное и вспомогательное.

Основное технологическое оборудование

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1. <i>Машинное оборудование:</i> | 2. <i>Реакторы:</i> | 3. <i>Колонны:</i> |
| — Центрифуга. | — Контактный аппарат. | — Абсорбер. |
| — Насос. | — Трубчатый реактор. | — Адсорбер. |
| — Газодувка. | — Полочный реактор. | — Ректификационная колонна. |
| — Компрессор. | — Реакционная камера. | — Экстрактор. |
| — Холодильная машина. | — Реакционный котел. | — Башня сушки. |
| — Дробилка. | — Электролизер. | — Кристаллизатор. |
| — Мельница. | | — Выпарной аппарат. |
| — Гохот. | | |

Вспомогательное технологическое оборудование

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| 1. <i>Емкости:</i> | 2. <i>Теплообменники:</i> |
| — Хранилище. | — Испаритель. |
| — Сборник. | — Конденсатор. |
| — Мерник. | — Холодильник. |
| — Отстойник. | |
| — Фильтр. | |
| — Бак. | |
| — Газгольдер. | |

В курсовых и дипломных проектах необходимо рассчитывать емкостное основное и вспомогательное технологическое оборудование, а остальное подбирать по каталогам и ГОСТам. При выборе технологического оборудования надо в первую очередь использовать наиболее современные решения. Ниже даны рекомендации в отношении самого распространенного оборудования. При использовании действующих на производстве конструкций оборудования, оправдавших себя в эксплуатации, но разработанных в более ранний период, необходимо внести в них элементы усовершенствования и модернизации. При проектировании новых аппаратов и машин следует применять детали и устройства в соответствии с имеющимися стандартами.

Оборудование для разделения жидких неоднородных систем

К оборудованию этого типа относятся **фильтры** и **центрифуги** (см. прил. 17, с. 92, 93).

По способу организации процесса фильтровальное оборудование можно разделить на периодическое и непрерывное. К *периодическим* относят емкостные фильтры с плоской горизонтальной фильтрующей перегородкой (друк- и нутч-фильтры), намывные батарейные (листовые и патронные), многокамерные (фильтр-прессы); к *непрерывно действующим* фильтрам — барабанные, дисковые, карусельные и ленточные.

По способу создания разности давлений фильтровальное оборудование может быть подразделено на *фильтры, работающие под вакуумом*, и *фильтры, работающие под давлением*. В ряде случаев фильтр может работать и под вакуумом, и под давлением при соответствующем изменении его конструкции. По конструктивным соображениям целесообразно использовать, где это возможно, фильтры, работающие под вакуумом, так как фильтры, работающие под давлением, должны быть механически более прочными. Однако в тех случаях, когда осадок обладает существенным гидравлическим сопротивлением, но не слишком большой сжимаемостью, целесообразно применять фильтры, работающие под давлением.

Фильтровальное оборудование можно также классифицировать *по взаимному направлению силы тяжести и движения фильтрата*. Такая классификация основана на том, что для проведения процессов фильтрования и создания оптимальных условий для работы фильтров большое значение имеют процессы осаждения

твердых частиц суспензии под действием силы тяжести. В соответствии с этой классификацией различают фильтры с противоположными (угол 180°), совпадающими (угол 0°) и перпендикулярными (угол 90°) направлениями силы тяжести и движения фильтрата.

При большой скорости осаждения твердой фазы или необходимости промывки осадка предпочтительными являются фильтры с направлением фильтрации вниз.

Выбор типа фильтра производится на основе предварительного анализа физико-химических свойств разделяемой суспензии и образующегося осадка, технологических требований, предъявляемых к процессу разделения, и экономических факторов.

Для производств большой мощности и производств с непрерывным технологическим процессом необходимы фильтры непрерывного действия.

Для производств малой мощности при большом ассортименте выпускаемых продуктов могут быть рекомендованы фильтры периодического действия. В совмещенных схемах чаще всего для фильтрации конечного и промежуточных продуктов используют нутч-фильтры (закрытые нутч-фильтры). Друк-фильтры используют для горячей фильтрации от сорбента при перекристаллизации. Их использование для фильтрации суспензии конечного продукта нерационально из-за большой трудоемкости разгрузки. Могут в отдельных случаях использоваться и центрифуги с саморазгрузкой (типа ФГН), но они дорогие.

Для фильтров с плоской горизонтальной фильтрующей перегородкой рациональная толщина слоя осадка составляет 50–250 мм, для намывных батарейных (листовых и патронных) фильтров — 10–40 мм, для многокамерных фильтров — 20–80 мм (в зависимости от толщины плит или рам).

По степени дисперсности (т. е. по степени крупности частиц твердой фазы) все осадки можно подразделить на крупнодисперсные (диаметр частиц 10–1 мм), среднедисперсные (1–0,1 мм), мелкодисперсные (100–5 мкм), тонкодисперсные (5–0,1 мкм) и коллоидные (0,1–0,001 мкм). Для мелко- и среднедисперсных частиц максимально допустимая высота слоя осадка не должна превышать 5–8 мм.

Емкостные фильтры с плоской горизонтальной фильтрующей перегородкой представляют собой наиболее простые фильтры периодического действия, работающие под давлением или под вакуумом. Направление силы тяжести и движение фильтрата в них совпадают. Они предназначены для разделения нейтральных щелочных и кислых суспензий при периодическом процессе производства и при малых объемах обрабатываемых суспензий.

Фильтры, работающие под давлением, называются друк-фильтрами, под вакуумом — нутч-фильтрами.

Нутч-фильтр представляет собой открытый резервуар (нутч), над дном которого расположена пористая подложка (ложное дно), поддерживающая фильтровальную перегородку. Суспензию загружают сверху, затем в пространстве под ложным дном создают вакуум, вследствие чего жидкая фаза проходит в виде

фильтрата через фильтровальную перегородку и удаляется из нутча через штуцер, расположенный внизу. Конечная влажность осадка на нутч-фильтре составляет 25–50 %.

Основными достоинствами вакуумных нутч-фильтров являются простота и надежность в работе, возможность тщательной промывки осадка. К недостаткам относятся громоздкость, ручная выгрузка осадка, негерметичность.

Друк-фильтр (нем. *друк* — давить), работающий под давлением (до 3 атм), состоит из корпуса с рубашкой, съемной крышки и перемещающегося дна. Конечная влажность осадка при фильтрации на друк-фильтре 15–25 %.

К достоинствам конструкции, помимо перечисленных выше для открытого нутча, добавляются большая движущая сила и пригодность для разделения суспензий, выделяющих токсичные пары. К недостаткам относятся ручная выгрузка осадка, громоздкость.

Из-за названных недостатков емкостные фильтры используются в основном на производствах малой мощности.

Для увеличения производительности фильтрующей аппаратуры создают **намывные батарейные фильтры** — конструкции, обеспечивающие максимальное развитие площади фильтрования в единице объема аппарата. Отдельные фильтрующие элементы с развитой поверхностью соединяют друг с другом в один блок, или батарею. Фильтрующие элементы намывных батарейных фильтров изготавливают плоскими, листовыми, и цилиндрическими, патронными.

Патронные фильтры относятся к работающим под давлением периодическим фильтрам, в которых направления силы тяжести и движения фильтрата перпендикулярны. Они предназначены: для осветительного фильтрования суспензий с малым содержанием взвеси; для разделения суспензий с содержанием до 5 % твердой фазы с последующей промывкой осадка; для сгущения суспензий; для разделения труднофильтруемых, вязких, легкоиспаряющихся, окисляемых, токсичных, воспламеняющихся и взрывоопасных суспензий.

Для разделения суспензий с частицами твердой фазы более или менее однородной крупности и невысокой скоростью осаждения можно использовать **барабанные вакуум-фильтры** общего назначения, оснащенные приспособлениями для намотки барабанов (проволокой для крепления фильтровальной ткани), промывки осадка и съема его ножом. Фильтруемые в них суспензии не должны быть легколетучими, ядо-, огне- или взрывоопасными, а жидкая фаза суспензий не должна кристаллизоваться под вакуумом.

Для фильтрования под избыточным давлением суспензий, содержащих до 600 кг/м² твердых частиц, можно рекомендовать **камерный фильтр-пресс**.

Для фильтрования агрессивных суспензий при температуре до 80 °С, гидравлическом давлении до 0,6 МПа, с образованием осадка до 40 мм используют камерные фильтр-прессы ФКПМ с плитами из полипропилена. Полипропилен обладает повышенной механической прочностью; достаточной химической стойкостью в разбавленных кислотах и щелочах, удовлетворительной — в концентрированных

щелочах; имеет хорошие токсикологическую и гигиеническую характеристики. Материалом остальных частей, соприкасающихся с продуктом, является сталь марки 12Х18Н10Т.

Центрифуги применяются в промышленности органического синтеза для получения осадков с влажностью менее 20–25 % (от 6–10 до 15–20 % на пастах).

Для обработки промышленных суспензий с концентрацией твердой фазы 30–40 % и размерами кристаллов свыше 20 мкм можно рекомендовать **непрерывно действующую вертикальную центрифугу**. На такой центрифуге получают влажность кристаллов, равную 1–2 %.

В тех случаях, когда суспензии труднофильтруемы и время операции центрифугирования (центробежной фильтрации и отжима) очень велико, для их разделения можно использовать **вертикальные центрифуги фильтрующего типа периодического действия** с верхней загрузкой и выгрузкой продукта.

Для разделения средне- и плохо фильтруемых суспензий, соприкосновение которых с окружающей средой недопустимо, или если процесс разделения необходимо проводить при избыточном давлении 1–2 МПа, можно использовать **герметичную взрывозащищенную центрифугу ВГ-АГ-450Н**. Центрифуги подобного типа используют в производстве специальных катализаторов для получения полиэтилена, полипропилена, синтетического каучука и др.

Для разделения хорошо фильтруемых средне- и мелкодисперсных суспензий с твердой фазой используют **фильтрующие горизонтальные центрифуги с ножевой выгрузкой осадка с автоматическим управлением**.

Для разделения сильноагрессивных суспензий, содержащих средне- и мелкозернистую твердую фазу, успешно применяют те же автоматические горизонтальные центрифуги с ножевой выгрузкой осадка.

Сушильное оборудование

Правильный выбор сушильного оборудования (см. прил. 17, с. 93) при проектировании химических установок в значительной степени определяет качество получаемого продукта, затраты времени, технический уровень и экономику производства.

При выборе рационального типа сушильного аппарата общими требованиями являются: получение продукта высокого качества; получение оптимальных технико-экономических показателей работы установки, обеспечивающих минимальную себестоимость продукции по операции сушки; надежность работы сушилки; обеспечение требований техники безопасности и санитарно-гигиенических условий труда; удобство монтажа, эксплуатации и ремонта; обеспечение автоматического регулирования работы сушильной установки.

Как известно, в настоящее время большое значение придается экономии энергетических ресурсов и защите окружающей среды. Поэтому при выборе сушильного оборудования следует отдавать предпочтение сушилкам с большим коэффициентом использования теплоты.

Сушильное оборудование для химических производств, составляющее около 10 % (по массе) выпуска всего химического технологического оборудования, изготовляют самых различных типов и размеров и широко применяют для производства минеральных удобрений и солей, красителей и полупродуктов лакокрасочных производств, полимерных материалов, синтетических смол, а также пластмасс, каучуков, наполнителей и др.

Ленточные сушилки применяют для сушки пастообразных, сыпучих и мелкокусковых материалов (полимерных материалов, каучука, гербицидов).

Для термочувствительных материалов применяют **вакуум-гребковые** и **вакуум-барабанные сушилки**. Такие сушилки объемом до 30 м³ и общей поверхностью < 60 м² с обогреваемым ротором используют для сушки полимерных материалов от органических растворителей.

Сушилки с использованием активного гидродинамического режима применяют для сушки продуктов различных классов — продуктов с высоким содержанием влаги, пастообразных материалов и суспензий; **сушилки с псевдооживленным слоем и высокотемпературным теплоносителем** (до 900 °С) применяют для сушки сыпучих материалов.

Рациональный тип сушилки выбирают с учетом свойств материала, кинетики сушки, с учетом масштаба производства.

Стандартные барабанные сушилки можно легко переоборудовать в **барабанный гранулятор-сушилку**. Он служит для грануляции, сушки, охлаждения и классификации широкого ряда минеральных удобрений.

Для сушки высоковлажных суспензий и растворов используют **пленочно-выпарную камеру, совмещенную с распылительной**. В этой установке за счет увеличения среднего диаметра частиц высушенного материала увеличен КПД улавливания циклонов, что дает возможность получать дополнительное количество высушенного материала. Достоинства установки — простота конструкции и меньшая стоимость изготовления по сравнению с существующими распылительными установками. Ее можно использовать для сушки термочувствительных материалов в том случае, когда предыдущие стадии приготовления продукта не позволяют использовать выпарку, а фильтрация, сепарирование не позволяют повысить концентрацию продукта, поступающего на сушку.

В совмещенной схеме загрузка на одну операцию невелика, поэтому чаще всего выбирают полочные сушилки — **сушильные** или **вакуум-сушильные шкафы**. Но если масса пасты после фильтрации превышает 10 кг, то приходится выбирать **пневматические сушилки** различных типов. После них всегда устанавливают циклон для улавливания мелкой фракции продукта и пыли. Пневматические сушилки занимают большую площадь и являются энергоемким оборудованием.

Теплообменное оборудование

Наибольшее распространение в химической промышленности получили теплообменники пластинчатые, кожухотрубчатые и типа «труба в трубе» (см. прил. 17, с. 94).

Пластинчатые теплообменники по технико-экономическим показателям как в изготовлении, так и в эксплуатации превосходят лучшие конструкции, изготовленные из труб. Они высокоэффективны благодаря малой толщине теплопередающей пластины (от 1–0,8 до 0,6–0,5 мм) и их высокоразвитой гофрированной поверхности.

Пластинчатые теплообменники наиболее эффективны при работе с жидкими средами, преимущественно вязкими, которые более склонны к ламинарному режиму движения. Их изготавливают разборными и неразборными сварными. Неразборные сварные пластинчатые теплообменники наиболее эффективны при работе с жидкими, парообразными и газообразными средами, не загрязняющими поверхность теплообмена. Для работы при высоких температурах, давлениях и повышенной агрессивности химических сред пластинчатые теплообменники изготавливают из остродифицитного тонколистового проката легированных сталей (марки 12X18H10T, 06XH28MДТ, 10X17H13M2T) и титана.

Для процессов теплообмена, протекающих в химически агрессивных средах, в ряде случаев используют теплообменники из неметаллических материалов. Обычно такие материалы (стекло, керамика, тефлон и др.) обладают более низкой, чем у металлов, теплопроводностью. Исключение составляет графит, который для устранения пористости предварительно пропитывают фенолоформальдегидными смолами. Пропитанный графит является химически стойким материалом в весьма агрессивных средах (например, в горячей соляной, разбавленной серной, фосфорной кислоте и др.) и отличается высокими коэффициентами теплопроводности. Типичные теплообменные аппараты из графита — блочные теплообменники, состоящие из отдельных графитовых блоков, имеющих сквозные вертикальные каналы круглого сечения и перпендикулярные им каналы.

В тех случаях, когда теплоносители имеют низкие давления и невысокие температуры, вместо металлических теплообменных аппаратов можно использовать пластмассовые.

Как правило, в совмещенных схемах для кипячения с возвратом растворителя или его отгонки используют **кожухотрубчатые теплообменники** из нержавеющей стали. При выборе пути движения теплоносителей через такой теплообменник руководствуются следующими соображениями: по трубам (по сравнению с межтрубным пространством) обычно пропускают жидкость либо более агрессивную и более загрязненную, либо находящуюся под большим давлением. При перемонтаже установки на производство другого продукта теплообменник промывают растворителем, но иногда требуется и механическая очистка поверхности. При механической очистке трубы изнутри чистить проще, если оголить трубную решетку. При кипячении солянокислых растворов, а также при их отгонке используют кожухотрубчатые углеграфитовые или стеклянные теплообменники.

Конденсаторы и холодильники

При проектировании конденсаторов и холодильников химических установок следует по возможности применять воздушное охлаждение, так как внедрение

воздушного охлаждения взамен водяного — одно из важных направлений технического прогресса в эксплуатации химических установок.

Прогрессивный вид конденсаторов и холодильников, в которых охлаждающим агентом служит воздух, наиболее перспективно применять для конденсации и охлаждения парообразных и жидких продуктов.

Аппарат воздушного охлаждения представляет собой поверхность охлаждения, образованную из труб с высоким поперечным ребрением, и систему подачи воздуха, состоящую из осевого вентилятора, привода, воздухоподводящих и регулирующих устройств.

Выпарные аппараты

Для упаривания растворов, выделяющих незначительный осадок, удаляемый механическим способом, используются трубчатые выпарные аппараты с естественной циркуляцией и вынесенной греющей камерой.

Аппаратура для отмеривания жидкостей

Отмеривание жидкостей в производственных условиях производится либо периодически мерниками, либо непрерывно с помощью специальных приборов (регуляторов напора, измерителей расхода и т. п.).

Мерники могут быть плоскодонные, с коническим днищем, с вогнутым днищем и плоской крышкой, со сферическими днищем и крышкой. Выбор типа мерника определяется требованиями, предъявляемыми к операции отмеривания. К ним относятся: полная эвакуация жидкости из мерника, подача жидкости в аппарат под давлением, необходимость предварительного отстаивания содержимого мерника, повышенная точность отмеривания и т. д.

При помощи мерников измеряют вес или объем жидкости. В первом случае мерники устанавливают на весах, во втором — снабжают измерителями уровня.

В качестве устройств, предназначенных для измерения уровня жидкости в емкостях различного типа (мерниках, сборниках и др.) используются мерные стекла, смотровые окна, поплавковые измерители, пневматические измерители.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. *Альперт Л. З.* Основы проектирования химических установок. М. : Высш. шк., 1989. 304 с.
2. Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федер. закон РФ от 29 декабря 2012 г. № 1273-ФЗ : действующая ред. 2016 г. Москва. Кремль. 2019. URL: <https://zakon-ob-obrazovanii.ru> (дата обращения: 12.05.2018).
3. ГОСТ 7.32–2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. М. : Стандартинформ, 2006.
4. ГОСТ 2.105–95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Единая система конструкторской документации. Основные положения : сб. ГОСТов. М. : Стандартинформ, 2011
5. ГОСТ 8.417–2002. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин. М. : Стандартинформ, 2018.
6. ОСТ 64–02–003–2002. Продукция медицинской промышленности. Технологические регламенты производства. Содержание, порядок разработки, согласования и утверждения : [сайт]. URL: https://znaytovar.ru/gost/2/OST_64020032002_Produkciya_med.html (дата обращения: 15.05.2018).
7. ОКПД 2 — Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности : [сайт]. URL: <http://classifikators.ru/okpd> (дата обращения: 15.05.2018).
8. ГОСТ 2.701–2008. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. М. : Стандартинформ, 2008.
9. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. М. : Стандартинформ, 2008.
10. ГОСТ 7.11–2004 (ИСО 832:1994). Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных европейских языках. М. : Стандартинформ, 2005.
11. ГОСТ 7.12–93. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила. М. : Изд-во стандартов, 1995.
12. ГОСТ 7.82–2001 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления. М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
13. ГОСТ 7.9–95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001.
14. *Первалов В. П.* Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. М. : Химия, 1997. 288 с.
15. *Бесков С. Д.* Технохимические расчеты. М. : Высш. шк., 1966. 520 с.
16. *Батунер Л. М.* Процессы и аппараты органического синтеза и биохимической технологии. М. : Химия, 1976. 519 с.

17. *Безматерных М. А., Бельская Н. П., Мокрушин В. С.* Химическая технология, биотехнология: содержание и оформление выпускной квалификационной работы бакалавра : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : УрФУ, 2017. 132 с.

18. *Негодяев Н. Д., Ельцов О. С., Моржерин Ю. Ю.* Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. 144 с.

19. *Шеин В. С., Шутилин, Ю. Ф., Гри А. П.* Основные процессы резинового производства. Л. : Химия, 1988. 160 с.

20. *Тимонин А. С.* Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник : в 3 т. Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.

21. ГОСТ 9617–76. Сосуды и аппараты. Ряды диаметров. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002.

22. ГОСТ 6533–78. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры. М. : Изд-во стандартов, 1985.

23. ГОСТ 9931–85. Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры. М. : Изд-во стандартов, 1988.

24. *Занько Н. Г., Малаян К. Р., Русак О. Н.* Безопасность жизнедеятельности. СПб. : Лань, 2012. 672 с.

25. *Барышев Е. Е., Тягунов Г. В., Фетисов И. Н.* Безопасность жизнедеятельности : метод. указания к оформлению разд. «Безопасность жизнедеятельности» в дипломных проектах и работах. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. 51 с.

26. *Высоцкая Н. Я., Тихонравова Л. Н.* Экономическое обоснование дипломных проектов по техническому перевооружению химических производств : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. 52 с.

27. *Высоцкая Н. Я., Тихонравова Л. Н.* Экономическое обоснование дипломных научно-исследовательских работ : метод. указания. Екатеринбург : УрФУ, 2010. 12 с.

28. ГОСТ Р 52630–2012. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2013.

29. ГОСТ Р 54803–2011. Сосуды стальные сварные высокого давления. Общие технические требования. М. : Стандартинформ, 2014.

30. ПБ 03–576–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Липецк : Ориус, 2008.

31. ГОСТ 12.1.007–76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М. : Стандартинформ, 2007.

32. ГОСТ 380–2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. М. : Стандартинформ, 2009.

33. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М. : Стандартинформ, 2005.

34. ГОСТ 5632–72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец титульного листа выпускной квалификационной работы бакалавра

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Химико-технологический институт
Кафедра «Технологии органического синтеза»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Зав. кафедрой _____/В. А. Бакулев/
« ____ » _____ 2018 г.

ПРОИЗВОДСТВО РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ТИПОРАЗМЕРА 140-145-25

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Пояснительная записка

18.03.01 22.19.73.111 001 ПЗ

Руководитель, доц., к. х. н.
Консультант, доц., к. э. н.
Консультант, ст. преп.
Нормоконтролер, доц., к. х. н.
Студент гр. ХЗ-520809

Н. Д. Негодяев
Н. В. Дукмасова
М. А. Чекмарева
О. С. Ельцов
И. В. Баженов

Екатеринбург
2018

Образец титульного листа курсового проекта



**Уральский
федеральный
университет**
имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Химико-технологический институт
Кафедра «Технологии органического синтеза»

Оценка _____

Руководитель курсового
проектирования _____

Члены комиссии _____

Дата защиты _____

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к курсовому проекту по теме: «Производство бугадиена-1,3» 18.03.01 20.14.11.124 001 ПЗ

Студент: _____
(ФИО) (Подпись)

Группа: _____

Екатеринбург
2018

Шаблон задания на выпускную квалификационную работу

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт _____
Кафедра/Департамент _____
Направление (специальность) _____
Образовательная программа _____

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой/Директор департамента (института)

(подпись) (Ф.И.О.)
« _____ » _____ 201__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студента _____ группы _____
(фамилия, имя, отчество)

1 Тема ВКР _____

Утверждена распоряжением по институту от « _____ » _____ 201__ г. № _____

2 Руководитель _____
(Ф.И.О., должность, ученое звание, ученая степень)

3 Исходные данные к работе _____

4 Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) _____

5 Перечень демонстрационных материалов _____

6 Консультанты по проекту (работе) с указанием относящихся к ним разделов проекта*

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял

7 Календарный план

Наименование этапов выполнения работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении

Руководитель _____
 (подпись) _____ Ф.И.О.

Задание принял к исполнению _____
 (подпись)

8 Выпускная квалификационная работа закончена « ____ » _____ 201__ г.

Пояснительная записка и все материалы просмотрены
 Оценка консультантов:* а) _____ б) _____
 в) _____ г) _____

Считаю возможным допустить _____
 к защите его выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии.
 Руководитель _____

9 Допустить _____ к защите выпускной
 квалификационной работы в экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры
 № _____ от « ____ » _____ 201__ г.)

Зав. кафедрой/
 Директор департамента (института) _____
 (подпись) _____ Ф.И.О.

* При наличии разделов, требующих привлечения консультантов.

Шаблон задания на курсовой проект



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Химико-технологический институт
Кафедра «Технологии органического синтеза»

Задание на курсовой проект

Студент _____

Группа _____

Специальность/направление подготовки _____

1 Тема курсового проекта/работы

2 Содержание проекта/работы, в том числе состав графических работ и расчетов

3 Дополнительные сведения

4 План выполнения курсового проекта/работы

Наименование этапов проектной работы	Сроки	Примечания	Отметка о выполнении

Руководитель _____ / И. О. Фамилия

Пример оформления содержания курсового проекта

Содержание

РЕФЕРАТ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	5
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 Характеристика и основные области применения объекта производства.....	8
1.2 Сравнительная характеристика промышленных методов получения товарного продукта.....	10
1.3 Выводы по аналитическому обзору литературы (обоснование выбора способа производства, принятого к проектированию).....	11
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	12
2.1 Характеристика готовой продукции.....	12
2.2 Характеристика сырья и материалов.....	13
2.3 Химическая схема производства.....	15
2.4 Описание стадий технологического процесса.....	16
2.5 Основные технологические параметры и контроль производства.....	24
3 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА.....	25
3.1 Ознакомление с объектом расчета.....	25
3.2 Исходные данные для расчета.....	26
3.3 Схема-граф материальных потоков производства.....	27
3.4 Расчет материального баланса по узлам (стадиям производства).....	28
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ПОДБОР ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	36
4.1 Расчет основного оборудования.....	36
4.2 Подбор вспомогательного оборудования.....	40
4.3 Ведомость-спецификация оборудования.....	47
5 ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ.....	48
6 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53
СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК.....	54
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	55

Пример оформления содержания технологической ВКР

Содержание

РЕФЕРАТ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	5
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 Характеристика и основные области применения объекта производства.....	8
1.2 Сравнительная характеристика промышленных методов получения товарного продукта.....	10
1.3 Выводы по аналитическому обзору литературы (обоснование выбора способа производства, принятого к проектированию).....	11
1.4 Изменения и усовершенствования, внесенные в технологию.....	11
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	12
2.1 Характеристика готовой продукции.....	12
2.2 Характеристика сырья и материалов.....	13
2.3 Химическая схема производства.....	15
2.4 Описание стадий технологического процесса.....	16
2.5 Основные технологические параметры и контроль производства.....	24
3 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА.....	25
3.1 Ознакомление с объектом расчета.....	25
3.2 Исходные данные для расчета.....	26
3.3 Схема-граф материальных потоков производства.....	27
3.4 Расчет материального баланса по узлам (стадиям производства).....	28
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ПОДБОР ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	38
4.1 Расчет основного оборудования.....	38
4.2 Подбор вспомогательного оборудования.....	47
4.3 Ведомость-спецификация оборудования.....	51
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	52
5.1 Охрана труда и техника безопасности.....	52
5.2 Обеспечение безопасности труда.....	54
5.3 Чрезвычайные ситуации.....	56
5.4 Выводы по разделу.....	60
6 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	61
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	62
7.1 Исходные данные и условия.....	62
7.2 Финансово-экономическая оценка проекта.....	66
7.3 Выводы по разделу.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК.....	72
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	73

Пример оформления содержания научно-исследовательской ВКР**Содержание**

РЕФЕРАТ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	5
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 Синтез 1,2,3-триазолов.....	8
1.2 Химические свойства 2н-1,2,3-триазолов.....	10
1.3 Применение 1,2,3-триазолов.....	11
2 СИНТЕЗ ТИАЗОЛОТРИАЗОЛОВ.....	12
2.1 Синтез исходных тиоамидов.....	12
2.2 Реакции тиоамидов с α -галогенкетонами.....	16
2.3 Изучение оптических свойств тиазолотриазолов.....	16
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	18
4 ВЫВОДЫ.....	20
5 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	21
5.1 Характеристика готовой продукции.....	21
5.2 Характеристика сырья и материалов.....	22
5.3 Химическая схема производства.....	23
5.4 Блок-схема технологического процесса.....	24
5.5 Описание стадий технологического процесса.....	25
5.6 Основные технологические параметры и контроль производства.....	33
6 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА.....	34
6.1 Исходные данные для расчета.....	35
6.2 Схема-граф материальных потоков производства.....	36
6.3 Расчет материального баланса по узлам (стадиям производства).....	37
7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОСНОВНОГО И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	45
7.1 Расчет основного оборудования.....	45
7.2 Подбор вспомогательного оборудования.....	49
7.3 Ведомость-спецификация оборудования.....	51
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	52
8.1 Вредные и опасные факторы на рабочем месте.....	52
8.2 Взрывопожаробезопасность.....	54
8.3 Чрезвычайные ситуации.....	56
8.4 Выводы по разделу.....	60
9 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	61
10 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	62
10.1 Исходные данные и условия.....	62
10.2 Финансово-экономическая оценка проекта.....	66
10.3 Выводы по разделу.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК.....	72
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	73

Пример оформления реферата ВКР бакалавра

Реферат

Выпускная квалификационная работа бакалавра: Производство резиновых уплотнительных колец круглого сечения типоразмера 140-145-25.

Стр. 73, рис. 6, табл. 34, библиогр. назв. 26.

УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ КОЛЬЦА, ВАЛЬЦЕВАНИЕ, ШПРИЦЕВАНИЕ, ПРЕССОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ, РЕЦЕПТУРА, СЕБЕСТОИМОСТЬ.

Составлен аналитический обзор литературы по свойствам, областям применения и способам производства резиновых уплотнительных колец. Спроектирован технологический процесс производства резиновых уплотнительных колец на базе действующего производства.

Внесены предложения по усовершенствованию процесса вулканизации, а именно: с целью исключения стадии обработки изделий предложено произвести замену стандартных пресс-форм вулканизационного гидравлического пресса на пресс-формы безоблойные.

Произведен расчет материального баланса производства и выполнены технологические расчеты основного оборудования. Составлена технологическая схема производства, и дано описание технологического процесса.

Приведены мероприятия по безопасности жизнедеятельности.

Технико-экономические расчеты показали, что усовершенствования, внесенные в действующее производство, позволяют снизить себестоимость продукции на 4 % и обеспечить прирост чистой прибыли в размере 1 747 200 рублей.

**Примеры составления перечней листов графических документов
по классификатору ЕСТД**

Перечень листов графических документов

№ п/п	Наименование документа	Количество листов	Обозначение документа	Формат
1	Принципиальная технологическая схема	2	18.03.01 22.19.73.111 001 ТС	A1
2	Вальцы	1	18.03.01 28.96.10.120 001 СБ	A1
3	Рецептура резиновой смеси	1	18.03.01 22.19.20.111 001 ТБ	A1
4	Технико-экономические показатели производства	1		A1

Перечень листов графических документов

№ п/п	Наименование документа	Обозначение документа	Формат
1	Аппаратурная схема	180301 20.16.57.120 007 АС	A1
2	Чертеж реактора	180301 33.02.08 007 СБ	A1

Пример оформления перечня условных сокращений

Перечень условных обозначений, символов, единиц и сокращений

АТИ	асбестотехнические изделия
БНК	бутадиеннитрильный каучук
ДБТД	ди(2-бензтиазолил)дисульфид
ДТДМ	N,N-дитиодиморфолин
МБИ	2-меркаптобензимидазол
МЧТ	машины червячные «теплого» питания
МЧХ	машины червячные «холодного» питания
МЧХВ	машины червячные «холодного» питания с вакуум-отсосом
НАК	нитрилакриловая кислота
РС	резиновая смесь
РТИ	резинотехнические изделия
СВЧ	сверхвысокочастотные токи
ТМТД	тетраметилтиурамдисульфид
ЦБС	сульфенамид Ц
ЭТМ	этилентиомочевина

Примеры оформления таблиц «Характеристика сырья, материалов и полупродуктов»

Таблица 11.1

Характеристика сырья, материалов и полупродуктов

Наименование	Обозначение НТД	Сорт или артикул	Показатели, обязательные для проверки	Примечание
1	2	3	4	5
БНКС-18 АМН	ГОСТ 54556–2011		<p>Внешний вид вещества — крошка или брикеты от коричневого цвета до светло-желтого.</p> <p>Вязкость вещества по Муни МБ 1+4 (100 °С) 80–120.</p> <p>Жесткость каучука по Дефо 17,2–21,1 (1750–2150) Н (гс).</p> <p>Условная прочность при растяжении более или равна 17,6 (180) МПа (кгс/см²).</p> <p>Относительное удлинение при разрыве более или равно 375 %.</p> <p>Потеря массы вещества в процессе сушки не более 0,8 %</p>	Со склада
Сера природная	ГОСТ 127.4–93	1-й класс, сорт 9990	<p>Массовая доля серы, %, не менее 99,95.</p> <p>Массовая доля кислот, %, не более 0,002.</p> <p>Массовая доля органических веществ, %, не более 0,03</p>	Со склада
2,2-дибензтиазолил-дисульфид (альгакс)	ГОСТ 7087–75	Высший сорт	<p>Температура плавления, °С, не ниже 170.</p> <p>Массовая доля воды, %, не более 0,3.</p> <p>Массовая доля золы, %, не более 0,3.</p> <p>Массовая доля остатка после просева, %, не более 0,005.</p> <p>Массовая доля железа и его соединений, извлекаемых магнитом, %, не более 0,008</p>	Со склада

1	2	3	4	5
Гуанид Ф	ГОСТ 40–80		Массовая доля дифенилгуанидина, %, не менее 97,5. Температура плавления, °С, не ниже 145,3. Массовая доля золы, %, не более 0,2. Массовая доля летучих веществ, %, не более 0,2	Со склада
Белила цинковые БЦО	ГОСТ 202–84	Высшая категория качества	Массовая доля соединений Zn в пересчете на ZnO, %, не менее 99,7. Массовая доля соединений Pb в пересчете на PbO, %, не менее 0,01. Массовая доля металлического цинка, %, не более — отсутствие. Массовая доля веществ, нерастворимых в соляной кислоте, %, не более 0,006. Массовая доля водорастворимых веществ, %, не более 0,06	Со склада
Канифоль сосновая	ГОСТ 19113–84	Высший сорт	Внешний вид — прозрачная, стекловидная или с наличием пузырьков воздуха масса. Массовая доля воды, %, не более 0,2. Массовая доля золы, %, не более 0,03. Температура размягчения, °С, не ниже 69	Со склада
Нафтам 2 (неозон Д)	ГОСТ 39–79	Высший сорт	Температура начала плавления, °С: 105,30. Содержание 2-нафтанола, %, не более 0,23. Массовая доля летучих веществ, %, не более 0,1. Массовая доля золы, %, не более 0,18	Со склада
Технический углерод	ГОСТ 7885–86	Марка П-803 и П-324	Удельная условная поверхность, м ² /г, 14–18. Адсорбция дибутилфталата, см ³ /100 г, 86–100. РН водной суспензии в пределах 7,5–9,5. Потери при нагревании при 105 °С, %, не более 0,5. Зольность, %, не более 0,2	Со склада

Таблица 11.2

Характеристика сырья, материалов и полупродуктов

Наименование сырья, материалов и полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, СТО, технические условия, регламент или методика для подготовки сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели с допустимыми отклонениями
Фенол синтетический технический	ГОСТ 23519–93, марки А, Б	Температура кристаллизации Массовая доля формальдегида	Не ниже 40,6 °С 36,5–37,5 %
Формалин технический	ГОСТ 1625–89		
Щавелевая кислота	ТУ 6–36–0204229–1047–91		
Пар высокого давления	СТП 55778270–109–2002		
Пар низкого давления	СТП 55778270–110–2002		
Сжатый воздух	СТП 55778270–111–2002		

Таблица 11.3

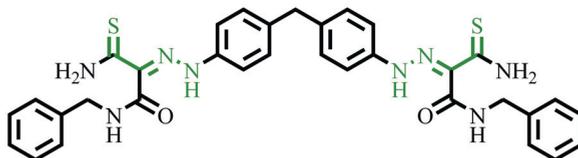
Характеристика сырья, материалов и полупродуктов

Наименование	Документы, регламентирующие показатели, обязательные для контроля	Сорт, артикул	Показатели, обязательные для проверки	Примечание
Сырье				
Н-Хлорсукцинимид	Acros organics	128-09-6	Содержание основного вещества не менее 97 %, $t_{\text{пл}} = 144–150\text{ °С}$	Со склада; коррозионно-активен
Н-Фенилмалеимид	Acros organics	941-69-5	Содержание основного вещества не менее 97 %, $t_{\text{пл}} = 86–90\text{ °С}$	Со склада; токсичен
Этилацетат	ГОСТ 22300–76	х. ч.	Содержание основного вещества не менее 99,7 %	Со склада; ЛВЖ
м-Ксилол	ГОСТ 9410–78	ч. д. а.	Содержание основного вещества не менее 99,6 %	Со склада; ЛВЖ
Этанол	ГОСТ 18300–87	Первый сорт	Содержание основного вещества не менее 96 %	Со склада; ЛВЖ
Полупродукты				
Бис(тиоамид)	СТП	Техн.	Содержание основного вещества не менее 98 %, $t_{\text{пл}} = 150–155\text{ °С}$	Со склада

Примеры изображения химических схем производства

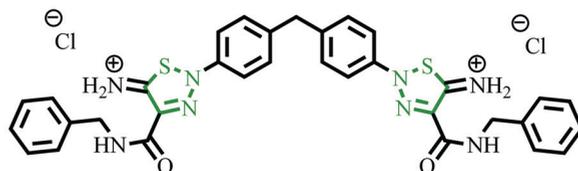
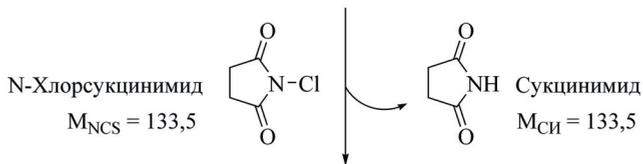
Пример 12.1

Химическая схема производства бис(пирролидинонотиазола)



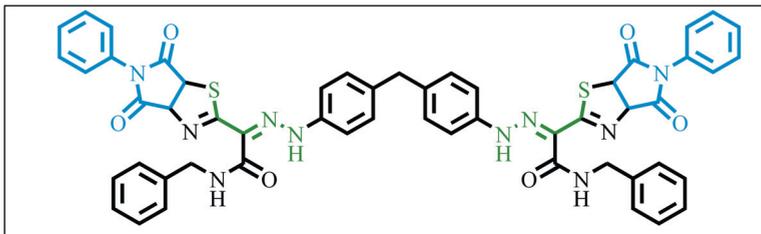
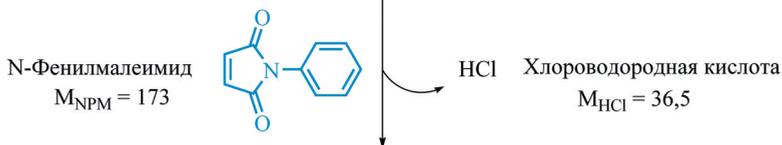
2,2'-((Метиленбис(4,1-фенилен))бис(гидразин-2-ил-1-илиден))бис(3-амино-N-бензил-3-тиоксопропанаמיד)

$M_{ТА} = 637$



2,2'-((Метиленбис(4,1-фенилен))бис(4-бензилкарбоил)-1,2,3-тиадиазол-5(2H)-иминий) хлорид

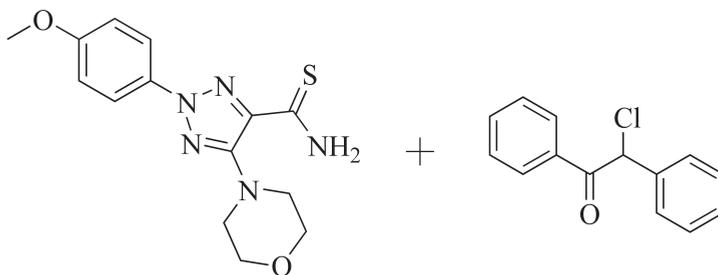
$M_{ТДА} = 706$



2,2'-((Метиленбис(4,1-фенилен))бис(гидразин-2-ил-1-илиден))бис(N-бензил-2-(4,6-диоксо-5-фенил-3а,5,6,6а-тетрагидро-4Н-пирроло[3,4-d]тиазол-2-ил)ацетамид)

$M_{ПТА} = 979$

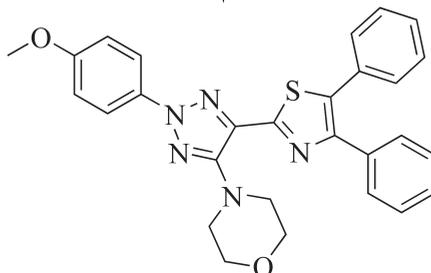
Химическая схема производства тиазолтриазола



2-(4-Метоксифенил)-5-морфолино-
2Н-1,2,3-триазол-4-карботиамид

1,2-Дифенилхлорэтанон

Изопропиловый
спирт, 85 °С



4-(5-(4,5-Дифенилтиазол-2-ил)-2-
(4-метоксифенил)-2Н-1,2,3-
триазол-4-ил)морфолин

Пример оформления списка затекстовых библиографических ссылок

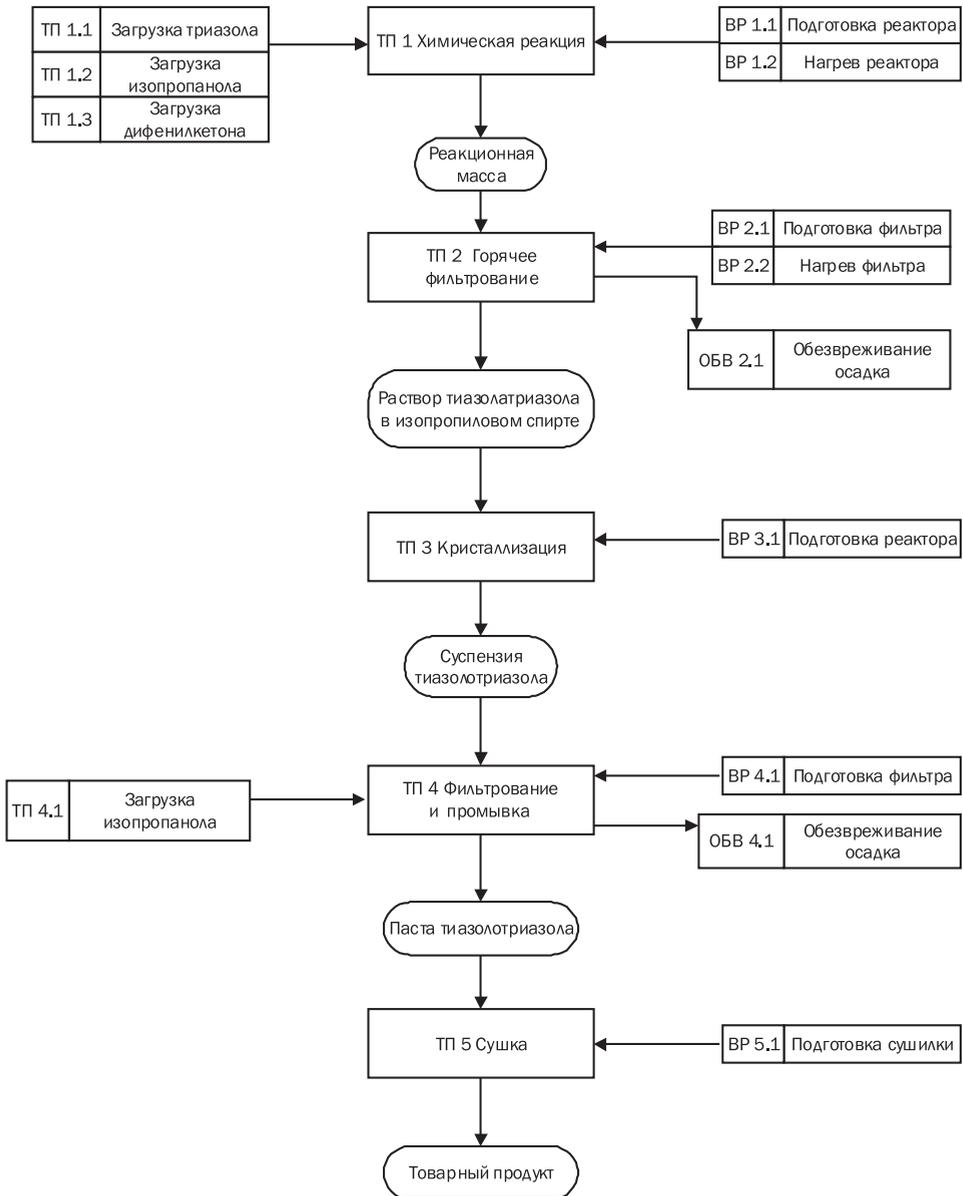
Список библиографических ссылок

1. Овчинников В. И., Назимок В. Ф., Симонова Т. А. Производство терефталевой кислоты и ее диметилового эфира. М. : Химия, 1982. 232 с.
2. Гитис С. С., Кулаков В. Н., Федорова Е. С. Терефталевая кислота. М. : НИИТЭ-ХИМ, 1972. 144 с.
3. Технологический регламент установки получения органической кислоты (терефталевой): ТР-39989731-01-2011. [Техн. документация предприятия].
4. Машины и аппараты химических производств : учеб. пособие для вузов / А. С. Тимонин [и др.] ; под ред. А. С. Тимонина. Калуга : Изд-во Н. Ф. Бочкаревой, 2008. 872 с.
5. Машины и аппараты химических производств : Примеры и задачи / И. В. Доманский [и др.]. Л. : Машиностроение, 1982. 384 с.
6. 10 главных научных открытий 2017 года // Хайтек : [сайт]. URL: <https://hightech.fm/2017/08/23/scientific-discoveries> (дата обращения: 24.01.2017).
7. Занько Н. Г., Малаян К. Р., Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности. СПб. : Лань, 2012. 672 с.
8. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001.
9. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002.
10. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. М. : РидГрупп, 2011.

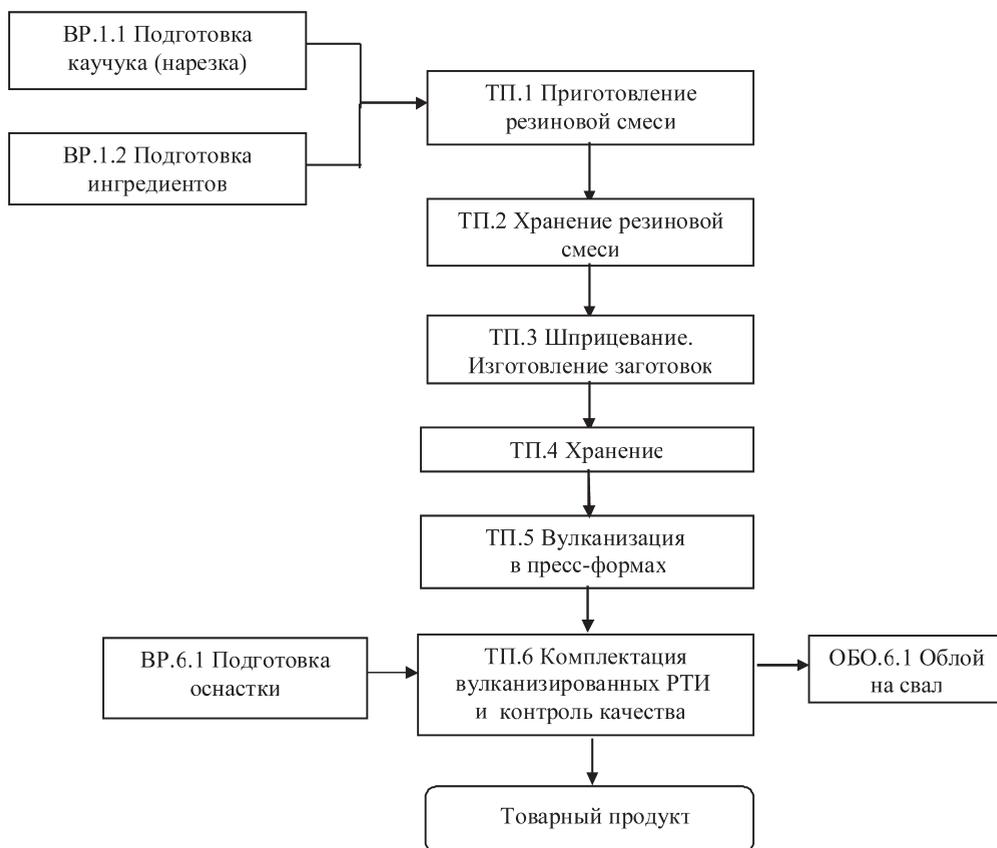
Примеры оформления блок-схем технологических процессов

Пример 14.1

Блок-схема технологического процесса производства тиазолтриазола



**Блок-схема технологического процесса производства
уплотнительных колец**



Примеры изображения схемы-граф материальных потоков

Пример 15.1

Схема-граф материальных потоков производства уплотнительных колец

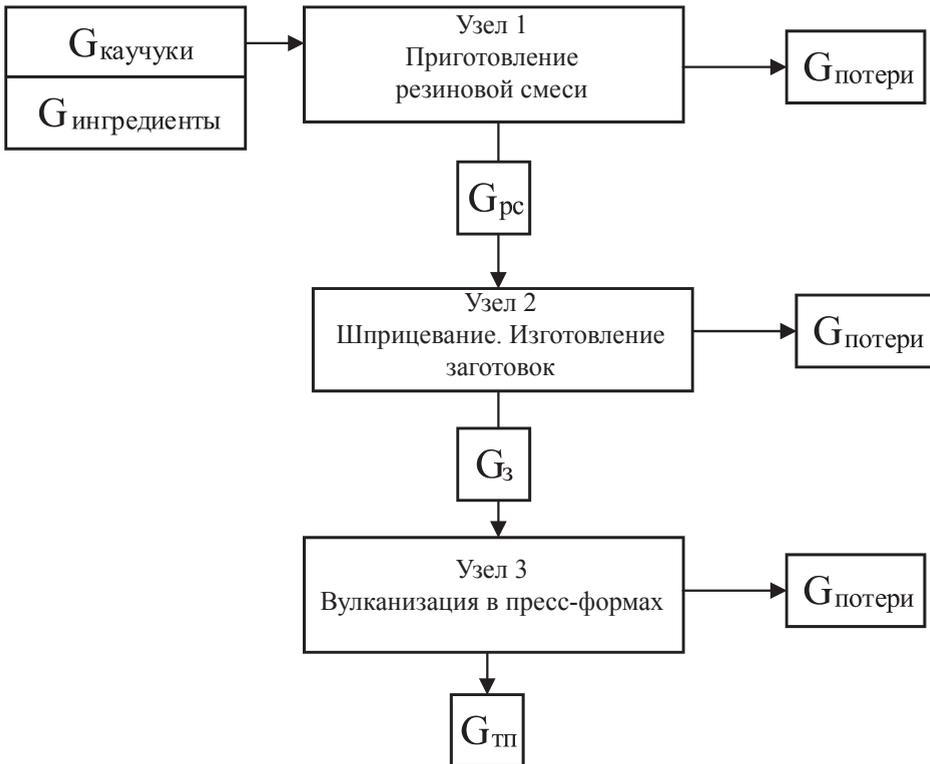
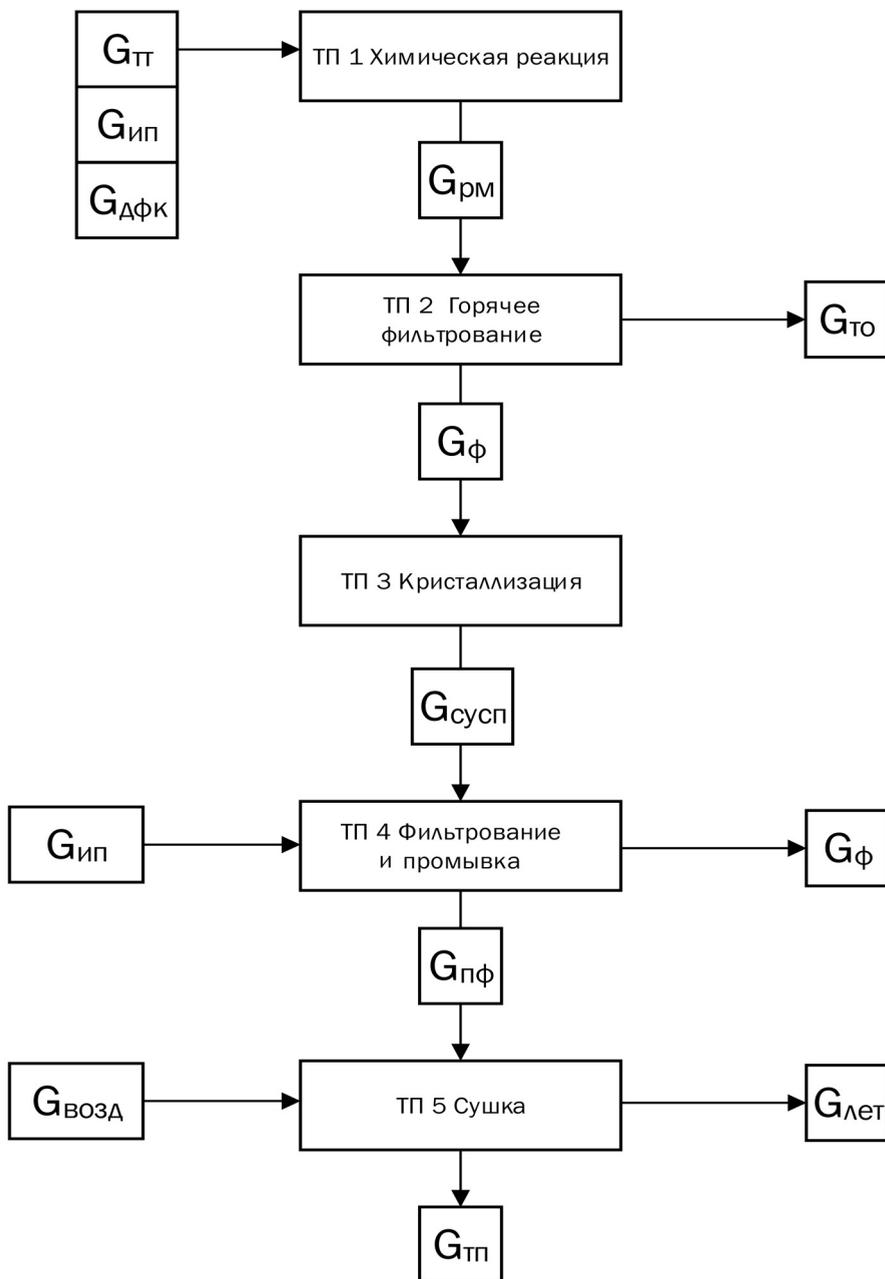
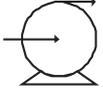
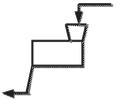
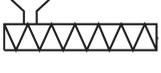
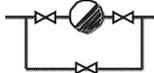
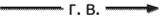
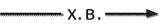
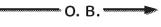


Схема-граф технологического процесса производства тиазолотриазола

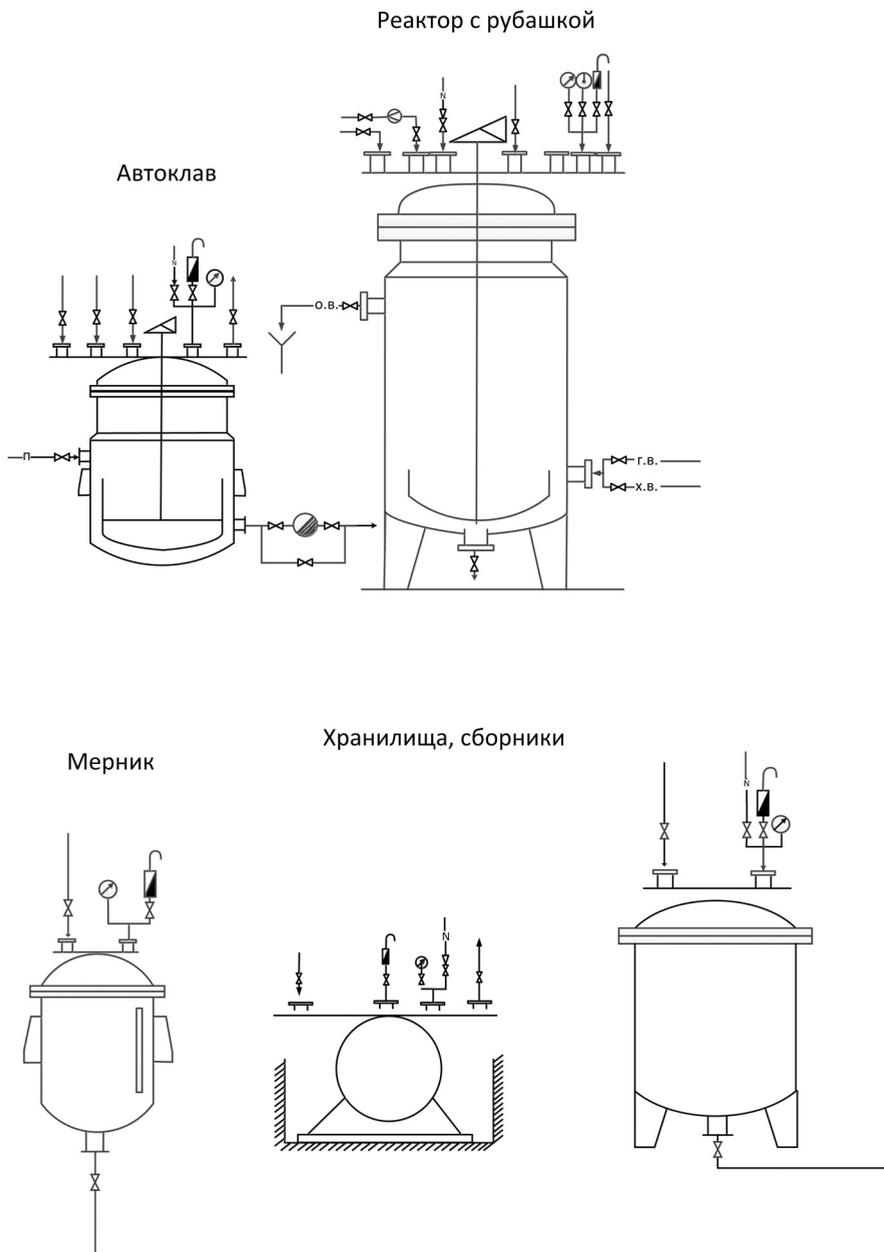


Пример оформления перечня условных обозначений

Условные обозначения элементов оборудования

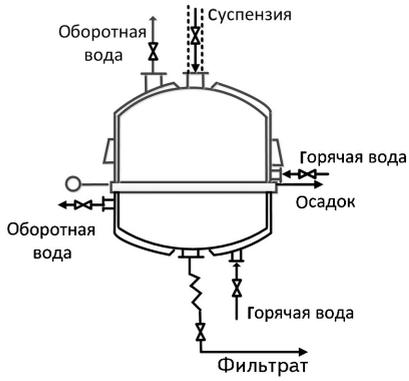
	– манометр		– гибкий трубопровод
	– термометр		– материальная линия
	– связь с атмосферой (воздушка)		– изолированный трубопровод
	– огнепреградитель	ЛУ	– локальная установка
	– кран		– линия воздуха
	– расходомер		– линия подачи азота
	– смотровой фонарь		– центробежный насос
	– привод мешалки		– закрытый ленточный транспортёр
	– вентиль		– шнек, винтовой конвейер
	– конденсатоотводчик		– подача горячей воды
	– гидрозатвор		– подача холодной воды
	– канализационный трап		– подача пара
			– обратная вода

**Примеры условного изображения оборудования
принципиальной технологической схемы**

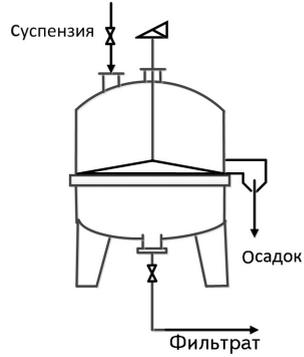


Фильтровальное оборудование

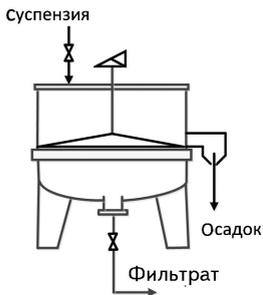
Обогреваемый друк-фильтр
для горячего фильтрования



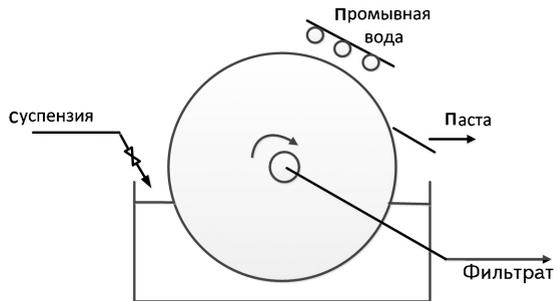
Друк-фильтр
с ножевой выгрузкой осадка



Открытый нутч-фильтр
с ножевой выгрузкой осадка

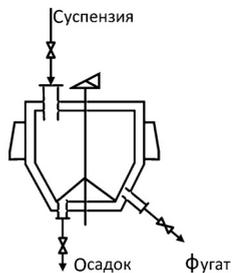


Барабанный
вакуум-фильтр

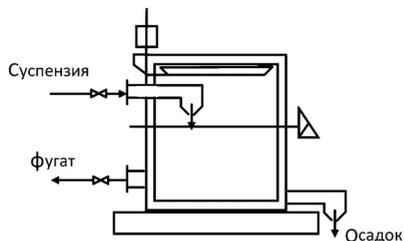


Центрифуги

Маятниковая центрифуга
периодического действия вертикальная
с ножевой выгрузкой осадка

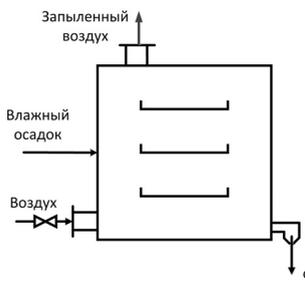


Центрифуга фильтрующая
горизонтальная с ножевой выгрузкой
осадка (ФГН)

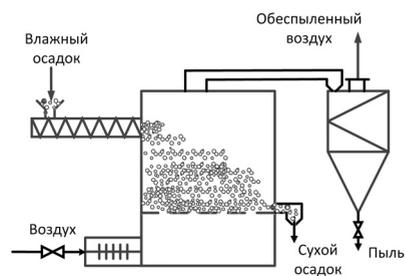


Сушильное оборудование

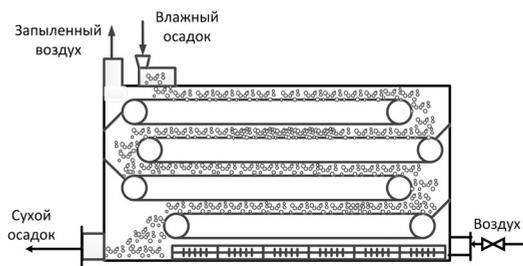
Полочная сушилка



Сушилка
с псевдооживленным слоем

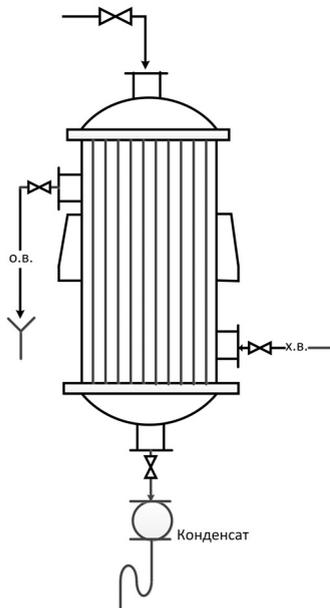


Ленточная сушилка

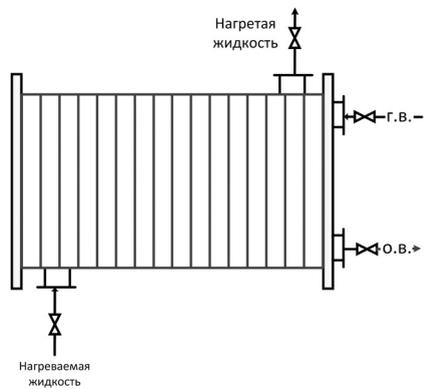


Теплообменное оборудование

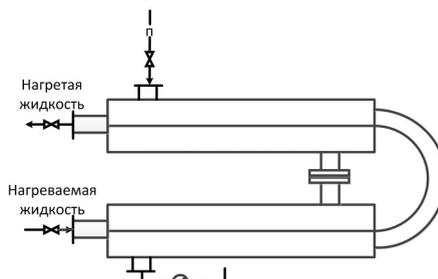
Кожухотрубчатый
теплообменник



Пластиначный
теплообменник



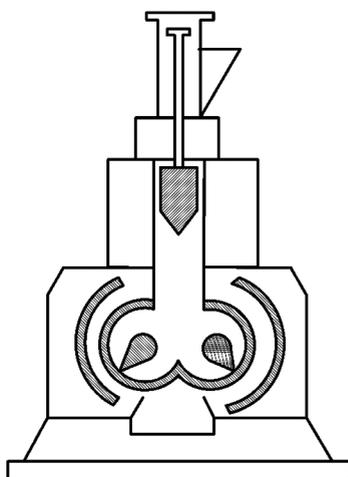
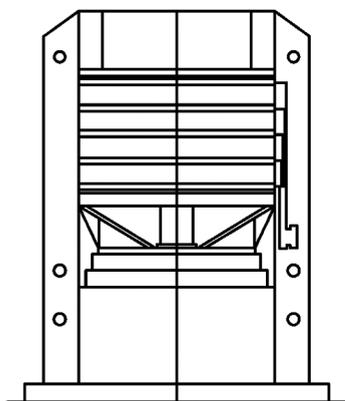
Теплообменник типа
«труба в трубе»



Оборудование по переработке полимеров

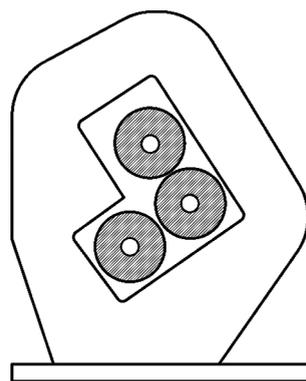
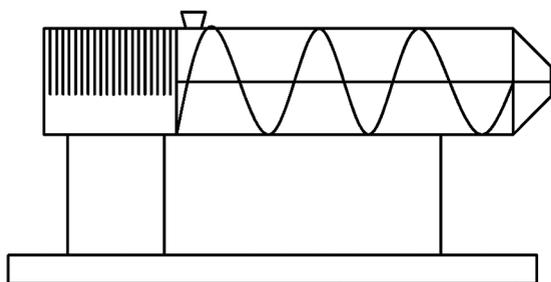
Роторный резиносмеситель

Вулканизационный пресс



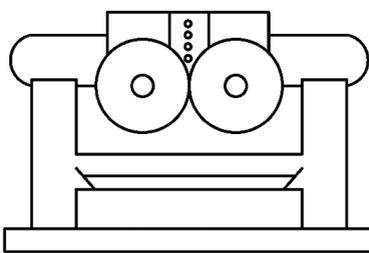
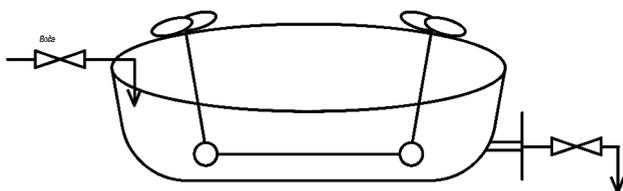
Трехвалковый каландр

Шприц-машина



Смесительные вальцы

Охлаждающая ванна



Примеры изображения принци

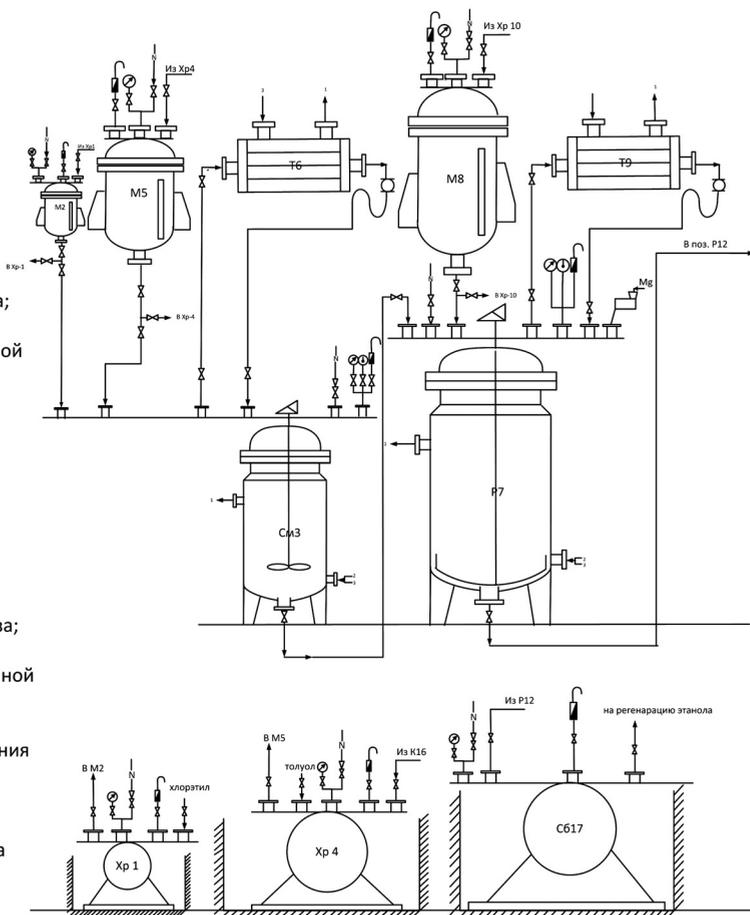
Принципиальная технологическая схема

Условные обозначения энергоносителей:

- 1 – теплая вода;
- 2 – горячая вода;
- 3 – холодная вода;
- N – сжатый азот.

Позиции оборудования:

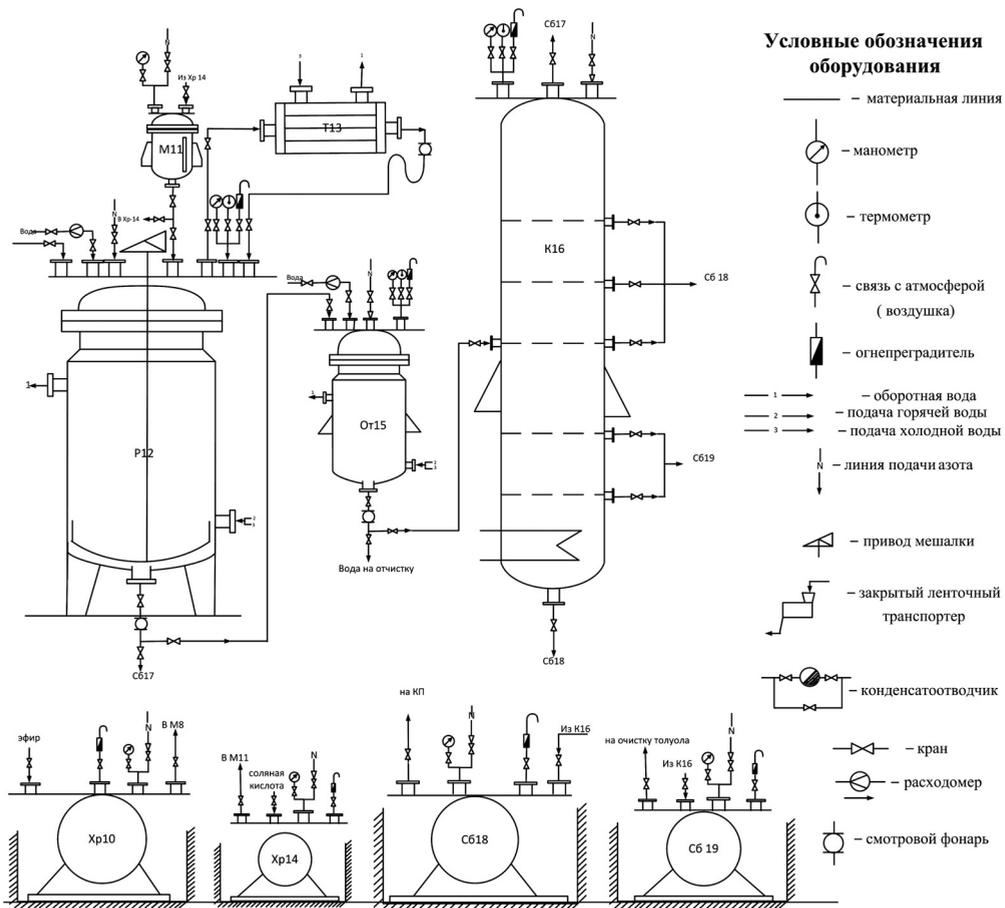
- Хр1 – хранилище хлорэтила;
- M2 – мерник хлорэтила;
- См3 – смеситель для двойной смеси;
- Хр4 – хранилище толуола;
- M5 – мерник для толуола;
- T6 – теплообменник;
- P7 – реактор для синтеза;
- M8 – мерник для эфира;
- T9 – теплообменник;
- Хр10 – хранилище эфира;
- M11 – мерник для соляной кислоты;
- P12 – реактор для гидролиза;
- T13 – теплообменник;
- Хр14 – хранилище для соляной кислоты;
- Oт15 – отстойник;
- K16 – колонна для разделения гидролизного масла;
- Сб17 – сборник для квстс;
- Сб18 – сборник для СГС;
- Сб19 – сборник для толуола отогнанного.



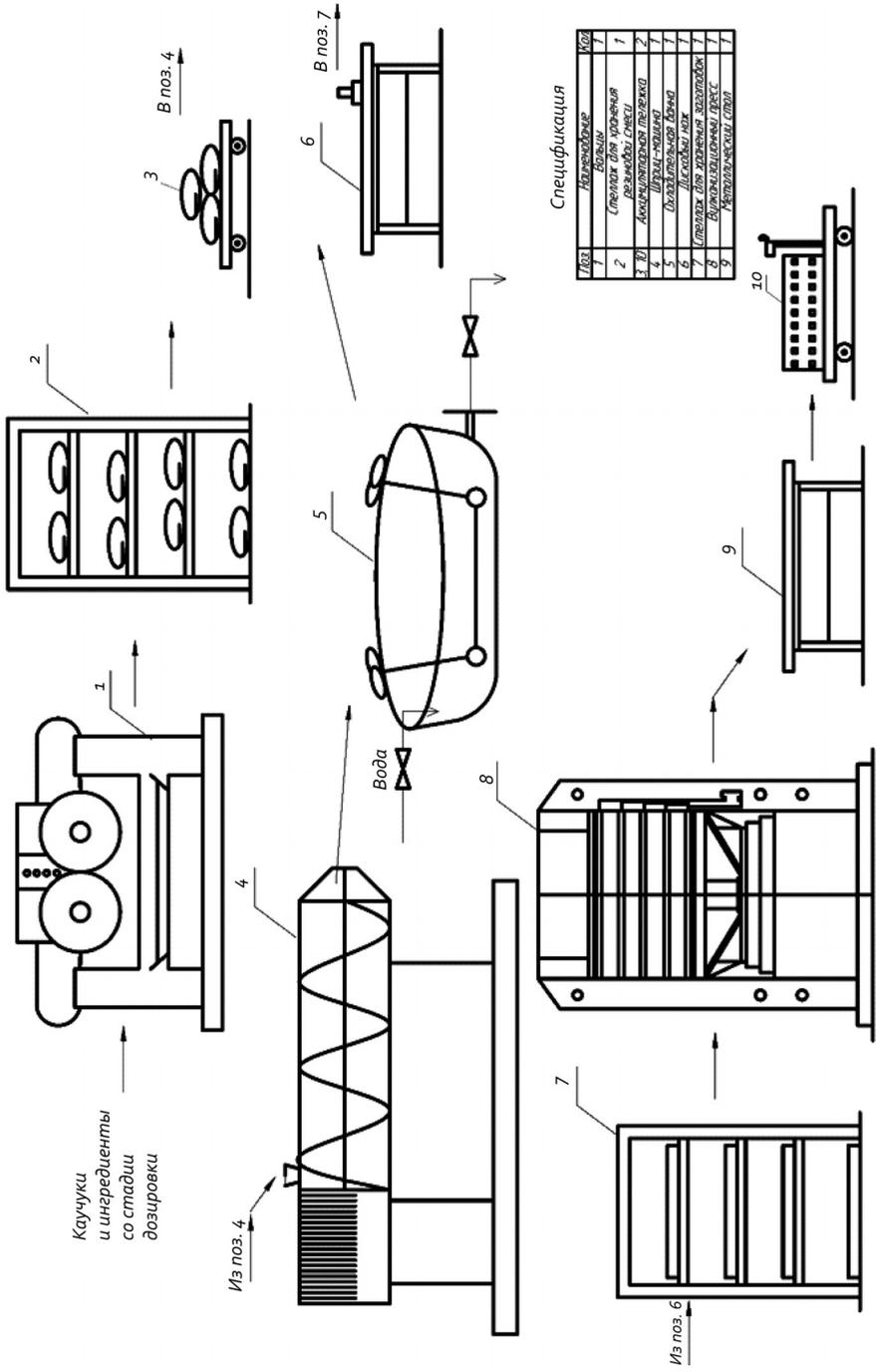
типичных технологических схем

Пример 18.1

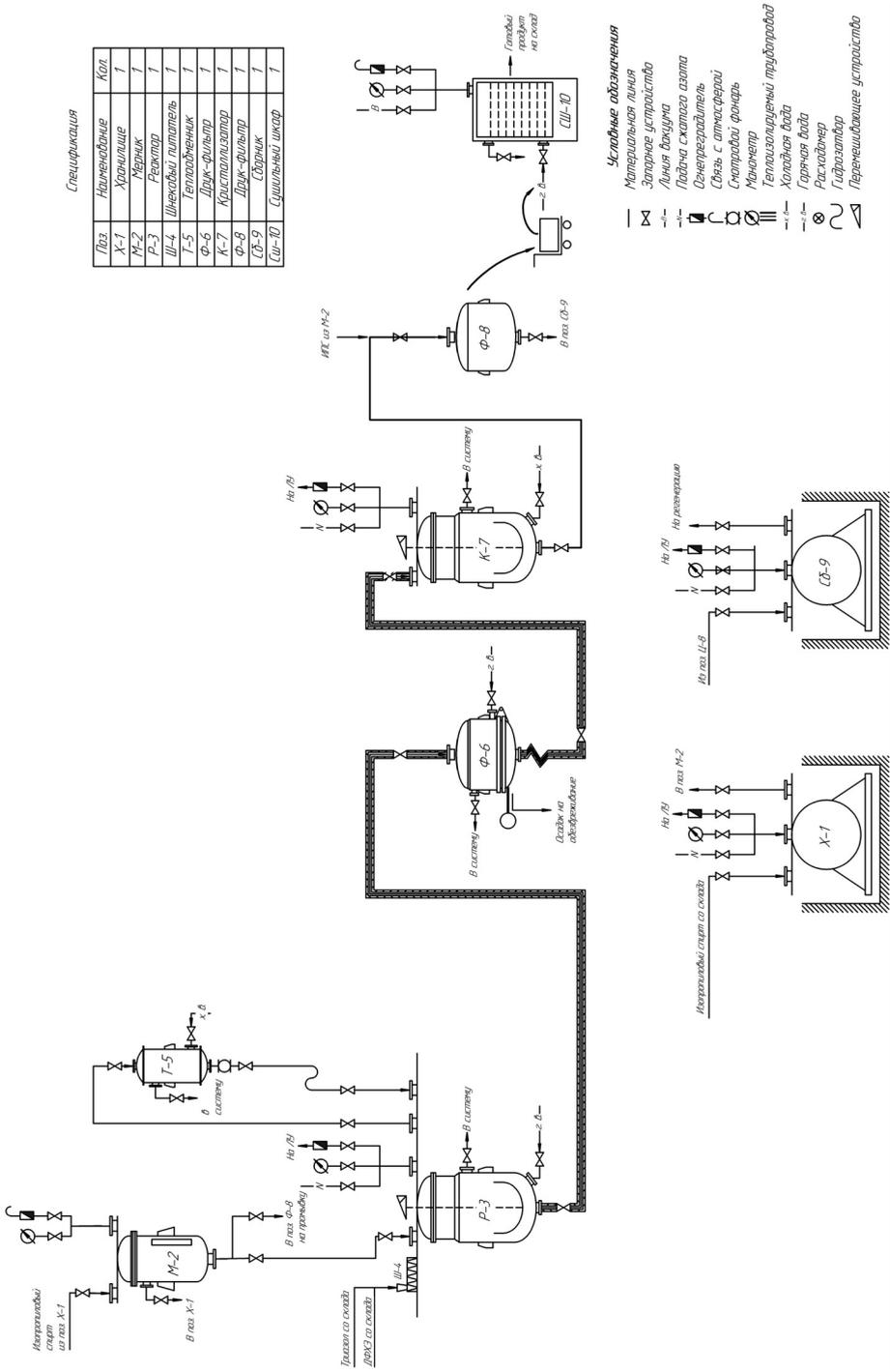
производства силиксаново-гидролизной смеси



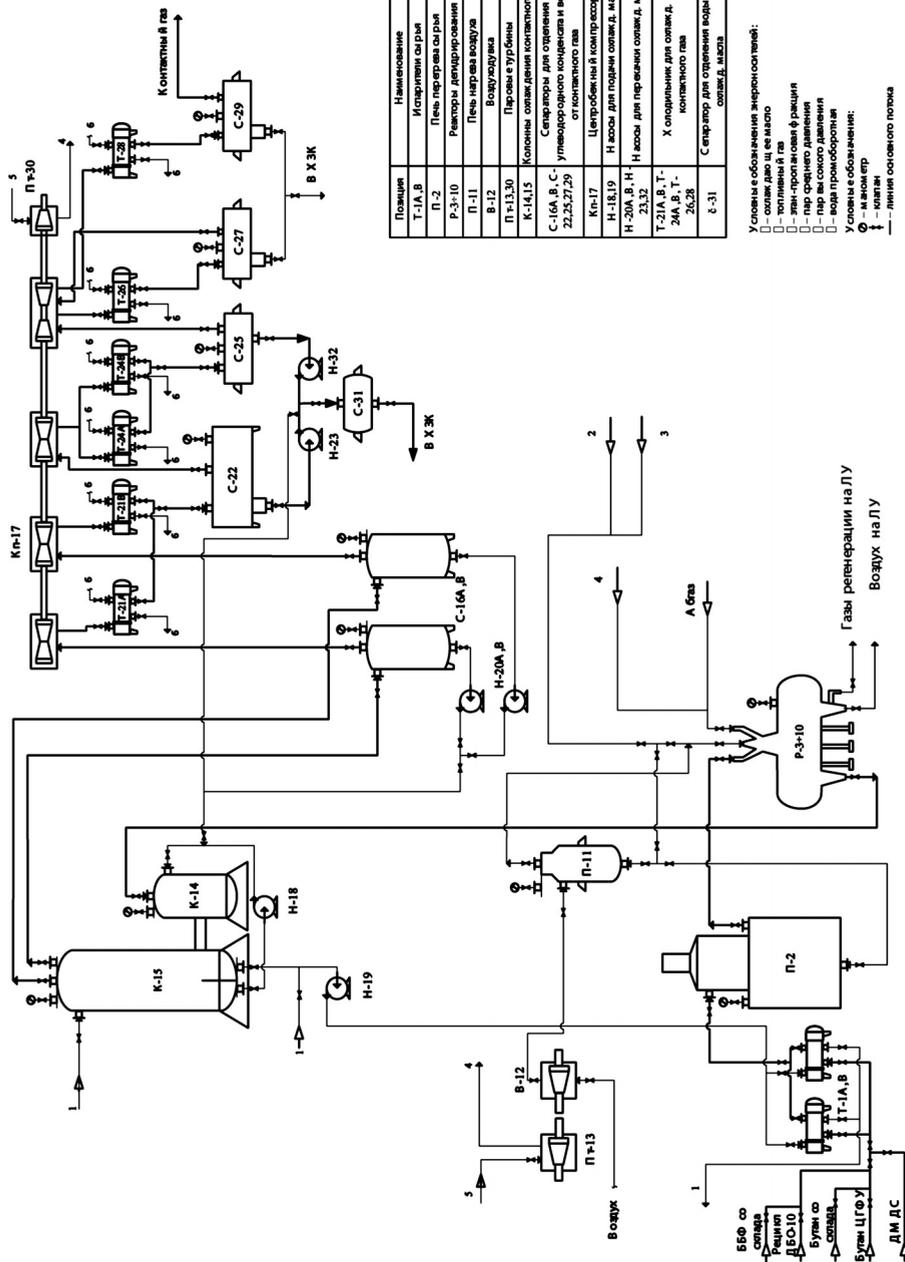
Принципиальная технологическая схема производства
резиновых уплотнительных колец круглого сечения типоразмером 140–145–25



Аппаратурная схема производства тиазолтриазола



Принципиальная технологическая схема производства бутадиена-1,3



Позиция	Наименование
T-1A, B	Испаритель сырья
П-2	Печь первичная сырья
P-3-10	Реакторы дегидрирования
П-11	Печь нагрева воздуха
В-12	Воздуходувка
П-13,30	Помпы в турбинах
К-14,15	Колонны охлаждения контактного газа
С-16A, B, C	Сепараторы для отделения углеводородного конденсата и воды от контактного газа
К-17	Центробежный компрессор
Н-18,19	Насосы для подачи охлаждающего масла
Н-20A, B, H-23,32	Насосы для перекачки охлаждающего масла
T-21A, B, T-24A, B, T-26,28	Холодильники для охлаждения контактного газа
С-31	Сепаратор для отделения воды от охлаждающего масла

Условные обозначения измерительных приборов:

- — охлаждающее масло
- — топливный газ
- — пар отходящей фракции
- — пар отходящей фракции
- — пар высокого давления
- — вода промывочная

Условные обозначения:

- — манометр
- ⊕ — клапан
- — линия оповещения поворота

Примеры оформления таблицы «Контрольные точки производства»

Таблица 19.1

Контрольные точки производства

Наименование стадий процесса, места измерения параметров	Контролирующий параметр	Наименование средства измерения, обозначение документа	Класс точности или пределы допускаемой погрешности средства измерения
1. Подготовка каучука (распарка, нарезка)	Масса навески	Весы циферблатные РН-2ц-13 (ГОСТ 8.453–82)	± 2 г
2. Подготовка ингредиентов	Масса навески	Весы циферблатные РП-150ц-13 (ГОСТ 8.453–82)	± 200 г
3. Приготовление резиновой смеси	Давление воды, воздуха, пара	Манометр показывающий пружинный ОБМ1-160 (ГОСТ 2405–72)	Класс 1,6
	Температура валков вальцов	Термопара ТПК-1 (ТУ 38110.413–84) Термопара лучковая	$\pm 2,5$ % $\pm 2,5$ %
	Время разогрева	Часы настенные или наручные	± 1 мин
4. Экструзия (шприцевание)	Скорость шприцевания	Автоматическое электронное реле МЧХ-63	± 2 об/мин
	Температура шприцевания	Термометр термоэлектрический контактный ТПХ-1 (ТУ 38 110413–84)	$\pm 2,5$ %
5. Нарезка заготовок	Ширина заготовки	Линейка измерительная металлическая (ГОСТ 427–75) Рулетка измерительная металлическая (ГОСТ 7502–89)	$\pm 0,5$ мм Класс 2,3
6. Вулканизация в пресс-формах	Время вулканизации	Автоматическое электронное реле	± 2 %
	Температура плит пресса	Термометр термоэлектрический контактный ТПХ-1 (ТУ 38 110413–84)	$\pm 2,5$ %
	Давление гидравлики	Манометр избыточного давления показывающий (ГОСТ 2405–88)	
7. Обработка вулканизированных РТИ		Ножницы по ГОСТ Р 51268–99 Нож по ГОСТ Р 51015–97	

Основные технологические параметры и контроль производства

Контрольная точка	Наименование объекта контроля	Контролируемый параметр	Норматив	Метод и средства контроля
Хранилище Хр-1, к. т. 1	Фенол	Температура	Не более 80 °С	Датчик температуры
Мерники М-3 и М-4, к. т. 2	Фенол Формалин	Температура	50 °С 40 °С	Датчик температуры
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 3	Реакционная масса	Соотношение реагентов	Фенол/формальдегид = = 100/27,5 – 28,0 (весовых частей)	По методике
Рубашка реакторов Р-5, Р-6, к. т. 4	Греющий пар	Давление	0,6 МПа	Манометр
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 5	Реакционная масса	Температура	65–75 °С	Датчик температуры
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 6	Реакционная масса	Температура	96–100 °С	Датчик температуры
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 7	Греющий пар	Давление	0,6 МПа	Манометр
Реактор Р-5, Р-6, к. т. 8	Реакционная масса	Расслоение		Визуально
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 9	Греющий пар	Давление	1,0–1,8 МПа	Манометр
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 10	Реакционная масса	Температура	155–160 °С	Датчик температуры
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 11	Реакционная масса	Давление	0,04–0,06 МПа	Вакуумметр
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 12	Реакционная масса	Температура	170–180 °С	Датчик температуры
Реакторы Р-5, Р-6, к. т. 13	Реакционная масса	Температура каплепадения	116–125 °С	По методике
		Содержание свободного фенола	5 %	

Примеры оформления ведомостей-спецификаций оборудования

Таблица 20.1

Ведомость-спецификация оборудования

Наименование	Кол-во единиц	Технические характеристики
Поз. 1 Смесительные вальцы СМ 2100 660/660	1	ГОСТ 14333–79 Диаметр рабочей части переднего валка, мм: 660. Диаметр рабочей части заднего валка, мм: 660. Длина рабочей части валков, мм: 2 100. Окружная скорость переднего валка, м/мин: 33,8. Окружная скорость заднего валка, м/мин: 36,1. Фрикция: 1,0; 1,07. Поверхность валков: гладкая
Поз. 2 Стеллаж для хранения резиновой смеси	1	ГОСТ 55525–2013 Габаритные размеры, мм: 2 000 × 1 000 × 1 500. Материал — сталь Ст-3
Поз. 3,10 Аккумуляторная тележка	2	Скорость порожней тележки 10 км/ч. Скорость нагруженной тележки 5 км/ч. Грузоподъемность 2 000 кг. Размеры платформы 1,75 × 1,15 м
Поз. 4 Машина червячная МЧХ-63	1	ГОСТ 11441–93 Диаметр червяка, мм: 63. Длина рабочей части червяка, мм: 945. Частота вращений червяка, об/мин: 6–120. Производительность, кг/ч: 80–250. Мощность электродвигателя привода, кВт: 22. Габаритные размеры, мм: 1 695 × 1 445 × 1 300. Масса, кг: 2 400. Регулирование скорости вращения червяка: бесступенчатое
Поз. 5 Ванна для охлаждения заготовки	1	ГОСТ 1154–80 Материал — чугун эмалированный Габаритные размеры, мм: 1 480 × 700 × 500
Поз. 6 Дисковый нож Р-0760	1	ГОСТ 30682–2000 Габаритные размеры, мм: 1 750 × 740 × 850 Максимальная скорость вращения дискового ножа, об/мин: 60
Поз. 7 Стеллаж для хранения заготовок	1	Габаритные размеры, мм: 1 000 × 700 × 400. Материал — сталь Ст-3

Ведомость-спецификация оборудования

Наименование	Кол-во единиц	Материалы рабочей зоны, способы защиты	Технические характеристики
1	2	3	4
Х-1 Хранилище фенола	1	Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 9931–85 Горизонтальный сварной аппарат с эллиптическими днищами и трубчатым пучком для подогрева. Выдача жидких сред осуществляется самотеком. Давление в аппарате 0,1 МПа. Вместимость 50 м ³
Х-2 Хранилище формалина	1	Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 9931–85 Горизонтальный цельносварной аппарат с эллиптическими днищами. Выдача жидких сред осуществляется самотеком. Давление в аппарате 0,1 МПа. Вместимость 50 м ³
М-3 Весовой мерник для фенола	1	Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 9931–85 Вертикальная цилиндрическая емкость, установлена на весах грузоподъемностью 3 500 кг, объем 3 м ³ . С нижним сливом, гладкой обогреваемой рубашкой. Загрузка с помощью насоса, выгрузка самотеком
М-4 Весовой мерник для формалина	1	Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 9931–85 Вертикальная цилиндрическая емкость, установлена на весах грузоподъемностью 3 500 кг, объем 3 м ³ . С нижним сливом, гладкой обогреваемой рубашкой. Загрузка с помощью насоса, выгрузка самотеком
Р-5, Р-6 Емкостный реактор	2	Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 20680–2002 Вертикальный цилиндрический аппарат со сферическим днищем и съемной крышкой, снабжен пароводяной рубашкой, рассчитанной на предельное рабочее давление 1,8 МПа, мешалкой рамного типа с 32 об/мин
Е-7 Аварийный бак	1	Сталь 12Х18Н10Т	ГОСТ 9931–85 Цилиндрическая емкость объемом 8 м ³

1	2	3	4
ВЛ-8 Вальце- ленточная сушилка	1	Сталь 08Х22Н6Т	ГОСТ Р 51564–2000 Комбинированный двухступенчатый аппарат, включающий подсушивающий рифленый валец и типовую ленточную сушилку. Рифленый валец охлаждается изнутри водой, снабжен ножевым устройством для снятия продукта
Э-9 Элеватор ковшовый	1	Сталь 1Х18Н9Т	ГОСТ 2036–77 Ленточный быстроходный с расставленными глубокими ковшами. Производительность не менее 25 м ³ /ч
Т-10, Т-11 Кожухотрубчатый теплообменник	2	Корпус — Ст. 3, трубки — сталь 12Х18Н10Т	Кожухотрубчатый аппарат с поверхностью теплообмена 100 м ² . Рабочее давление в межтрубном пространстве 0,3 МПа. В трубном пространстве вакуум до 0,1 МПа. Число трубок — 467 шт., длина трубок — 2500 мм, диаметр 38 мм
Сб-12 Сборник надсмольной воды	1	Ст. 3	ГОСТ 9931–85 Горизонтальная цилиндрическая емкость, вместимость 40 м ³
Н-13, Н-14, Н-15 Центробежный насос	3	Сч 18-36	Тип ЗКМ-6 Производительность 45 м ³ /ч
Б-16 Бункер	1	Ст. 3	Вертикальный аппарат с коническим днищем объемом 5 м ³

Примеры описания стадий технологического процесса

Пример 21.1

Описание стадий технологического процесса производства уплотнительных колец (см. приложение 18, пример 18.2)

ТП1. Приготовление резиновой смеси

Каучуки и ингредиенты взвешиваются на участке навески в соответствии с режимными карточками и подаются на смесительные вальцы (поз. 1). Сначала в количестве согласно рецепту подается каучук — для его механической обработки. Затем подаются ингредиенты в количестве согласно рецепту, в порядке в соответствии с режимной картой на смесь. Перед введением каждого нового ингредиента резиновую смесь перемешивают путем срезания с переднего валка. Температура валков вальцов при помощи охлаждающей воды поддерживается на уровне 50 °С. Общее время приготовления резиновой смеси составляет 40 мин. На выходе резиновую смесь срезают с переднего вращающегося вальца вальцов вручную в виде отдельных листов, которые маркируются цветным парафиновым карандашом с указанием шифра смеси, номера закладки, рабочего номера вальцовщика. Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП 1 представлено в таблице 21.1.

Таблица 21.1

Приготовление резиновой смеси

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				
		Масса, кг/ч			Объем, л	Кол-во, шт.
		техническая	основного вещества	кг/моль		
<i>Израсходовано на стадии</i>						
БНКС-18 АМН	100	53,13				
Тиурам Д	100	0,80				
Сульфенамид Ц	100	0,53				
N,N'-дитиодиморфолин	100	1,33				
Белила цинковые	100	3,98				
Стеариновая кислота	100	0,53				
Канифоль	100	1,59				
Ацетонанил Н	100	1,59				
Диафен ФП	100	0,53				
Парафин техн.	100	0,53				

Наименование полупродуктов и сырья	Содер- жание основного вещества, %	Загружено				
		Масса, кг/ч			Объ- ем, л	Кол-во, шт.
		техниче- ская	основного вещества	кг/ моль		
Углерод техн. П-803	100	69,58				
Дибутилсебацнат	100	10,61				
Итого		144,73				
<i>Получено на стадии</i>						
Резиновая смесь	98,00	141,84				
Потери	2,00	2,89				
Итого		144,73				

ТП2. Хранение резиновой смеси

Листы резиновой смеси складывают на стеллаж (поз. 2) для охлаждения и хранения. Смесь должна вылежать не менее 4 ч. Затем при помощи аккумуляторной тележки ЭК-2 (поз. 3) ее транспортируют на стадию шприцевания.

ТП3. Шприцевание. Изготовление заготовок

Резиновую смесь в виде полос загружают в загрузочную воронку машины холодного питания МЧХ-63 (поз. 4). Резиновая смесь выходит через профилирующую оснастку соответствующих размеров в виде шнура.

Режим работы шприц-машины:

- толщина резинового слоя ($2,5 \pm 0,3$) мм;
- температура выходящего шнура не более 90 °С;
- температура головки шприц-машины (75 ± 10) °С;
- температура корпуса шприц-машины (70 ± 10) °С.

Шприцованные профили для охлаждения и предотвращения слипания пропускают через проточную холодную воду (поз. 5). Далее резиновый шнур подается на резку. Изготовление заготовок из профилей производят на дисковом ноже (поз. 6) по размерам и массе согласно технологической карте. Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП 2 представлено в таблице 21.2.

Шприцевание

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				
		Масса, кг/ч			Объем, л	Кол-во, шт.
		техническая	основного вещества	кг/ моль		
<i>Израсходовано на стадии</i>						
Резиновая смесь	100,00	72,3				
Итого		72,3				
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>						
Профиль	97,00	71,58				
Потери	1,00	0,72				
Итого		72,3				

ТП4. Хранение

Нарезанные заготовки укладывают на лотки (поз. 7) и хранят в течение не менее суток. Далее заготовки отправляют на вулканизацию.

ТП5. Вулканизация в пресс-формах

Вулканизацию деталей производят на вулканизационном прессе с электрообогревом плит (поз. 8). Для вулканизации применяют ручные (съёмные) пресс-формы. Заполненные ручные пресс-формы устанавливают на плиты пресса вручную.

Режим работы вулканизационного пресса:

- температура нагрева пресс-форм (164 ± 3) °С;
- давление не менее 9,1 МПа;
- время одного цикла 15 мин.

По истечении установленного режима вулканизации ручные формы с помощью металлического крючка снимают с плит пресса на рабочий (подъемный) стол пресса и производят разъем плит пресс-форм вручную ключом или разъемниками различной конструкции. Детали извлекают из гнезда пресс-форм вручную при помощи ручных выталкивателей. Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП 5 представлено в таблице 21.3.

Вулканизация

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				
		Масса, кг/ч			Объем, л	Кол-во, шт.
		техническая	основного вещества	кг/моль		
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>						
Заготовка	100	0,82				
Итого		0,82				
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>						
Кольцо	99,00	0,79				
Потери	1,00	0,03				
Итого		0,82				

ТП6. Комплектация вулканизированных РТИ и контроль качества

Вулканизированные детали на металлическом столе комплектуются в тару (металлические ящики, лотки и др.) и проходят контроль качества. Затем при помощи самоходной аккумуляторной тележки ЭК-2 (поз. 10) транспортируются на склад для упаковки.

Описание стадий технологического процесса производства резольных фенолоформальдегидных смол (см. приложение 18, пример 18.3)

Производство резольной фенолоформальдегидной смолы марки СФЖ-3014 осуществляется периодическим процессом.

ВР.1.1 Проверка и подготовка к работе оборудования

Все оборудование периодически визуально проверяют на целостность покрытия аппарата, запорной арматуры, отсутствие реакционной массы. Герметичность аппаратов проверяют созданием давления 2 атм внутри реактора, закрывают подачу сжатого воздуха. При выдержке 10 мин давление не должно уменьшиться. На холостом ходу проверяют работу мешалок, поступление пара в рубашки. Контролируют приборы КИПиА, пульт управления.

ВР.1.2 Хранение и подготовка сырья

Фенол поступает в расплавленном виде по трубопроводу в хранилище Хр-1 со склада хранения химического сырья. Из хранилища Хр-1 насосом Н-4 фенол закачивается в весовой мерник М-7. Температура фенола должна быть (50–80) °С. Температура поступающего фенола контролируется термометром сопротивления в комплекте с многоканальным регулятором марки ТРМ-138. Уровень жидкости в хранилище Хр-1 контролируется датчиком марки Р-РР13 через пневмоэлектрический преобразователь в комплекте с многоканальным регулятором марки ТРМ-138.

Формалин с концентрацией (37 ± 0,5) % поступает по трубопроводу с цеха производства формалина в хранилище Хр-2. Уровень жидкости в хранилище Хр-2 контролируется гидростатическим зондом глубины марки SG-25 в комплекте с многоканальным регулятором марки ТРМ-138. Проанализированный на содержание формальдегида формалин из хранилища Хр-2 центробежным насосом Н-5 закачивается в весовой мерник М-8.

Едкий натр с концентрацией 42 % поступает по трубопроводу со склада химического сырья в хранилище Хр-3. Едкий натр, проанализированный на содержание основного вещества, из хранилища Хр-3 насосом Н-6 закачивается в весовой мерник М-9. Уровень жидкости в хранилище Хр-3 контролируется гидростатическим зондом глубины SG-25 в комплекте с многоканальным регулятором ТРМ-138. Все емкости хранения сырья Хр-1, Хр-2, Хр-3 снабжены световой и звуковой сигнализацией на превышение уровня жидкости свыше 80 % отметки.

ТП.1 Поликонденсация

Взвешенное количество фенола из мерника М-7 загружается в реакторы Р-10, Р-11, Р-12 при наличии в них вакуума (0,6–0,8) кгс/см², (0,06–0,08) МПа) и температуры (50–80) °С загрузки фенола. После этого загружается через счетчик измерения вода в реакторы Р-10, Р-11, Р-12 в количестве согласно рецептуре. Включают мешалку реактора, подают воду в рубашку и змеевик реакторов Р-10, Р-11, Р-12, затем загружается формалин из мерника М-8, температура при загрузке должна быть (50–60) °С. Реакционная смесь перемешивается в течение 15 ± 5 мин.

После загрузки фенола, формалина, воды вводят под вакуумом не менее 0,4 кгс/см² первую порцию 42 % едкого натра из мерника М-9 в реакторы Р-10, Р-11, Р-12 в количестве согласно рецептуре. Реакционную смесь перемешивают в течение 15 ± 5 мин и отбирают пробу на определение константы рефракции и рН среды, которые должны быть: $K_p = 1,426-1,433$ и $pH = 7,5-8,5$. Процесс конденсации ведется при следующих режимах.

Холодильник включают в работу на «обратный» режим, в межтрубное пространство холодильника подают воду. Смесь осторожно нагревают до температуры 80 °С в течение 30–40 мин. Для этого закрывают воду в рубашку и змеевик реактора и дают пар в рубашку реактора под давлением не более 0,7 кгс/см² (0,07 МПа).

Для обеспечения медленного подъема температуры пар в рубашку реактора подается импульсно. При достижении температуры смеси 80 °С подачу пара в рубашку реактора прекращают. Дальнейший подъем температуры до 95–100 °С идет за счет тепла экзотермической реакции.

Контроль за началом кипения смеси осуществляется через смотровое стекло реактора, по появлению конденсата в фонаре на линии слива из холодильника. Контроль за подъемом температуры обеспечивается импульсной подачей охлаждающей воды в рубашку (змеевик) реактора.

При резком подъеме температуры допускается кратковременное создание в реакторе разрежения до (0,4–0,6) кгс/см²; (0,04–0,06) МПа.

При достижении температуры (95–100) °С в рубашку (змеевик) реактора подают воду, создают вакуум не менее 0,6 кгс/см² и реакционную смесь охлаждают до температуры 80 °С.

Вторую порцию катализатора едкого натра вводят в реакторы Р-10, Р-11, Р-12 под вакуумом не менее 0,4 кгс/см² в течение 60 мин порциями 100–150 кг. Дозировка второй порции щелочи в реактор регулируется с помощью весового терминала.

Температура реакционной массы (70–85) °С в реакторе поддерживается вакуумом и подачей воды в рубашку (змеевик) реактора. Смесь при этом должна слегка кипеть.

После загрузки щелочи проводят конденсацию при температуре (85–90) °С, поддерживая ее подачей воды в рубашку (змеевик) реактора или вакуумом не менее 0,4 кгс/см².

Первую пробу отбирают через 30 мин от конца прилива щелочи для определения показателя вязкости. Последующие пробы отбирают через 15 мин. Процесс конденсации продолжают до достижения заданной вязкости для данной партии.

При достижении требуемых значений показателей по вязкости содержимое реакторов Р-10, Р-11, Р-12 охлаждают до температуры не более 30 °С подачей воды в рубашку (змеевик) реактора и вакуумом не менее 0,6 кгс/см². Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП 1 представлено в таблице 21.4.

УМО.1 Разлив и упаковка

Охлажденная смола из реакторов Р-10, Р-11, Р-12 насосами Н-16, Н-17, Н-18 перекачивается в сборник Сб-19 готовой смолы. Жидкие фенолоформальдегидные смолы разливают в чистые, сухие, герметически закрываемые стальные бочки, флаги, железнодорожные цистерны и предъявляют отделу технического контроля для анализа на соответствие ГОСТ 20907–16 для смол марок СФЖ-3014. Количество израсходованных и полученных веществ на стадии УМО.1 представлено в таблице 21.5.

Стадия ТП.1 Поликонденсация (расчет на один реактор)

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено			Объем, м ³
		Масса, кг			
		техниче- ская	основного вещества	г/моль	
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>					
1. Фенол технический		3 200,0			3,03
В том числе:					
фенол	99,6		3 187,2		
вода	0,3		9,6		
примеси	0,1		3,2		
2. Формалин		6 920,0			6,22
В том числе:					
формальдегид	37,0		2 560,4		
вода	59,0		4 082,8		
примеси	4,0		276,8		
3. Вода		600,0			0,60
4. Раствор едкого натра		2 540,0			1,75
В том числе:					
едкий натр	42,0		1 066,8		
вода	58,0		1 473,2		
Итого		13 260,0	13 260,0		
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>					
1. Готовый продукт		13 260,0			11,60
В том числе:					
ФФС	46,10		6 111,4		
фенол	0,09		12,5		
формальдегид	0,09		13,1		
вода	46,43		6 156,0		
примеси	2,08		276,2		
едкий натр	5,21		690,8		
Итого		13 260,0	13 260,0		

Стадия УМО.1 Разлив и упаковка

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено			Объем, м ³
		Масса, кг			
		техническая	основного вещества	г/моль	
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>					
1. Готовый продукт		13 260,0			11,60
В том числе:					
ФФС	46,10		6 111,4		
фенол	0,09		12,5		
формальдегид	0,09		13,1		
вода	46,43		6 156,0		
примеси	2,08		276,2		
едкий натр	5,21		690,8		
Итого		13 260,0	13 260,0		
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>					
1. Готовый продукт		13 130,0			
В том числе:					
ФФС	46,10		6 051,51		
фенол	0,09		12,38		
формальдегид	0,09		12,97		
вода	46,43		6 095,62		
примеси	2,08		273,49		
едкий натр	5,21		684,03		
2. Потери на стенках реактора		130,0	130,00		
Итого		13 260,0	13 260,0		

Описание стадий технологического процесса производства тиазолотриазола (см. приложение 18, пример 18.4)

Производство тиазолотриазола является одностадийным периодическим процессом.

Подготовка оборудования

Перед началом работы все оборудование на производстве подвергается проверке: визуально контролируют целостность внутреннего покрытия аппаратов, запорной арматуры, исправность КИПиА, отсутствие реакционной массы от предыдущей операции. Герметичность аппарата проверяют созданием давления 0,2 МПа внутри реактора: при выдержке 10 мин давление не должно уменьшаться.

Подготовка сырья

Все поступающее на склад сырье проверяется входным контролем, ставится соответствующая отметка о качестве. Все хранилища перед началом производства заполняют соответствующим сырьем.

ТП 1. Синтез тиазолотриазола

Аппаратурное оформление стадии:

1. Реактор Р-3 — эмалированный стальной вертикальный аппарат вместимостью 0,0630 м³, снабжен люком, нижним сливом, гладкой рубашкой, эмалированной якорной мешалкой из стали, манометром, огнепреградителем, термопарой, устройством для взятия проб и ввода добавок.

2. Хранилище для изопропилового спирта Х-1 — горизонтальная емкость объемом 0,1600 м³, снабжена манометром, огнепреградителем, скоммуницирована с ЛУ.

3. Мерник для изопропилового спирта М-2 — вертикальный стальной аппарат вместимостью 0,0400 м³, снабжен нижним сливом, мерным стеклом, огнепреградителем, манометром.

Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП.1 представлено в таблице 21.6.

Из хранилища Х-1 сжатым азотом подают изопропиловый спирт в мерник М-2. В реактор Р-3 через люк с помощью шнека Ш-4 вносят триазол. Самоотекотом из мерника М-2 загружают заданное количество изопропилового спирта, включают мешалку. В рубашку аппарата подают горячую воду. Реакционную смесь нагревают до температуры +82 ... 85 °С (КТ-1). Перемешивание ведут до полного растворения триазола (КТ-2). Через люк с помощью шнека Ш-4 подают заданное количество дифенилхлорэтанона. При работающей мешалке реакцию выдерживают 2 ч. Пары изопропанола, образующиеся во время процесса, конденсируются в теплообменнике Т-5 и возвращаются обратно в реактор Р-1. По окончании выдержки отбирают пробу для определения конца реакции (КТ-3).

При неудовлетворительном результате реакцию массу выдерживают еще 1 ч. При положительном результате мешалку отключают, полученную реакцию смесь подают сжатым азотом на стадию фильтрации в друк-фильтр Ф-6 по изолированному трубопроводу.

Таблица 21.6

Стадия ТП 1. Синтез тиазолотриазола

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				Объем, л	Кол-во, шт.
		Масса					
		техническая, кг	основного вещества, кг	г/моль			
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>							
1. Триазол В том числе: триазол примеси	95,0 5,0	8,512	8,087 0,425				
2. Изопропанол В том числе: ИПС вода	87,0 13,0	19,578	17,032 2,546		24,375		
3. Технический дифенилкетон В том числе: ДФХЭ примеси	98,0 2,0	5,961	5,843 0,118				
Итого		34,051	34,051				
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>							
1. Реакционная масса В том числе: тиазолотриазол примеси ИПС триазол (непр.) ДФХЭ (непр.) вода хлороводород	33,9 1,6 50,0 1,9 1,4 8,7 2,5	34,051	11,545 0,545 17,032 0,646 0,467 2,965 0,851		21,205 2,965		
Итого		34,051	34,051				

ТП 2. Горячее фильтрование

Аппаратурное оформление стадии:

фильтр Ф-6 — друк-фильтр с рубашкой, механической выгрузкой осадка, рабочий объем 0,063 м³. Тип фильтрующей поверхности — бельтинг; материал рабочих частей — эмалированная сталь.

Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП.2 представлено в таблице 21.7.

Таблица 21.7

Стадия ТП 2. Горячее фильтрование

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				
		Масса			Объем, л	Кол-во, шт.
		техническая, кг	основного вещества, кг	г/моль		
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>						
1. Реакционная масса		34,051				
В том числе:						
тиазолотриазол	33,9		11,545			
примеси	4,9		1,658			
ИПС	50,0		17,032		21,205	
вода	8,7		2,965		2,965	
хлороводород	2,5		0,851			
Итого		34,051	34,051			
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>						
А. Полупродукты						
1. Фильтрат		32,977				
В том числе:						
тиазолотриазол	33,3		10,968			
примеси	3,5		1,161			
ИПС	51,6		17,032		21,205	
вода	9,0		2,965		2,965	
хлороводород	2,6		0,851			
Б. Отходы						
2. Осадок		1,074				
В том числе:						
примеси	46,3		0,497			
потери продукта	53,7		0,577			
Итого		34,051	34,051			

Реакционную смесь из аппарата Р-1 подают в фильтр Ф-6 с подогревом до 50 °С (КТ-4). Смесь фильтруют, через 10 операций осадок механически выгружают и направляют на стадию обезвреживания отходов. Фильтрат под давлением сжатого азота по теплоизолированному трубопроводу направляют в кристаллизатор К-7.

ТП 3. Кристаллизация

Аппаратурное оформление стадии:

кристаллизатор К-7 — эмалированный стальной вертикальный аппарат вместимостью 0,063 м³, снабжен люком, нижним сливом, гладкой рубашкой, якорной эмалированной мешалкой, манометром, огнепреградителем, терморпарой.

Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП.3 представлено в таблице 21.8.

Таблица 21.8

Стадия ТП 3. Кристаллизация

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				Объем, л	Кол-во, шт.
		Масса					
		техническая, кг	основного вещества, кг	г/моль			
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>							
1. Реакционная масса		32,977					
В том числе:							
тиазолотриазол	33,2		10,968				
примеси	3,5		1,161				
ИПС	51,7		17,032		21,205		
вода	9,0		2,965		2,965		
хлороводород	2,6		0,851				
Итого		32,977	32,977				
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>							
1. Суспензия		32,429					
В том числе:							
тиазолотриазол	32,13		10,420				
примеси	3,58		1,161				
ИПС	52,52		17,032		21,205		
вода	9,14		2,965		2,965		
хлороводород	2,63		0,851				
2. Потери тиазолотриазола	100,0	0,548	0,548				
Итого		32,977	32,977				

В аппарат К-7 подают раствор со стадии ТП 4. Включают мешалку и подают холодную воду в рубашку аппарата, массу охлаждают до 15 °С (КТ-5) и перемешивают 30 мин. После завершения выдержки отключают мешалку, массу передают на фильтрацию.

ТП 4. Фильтрация

Аппаратурное оформление стадии:

1. Фильтр Ф-8 — друк-фильтр с механической выгрузкой осадка, рабочий объем 0,063 м³. Тип фильтрующей поверхности — бельтинг; материал рабочих частей — эмалированная сталь.

2. Приемник фильтрата Сб-9 — горизонтальная емкость объемом 0,800 м³, снабжена манометром, огнепреградителем.

Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП.4 представлено в таблице 21.9.

Таблица 21.9

Стадия ТП 4. Фильтрация

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				Объем, л	Кол-во, шт.
		Масса					
		техническая, кг	основного вещества, кг	г/моль			
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>							
А. Полупродукты							
1. Суспензия		32,429					
В том числе:							
тиазолотриазол	32,13		10,420				
примеси	3,58		1,161				
ИПС	52,52		17,032		21,205		
вода	9,14		2,965		2,965		
хлороводород	2,63		0,851				
Б. Сырье							
2. Изопропанол на промывку		25,240			25,929		
В том числе:							
ИПС	87,0		21,118				
вода	13,0		4,122				
Итого		57,669	57,669				

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				
		Масса			Объем, л	Кол-во, шт.
		техничес- кая, кг	основного вещества, кг	г/моль		
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>						
А. Полупродукты						
1. Осадок		11,205				
В том числе:						
тиазолотриазол	88,3		9,899			
примеси	0,9		0,100			
ИПС	10,8		1,206		1,501	
Б. Отходы						
2. Фильтрат		46,464				
В том числе:						
потери тиазоло- триазола	1,12		0,521			
ИПС	79,51		36,944		53,537	
примеси	2,28		1,061			
вода	15,25		7,087		7,029	
хлороводород	1,84		0,851			
Итого		57,669	57,669			

Полученную на стадии ТП 3 реакционную смесь подают на центрифугу Ц-8 с помощью сжатого азота. Фильтрат собирают в сборник Сб-9, откуда затем подают на регенерацию. Полученный осадок направляют на стадию ТП 5.

ТП 5. Сушка

Аппаратурное оформление стадии:

полощная вакуумная сушилка СШ-10 во взрывобезопасном исполнении из нержавеющей стали; теплоноситель в полках — горячая вода, температура 60 °С.

Полученный со стадии ТП 4 осадок помещают на эмалированные поддоны, которые загружают на полки сушилки СШ-10. После герметизации аппарата подают горячую воду внутрь полок сушилки СШ-10. Сушку ведут в течение 2 ч при температуре 60 °С и вакууме 250 мм рт. ст. По окончании сушки массовая доля влаги в продукте должна составлять не более 1,0 % (КТ-6). Продукт, образующийся после сушки, подвергают контролю (КТ-7).

Количество израсходованных и полученных веществ на стадии ТП5 представлено в таблице 21.10.

Стадия ТП 5. Сушка

Наименование полупродуктов и сырья	Содержание основного вещества, %	Загружено				
		Масса			Объ- ем, л	Кол-во, шт.
		техничес- кая, кг	основного вещества, кг	г/ моль		
<i>Израсходовано на стадии (суммарно)</i>						
1. Осадок		11,205				
В том числе:						
продукт	88,3		9,899			
примеси	0,9		0,100			
ИПС	10,8		1,206		1,526	
Итого		11,205	11,205			
<i>Получено на стадии (суммарно)</i>						
А. Полупродукты						
1. Сухой осадок		10,00				
В том числе:						
продукт	98,0		9,800			
ИПС	1,0		0,100		0,125	
примеси	1,0		0,100			
Б. Примеси						
2. Летучие ком- поненты		1,205				
В том числе:						
ИПС	91,78		1,106		1,377	
тиазолотриазол	8,22		0,099			
Итого		11,205	11,205			

Примеры заполнения таблиц материального баланса

Таблица 22.1

Материальный баланс стадии шприцевания

Загружено			Получено		
Сырье и полупродукты	Содержание, % (масс.)	Масса, кг	Продукты, отходы, потери	Содержание, % (масс.)	Масса, кг
1. Резиновая смесь (РС)	100,00	2 205,00	1. Заготовки 2. Потери РС	99,00 1,00	2 182,95 22,05
Итого		2 205,00	Итого		2 205,00

Таблица 22.2

Материальный баланс стадии синтеза фенолоформальдегидной смолы

Загружено			Получено		
Сырье и полупродукты	Содержание, % (масс.)	Масса, кг	Сырье и полупродукты	Содержание, % (масс.)	Масса, кг
1. Технический фенол В том числе: фенол примеси	99,0 1,0	1 063,70 1 053,07 10,63	1. Реакционная масса В том числе: ФФС вода	100,0 52,7 31,8	1 804,59 951,85 573,47
2. Технический формалин В том числе: формальдегид метанол вода	37,0 7,0 56,0	735,43 272,11 51,48 411,84	щавелевая кислота примеси метанол формальдегид фенол	0,3 0,6 2,9 0,2 11,5	5,44 10,65 51,48 2,72 208,98
3. Техническая щавелевая кислота В том числе: щавелевая кислота примеси	99,0 1,0	5,46 5,44 0,02			
Итого		1 804,59	Итого		1 804,59

Учебное издание

Нейн Юлия Ивановна
Бельская Наталия Павловна

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Содержание и оформление курсового проекта
и выпускной квалификационной работы бакалавра

Учебное пособие

Зав. редакцией
Редактор
Корректор
Оригинал-макет

*М. А. Овечкина
В. И. Первухина
В. И. Первухина
Л. А. Хухаревой*

Подписано в печать 06.06.2019. Формат $70 \times 100^{1/16}$.
Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ. л. 10,0.
Уч.-изд. л. 8,2. Тираж 40 экз. Заказ 49

Издательство Уральского университета.
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28
E-mail: rio.marina.ovechkina@mail.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

