

**В. А. Липин
Ю. А. Петрова**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

**В. А. Липин
Ю. А. Петрова**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Учебное пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2021

УДК 541.123(075.8)

ББК 24.1я7

Л 840

Рецензенты:

заведующий кафедрой материаловедения и технологии машиностроения Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, кандидат химических наук, доцент

А. Н. Евдокимов;

генеральный директор ООО «Алюминиевая компания «АЛКОРУС»

С. Н. Ахмедов

Липин, В. А., Петрова, Ю. А.

Л840 Современные принципы проектирования предприятий химической технологии / В. А. Липин, Ю. А. Петрова. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 102 с.

ISBN 978-5-91646-254-8

Учебное пособие содержит теоретический материал, необходимый для успешного освоения дисциплины «Современные принципы проектирования предприятий химической технологии» по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология». Пособие содержит основную информацию о современных принципах проектирования предприятий в соответствии с общепринятыми нормативно-правовыми документами и регламентами.

Пособие предназначено для подготовки магистров очной и заочной форм обучения. Отдельные разделы пособия могут быть полезны аспирантам и специалистам.

УДК 541.123(075.8)

ББК 24.1я7

ISBN 978-5-91646-254-8

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2021

© Липин В. А., Петрова Ю. А., 2021

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
1.1. Разработка проектной документации	6
2. ПРЕДПРОЕКТИРОВАНИЕ (ВЫДАЧА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ).....	9
2.1. Определение мощности проектируемого производства.....	11
2.2. Выбор метода технологии производства.....	14
2.3. Расчет материальных и тепловых балансов по стадиям производства ...	16
2.4. Выбор площадки строительства.....	26
2.5. Задание на проектирование и исходные материалы	34
2.6. Состав проектной документации	37
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.....	57
3.1. Анализ исходных данных.....	57
3.2. Разработка ситуационного и генерального планов	66
3.3. Общие принципы выбора технологического оборудования химических производств	72
3.4. Расчет нестандартного оборудования.....	80
4. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА	83
5. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	86
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	88
6.1. Виды перестройки.....	89
6.2. Проектная документация по реконструкции зданий и сооружений	91
6.3. Основные этапы реконструкции	92
6.4. Аналитическое исследование	93
6.5. План реконструкции здания.....	93
7. ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР).....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	101

ВВЕДЕНИЕ

Высокий и стабильный экономический уровень России может быть обеспечен за счет гармоничного развития всех отраслей ее промышленности, которое должно базироваться на внедрении новейших достижений науки и техники через проекты для строительства новых и модернизации действующих промышленных производств.

Проект производства – это комплекс технической документации, необходимой для его сооружения. В проект входят пояснительные записки, инженерно-технические расчеты, чертежи, технологические регламенты, сведения о поставке сырья и удалении отходов производства, информация об организации труда, сметы на все производственные и культурно-бытовые сооружения проектируемого объекта. Проектирование производств химической и смежных с ней отраслей промышленности представляет собой сложный, многообразный и трудоемкий процесс, который необходимо рассматривать как совокупность целого ряда социально-организационных и инженерно-технических стадий. Такой системный подход к решению проектных задач обеспечит высокий социально-экономический уровень функционирования промышленных объектов. В последние годы стремительно развиваются и совершенствуются теория математического моделирования и оптимизации технологических процессов, системы автоматизированного проектирования (САПР) химических производств.

Проект промышленного предприятия складывается из трех основных частей:

- технологии производства как системы оборудования для изготовления продукции, основанной на новейших достижениях науки и техники в данной и смежных областях народного хозяйства;
- объемно-планировочного решения, обеспечивающего оптимальный технологический процесс в его постоянном развитии, простоту и универсальность экономичного инженерно-строительного решения, создание трудового и бытового комфорта трудящимся, идейно-художественную

выразительность образа сооружения в целом и красоту отдельных его деталей;

– рациональных строительных конструкций и инженерного оборудования, обеспечивающего наилучшие условия для организации технологического процесса и развития его во времени.

Таким образом, область проектирования промышленных предприятий – это такая область, в которой комплексно решаются многие научно-технические, экономические, строительные и эстетические вопросы, среди которых особое место занимают проблемы, связанные с заботой о здоровье, удобствах работы и отдыха работников промышленности.

1. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Разработка проектной документации

Проектная документация предназначена для так называемого заказчика. В качестве заказчика могут выступать промышленное предприятие, министерство и частное лицо, т.е. организации и лица, заинтересованные в выпуске продукции будущим производством. Проектная документация разрабатывается проектировщиком. Это или самостоятельная организация, или подразделение проектно-строительного объединения. Поскольку предприятия химической промышленности являются потенциально опасным производственным объектом, проектировщиком должна выступать организация, являющаяся членом саморегулируемой организации проектировщиков, которая выдает допуск на выполнение проектных работ. В разработке и реализации проекта, кроме проектной организации (*генеральный подрядчик*), принимают участие специализированные предприятия: строительные, монтажные, пусконаладочные и т.п., которые именуются *субподрядчиками*. Отношения между заказчиками и подрядчиками регламентируются инструкциями о порядке разработки, согласования, утверждении и составе проектной документации на строительство предприятий. Отправным пунктом разработки проектной документации является утвержденное *обоснование инвестиций* в строительство предприятия. Это технико-экономическое доказательство необходимости создания промышленного объекта. Обоснование инвестиций делает заказчик, а точнее, служба маркетинга организации-заказчика. Если заказчик не может самостоятельно выполнить обоснование инвестиций, то для этой работы привлекают проектировщика. Проектная документация разрабатывается после утверждения обоснования инвестиций, как правило, на конкурсной основе через торги подряда (*тендер*). В проекте детализируются принятые в обосновании решения и уточняются основные технико-экономические показатели. После конкурсных торгов заказчик и проектировщик заключают *договор* (контракт), регулирующий правовые и

финансовые отношения, взаимные обязательства и ответственность сторон. Неотъемлемой частью договора являются *задание на проектирование и исходные материалы*. Предварительно заказчик с проектировщиком и другими заинтересованными организациями выбирают *площадку строительства*, т.е. место расположения будущего предприятия.

Главной оценкой результатов проектирования является экономическая эффективность будущего объекта строительства. Но при этом важнейшим требованием к проектной документации является надежность и эффективность принятых конструктивных и технологических решений, обеспечение безопасных условий труда, минимизация вредного воздействия объекта на окружающую среду.

Современные производства отличаются многостадийностью получения целевых продуктов, сложностью технологических решений, высокой энергонасыщенностью и материалоемкостью, большой протяженностью и сложностью трубопроводных и кабельных коммуникаций, глубокой функциональной взаимозависимостью по материальным, энергетическим и информационным потокам отдельных стадий. Для размещения таких сложных производств, коммуникаций и всех служб возникает необходимость в создании специализированных зданий, подземных сооружений и эстакад. Строительство и пуск производств связаны со значительными затратами денежных средств, материальных и трудовых ресурсов, и поэтому они должны вестись по проектам, обеспечивающим:

- реализацию последних достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта;
- внедрение высокопроизводительного энергосберегающего оборудования, установок и агрегатов большой единичной мощности;
- рациональное использование природных ресурсов, комплексное использование сырья и материалов, организацию безотходной энергосберегающей технологии производства;
- автоматизацию и механизацию производственных процессов, отдельных технологических машин и аппаратов.

Развитие современных производств сопровождается значительным усложнением технологических схем, созданием энерготехнологических циклов, машин и аппаратов сложных конструкций, работающих в условиях агрессивных сред, высоких температур и давлений. В связи с этим при проектировании необходимо решать проблемы охраны окружающей среды, применения новых материалов, обеспечения надежности технологического оборудования, безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала. Это требует совершенствования процесса проектирования, повышения качества проектной документации, четкого определения совокупности нормативных документов по отдельным стадиям проекта. В проектировании производств ведущая роль принадлежит технологу, который разрабатывает технологическую схему производства, рассчитывает и выбирает оборудование, выдает задания специалистам-смежникам проектной организации на разработку общеинженерных разделов проекта [1, 2].



Рис. 1. Подготовка проектной документации

2. ПРЕДПРОЕКТИРОВАНИЕ (ВЫДАЧА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ)

Главной задачей этого этапа является обоснование инвестиций, т.е. определение экономической целесообразности и технической необходимости создания промышленного объекта. К основным вопросам, разрабатываемым в обосновании, в первую очередь относятся: определение и обоснование мощности производства, номенклатуры и качества продукции; выбор метода производства, выявление потребности в сырье и уточнение технических требований к нему и источников его поступления, обеспечение чистоты водного и воздушного бассейнов и др. Обоснование является исходным документом для выдачи заданий на разработку новых видов оборудования и составления программ научно-исследовательских работ. При выполнении обоснования намечают *площадку для строительства* и определяют расчетную стоимость строительства и основные технико-экономические показатели предприятия (производства). В обосновании дается краткое описание технологического процесса и оборудования, основные данные по *генеральному плану* строительства, сведения о строительных, архитектурно-планировочных и конструктивных решениях зданий и сооружений, о складском хозяйстве, ремонтной службе, о мероприятиях по охране окружающей среды. Приводятся основные решения по организации строительства, и выполняется расчет его стоимости. В обосновании рассчитывают определяющие показатели: себестоимость продукции; годовой выпуск товарной продукции, прибыль, численность персонала; годовой фонд заработной платы, производительность труда одного работающего, общую сметную стоимость строительства; удельные инвестиционные вложения; производственные фонды (в том числе основные и оборотные); рентабельность фондов (%), срок окупаемости инвестиционных вложений (число лет); фондоотдачу; годовую потребность в основных видах сырья (тыс. т); потребность в энергоресурсах: электроэнергии (тыс. кВт·ч), паре

(Ккал), оборотной воде (м^3), свежей воде (м^3); топливе: природном газе (тыс. м^3), мазуте (тыс. т); грузооборот по прибытию и отправлению (тыс. т в год); потребность в территории (га). Предварительные экономические показатели будущего производства, как правило, берутся из опыта работы завода-аналога или определяются проектировщиком по упрощенным ориентировочным расчетам. Так, влияние увеличения мощности производства на инвестиционные затраты может быть описано следующими выражениями:

Стоимость комплектного оборудования:

$$C = C' K \alpha,$$

где C' – стоимость оборудования для меньшей базовой мощности (для завода-аналога);

K – коэффициент увеличения мощности;

α – масштабный фактор, зависящий от типа оборудования и изменяющийся в пределах $0,2 \dots 1,0$;

Общие инвестиционные вложения Q , необходимые для строительства и монтажа, изменяются от мощности по зависимости:

$$Q = Q' K n,$$

где Q' – инвестиционные вложения для меньшей базовой мощности;

n – масштабный фактор, изменяющийся в пределах $0,38 \dots 0,98$.

Определив расходы сырья, материалов и энергетики на выпуск единицы товарной продукции; инвестиционные затраты на строительство зданий и сооружений; приобретение и монтаж оборудования, приборов, коммуникаций; штаты проектируемого объекта, можно оценить себестоимость продукции.

Себестоимость выпускаемого предприятием продукта складывается из следующих частей:

1) затраты на сырье, из которого получают готовый продукт, и на вспомогательные материалы (фильтровальные ткани, упаковочные

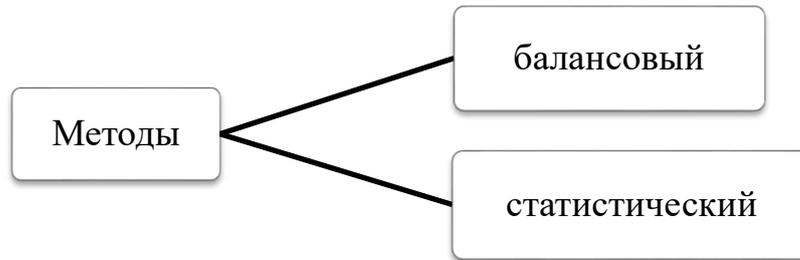
- материалы и т.п.); при расчете этой статьи себестоимости из затрат вычитают стоимость утилизированных отходов;
- 2) энергетические затраты на электроэнергию, пар, горячую воду, сжатые газы, высококипящие теплоносители;
 - 3) оплата труда рабочих, обслуживающих технологическое оборудование;
 - 4) цеховые расходы: оплата труда управленческого персонала и вспомогательного производственного персонала, на отопление и вентиляцию, на ремонт и обслуживание оборудования, на мероприятия по охране труда и технике безопасности;
 - 5) общезаводские расходы на обслуживание общезаводского хозяйства, управленческого аппарата;
 - 6) амортизационные расходы.

Предпроектная подготовка (предпроектирование) включает в себя обоснование инвестиций в строительство объекта:



2.1. Определение мощности проектируемого производства

Мощность нового предприятия определяется необходимой потребностью общества не менее чем на пять лет вперед с возможностью расширения производства. Для определения мощности используют:



Балансовый метод исходит из конечных показателей развития страны на планируемый период. Например, потребность в синтетических каучуках выявляется, исходя из планируемого производства резиновых изделий (шины, технические и бытовые изделия, обувь и т.д.). Объем их производства, в свою очередь, зависит от темпов развития, намеченных для потребителей резины. По выявленной потребности в синтетических каучуках и в резиновых изделиях определяется потребность в исходных углеводородах для синтеза каучуков (бутадиен, изопрен, стиролы и др.), в химикатах-добавках для резин и в других продуктах. По общей потребности в химикатах-добавках для резин выявляют потребность в исходных промежуточных продуктах для их производства (анилин, нитробензол, дифениламин) и т.д.

Статистический метод предполагает изучение рынков сбыта и построение так называемой S-кривой прогнозирования их развития.

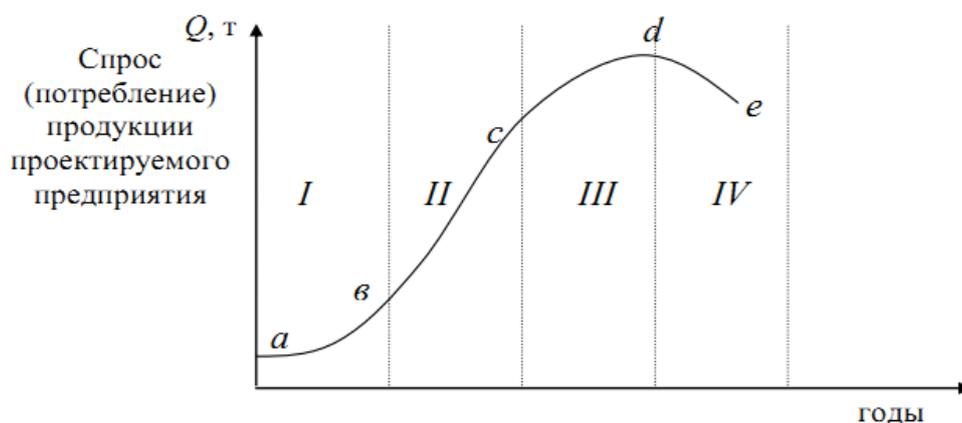


Рис. 2. Кривая жизненного цикла проектируемого предприятия:

- I – инкубационная стадия (постепенное расширение рынка);
- II – стадия роста (экспоненциальное расширение рынка);
- III – стадия стабилизации; IV – стадия сокращения рынка

Различают четыре характерных стадии развития рынка сбыта (рис. 1). Стадия I называется инкубационной и характеризуется выработкой небольших партий продукта для отработки технологии и оценки потребителем качества выпускаемой продукции. Например, текстильным предприятиям требуется время для отработки технологии крашения и отделки тканей новыми красителями. Полагают, что оценить спрос на новый продукт, ранее не применявшийся, можно только во время инкубационного периода.

Стадия роста рынка II предполагает быстрое расширение производства. Спрос на продукт увеличивается.

Если рынок сбыта полностью сформирован, то спрос стабилизируется (стадия III). В этот период строительство новых объектов нецелесообразно и все внимание уделяется модернизации действующих предприятий и снижению себестоимости продукции. Длительность периода стабилизации зависит от того, насколько данный продукт конкурентоспособен по сравнению с более новой продукцией.

Стадия сокращения рынка IV может оказаться довольно короткой (около двух лет) или совсем отсутствует.

Анализ кривой прогнозирования позволяет определить, относится ли спрос на продукцию проектируемого производства к периоду роста или стабилизации. Для проектируемых производств промежуточных продуктов следует анализировать статистику потребления тех веществ, которые изготавливаются из данных полупродуктов.

Одним из методов контроля потребности в продуктах широкого потребления является сравнение предполагаемой динамики их производства со статистикой роста производства этих продуктов в наиболее технически развитых странах. Таким образом, статистический метод позволяет прогнозировать темпы роста потребления данного продукта, что дает возможность устанавливать очередность ввода мощностей, начиная с опытно-промышленных установок и кончая крупными производственными

цехами. Для выявления объема выпуска продукции рекомендуется использовать и балансовый, и статистический методы: по балансовому методу рассчитывают максимальное потребление продукта, а статический метод дает возможность прогнозировать темпы роста производства данного продукта и установить очередность ввода мощностей проектируемого производства [3].

2.2. Выбор метода технологии производства

При выборе метода производства используют следующие критерии:



Существующие способы разработки технологии получения целевых продуктов включают стадии выбора метода производства, разработки и оптимизации технологической схемы. Выбор оптимального маршрута производства осуществляют технологи-исследователи либо на основе списков известных реакций, либо на основе химических аналогий. На этой стадии задаются вид сырья и его ресурсы, получают оценки возможных количеств целевых продуктов, степень использования сырья. Знания

кинетических характеристик здесь не требуются, нужны лишь оценки значений степеней превращения.

Материальные балансы стадий процесса позволяют выяснить избытки тех или иных компонентов, которые, в конечном счете, либо будут присутствовать в качестве примесей в целевых продуктах, либо после их отделения образуют отходы производства или продукты для переработки в других производствах.

На этой стадии можно произвести предварительный расчет экономической эффективности метода (технологии) производства, основанного на предполагаемой стоимости продуктов и сырья, без учета инвестиционных и эксплуатационных затрат. В результате такого анализа выясняется целесообразность дальнейшей проработки данного метода производства целевых продуктов. Многие продукты могут быть получены по различным схемам и из различного сырья. При разработке схемы промышленного производства проверяются как ресурсы сырья, так и денежные затраты на него по рекомендованному способу в сравнении с затратами по другим известным методам. Так, малеиновый ангидрид может быть синтезирован из бензола, фурфурола и из бутан-бутиленовой фракции (продукт нефтепереработки). Ресурсы бензола и бутан-бутиленовой фракции обеспечивают потребность в них производства малеинового ангидрида. Потенциальные ресурсы фурфурола также велики. Поэтому показателями, определяющими выбор схемы производства, в данном случае будут эксплуатационные затраты [2, 4].

Освоение технологии синтеза малеинового ангидрида из фурфурола показало, что по технико-экономическим показателям он не конкурентоспособен с двумя другими способами. Если принять суммарные расходы на сырье и энергию при синтезе продукта из фурфурола за 100%, то по бензольному методу они составят 50%, а по бутан-бутиленовому – около 35%. Кроме того, по бутан-бутиленовому способу в перспективе возможно использование отхода производства фумаровой кислоты. Производства основного и тонкого органического и нефтехимического синтеза дают

большой ассортимент продуктов (сотни наименований) и в больших количествах (от десятков до сотен тысяч тонн в год). При этом в биосферу выбрасывается значительное количество различных химических веществ (углеводородов, оксидов углерода, азота, серы, органических веществ и др.), загрязняющих ее. Поэтому необходимо разрабатывать технологии, которые позволяли бы сбрасывать вещества в биосферу только в допустимых количествах, причем такие вещества, которые могут усваиваться природными биологическими системами. Необходимо также учитывать, что в этих производствах используется в больших количествах сырье, вода и энергия, а, кроме того, за счет химических превращений часто выделяется большое количество тепла. Следовательно, необходима такая организация производства, при которой утилизируются не только побочные продукты, но и все тепло, выделяемое на различных этапах производства [5].

2.3. Расчет материальных и тепловых балансов по стадиям производства

Для проектирования химических производств на основе выбранной технологии составляют предварительную эскизную (структурную) технологическую схему, на которой показывают основные технологические стадии и материальные потоки между ними, выявляют лимитирующую стадию и стадии, подлежащие усовершенствованию.

Разработка эскизной схемы заключается в определении совокупности процессов, направленных на выпуск продукта заданного количества и качества при минимальной себестоимости.

Химико-технологические процессы можно разделить на



Руководствуясь эскизной технологической схемой, приступают к расчету уравнений материального и теплового балансов для всей технологической схемы.

Назначение расчета – определение расходных норм сырья и тепла для получения заданного количества конечного продукта, объемов и составов реакционных масс на каждой стадии процесса, количеств и составов отходов производства. Расчет материальных балансов стадий, связанных с химическими превращениями, проводят на основании стехиометрических уравнений реакции.

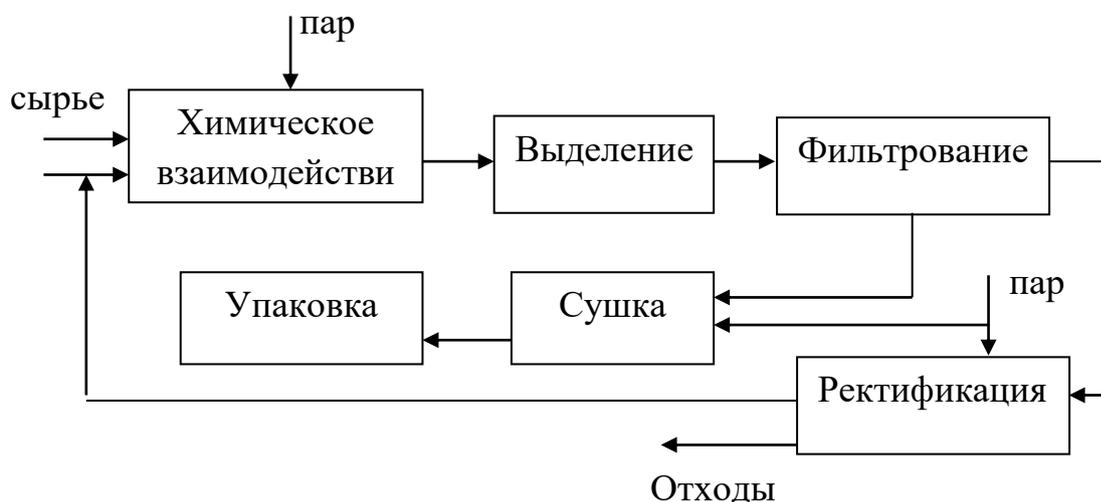


Рис. 3. Структурная технологическая схема

Исходными данными для проведения расчета являются: эскизная технологическая схема химического производства с указанием основных и побочных реакций; степень превращения (выход); состав исходных веществ

и состав реакционной массы, поступающей с предыдущей стадии; данные регламента (завода-аналога) о соотношении реагирующих веществ для стадий, связанных с химическими превращениями, и состав получаемых потоков для стадий фильтрации, сушки, ректификации и т.п. [6].

Материальный баланс отражает закон сохранения массы вещества: во всякой замкнутой системе масса веществ, вступивших в реакцию, равна массе веществ, получившихся в результате реакции, т. е. это означает, что масса веществ, поступивших на технологическую операцию (приход), равна массе всех веществ, получившихся в результате (расходу).

Материальный баланс – зеркало технологического процесса. Он составляется по уравнению основной суммарной реакции с учетом параллельных и побочных реакций. Поскольку на практике приходится иметь дело не с чистыми веществами, а с сырьем сложного химического и механического состава, то для составления материального баланса приходится учитывать массу всех компонентов. Для этого пользуются данными анализов.

Уравнение материального баланса можно представить в виде:

$$\Sigma B_{\text{прих}} = \Sigma B_{\text{расх}} \quad (1)$$

Для периодических процессов материальный баланс составляют в расчете на одну операцию, для непрерывных процессов – за единицу времени.

Материальный баланс составляют для процесса в целом или для отдельных его стадий. Учет массы веществ производится отдельно для твердой, жидкой и газовой фаз.

В общем виде материальные балансы выражаются обычно в виде уравнения:

$$B_{T1} + B_{Ж1} + B_{Г1} = B_{T2} + B_{Ж2} + B_{Г2} + \Delta B, \quad (2)$$

где B_{T1} ; $B_{Ж1}$; $B_{Г1}$ – массы твердых, жидких и газообразных веществ, поступающих в производство или данную операцию в единицу времени;

B_{T2} ; $B_{Ж2}$; $B_{Г2}$ – массы получаемых продуктов; ΔB – производственные потери.

При проектировании обычно задают массу целевого продукта, массу сырья и массу побочных продуктов определяют по уравнению материального баланса. Последний считается верным, если ошибки составляют не больше 5%. Из данных материального баланса определяют расход сырья на заданную мощность аппарата, цеха, себестоимость продукта, выходы продукта, объем реакционной зоны, число реакторов, производственные потери.

На его основе составляют тепловой баланс, позволяющий определить потребность в топливе, величину теплообменных поверхностей, расход теплоты или хладагентов (табл. 1).

Расчеты выполняются в единицах массы (кг, т), но можно расчет вести в молях. Только для газовых реакций, идущих без изменения объема, возможно составление баланса (в м³). Материальный баланс составляется (в зависимости от условий задания) на единицу (1 кг, 1 моль и т. д.) или 100 единиц (100 кг), или 1000 единиц (1 т) массы основного сырья.

Таблица 1 – Результаты подсчетов

Приход		Расход	
Статья прихода	Количество, кг	Статья расхода	Количество, кг
Продукт А	V _А	Продукт А остаток	V _А
Продукт В	V _В	Продукт В остаток	V _В
		Продукт С	V _С
		Продукт Д	V _Д
		Производственные потери	ΔВ
Итого	В	Итого	В

Пользуясь уравнением материального баланса, можно определить такие важные характеристики технологического процесса, как величины выхода, технологической траты, расходных коэффициентов, расходных норм.

Пример расчета:

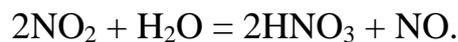
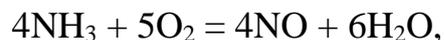
Производительность цеха получения азотной кислоты 100000 т в год, цех работает 355 дней в году, выход оксида азота $X_1=0,97$, степень абсорбции $X_2=0,92$, содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси равно 7,13%. Определить количество аммиака, необходимого для производства 100000 т азотной кислоты и расход воздуха на окисление аммиака ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Получение азотной кислоты осуществляется в три стадии.

Первая стадия: окисление аммиака кислородом воздуха в присутствии катализатора платинового при 800–900°C до оксида азота.

Вторая стадия: окисление до диоксида азота.

Третья стадия: диоксид азота поглощается водой с образованием азотной кислоты:



Молекулярная масса: $\text{NH}_3 = 17$, $\text{HNO}_3 = 63$.

Необходимое количество для получения 100000 т HNO_3 с учетом степени окисления и степени абсорбции составит:

$$100000 \times 17/63 \times 0,97 \times 0,92 = 30300 \text{ т.}$$

Расход аммиака составит:

$$1000 \times 30300/355 \times 24 = 3560 \text{ кг/ч.}$$

Объем аммиака составит:

$$3560 \times 22,4/17 = 4680 \text{ м}^3$$

Расход воздуха составит:

$$4680 \times (100 - 11,5)/11,5 = 36000 \text{ (м}^3/\text{ч)},$$

где 11,5 – содержание аммиака в смеси:

$$(7,13/17) \times 100/(7,13/17) + (92,87/29) = 11,5.$$

На практике материальный баланс имеет большое значение для правильного проведения технологических процессов. При проектировании новых производств он позволяет правильно выбрать схему технологического процесса и размеры аппаратов. В процессе производства по материальному

балансу выявляют непроизводительные потери материалов, устанавливают состав и количество побочных продуктов и примесей и намечают пути их уменьшения.

Материальный баланс отражает степень совершенства производственных процессов и состояние производства. Чем он полнее составлен, тем, следовательно, детальнее изучен данный технологический процесс; чем меньше потерь и побочных продуктов, тем правильнее проводится процесс.

Тепловой баланс

Тепловой баланс может быть представлен в виде уравнения, связывающего приход и расход энергии (тепла) аппарата. Этот баланс составляется на основе закона сохранения энергии: приход теплоты в данном аппарате (или производственной операции) должен быть равен расходу теплоты в том же аппарате (или операции), в соответствии с которым в замкнутой системе сумма всех видов энергии постоянна.

Обычно для химических процессов составляется тепловой баланс:

$$\Sigma Q_{\text{пр}} = \Sigma Q_{\text{расх}} \quad \text{или} \quad \Sigma Q_{\text{пр}} - \Sigma Q_{\text{расх}} = 0 \quad (3)$$

Для аппаратов (процессов) непрерывного действия тепловой баланс, как правило, составляют на единицу времени, а для аппаратов (процессов) периодического действия – на время цикла (или отдельного перехода) обработки.

Тепловой баланс рассчитывают по данным материального баланса с учетом тепловых эффектов (экзотермических и эндотермических) химических реакций и физических превращений (испарение, конденсация и т. п.), происходящих в аппарате с учетом подвода тепла извне и отводом тепла с продуктами реакции, а также с учетом тепла, ушедшего через стенки аппарата.

Тепловой баланс так же, как и материальный, выражается в виде таблицы. Для расчета используется следующее уравнение:

$$Q_{\text{т}} + Q_{\text{ж}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{ф}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{п}} = Q'_{\text{т}} + Q'_{\text{ж}} + Q'_{\text{г}} + Q'_{\text{ф}} + Q'_{\text{р}} + Q'_{\text{п}}, \quad (4)$$

где $Q_T, Q_{ж}, Q_G$ – количество теплоты, вносимое в аппарат твердыми, жидкими и газообразными веществами; $Q'_T, Q'_{ж}, Q'_G$ – количество теплоты, уносимое из аппарата продуктами и полупродуктами реакции и непрореагировавшими исходными веществами в твердом, жидком и газообразном виде; $Q_{ф}$ и $Q'_{ф}$ – количество теплоты физических процессов, происходящих с выделением и поглощением ($Q'_{ф}$) теплоты; Q_p и Q'_p – количество теплоты, выделяющееся в результате экзо- и эндотермических реакций (Q'_p) теплоты; $Q_{п}$ – количество теплоты, подводимое в аппарат извне (в виде нагретого воздуха, электроэнергии и т. п.); $Q'_{п}$ – потери тепла в окружающую среду, а также отвод тепла через холодильники, помещенные внутри аппарата.

Величины $Q_T, Q_{ж}, Q_G, Q'_T, Q'_{ж}, Q'_G$ рассчитывают для каждого вещества, поступающего в аппарат и выходящего из него, по формуле:

$$Q = G * c * t, \quad (5)$$

где G – количество вещества; c – средняя теплоемкость этого вещества; t – температура, отсчитанная от какой-либо точки.

Чаще всего приходится иметь дело со смесями веществ. Так, например, для смеси трех веществ в количестве G_1, G_2 и G_3 , имеющих теплоемкости c_1, c_2 и c_3

$$C_{см} = \frac{G_1 c_1 + G_2 c_2 + G_3 c_3}{G_1 + G_2 + G_3} \quad (6)$$

Суммарная теплота физических процессов, происходящих в аппаратах, рассчитывается по формуле:

$$Q_{ф} = G_1 r_1 + G_2 r_2 + G_3 r_3, \quad (7)$$

где r_1, r_2 и r_3 – теплота фазовых переходов; G_1, G_2, G_3 – количества компонентов смеси, претерпевших фазовые переходы в данном аппарате (производственной операции).

Количество членов в правой части уравнения должно соответствовать числу индивидуальных компонентов, изменивших в аппарате свое фазовое состояние. Аналогично рассчитывается расход теплоты на те физические процессы, которые идут с поглощением теплоты ($Q'_{ф}$): десорбция газов, парообразование, плавление, растворение и т. п.

Тепловые эффекты химических реакций могут быть рассчитаны на основе образования теплоты сгорания веществ, участвующих в реакции. Например, для модельной реакции: $A + B = D + F + q_p$ изобарный тепловой эффект будет:

$$q_p = q_{\text{обр}} D + q_{\text{обр}} F - (q_{\text{обр}} A + q_{\text{обр}} B) \quad (8)$$

Изобарные теплоты образования из элементов в различных веществах $q_{\text{обр}}$ (или ΔH^0) приведены в справочниках физико-химических, термохимических или термодинамических величин. При этом в качестве стандартных условий приняты 25°C , давление $1,01 \times 10^5 \text{Па}$ и для растворенных веществ концентрация 1 моль на 1 кг растворителя. Газы и растворы предполагаются идеальными.

Тепловой эффект реакции также равен:

$$\Delta H = \sum(\Delta H_{\text{обр}})_{\text{исх}} - \sum(\Delta H_{\text{обр}})_{\text{прод}}, \quad (9)$$

где $\sum(\Delta H_{\text{обр}})_{\text{исх}}$ – сумма теплот, образованных исходными веществами; $\sum(\Delta H_{\text{обр}})_{\text{прод}}$ – сумма теплот, образованных продуктами реакции.

Об эффективности осуществления любого промышленного процесса судят по экономическим показателям: приведенные затраты, себестоимость продукции и т. д. Естественно, что окончательная оценка эффективности химико-технологического процесса выводится из этих критериев, но они характеризуют весь процесс в целом, его конечный результат, не входя в детальное рассмотрение внутренней сущности, особенностей процесса.

Для оценки эффективности отдельных этапов процесса необходимо использовать такие критерии, которые более полно отражали бы химическую и физико-химическую сущность явлений, происходящих в отдельных аппаратах технологической схемы. Такими показателями являются степень превращения исходного реагента, выход продукта, селективность. Они с разных сторон характеризуют полноту использования возможностей осуществления конкретной химической реакции.

Степень превращения – это доля исходного реагента, использованного на химическую реакцию. Степень превращения реагента показывает,

насколько полно в химико-технологическом процессе используется исходное сырье.

Степень превращения реагента X_A находится по уравнению:

$$X_A = \frac{N_{S,0} - N_S}{N_{S,0}} = \frac{\Delta N_S}{N_{S,0}}, \quad (10)$$

где $N_{S,0}$ – количество реагента в исходной реакционной смеси; N_S – количество реагента в реакционной смеси, выходящей из реактора или находящейся в нем; ΔN_S – изменение количества реагента в ходе химической реакции.

Чаще всего в химической реакции участвует не один, а два (и более) реагента. Степень превращения может быть рассчитана как по первому, так и по второму или третьему реагенту, причем в общем случае необязательно получаются равные результаты.

Степень превращения характеризует эффективность проведения процесса с точки зрения использования исходного сырья, но этой величины не всегда достаточно для характеристики процесса с точки зрения получения продукта реакции. Поэтому вводят еще один критерий эффективности – выход продукта.

Выход продукта – это отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному его количеству, которое могло бы быть получено при данных условиях осуществления химической реакции.

Как и степень превращения, выход продукта для реакционных систем с постоянным объемом может быть определен как отношение концентраций. Следует также помнить, что выход, выражаемый как доля от некоторой предельно возможной величины, изменяется в пределах от 0 до 1.

Для необратимой реакции $A \rightarrow R$ имеем:

$$\Phi_R = \frac{N_R}{N_{R,\max}}, \quad (11)$$

где Φ_R – выход целевого продукта; N_R – количество продукта R в конце процесса; $N_{R,\max}$ – максимально возможное количество продукта R.

Для обратимых реакций важным понятием является равновесная степень превращения.

Реакция $A \leftrightarrow R$ описывается уравнением:

$$X_A = \frac{N_{A,0} - N_A^*}{N_{A,0}^*}, \quad (12)$$

где X_A – степень превращения реагента A ; $N_{A,0}$ – количество исходного реагента A в начале процесса; N_A^* – количество исходного реагента A в состоянии равновесия.

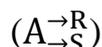
Для обратимых реакций $N_{Rmax} = N_R^*$, поэтому

$$\Phi_R = \frac{N_R}{N_R^*}, \quad (13)$$

где N_R^* – количество продукта R в состоянии равновесия.

Селективность. Выход продукта характеризует полученный результат как долю от предельно возможного. Оценить реальную ситуацию, т. е. дать количественную оценку эффективности целевой реакции по сравнению с побочными взаимодействиями, можно таким критерием, как селективность, которая выражается в долях единицы или в процентах.

Полная, или интегральная, селективность – это отношение количества исходного реагента, расходуемого на целевую реакцию, к общему количеству исходного реагента, пошедшему на все реакции (и целевую, и побочные). Например, если в процессе протекают параллельные реакции



и целевым является продукт R , то селективность будет выражаться в виде

$$\varphi_R = \frac{N_R}{N_R + N_S}, \quad (14)$$

где φ_R – селективность;

N_R, N_S – количество продукта R и S .

Поскольку для рассматриваемой реакции $N_R + N_S = N_{A,0} - N_A$, то

$$\varphi_R = \frac{N_R}{N_{A,0} - N_A}, \quad (15)$$

Связь между X , Φ и φ можно выразить уравнением:

$$\varphi_R = \frac{N_R}{N_{A,0} - N_A} = \frac{N_{A,0} - N_A}{N_{A,0} - N_A} * \frac{N_R}{N_{A,0} - N_A} = X_A \Phi_R. \quad (16)$$

Полученную зависимость можно записать в виде:

– для простой необратимой реакции

$$(A - R) - \Phi = X; \quad (17)$$

– для простой обратимой реакции

$$(A - R) - \Phi = X/X^*; \quad (18)$$

– для сложной реакции

$$(A \xrightarrow{R} S) - \Phi = X_{\phi}. \quad (19)$$

При составлении уравнения материального баланса периодического производства принимают допустимые потери сырья: при фильтровании – 1...2%; при сушке – 1...10%; при размоле, дроблении, смешении – 0,5%; при выпаривании, дистилляции, ректификации – 5...15%; при фасовке и упаковке – 0,5%.

Составление и расчет уравнений материального баланса можно проводить двумя способами.

1. Расчет на 1 т готового продукта. При этом рассчитывают расходные коэффициенты по сырью, объемы реакционных масс, приходящиеся на 1 т готовой продукции. Данные по реальным загрузкам в технологические аппараты, объемам реакционных масс, расходам на каждой стадии получают после пересчета.

2. Расчет на одну операцию для периодического процесса и часовую производительность – для непрерывного. В этом случае получают реальные загрузки в технологические аппараты и объемы реакционных масс.

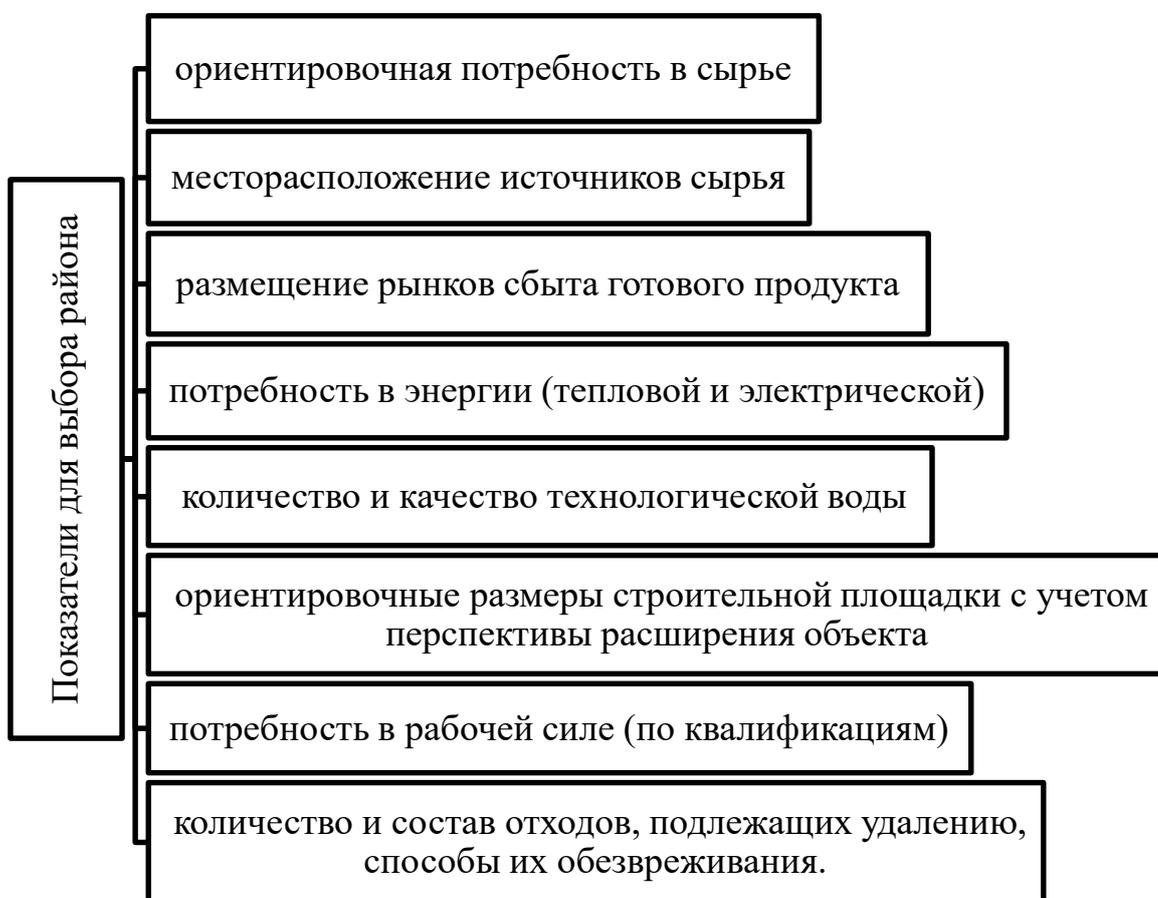
Одновременно составляют и рассчитывают уравнения теплового баланса по стадиям производства. В результате расчетов материального и теплового балансов определяются связи проектируемого производства с общезаводским хозяйством. Следует отметить, что материальные и тепловые балансы уточняются в процессе разработки проекта [7].

2.4. Выбор площадки строительства

Организационные работы по выбору площадки производит заказчик. При этом создается комиссия, в состав которой входят представители генерального проектировщика, местной администрации, территориальной

проектной организации субъекта РФ, изыскательских организаций, территориальных и местных органов государственного надзора и других заинтересованных организаций.

Комиссия в своей работе руководствуется основами земельного, водного законодательства Российской Федерации и учитывает также проекты районной планировки. Для оптимального выбора района строительства нового промышленного объекта необходима следующая информация:



Территориальное размещение производства является важным фактором, определяющим его экономические и социальные показатели, например, расходы на перевозку сырья и готовой продукции. Так, производство удобрений стараются разместить ближе к заводам, выпускающим минеральные кислоты. Однако следует учитывать, что затраты на перевозку

готовой продукции относительно малотоннажных производств, таких как производства тонкого органического синтеза, не являются определяющим фактором, влияющим на экономические показатели и себестоимость готового продукта. При различных вариантах расположения подобных производств транспортные расходы отличаются лишь в долях процента, поэтому большое значение для таких производств имеют условия удаления отходов, особенно сброса очищенных сточных вод. Немаловажным фактором при выборе района расположения химического предприятия является наличие источников воды. В химическом производстве потребляют большое количество воды как для технических нужд, так и для организации технологических процессов (в частности, процессов охлаждения). С этой точки зрения районы, находящиеся вблизи больших рек, предпочтительнее для размещения химических предприятий, хотя при организации процессов охлаждения можно применять обессоленную морскую воду, а также при сбросе сточных вод и отработанных газов, которые могут иметь вредные вещества, окружающая среда загрязняется. Это последнее обстоятельство может оказаться решающим при выборе площадки строительства. Как правило, химические производства связаны с энергоемкими процессами. Поэтому важным условием при выборе площадки строительства является вопрос теплоснабжения, газоснабжения и электроснабжения. Если вопрос электроснабжения решается просто – подключением к электросетям, то для теплоснабжения необходимо иметь пар соответствующих параметров и в необходимом количестве, что зачастую приводит к строительству новой ТЭЦ. Для предприятия с небольшим потреблением тепла при выборе площадки можно предусмотреть строительство собственной котельной, которая будет снабжать завод паром для технологических нужд и горячей водой для отопления.

Для правильного выбора площадки необходимо учитывать целый комплекс технико-экономических требований к размещению и планировке ее территории, а также требования строительной климатологии.

Строительная климатология определяет прикладные характеристики климата, необходимые для проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.



Температура воздуха. В зависимости от температурного режима района застройки выбирают тип задания, мощность отопительных систем и вентиляции, теплофизические характеристики ограждающих конструкций и т. п. При проектировании принимают расчетные температуры наружного воздуха по строительным нормам и правилам.

Ветер. Ветер – движение воздуха, вызванное перепадом атмосферного давления, характеризуется скоростью и направлением, является одним из определяющих параметров климата территорий застройки и учитывается при проектировании генеральных планов, районной планировки и производственных объектов. Ветровой напор создает дополнительные статические нагрузки на строительные конструкции, увеличивает теплопотери зданий, перераспределяет снеговые, пылевые отложения на территориях застройки и на кровлях зданий.

Влажность воздуха. Воздух практически всегда содержит некоторое количество водяных паров. При проектировании используют такую характеристику влажного воздуха, как «упругость водяного пара воздуха», т.е. парциальное давление водяных паров воздуха. Максимально возможное

насыщение водяными парами при данной температуре и атмосферном давлении называется максимальной упругостью водяного пара воздуха (давление насыщенного пара). Максимальная упругость водяного пара увеличивается с повышением температуры. Степень насыщения воздуха парами воды выражает «относительная влажность воздуха» (γ), численно равная отношению действительной упругости водяных паров воздуха (e) к максимальной упругости водяных паров (E), соответствующей данной температуре и атмосферному давлению:

$$\gamma = \frac{e}{E} * 100\%. \quad (20)$$

При охлаждении воздуха вследствие уменьшения максимальной упругости водяных паров относительная влажность воздуха увеличивается до тех пор, пока не достигнет значения 100%, т. е. воздух будет полностью насыщен водяными парами. При охлаждении воздуха значение температуры, при которой действительная упругость водяных паров достигает максимальной, принято называть «точкой росы». Для проектирования зданий, ограждающих конструкций и систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха разработаны строительные нормы и правила «Строительная климатология и геофизика», в которых приведены упругость водяного пара и наружного воздуха по месяцам и среднемесячная относительная влажность воздуха для наиболее холодного и наиболее теплого месяцев.

Осадки. Важная характеристика климата – количество осадков в твердой и жидкой фазах (в виде снега и дождя), выпадающих на землю:

- суммарных за год;
- жидких и смешанных за год;
- суточный максимум;
- объемы снеготранспорта на местности;
- высота и плотность снежного покрова;
- продолжительность устойчивого снежного покрова.

Данные о количестве осадков используются при проектировании автомобильных дорог, генеральных планов и микрорайонов застройки, ливневой канализации с территории застройки, водостоков с кровли зданий, световых и светоаэрационных фонарей, при выборе отделки фасадов.

Солнечная радиация. Солнечная радиация, поступающая на землю, является одним из основных климатообразующих факторов местности. Интенсивность солнечной радиации зависит от географической широты местности, состояния атмосферы, времени года, высоты стояния солнца. Прямая солнечная радиация – это энергия излучения солнца, достигающая поверхности земли без изменения направления. Рассеянная солнечная радиация – диффузная составляющая энергии излучения солнца, замеренная на поверхности земли.

При размещении предприятий учитывается топография и форма площадки, которая создает определенное ограничение при компоновке планировочных решений, удовлетворяющих требованиям технологического процесса и обеспечивающих минимальный объем земляных работ.

Топографические данные складываются из горизонтальной и вертикальной съемки. Геологические данные состоят из продольных и поперечных геологических разрезов, а также из карт с показанием грунтов, характеристику которых получают в результате шурфования и бурения.

Для промышленных предприятий непригодны площадки со слабыми грунтами в виде пльвунов и фильтрующих грунтов в сочетании с высокими уровнями стояния грунтовых вод. Нежелательны и твердые скалистые породы, доходящие до самой поверхности строительной площадки, т. к. это затрудняет проходку тоннелей и каналов. Наилучшими грунтами для оснований промышленных сооружений являются плотные гравелистые и сухие смеси, а также сухие супеси и суглинки. Благоприятными в строительном отношении являются грунты однородного геологического строения в пределах всей площадки при нормальном давлении на основание не менее $1,5 \text{ кг/см}^2$.

Наиболее трудным является отыскание площадок с благоприятным рельефом. Площадки должны быть с относительно ровной поверхностью и уклонами от 0,3 до 3%. Ограниченно пригодными считаются слегка всхолмленные площадки и с общим уклоном от 3 до 5 %. В горных условиях – до 10 %.

Санитарные требования к выбору площадки заключаются в размещении предприятий с учетом организации санитарно-защитных зон, создании наилучших условий проветривания территории предприятий, обеспечении благоприятных условий дневного освещения производственных цехов, проведении противошумовых мероприятий.

При организации территории санитарно-защитной зоны необходимо учитывать степень загрязнения и характер распределения концентраций вредных веществ на различных расстояниях от источников выброса.

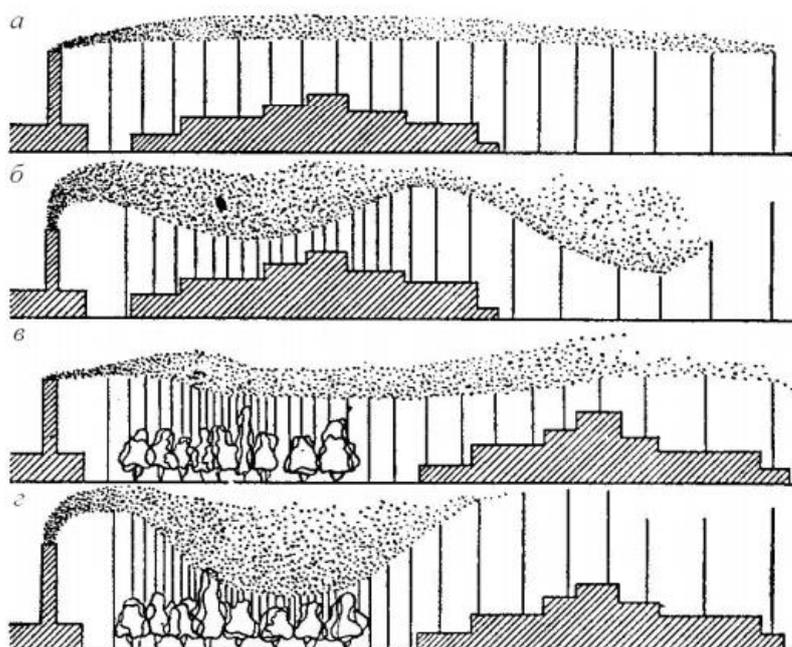


Рис. 4. Схема выпадения дымовых частиц при наличии зеленых защитных насаждений между застройками и источником задымления и при отсутствии их:

а, в – в условиях ветра; *б, г* – в условиях безветрия

Выбросы через высокие трубы повышают общий фон загрязнений на больших расстояниях: так, зона максимального загрязнения при высоких и горячих выбросах находится в пределах расстояния, равного 10–40-кратной высоте трубы. При холодных низких выбросах, а также при неорганизованных выбросах, которые можно отнести к низким, зона максимального загрязнения находится в пределах расстояния равного 5–20-кратной высоте трубы (рис. 4; рис. 5).



Рис. 5. Совмещенная схема движения загрязненных нижнего и верхнего потоков

Сеть железнодорожных путей на заводской территории, поддельное инженерно-сетевое хозяйство и ливнеотводы требуют площадок со спокойным рельефом, но не горизонтальных. Благоприятны площадки с уклоном около 10%. Выбор площадок должен быть подтвержден технико-экономическим обоснованием принятых решений путем сравнения различных вариантов размещения предприятий на разных площадках в данном районе.

Проектировщик по поручению заказчика осуществляет предварительный выбор нескольких альтернативных вариантов размещения предприятия. В комплекс работ по выбору оптимального варианта входят:

- 1) инженерные обследования и изыскания в объеме, требуемом для выбора площадки;
- 2) получение у заинтересованных организаций технических условий на подключение объекта к инженерным и транспортным коммуникациям;

3) разработка проектных предложений по технологической схеме, составу завода, схеме генерального плана, энерго- и водоснабжению, транспорту сырья и готовой продукции, защите окружающей среды, жилищно-гражданскому строительству;

4) технико-экономическое сравнение альтернативных вариантов и выбор оптимального [2, 8].

2.5. Задание на проектирование и исходные материалы

Ответственным за разработку задания является заказчик проекта. Непосредственная разработка задания на проектирование химического производства производится проектировщиком по поручению заказчика. Задание на проектирование должно содержать следующие сведения:

- наименование производства и предприятия
- основание для проектирования
- вид строительства
- стадийность проектирования
- требования по вариантной разработке
- особые условия строительства
- основные технико-экономические показатели объекта, в том числе мощность, производительность, производственная программа
- требования к технологии, режиму предприятия
- требования к архитектурно-строительным, объемно-планировочным и конструктивным решениям
- требования и условия по разработке природоохранных мер и мероприятий
- выделение очередей и пусковых комплексов, требования по перспективному расширению предприятия
- требования к режиму безопасности и гигиене труда
- требования по ассимиляции производства
- состав демонстрационных материалов

Задание на проектирование должно нацеливать проектную организацию на разработку документации с учетом последних достижений науки и техники с тем, чтобы будущее предприятие было технически передовым, выпускало продукцию высокого качества при научно обоснованных нормах затрат труда, сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов. Кроме того, проектировщик должен при проектировании объекта обеспечить высокую эффективность инвестиционных вложений, рациональное использование земель, охрану окружающей природной среды, сейсмостойкость, взрыво- и пожаробезопасность. На данном этапе выполнения работ, как и в течение всего процесса проектирования, используется внутренняя и внешняя информация. Составными частями внутренней информации являются материалы технического архива и библиотеки проектной организации, а также опыт и квалификация самих проектировщиков. Эта внутренняя информация может принести пользу лишь при быстром введении ее в процесс проектирования, что, в свою очередь, зависит от системы управления и организации труда в проектной организации. Эффективность внутренней информации зависит от непрерывного ее расширения и обновления при использовании обратной связи (корректировка и проверка данных внутренней информации в процессе строительства и эксплуатации проектируемых предприятий). Слагаемыми внешней информации являются исходные данные, получаемые от заказчика и исследовательских институтов, регламенты предприятий-аналогов и другие сведения по проектируемому объекту, поступающие извне. Конечным результатом переработки внутренней и внешней информации является проект предприятия. Вся информация, полученная на стадии предпроектной проработки, составляет необходимые исходные материалы для проектирования. Объем их зависит от характера намеченного строительства (новостройка, расширение, реконструкция) и состава проектируемого объекта. Исходные материалы готовит заказчик с привлечением генерального проектировщика и отраслевого научно-исследовательского института.

При строительстве нового объекта к основным исходным материалам относятся:

- обоснование инвестиций в строительство объекта;
- решение местного органа исполнительной власти о предварительном согласовании места размещения объекта;
- акт выбора земельного участка для строительства объекта;
- архитектурно-планировочное задание;
- технические условия на присоединение проектируемого объекта к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям;
- исходные данные по оборудованию, в том числе индивидуального изготовления;
- необходимые данные по выполненным научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам, связанным с созданием технологических процессов и оборудования;
- материалы инвентаризации, акты и решения органов местной администрации о размере компенсации за сносимые здания и сооружения;
- материалы местной администрации, органов государственного надзора о социально-экономической обстановке, состоянии окружающей среды в районе строительства;
- материалы инженерных изысканий и обследований (по существующим сооружениям, сетям и коммуникациям);
- техническая характеристика продукции будущего химического предприятия;
- задание на разработку тендерной документации на строительство (при необходимости);
- заключение и материалы, выполненные по результатам обследования действующих производств, конструкций зданий и сооружений;
- технологические планировки действующих цехов, участков со спецификацией оборудования и сведениями о его состоянии, данными об условиях труда;

- условия на размещение временных зданий и сооружений, подъемно-транспортных машин и механизмов, мест складирования строительных материалов;
- другие необходимые материалы.

2.6. Состав проектной документации

Перед непосредственным оформлением бумаг проводятся предпроектные работы.



Иными словами, проводится работа по обоснованию строительства, капремонта или восстановления сооружения. Определяется инвестиционная привлекательность, актуальность запланированных мероприятий. Проект составляется при получении позитивных выводов.

В целях настоящего Положения под этапом строительства понимается строительство одного из объектов капитального строительства, строительство которого планируется осуществить на одном земельном участке, если такой объект может быть введен в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно, то есть независимо от строительства иных объектов капитального строительства на этом земельном участке, а также строительство части объекта капитального строительства, которая может быть введена в эксплуатацию и эксплуатироваться автономно, то есть независимо от строительства иных частей этого объекта капитального строительства.

Основой для выполнения проекта является утвержденное заказчиком задание на проектирование. На стадии разработки проекта решаются все основные технические, технико-экономические, экологические и другие проблемы проектируемого производства с учетом новейших достижений науки и техники: обосновывается технология производства; разрабатывается принципиальная технологическая схема производства; рассчитывается и выбирается оборудование; осуществляется размещение оборудования технологической схемы по этажам строительных конструкций (компоновка оборудования); решаются вопросы энергоснабжения, автоматизации и механизации производства; составляются сметы и заказные спецификации на соответствующее оборудование.

Проектная деятельность в РФ регламентируется ГОСТ Р 21.1101-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации». Стандарт устанавливает основные требования к проектной и рабочей документации для строительства объектов различного назначения. Понятие «строительство» включает в себя новое строительство, реконструкцию, техническое перевооружение и капитальный ремонт объектов капитального строительства.

Состав разделов проектной документации и требования к их содержанию регламентируется постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 года №87.

Проект, предполагающий в ходе своей реализации капитальное строительство или реконструкцию зданий и сооружений, должен документально оформляться надлежащим образом. При этом часто возникает вопрос, что такое проектная и рабочая документация, и чем они друг от друга отличаются.

Проектом можно назвать комплект материалов и документов, подготовленных в результате проектирования. В свою очередь проектирование – это определенная последовательность действий, процесс, в результате которого создается прообраз или прототип требуемого объекта.

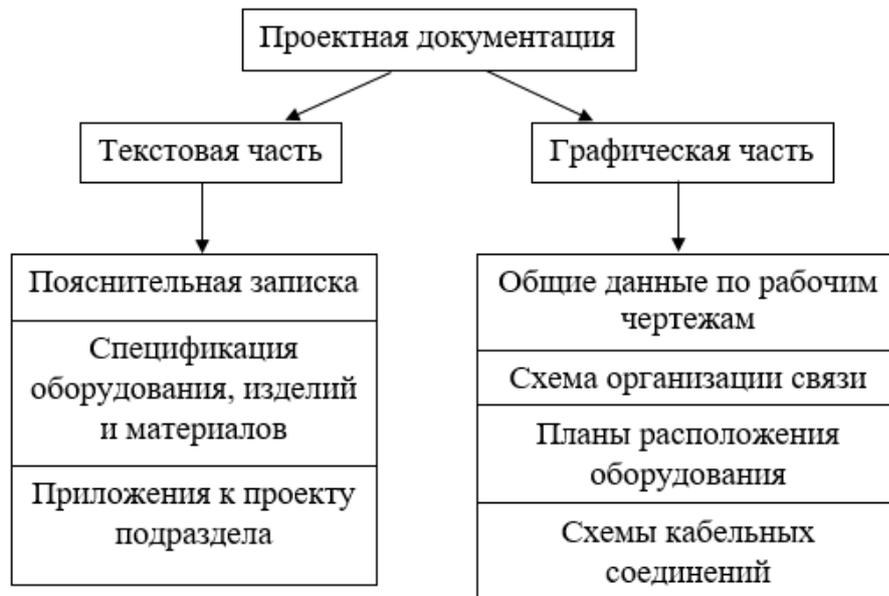
Соответственно, для этого производятся специальные расчеты экономического и технического характера, разрабатываются сметы, калькуляции, пояснительные записки, чертежи, схемы. Проекты бывают индивидуальные или же типовые. Исходя из специфики задач, поставленных заказчиком, все разрабатываемые проектные решения можно подразделить на такие виды: новое строительство; модернизация, реконструкция, техническое перевооружение, расширение уже сооруженных объектов; капитальный ремонт, восстановление, усиление зданий. До вступления в силу Постановления Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года №87 законодательно предусматривалась определенная стадийность при разработке проекта. Сначала готовилось «технико-экономическое обоснование» (ТЭО), затем «проект» и только после этого «рабочий проект». Теперь же используются другие понятия: «рабочая документация» и «проектная документация».

Исходя из статьи 48 Градостроительного кодекса России, под проектной документацией понимается определенный набор документов, содержащий ряд материалов в виде текста, схем и карт. В таких материалах указаны определяющие конструктивные, архитектурные, инженерные и технологические решения, используя которые, предполагается проведение работ по реконструкции или строительству сооружения или их частей. Это же касается и капитального ремонта зданий в случае, когда речь идет о работах, при которых оказывается воздействие на конструктивные элементы и могут быть изменены характеристики безопасности и надежности объекта. Проектные документы относительно некоторых видов работ, которые могут повлиять на безопасность сооружения, имеют право выполнять лишь юридические лица или индивидуальные предприниматели, имеющие соответствующий допуск, подтвержденный свидетельством.

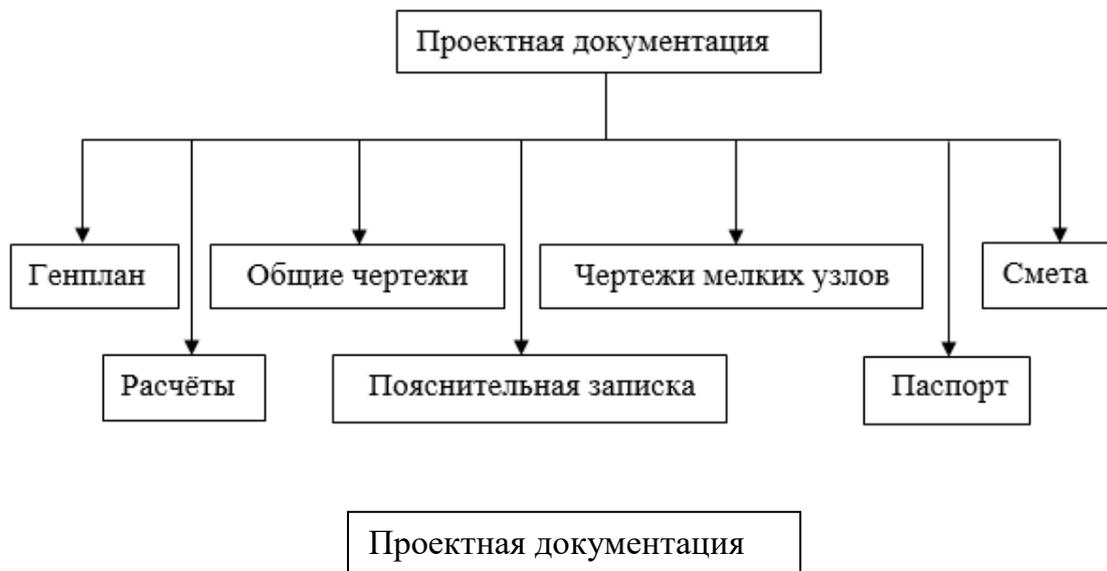
Исходя из Постановления Правительства РФ №87, рабочая документация – это пакет документов, разрабатываемый для того, чтобы было возможно внедрить технические, архитектурные или технологические решения непосредственно в процессе строительства. Ее содержание и состав

определяется застройщиком, исходя из уровня детализации составных частей проектной документации, и указывается в проектировочном задании. Законодатель не указал на четкую очередность подготовки этих двух пакетов документов. Поэтому можно составлять их одновременно, или же рабочую документацию готовить после согласования проектной. Если все бумаги разрабатываются одновременно, то на государственную экспертизу, по согласованию между экспертной организацией и заказчиком, можно подавать оба пакета.

Основой любого инвестиционного проекта является именно проектная документация, которая может включать в себя графическую и текстовую часть. В ней указаны самые главные технические решения, доказывающие как техническую возможность, так и экономическую целесообразность внедрения конкретного инвестиционного проекта. Именно этот пакет документов подается застройщиком на государственную экспертизу и утверждается после ее положительного заключения. Исключение составляет только строительство индивидуальных жилых домов. Следует отметить, что исключительно по проектным документам сооружение возвести нельзя, так как они носят относительно общий характер, не содержат всех необходимых деталей и спецификаций. Для того же, чтобы строительная организация могла качественно выполнить свою работу, ей потребуется более детально описанное задание: что конкретно, как и из каких материалов строить. Эти данные содержатся в рабочей документации, которая детализирует все решения проектировщиков и состоит из текстового описания работ и многочисленных схем, чертежей, графиков, спецификации всех компонентов и готовых изделий. Объем информации должен быть достаточен для проведения строительно-монтажных работ, обеспечения стройки требуемым количеством сырья, оборудования, материалов и готовых изделий, рабочих и инженерных кадров.



Проектная документация состоит из текстовой и графической частей. Текстовая часть содержит сведения в отношении объекта капитального строительства, описание принятых технических и иных решений, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы, используемые при подготовке проектной документации и результаты расчетов, обосновывающие принятые решения. Графическая часть отображает принятые технические и иные решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме.



1. *Генплан* — графическое изображение общей площади строительных работ. На чертеже видны проектированные сооружения, элементы благоустройства и топография участка (при необходимости).
2. *Общие чертежи*. В эту группу входит графическое отображение поэтажных планов, фасадов, разрезов зданий. На чертежах можно увидеть расположение техники и коммуникаций, их связь, маркировку и габариты. Чертежи особенно актуальны при выполнении работ по созданию канализационных и водопроводных систем, обустройству отопления и вентиляции.
3. *Чертежи мелких узлов*. Наиболее сложные детали требуют более углубленного изучения. На схеме указываются размеры деталей и элементов объекта, сечение, спецификация и иные сведения.
4. *Пояснительная записка*. В состав проектной документации входит подробная справка об объекте — назначение, внешнее оформление, внутреннее обустройство. Указываются главные особенности, технические параметры, назначение. В пояснительной части приводятся данные по экономическим, общественным и иным аспектам деятельности.
5. *Паспорт* — упрощенная схема объекта с небольшим описанием и указанием технических параметров.
6. *Расчеты*. В состав проекта входят вычисления, касающиеся вопросов устойчивости к землетрясениям, аэродинамическим, тепловым и гидравлическим нагрузкам. Прописываются параметры сооружения и его компонентов в зависимости от расчетной информации.
7. *Смета* — документация, рассматривающая расходы на выполнение строительных работ. Этот раздел не входит в состав технической документации, но является обязательным элементом любого проекта. Без расчетов затрат организовать строительство, капремонт или реконструкцию невозможно.

Необходимость разработки проектной документации на объект капитального строительства применительно к отдельным этапам

строительства устанавливается заказчиком и указывается в задании на проектирование.

Возможность подготовки проектной документации в отношении отдельных этапов строительства должна быть обоснована расчетами, подтверждающими технологическую возможность реализации принятых проектных решений при осуществлении строительства по этапам.

Проектная документация в отношении отдельного этапа строительства разрабатывается в объеме, необходимом для осуществления этого этапа строительства. Указанная документация должна отвечать требованиям к составу и содержанию разделов проектной документации, установленным настоящим Положением для объектов капитального строительства.

Заказчик и исполнитель должны понимать, что конечная цель проектной документации — исключение ошибок в строительных работах, обеспечение эффективного управления и гарантирование взаимодействия всех элементов здания и коммуникаций. Кроме того, оформление проекта необходимо с позиции законодательства, поэтому избежать составления такой документации не выйдет (кроме редких случаев для ИЖС).

I. Общая пояснительная записка содержит:

- основание для разработки проекта;
- исходные материалы для проектирования;
- краткую характеристику предприятия и входящих в его состав производств;
- данные о проектной мощности и номенклатуре, качестве, конкурентоспособности, технологическом уровне продукции, сырьевой базе, потребности в топливе, воде, тепловой и электрической энергии, комплексном использовании сырья, отходов производства, вторичных энергоресурсов;
- сведения о социально-экономических и экологических условиях района строительства;
- основные показатели по генеральному плану, инженерным сетям и коммуникациям, мероприятия по инженерной защите территории;

- общие сведения, характеризующие условия и охрану труда работающих;
- санитарно-эпидемиологические мероприятия;
- сведения об использованных в проекте изобретениях;
- технико-экономические показатели, полученные в результате разработки проекта, их сопоставление с показателями утвержденного обоснования инвестиций в строительство объекта и установленным заданием на проектирование;
- сведения о проведенных согласованиях проектных решений, подтверждении соответствия разработанной проектной документации государственным нормам, правилам, стандартам, исходным данным, а также техническим условиям и требованиям, выданным органами государственного надзора (контроля) и заинтересованными организациями при согласовании места размещения объекта (площадки строительства).

Пояснительная записка должна содержать в текстовой части:

1. Реквизиты одного из следующих документов, на основании которого принято решение о разработке проектной документации:

федеральная целевая программа, программа развития субъекта Российской Федерации, комплексная программа развития муниципального образования, ведомственная целевая программа и другие программы;

решение Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в соответствии с их полномочиями;

решение застройщика;

2. Исходные данные и условия для подготовки проектной документации на объект капитального строительства.

В пояснительной записке указываются реквизиты следующих документов:

– задание на проектирование – в случае подготовки проектной документации на основании договора;

- отчетная документация по результатам инженерных изысканий;
- правоустанавливающие документы на объект капитального строительства – в случае подготовки проектной документации для проведения реконструкции или капитального ремонта объекта капитального строительства;
- утвержденный и зарегистрированный в установленном порядке градостроительный план земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства;
- документы об использовании земельных участков, на которые действие градостроительных регламентов не распространяется или для которых градостроительные регламенты не устанавливаются, выданные в соответствии с федеральными законами уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, или уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, или уполномоченными органами местного самоуправления;
- технические условия;
- документы о согласовании отступлений от положений технических условий;
- разрешение на отклонения от предельных параметров разрешенного строительства объектов капитального строительства;
- акты (решения) собственника здания (сооружения, строения) о выведении из эксплуатации и ликвидации объекта капитального строительства – в случае необходимости сноса (демонтажа);
- иные исходно-разрешительные документы, установленные законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, в том числе техническими и градостроительными регламентами;
- решение органа местного самоуправления о признании жилого дома аварийным и подлежащим сносу – при необходимости сноса жилого дома;
- обоснование безопасности опасного производственного объекта и положительное заключение экспертизы промышленной безопасности такого

обоснования, внесенное в реестр заключений экспертизы промышленной безопасности;

- сведения о функциональном назначении объекта капитального строительства, состав и характеристика производства, номенклатура выпускаемой продукции (работ, услуг);

- сведения о потребности объекта капитального строительства в топливе, газе, воде и электрической энергии;

- данные о проектной мощности объекта капитального строительства;

- сведения о сырьевой базе, потребности производства в воде, топливно-энергетических ресурсах - для объектов производственного назначения;

- сведения о комплексном использовании сырья, вторичных энергоресурсов, отходов производства - для объектов производственного назначения и сведения об использовании возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов;

- сведения о земельных участках, изымаемых для государственных или муниципальных нужд, о земельных участках, в отношении которых устанавливается сервитут, публичный сервитут, обоснование их размеров, если такие размеры не установлены нормами отвода земель для конкретных видов деятельности, или правилами землепользования и застройки, или проектами планировки, проектами межевания территории - при необходимости изъятия земельного участка для государственных или муниципальных нужд, установления сервитута, публичного сервитута;

- сведения о категории земель, на которых располагается (будет располагаться) объект капитального строительства;

- сведения о размере средств, требующихся для возмещения правообладателям земельных участков и (или) расположенных на таких земельных участках объектов недвижимого имущества, - в случае их изъятия для государственных или муниципальных нужд. Сведения о размере средств, требующихся для возмещения правообладателям земельных участков и (или) расположенных на таких земельных участках объектов недвижимого

имущества убытков и (или) в качестве платы правообладателям земельных участков – в случае установления сервитута, публичного сервитута в отношении таких земельных участков;

- сведения об использованных в проекте изобретениях, результатах проведенных патентных исследований;

- технико-экономические показатели проектируемых объектов капитального строительства;

- сведения о наличии разработанных и согласованных специальных технических условий – в случае необходимости разработки таких условий;

- данные о проектной мощности объекта капитального строительства, значимости объекта капитального строительства для поселений (муниципального образования), а также о численности работников и их профессионально-квалификационном составе, числе рабочих мест (кроме жилых зданий) и другие данные, характеризующие объект капитального строительства, – для объектов непромышленного назначения;

- сведения о компьютерных программах, которые использовались при выполнении расчетов конструктивных элементов зданий, строений и сооружений;

- обоснование возможности осуществления строительства объекта капитального строительства по этапам строительства с выделением этих этапов (при необходимости);

- сведения о предполагаемых затратах, связанных со сносом зданий и сооружений, переселением людей, переносом сетей инженерно-технического обеспечения (при необходимости);

- заверение проектной организации о том, что проектная документация разработана в соответствии с градостроительным планом земельного участка, заданием на проектирование, градостроительным регламентом, документами об использовании земельного участка для строительства (в случае, если на земельный участок не распространяется действие градостроительного регламента или в отношении его не устанавливается градостроительный регламент), техническими

регламентами, в том числе устанавливающими требования по обеспечению безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий, и с соблюдением технических условий.

II. Генеральный план и транспорт. В разделе приводятся: краткая характеристика района и площадки строительства проектируемого химического предприятия; решения и показатели по ситуационному и генеральному плану (с учетом зонирования территории), внутриплощадочному и внешнему транспорту, выбор вида транспорта, основные планировочные решения, мероприятия по благоустройству территории; решения по расположению инженерных сетей и коммуникаций; организация охраны предприятия.

Данный раздел содержит чертежи:

– ситуационный план размещения предприятия, здания, сооружения с указанием на нем существующих и проектируемых внешних коммуникаций, инженерных сетей и подсобных территорий, границы санитарно-защитной зоны, особо охраняемой территории, приводится план трасс (внутри- и внешнеплощадочных), а при необходимости – продольный профиль трасс;

– картограмму земельных масс (графическое представление земляных работ при расчете из объемов, она служит для определения границ между выемкой и насыпями с помощью рабочих отметок вершин сетки квадратов);

– генеральный план, на который наносятся существующие и проектируемые (рекомендуемые) и подлежащие сносу здания и сооружения, объекты охраны окружающей среды и благоустройства, озеленение территории, принципиальные решения по расположению внутриплощадочных инженерных линий и транспортных коммуникаций, планировочные отметки территории. Выделяются объекты, сети и транспортные коммуникации, входящие в пусковые комплексы.

III. Технологические решения содержат:

– данные о производственной программе;

– характеристику и обоснование решений по технологии производства;

- данные о трудоемкости изготовления продукции, механизация и автоматизация химико-технологических процессов;
- состав и обоснование применяемого технологического оборудования (в том числе импортного);
- решения по применению малоотходных технологических процессов и производств, вторичному использованию ресурсов;
- предложения по организации контроля качества продукции;
- решения по организации ремонтного хозяйства;
- данные о количестве и составе вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водные источники по отдельным цехам, производствам, сооружениям;
- технические решения по предотвращению (сокращению) выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду; оценка возможности возникновения аварийных ситуаций и решения по их предотвращению;
- вид, состав и объем отходов производства, подлежащих утилизации и захоронению;
- топливно-энергетический и материальный балансы технологических процессов;
- потребность в основных видах ресурсов для технологических нужд.

Основные чертежи этого раздела:

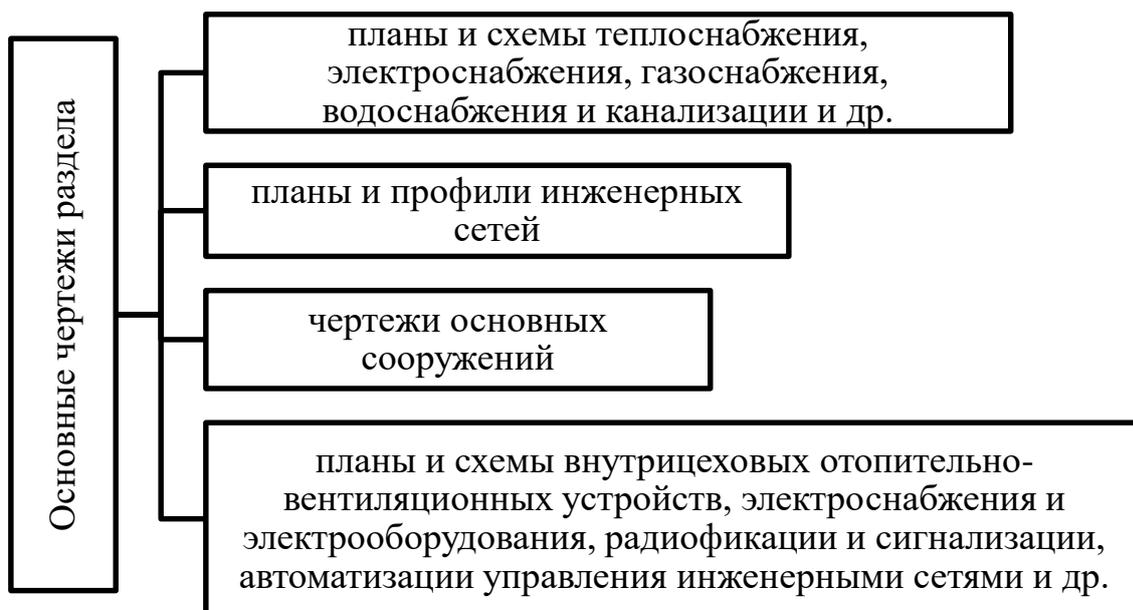
- принципиальные технологические схемы производства;
- компоновочные чертежи (планы и разрезы) по корпусам (цехам);
- функциональные и принципиальные схемы автоматизации технологических процессов и энергоснабжения технологического оборудования;
- схемы грузопотоков.

IV. Управление производством, предприятием и организация условий и охраны труда рабочих и служащих. Раздел выполняется в соответствии с нормативными документами. В нем рассматриваются организационная структура управления предприятием и отдельными производствами, автоматизированная система управления и ее

информационное, функциональное, организационное и техническое обеспечение; автоматизация и механизация труда работников управления, результаты расчетов численного и профессионально-квалификационного состава работающих; число и оснащенность рабочих мест; санитарно-гигиенические условия труда работающих; мероприятия по охране труда и технике безопасности, в том числе решения по снижению производственных шумов и вибраций, загрязненности помещений, избытка тепла, повышению комфортности условий труда и т.д.

V. Архитектурно-строительные решения. В разделе приводятся сведения об инженерно-геологических, гидрогеологических условиях площадки строительства. Дается краткое описание и обоснование архитектурно-строительных решений по основным зданиям и сооружениям; обоснование принципиальных решений по снижению производственных шумов и вибрации; бытовому, санитарному обслуживанию работающих. Разрабатываются мероприятия по электро-, взрыво- и пожаробезопасности; защите строительных конструкций, сетей и сооружений от коррозии. Основные чертежи: планы, разрезы и фасады основных зданий и сооружений со схематическим изображением основных несущих и ограждающих конструкций.

VI. Инженерное оборудование, сети и системы. Раздел содержит решения по водоснабжению, канализации, теплоснабжению, газоснабжению, электроснабжению, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха. Дано инженерное оборудование зданий и сооружений, в том числе: электрооборудование, электроосвещение, связь и сигнализация, радификация и телевидение, противопожарные устройства и молниезащита, диспетчеризация и автоматизация управления инженерными сетями.



VII. Организация строительства. Раздел разрабатывается в соответствии со СНиП «Организация строительного производства» и с учетом условий и требований, изложенных в договоре на выполнение проектных работ и имеющихся данных о рынке строительных услуг.

VIII. Охрана окружающей среды. Раздел выполняется в соответствии с государственными стандартами, строительными нормами и правилами, утвержденными Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, нормативными документами и другими нормативными актами, регуливающими природоохранную деятельность.

IX. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны по предупреждению чрезвычайных ситуаций. Выполняется в соответствии с нормами и правилами в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Для определения стоимости строительства предприятий, зданий и сооружений (или их очередей) составляется сметная документация в соответствии с положениями и формами, приводимыми в нормативно-методических документах Министерства строительства и жилищно-

коммунального хозяйства Российской Федерации по определению стоимости строительства.

Х. Сметная документация, разрабатываемая на стадии проекта, должна иметь:

- сводные сметные расчеты стоимости строительства (при необходимости сводку затрат);
- объектные и локальные сметные расчеты;
- сметные расчеты на отдельные виды затрат (в том числе на проектные и изыскательские работы).

В состав рабочей документации включаются объектные и локальные сметы.

Для определения стоимости строительства рекомендуется использовать действующую сметно-нормативную (нормативно-информационную) базу, разрабатываемую, вводимую в действие и уточняемую в установленном порядке.

Разработку сметной документации рекомендуется приводить в двух уровнях цен:

- 1) в базисном (постоянном), определяемом на основе действующих сметных норм и цен;
- 2) в текущем или прогнозируемом, определяемом на основе цен, сложившихся ко времени составления смет или прогнозируемых к периоду осуществления строительства.

В состав сметной документации проектов строительства включается также пояснительная записка, в которой приводятся данные, характеризующие применяемую сметно-нормативную (нормативно-информационную) базу, уровень цен и другие сведения, отражающие условия данной стройки. На основе текущего (прогнозируемого) уровня стоимости, определенного в составе сметной документации, заказчики и подрядчики формируют свободные (договорные) цены на строительную продукцию. Эти цены могут быть открытыми, т.е. уточняемыми в соответствии с условиями договора (контракта) в ходе строительства, или

твердыми (окончательными). В результате совместного решения заказчика и подрядной строительной-монтажной организации оформляется протокол (ведомость) свободной (договорной) цены на строительную продукцию по соответствующей форме. При составлении сметной документации, как правило, применяется ресурсный (ресурсно-индексный) метод, при котором сметная стоимость строительства определяется на основе данных проектных материалов о потребных ресурсах (рабочей силе, строительных машинах, материалах и конструкциях) и текущих (прогнозируемых) ценах на эти ресурсы. В сводном сметном расчете отдельной строкой предусматривается резерв на непредвиденные работы и затраты, исчисляемые от общей сметной стоимости (в текущем уровне цен) в зависимости от степени проработки и новизны проектных решений. Для строек, осуществляемых за счет инвестиционных вложений, финансируемых из республиканского бюджета Российской Федерации, размер резерва не должен превышать трех процентов по объектам производственного назначения и двух процентов по объектам социальной сферы.

XI. Эффективность инвестиций. Раздел готовится на основе количественных и качественных показателей, полученных при разработке соответствующих частей проекта, выполняются расчеты эффективности инвестиций. Производится сопоставление обобщенных данных и результатов расчетов с основными технико-экономическими показателями, определенными в составе обоснований инвестиций в строительство данного объекта. Примерный перечень технико-экономических показателей приведен в табл. 2 [2, 9].

Таблица 2 – Примерный перечень технико-экономических показателей для объектов производственного назначения

Наименование показателя	Единицы измерения
Мощность предприятия, годовой выпуск продукции – в стоимостном выражении – в натуральном выражении	тыс.р. в соотв. ед.
Общая площадь участка	га
Коэффициент застройки	отн. ед.
Удельный расход на единицу мощности – электроэнергии – воды – природного газа – мазута – угля	кВт·ч м ³ тыс. · м ³ т т
Общая численность работающих	чел.
Годовой выпуск продукции на работающего – в стоимостном выражении – в натуральном выражении	тыс.р./чел. ед./чел.
Общая стоимость строительства, в том числе строительно-монтажные работы	тыс.р.
Удельные инвестиционные вложения	р./ед. мощности
Продолжительность строительства	мес.
Стоимость основных производственных фондов	тыс.р.
Себестоимость продукции	тыс.р./ед.
Балансовая (валовая) прибыль	тыс.р.
Чистая прибыль	тыс.р.
Уровень рентабельности производства	%
Внутренняя норма доходности	%
Срок окупаемости	лет
Срок погашения кредита и других заемных средств	лет

Готовый проект проходит проверку в надзорных органах на факт соответствия требованиям законодательства, местным условиям, нормам ГОСТ и другим действующим документам.

Виды экспертизы проектной документации	
государственная — с привлечением федеральных органов	негосударственная — выполняется частными юрлицами, имеющими необходимую лицензию

Государственная экспертиза

В 2007 году в России произошла реформа, которая упростила процесс проверки проектов. Государственная экспертиза в отношении проектной документации проводится с привлечением федеральных органов власти или соответствующих структур на местах. Выполнение работы поручается Росстрою, а именно входящему в его состав ФГУ «Главэкспертиза РФ».

Параллельно составлен и утвержден перечень объектов, для которых проведение госэкспертизы обязательно. В эту категорию входят следующие объекты:

- обеспечивающие безопасность и обороноспособность страны;
- объекты культурного наследия, относящиеся к уникальным и имеющие государственное значение;
- находящиеся во внутренних или территориальных водах;
- особой сложности;
- объекты, которые несут определенную опасность и являются государственной тайной;
- возводимые в особой экономической зоне или охватывающие сразу несколько субъектов РФ.

В процессе государственной экспертизы оценивается соответствие проекта требованиям СЭС, технических регламентов, органов защиты окружающей среды и т. д.

Негосударственная экспертиза

Если объект не входит в рассмотренный выше перечень, можно провести негосударственную экспертизу проектной документации. Ее цель, как и в прошлом случае — определение факта соблюдения требований, норм и правил, гарантирующих надежность и безопасность сооружения.

Проведение негосударственной проверки проходит в следующем порядке:

1. Подача застройщиком заявления на проведение проверки с приложением пакета бумаг (технической документации и задания на оформление проекта).

2. Оформление договора между заказчиком и исполнителем. В соглашении указываются обязательства каждой из сторон.

Во время экспертизы выполняются следующие шаги:

- проверка полученной документации на факт соответствия техническим условиям и стандартам в строительной сфере;
- информирование заявителя об имеющихся недоработках;
- исправление ошибок и внесение правок в проект (если это требуется);
- проведение повторной экспертизы (если вносились изменения в документы),
- окончание работы и выдача заключения.

Проведение экспертизы (государственной и негосударственной) избавляет от рисков и непредусмотренных затрат. Главное — правильно выбрать исполнителя, если речь идет о сотрудничестве с частной организацией.

После завершения работ заказчик получает проектную документацию, которая соответствует требованиям ГрК РФ, техническому регламенту и правилам РФ в строительном секторе. Если в процессе проверки выявляются замечания, документ отправляется для внесения исправлений. С правильным документом можно получать разрешение на строительство и приступать к работам.

Государственная и негосударственная экспертиза имеют одинаковую юридическую силу. Преимущество последней состоит в возможности выбора исполнителя и, соответственно, экономии. Но нужно внимательно подойти к выбору организации, чтобы не попасть на неквалифицированных специалистов.

Для проведения частной экспертизы необходимо найти компанию, оформить договор и получить решение. Сроки и стоимость работ определяется индивидуально. Госэкспертиза проектной документации доступна через Интернет. Срок исполнения зависит от задачи:

1. Жилые объекты капитального строительства и типовые проекты — 1 месяц.
2. Остальные сооружения, не относящиеся к уникальным — 1,5 месяца.
3. Уникальные объекты — 2 месяца.

Для получения услуги необходимо собрать следующие бумаги:

- заявление;
- проектную документацию;
- задание на проектирование и выполнение инженерных изысканий (в том числе результаты последних);
- бумаги, подтверждающие полномочия заявителя;
- копия СРО о допуске компании к оформлению проекта.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

3.1. Анализ исходных данных

Первоочередной задачей анализа исходных данных является проверка обоснованности рекомендованного метода производства. Если учесть, что один и тот же продукт можно получить различными методами и из различного сырья, то решающим фактором при выборе схемы часто оказывается стоимость сырья. Это объясняется тем, что в химической промышленности затраты на сырье составляют значительную долю производственных расходов. При выборе технологии производства

необходимо учитывать ограничивающие параметры, в частности, запрещено использовать в процессе переработки вредные для здоровья вещества. Токсические свойства новых видов сырья должны быть исследованы специализированными организациями. Кроме того, выбирая технологию производства, следует руководствоваться действующими правилами и нормами техники безопасности и охраны окружающей среды.

Сравнивая с технологической точки зрения непрерывный и периодический способы получения одного и того же продукта, следует помнить, что эффективное применение непрерывного метода возможно при наличии сырья с постоянными заданными физико-химическими свойствами, надежного контроля производства с автоматическим поддержанием необходимых параметров процесса, надежной и бесперебойной работы оборудования.

Для периодического производства характерен пооперационный контроль, требования к которому должны быть высокими с целью обеспечения заданного качества продукта. В целом непрерывные производства имеют значительные преимущества перед периодическими: возможность поэтапной специализации аппаратуры, стабилизация процесса во времени, а, следовательно, постоянное качество продукта, возможность регулирования параметров процесса и полной его автоматизации.

Непрерывные схемы предусматриваются, как правило, для крупно- и среднетоннажных производств, а периодические – для малотоннажных, что объясняется в первом случае рентабельностью применения средств автоматизации.

При выборе технологии химического производства прежде всего изучают различные методы получения продукции, которую будет выпускать проектируемый объект. При этом учитывают новейшие результаты исследований по усовершенствованию технологии производства, анализируют регламенты действующих и опытных производств-аналогов, проверяют нормы расхода сырья, вспомогательных материалов,

рекомендации по выбору конструкционных материалов для изготовления оборудования. При рассмотрении базового регламента проектировщик намечает пути усовершенствования некоторых технологических узлов с учетом последних достижений науки и техники.

Одним из таких путей является поиск и разработка методов интенсификации технологических процессов. Интенсификация химико-технологических процессов дает возможность увеличить производительность аппаратов при уменьшении их габаритов, металлоемкости, стоимости и соответствующем сокращении необходимых производственных площадей и уменьшении эксплуатационных расходов. Кроме того, интенсификация технологических процессов зачастую позволяет получить новые эффекты, соизмеримые и даже превосходящие по значимости основные целевые эффекты (уменьшение инкрустации на внутренних поверхностях аппаратов или осмоления перерабатываемых веществ, увеличение селективности химических процессов, улучшение качества продукции, уменьшение энергетических затрат). Известно значительное количество традиционных и сравнительно новых способов интенсификации технологических процессов. Условно их можно разделить на два класса:

- 1) системные (когда к установке подходят как к единому целому)
- 2) декомпозиционные (при которых выявляют и интенсифицируют лимитирующие стадии процесса или элементы его аппаратного оформления).

Под интенсивностью i любого технологического аппарата понимают отношение одной из количественных характеристик Q (например, производительности или количества переносимого тепла) к основной геометрической характеристике аппарата (например, поверхности рабочей зоны).

Для теплообменного аппарата

$$i = \frac{Q}{F_\tau} = \frac{K_2 F_t \Delta t_{cp}}{F_\tau} = K_2 \Delta t_{cp} = K_2 = \frac{\Delta t_\delta - \Delta t_m}{2,31g \frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_m}} = \frac{\Delta t_\delta - \Delta t_m}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_2} \right) * 2,31g \frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_m}}, \quad (1)$$

где F – поверхность теплообмена; K_2 – коэффициент теплопередачи; τ – время; Δt_{cp} – среднелогарифмическая разность температур; Δt_b , Δt_m – большая и меньшая разности температур между теплоносителями; α_1 , α_2 – коэффициенты теплоотдачи; δ_j – толщина стенки и отложений; λ_j – теплопроводность стенки и отложений.

Соотношение (1) можно использовать для составления наглядной схемы действий разработчика технологии по интенсификации конкретного теплообменного аппарата, вводя обозначения:

\uparrow – необходимость увеличения и \downarrow – необходимость уменьшения того или иного параметра.

В этом случае последнее соотношение можно записать в виде

$$i \uparrow = (\Delta t_b, \Delta t \downarrow, \alpha_1 \uparrow, \delta_j \downarrow, \lambda_j \uparrow, \alpha_2 \uparrow). \quad (2)$$

В соответствии с соотношением (2) необходимо увеличивать наименьшее α . Такая запись показывает направление изменения тех или иных параметров процесса или конструктивных характеристик аппарата для интенсификации процесса теплообмена.

Рассмотрим пути интенсификации массообменной аппаратуры. Если использовать основное уравнение процесса массопереноса, то для наиболее распространенных тарельчатых массообменных аппаратов фактор интенсификации можно рассчитать по формуле:

$$i = M/V = K_3 F \Delta C / V, \quad (3)$$

где M – масса вещества, переносимого в единицу времени;

$V = n(V_b + V_c) = n F (H_b + H_c)$ – объем тарельчатого аппарата; V_b , V_c – соответственно объем рабочей (барботажной) и сепарационной зон одной секции аппарата; F – поверхность полотна тарелки; H_b , H_c – соответственно высота барботажной и сепарационной зон; K_3 – коэффициент массопередачи, отнесенный к 1 м^2 полотна тарелки; ΔC – движущая сила процесса.

Для противоточного аппарата (допускается коэффициент массопередачи, не зависящий от концентрации), запишем:

$$i = K_3 \Delta C / [n(H_b + H_c)]. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что на величину фактора интенсификации оказывает влияние кинетический параметр K_3 , движущая сила ΔC и число секций в аппарате, тесно связанные со статическими характеристиками процесса, в частности, с равновесиями между фазами, определяемыми термодинамическими свойствами компонентов системы, а также параметрами N_6 и N_c . Последние зависят в основном от конструктивных особенностей аппарата и физико-химических свойств перерабатываемых продуктов.

Вводя эффективность ступени контакта η , получим:

$$i = nK_3\Delta C / [n_T(N_6 + N_c)], \quad (5)$$

где n_T – число необходимых теоретических ступеней контакта. Тогда направление интенсификации массообменного аппарата можно представить в виде:

$$i \uparrow = \eta \uparrow, K \uparrow, \Delta C \uparrow, n_T \downarrow, N_6 \downarrow, N_c \downarrow, \quad (6)$$

Для поиска пути увеличения коэффициента массопередачи можно использовать многочисленные эмпирические зависимости определения K в колонной аппаратуре различного типа и получить более полное выражение для i . При определении интенсивности газожидкостного реактора будем рассуждать следующим образом. Если в газожидкостном барботажном реакторе протекает реакция между веществом А, находящемся в жидкой фазе, и веществом В, переходящем из газа в жидкость, то для реакции вида:



скорость переноса вещества В из газа в жидкость

$$W_{B1} = \frac{dG_B}{dt} = K_{ж} aV/9(C_B^{жс} - C_B), \quad (8)$$

где m_A , m_D – число молей веществ А и D; $K_{ж}$ – коэффициент массопередачи в жидкой фазе; a – удельная поверхность контакта фаз; V – объем ступени реактора; $C_B^{жс}$ – равновесная концентрация веществ В на границе раздела фаз; C_B – концентрация вещества В в жидкости. Скорость связывания вещества В в жидкой фазе:

$$W_{B1} = - \frac{dG_B}{dt} - \frac{1}{m} \Gamma_B V (1 - \varphi_r) = \frac{1}{m} K_4 C_A^{жс} C_B^v (1 - \varphi_r), \quad (9)$$

где r_B – скорость реакции; ϕ_r – среднее газонаполнение в ступени реактора; K_4 – константа скорости реакции.

При условии, что $W_{B1} \gg W_{B2}$, для n -ступенчатого реактора можно записать

$$i = \sum_{j=1}^n W_B / V_p, \quad (10)$$

где V_p – объем реактора.

После подстановки значения $V_p = nV$ для ступеней одинакового объема V и использования выражения (9) получим:

$$i = \frac{K_4 \sum_{j=1}^n C_{Aj}^m C_{Bj} (1 - \phi_r)}{nt} \quad (11)$$

или

$$i \uparrow = K \uparrow, c_A \uparrow, c_B \uparrow, \phi_r \downarrow, n \downarrow, m \downarrow.$$

При $W_{B1} \ll W_{B2}$, т.е. когда реакционный процесс лимитируется подводом к зоне реакции компонента В, получается выражение, аналогичное выражению (8).

Декомпозиционные методы можно разделить на две тесно связанные между собой группы: режимно-технологические и аппаратно-конструктивные.

Режимно-технологические методы, которые представляют собой набор приемов интенсификации, приведены в табл. 3

Классификация аппаратно-конструктивных методов интенсификации приведена в табл. 4. Одним из наиболее эффективных режимно-технологических методов интенсификации газожидкостных реакционных и совмещенных процессов является использование обратной технологической связи путем рециркуляции непрореагировавшего сырья.

Рециркуляция может быть использована не только для интенсификации реакторов или совмещенных аппаратов, но и для интенсификации массообменных аппаратов.

Таблица 3 – Режимно-технологические методы интенсификации

Используемый физический эффект	Приемы использования метода в процессах и аппаратах
Нестационарности, пульсационный, кавитационный, кумулятивного воздействия, термодекompрессии, электрогидравлический Юткина, Джоуля–Томпсона, Ранка, ударных волн	Циклическая подача фаз. Создание колебаний рабочей зоны внешними устройствами. Создание автоколебаний потоков контактирующих фаз. Импульсное изменение температуры, концентрации, давления
Электрические явления при фазовых превращениях, Марангони, Рэлея, Соре, Дюфура, термодиффузии, диффузиофорез	Совмещение процессов: химических, массообменных, теплообменных, теплои массообменных
Гетерогенизация, адсорбция, трибоэффект, кавитация, эффект ударных волн, диффузиофорез	Дополнительное вещество: катализатор, стабилизатор, инициатор. Поверхностьобразующий твердый агент, промежуточный теплоноситель. Паровая фаза одного из компонентов. Рециркулянт. Агент: разделяющий, десорбирующий, высаливающий
Оптимизация режимно-технологических параметров	Температура, давление, степень превращения, состав, гидродинамические параметры

Таблица 4 – Аппаратурно-конструктивные методы интенсификации

Метод интенсификации	Используемый физический эффект	Приемы использования метода в процессах и аппаратах	Метод интенсификации
Обеспечение многократности воздействия на фазы	Концевой, входной, капиллярный, инверсии фаз	Секционирование Чередование зон контакта-сепарации. Пропускание через капиллярно-пористое тело	
Конструктивная оптимизация гидродинамического режима	Инверсия фаз, Крауссольда, Рейнольдса, турбулизация и срыв пограничного слоя	Ударно-струйное взаимодействие фаз. Соударение потоков. Пленочное движение с турбулизацией. Многократная инверсия фаз. Ячеисто-пенный режим взаимодействия	Импульсная обработка контактирующих фаз
Использование энергии контактирующих фаз	Жуковского, Бернулли	Турбулизация. Закручивание. Взаимное эжектирование. Осциллирование.	Совмещение технологических процессов

		Автоколебательные режимы	
Использование внешних источников энергии	Двойной электрический слой, электрофорез, термофорез, кавитация	Поля: магнитное, электрическое. Перемешивающие устройства. Пульсаторы	Введение дополнительного вещества в рабочую зону
Оптимизация конструктивных параметров		Форма. Соотношение размеров. Материал. Распределение фаз	
Совмещение аппаратов	Энерджентность, инерэктность	Однотипное комбинирование. Агрегатирование. Блочный модульный подход. Трансформирование структуры. Совмещение функций аппаратов и их частей	Оптимизация режимно-технологических параметров

В последние годы все большее внимание исследователей привлекает возможность значительного повышения эффективности массообменных

аппаратов и реакторов вследствие увеличения движущей силы при циклической подаче контактирующих фаз или одной из них.

Циклические режимы (пульсации) могут создаваться как с помощью внешних генераторов пульсаций различных конструкций (механических, клапанных, гидравлических, пневматических и т.п.), так и спонтанно за счет конструктивных особенностей контактных устройств (клапанные контактные устройства, «провальные» тарелки, плоскопараллельная насадка с турбулизирующими вставками). Например, в ректификационных установках можно использовать новый способ циклической ректификации. Способ заключается в том, что периодически изменяют состав, количество и температуру паров, поступающих в колонну из куба, за счет наложения на паровой поток термопульсаций.

Оптимизация как метод интенсификации в равной степени относится к режимно-технологическим и аппаратурно-конструктивным методам. Однако, если оптимизация температуры, давления и конверсии является задачей технологии и в той или иной мере решается применительно к конкретным процессам, то задачи оптимизации контактного устройства, контактной ступени, всего аппарата (в плане обеспечения оптимальной схемы движения контактирующих фаз и их распределения по сечению оптимальной формы) ставятся и решаются значительно реже. Между тем даже немногочисленные работы, посвященные вопросам аппаратурно-конструктивной оптимизации, свидетельствуют о ее чрезвычайно высокой результативности [3, 10].

3.2. Разработка ситуационного и генерального планов

Ситуационный и генеральный план – одна из важнейших частей проекта химического предприятия, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства территории, размещения зданий и сооружений, инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания.

Ситуационным планом химического предприятия называют часть проекта, включающую в себя план определенного района населенного пункта или окружающей территории, на котором указывают расположение запроектированного предприятия и другие объекты, имеющие с ним непосредственные технологические, транспортные и инженерно-технические связи. При разработке ситуационного плана стремятся территориально объединить предприятия в один промышленный узел.

Ситуационный план разрабатывается в масштабе 1:5000, 1:10000, 1:25000. Промышленный узел, объединяющий химическое и текстильное производства, ТЭЦ, показан на рис. 4.

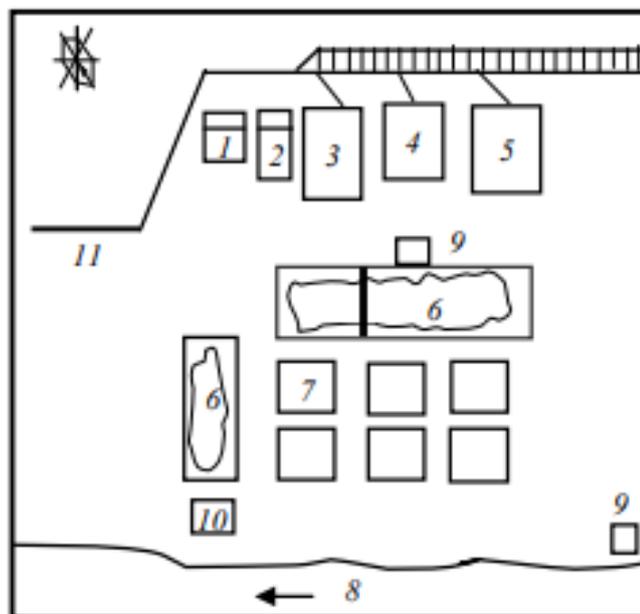


Рис. 4. Ситуационный план: 1 – пассажирский железнодорожный вокзал; 2 – товарная железнодорожная станция; 3 – химическое предприятие; 4 – ТЭЦ; 5 – текстильное предприятие; 6 – санитарно-защитная зона; 7 – жилые кварталы; 8 – река; 9 – водозаборный узел; 10 – очистные сооружения; 11 – железная дорога

Предприятия на плане связаны одной системой энергоснабжения, водоснабжения, транспортными коммуникациями. Кроме того, химическое производство является поставщиком красителей для текстильного. Такое

кооперирование позволяет разработать общую схему водоснабжения и канализации, кратчайшие транспортные связи предприятий с жилыми массивами и железной дорогой.

В ситуационный план включают общие водозаборные сооружения, санитарно-защитные зоны, отмечают точки выброса газов и т.д. Для уменьшения загазованности жилого массива выбросами промышленных предприятий их располагают с учетом преобладающего направления ветров, которое определяют по средней розе ветров летнего периода на основе многолетних наблюдений (50 – 100 лет) метеорологических станций. Розу ветров располагают на ситуационных и генеральных планах в верхнем левом углу чертежа и строят в соответствующем масштабе следующим образом (рис. 5): окружность делят на 8 или 16 равных частей и в результате получают 8 или 16 румбов: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ. От центра окружности (начало координат) откладывают в выбранном масштабе процентную повторяемость ветров в течение года (результат многолетних наблюдений) по соответствующим румбам. Полученные точки соединяют. Наиболее вытянутая сторона полученной фигуры показывает направление господствующих ветров. Промышленные здания рекомендуется располагать продольной осью по направлению господствующего ветра или под углом 45° к нему.

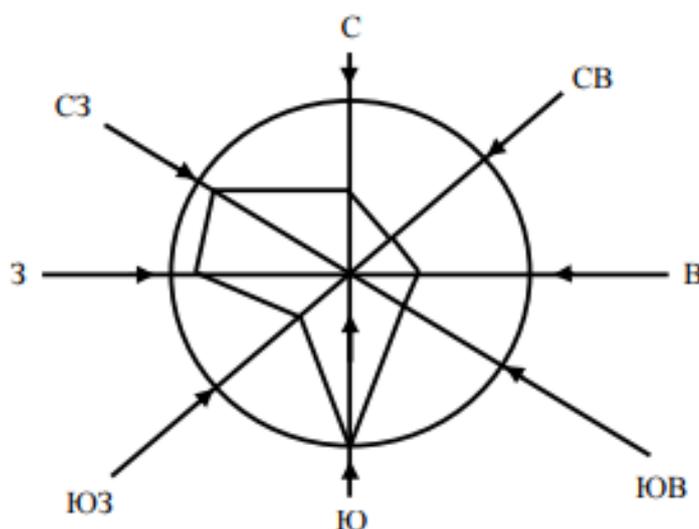


Рис. 5. Роза повторяемости ветров

С использованием ситуационного плана разрабатывают генеральный план проектируемого предприятия в масштабе 1:500, 1:1000, 1:200 или 1:5000 (рис. 6).

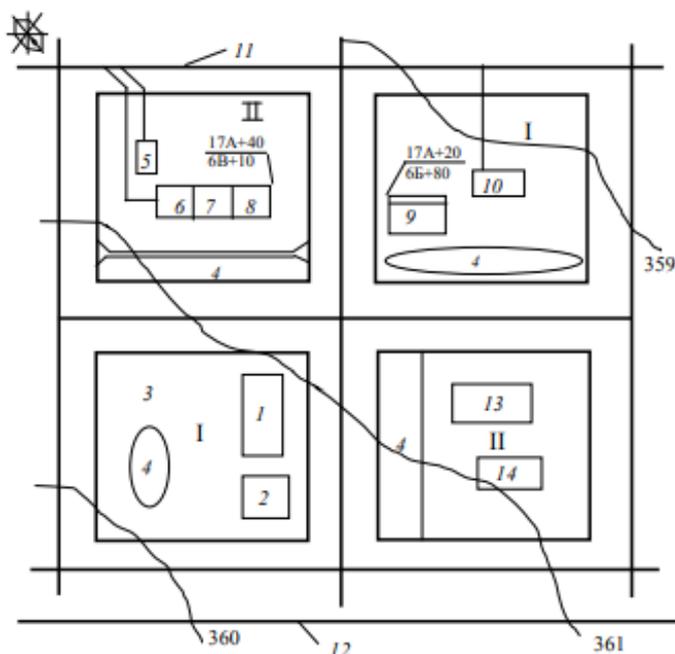


Рис. 6. Схема генерального плана предприятия: 1 – заводоуправление; 2 – столовая; 3 – стоянка автотранспорта; 4 – санитарно-защитная зона; 5 – депо; 6, 7, 8 – блоки производственных цехов; 9, 10 – склады; 11 – железная дорога; 12 – автодорога; 13 – ТЭЦ; 14 – АТС

На генеральном плане промышленного предприятия изображают:

- размещение всех зданий и сооружений;
- расположение цехов по группам;
- ширину противопожарных и санитарных разрывов между зданиями;
- проезды и въезды в цехи, автодороги и железнодорожные пути;
- инженерные сети;
- ограждение территории с указанием въезда и проходных на территорию завода;
- размещение пожарных гидрантов, зоны озеленения, розу ветров.

Промышленную зону с производствами повышенной пожаро- и взрывоопасности необходимо располагать с подветренной стороны по отношению к другим зданиям и сооружениям.

Энергетические объекты размещают ближе к основным потребителям. Они должны иметь по возможности наименьшую протяженность тепло-, газопроводов и линий электропередач.

Склады располагают около внешних границ территории предприятия с целью эффективного использования подъездных путей и железнодорожного транспорта.

Расстояние от путей до зданий определяют по нормативным документам. При разработке генерального плана следует учитывать перспективу расширения предприятия и резервировать участки, прилагая необходимые технико-экономические обоснования.

Между местами вредных газовых выбросов в атмосферу и жилыми или общественными зданиями необходимо предусматривать санитарно-защитную зону. Ширина зоны принимается по нормативным документам в зависимости от класса вредности газовых выбросов.

Санитарно-защитную зону благоустраивают и озеленяют. На генеральном плане показывают размещение подземных, надземных и наземных коммуникаций (водопровод, канализация, линии энергоснабжения и связи, газопровод, теплопровод и т.д.).

Коммуникационные сети проектируют в виде прямолинейных участков вдоль магистральных проездов параллельно линиям застройки.

Нельзя прокладывать газопроводы и трубопроводы легковоспламеняющихся и горючих веществ под зданиями, автомобильными и железными дорогами.

При разработке плана производственной зоны предварительно намечают расположение отдельных цехов, соблюдая при этом непрерывность и последовательность размещения в направлении общего технологического потока проектируемого производства.

Наиболее рациональное решение плана получают при прямоугольных очертаниях зданий и застройки. Застройка может быть блокированная, когда отдельные цеха размещаются в одном здании. При рассредоточенной системе застройки отведенной территории между зданиями и сооружениями

необходимо оставлять минимальные противопожарные и санитарные разрывы:

- 1) не менее 15 м – для предприятий, выделяющих вредные вещества;
- 2) не менее 20 м – для азотных заводов.

Схема генерального плана завода полупродуктов и красителей представлена на рис. 6.

На генплане указываются высотные отметки местности (360, 361, 359). Все сооружения завода «привязывают» к координатной сетке с указанием расстояний от условной нулевой параллели и условного меридиана. По этой привязке можно определить расстояние между цехами.

В качестве примера показана привязка цеха 8 и склада 9 к координатным осям. Число с буквой А в числителе показывает расстояние в км от условной нулевой параллели, а со знаком «+» дополнительные метры.

В знаменателе число с буквой Б показывает расстояние от нулевого меридиана. Таким образом, расстояние между точками по широте (снизу вверх) $17 \text{ км } 40 \text{ м} - 17 \text{ км } 20 \text{ м} = 20 \text{ м}$, а по долготе (слева направо) $6 \text{ км } 80 \text{ м} - 6 \text{ км } 10 \text{ м} = 70 \text{ м}$.

На этом же рисунке показано зонирование строительной площадки. В производственной и складской зонах предусмотрены участки под расширение предприятия. Следует отметить, что на рисунке условно не показаны тротуары, транспортные коммуникации, инженерно-технические сети и ограждение объекта.

Предприятия, выделяющие производственные вредности (газ, дым, копоть, пыль, неприятные запахи и др.), запрещается располагать по отношению к жилому району с наветренной стороны. Не разрешается размещать в плохо проветриваемых долинах или котловинах предприятия, которые выделяют в атмосферу вредные вещества (SO_2 , Cl_2 , HCl , HF и др.), а также ТЭЦ.

Все места для сбора и хранения отходов производства (содержащие возбудители заболеваний, сильно действующие химические или радиоактивные вещества, которые не были подвергнуты предварительной

нейтрализации, обезвреживанию и дезактивации) должны иметь специальные устройства, исключающие загрязнения почвы, подземных вод, атмосферного воздуха и быть строго изолированы от доступа людей.

3.3. Общие принципы выбора технологического оборудования химических производств

После составления эскизной технологической схемы, расчета материальных и тепловых балансов для всех стадий химического производства производят расчет и подбор технологического оборудования для каждой стадии по каталогам.

Для расчета аппарата необходимо знать материальные и тепловые потоки, движущую силу процесса, кинетические коэффициенты. Последовательность расчета такова:

1. На основании закона сохранения материи составляют материальный баланс процесса:
2. На основании закона сохранения энергии составляют тепловой баланс процесса:
3. Используя законы термодинамики, определяют направление процесса и условия равновесия.
4. Исходя из условий равновесия и заданной технологии, выбирают начальные и конечные рабочие параметры процесса.
5. На основании равновесных и рабочих параметров определяют движущую силу процесса.
6. Используя законы химической, тепловой или диффузионной кинетики находят коэффициент скорости процесса.
7. Исходя из полученных выше данных, рассчитывают основной размер аппарата (емкость, площадь поперечного сечения, поверхность теплообмена, высоту).
8. После определения основного размера выбирают стандартное оборудование или разрабатывают нестандартное оборудование.

При выборе технологического оборудования проектировщику иногда приходится возвращаться на стадию выбора типа аппаратного оформления процессов, осуществляемых на различных стадиях химического производства. Нахождение численных значений движущей силы и коэффициента скорости химико-технологического процесса является самой сложной частью методики расчета технологической аппаратуры. При этом необходимо обоснованно решать вопросы масштабного перехода – распространения данных, полученных в лабораторных исследованиях, на промышленные объекты.

При разработке новых химико-технологических процессов и аппаратов применяют физическое и математическое моделирование.

К физическому моделированию прибегают, когда натурные испытания трудно осуществить вследствие очень больших или очень малых размеров технологического объекта. Физическое моделирование заключается в замене изучения какого-либо объекта опытным изучением его физической модели, отличающейся от оригинала масштабом. Оно сводится к воспроизведению постоянства определяющих критериев подобия в физической модели и объекте. Практически это означает, что надо в несколько этапов воспроизводить исследуемый технологический процесс, т.е. переходить от меньших масштабов его осуществления к большим (масштабный переход). Принцип подобия оправдал себя при анализе детерминированных процессов, описываемых законами классической механики и протекающих в однофазных системах с фиксированными границами (обычно твердые стенки).

Для анализа недетерминированных процессов с многозначной стохастической картиной связи между явлениями и, в частности, для анализа двухфазных систем и процессов, осложненных химическими реакциями, использование физического подобия затруднительно. В этом случае для расчета и исследования технологических процессов и аппаратов применяется математическое моделирование.

Следует иметь в виду, что математическое моделирование ни в коей мере не противопоставляется физическому моделированию, а скорее призвано дополнить его имеющимся арсеналом математических методов. Методы

физического моделирования в настоящее время приобретают новое качество: их можно использовать для нахождения границ деформации коэффициентов, входящих в уравнение математической модели, т.е. для масштабирования математически описанного процесса и установления адекватности модели изучаемому объекту.

При аппаратном оформлении технологического процесса необходимо иметь количественную информацию об эффективности той или иной стадии. Эта информация выражается в форме критерия эффективности, который используют для сравнительной оценки альтернативных вариантов аппаратного оформления технологических стадий и для определения оптимальных конструктивных параметров оборудования и технологических режимов функционирования установки. Чтобы критерий эффективности достаточно полно характеризовал качество функционирования технологического объекта (или отдельной технологической стадии), он должен учитывать основные особенности и свойства оборудования, технологические режимы его функционирования.

В качестве критериев эффективности используют как экономические критерии в виде различных технико-экономических показателей (средняя прибыль, приведенный доход, приведенные затраты и т.д.), так и технологические критерии (качественные показатели выпускаемой продукции, выход целевого продукта, термодинамический или эксергетический КПД установки, аппарата и т.д.).

При выборе технологического оборудования в зависимости от поставленных целей (задание на проектирование) необходимо умело использовать как экономические, так и технологические критерии эффективности. Задача расчета экономических критериев эффективности технологической установки зачастую требует реализации достаточно сложного алгоритма и переработки большого количества информации. Расчет технологических критериев эффективности значительно проще, поэтому правильно выбранные технологические критерии не должны противоречить экономическим критериям эффективности.

Практика оптимального выбора технологического оборудования показывает, что использование технологических критериев эффективности позволяет исключить на первом этапе из дальнейшего рассмотрения существенную часть альтернативных вариантов оборудования как весьма далеких от оптимальных. Так, например, при выборе типа аппаратного оформления ступени контакта для массообменного аппарата при прочих равных условиях всегда отдадут предпочтение типу ступени контакта с большим коэффициентом массопередачи, который в этом случае представляет собой технологический критерий эффективности элемента аппарата.

Значение критериев эффективности зависит не только от типа выбираемого оборудования, его конструктивных параметров и режимов функционирования, но и от характеристических свойств технологической установки (аппарата), к которым можно отнести: чувствительность, надежность, управляемость и сложность. Существуют методы расчета количественных оценок чувствительности, надежности и управляемости технологического оборудования.

Чувствительность технологического объекта (аппарата) – это свойство объекта изменять характеристики своего функционирования под влиянием малых изменений режимных и конструктивных параметров, а также внешних возмущающих воздействий. При проектировании необходимо выбирать технологическое оборудование, малочувствительное к изменению собственных параметров и внешних возмущающих воздействий.

Надежность технологического объекта (аппарата) – это свойство объекта сохранять качество своего функционирования при определенных условиях эксплуатации. Понятие надежности тесно связано со способностью технологического объекта (аппарата) в течение определенного интервала времени сохранять работоспособность (безотказность); приспосабливаться к обнаружению и устранению причин, вызывающих отказы (ремонтпригодность) со способностью объекта (аппарата) к длительной эксплуатации (долговечность).

Расчет показателей надежности (наработка на отказ, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы за определенное время и др.) технологического оборудования дает возможность осуществить выбор и разработать мероприятия по обеспечению требуемой надежности технологического оборудования.

Управляемость технологического объекта (аппарата) – это свойство объекта достигать определенных техническим заданием целей (заданного состава продуктов, заданной производительности, требуемого качества продуктов и т.д.) при ограниченных ресурсах управления в реальных условиях эксплуатации.

При проектировании технологического объекта возникает задача совместного выбора технологического оборудования и соответствующей системы управления режимами функционирования объекта. Мощность производства представляет годовую производительность, которую должно обеспечить оборудование в условиях нормальной эксплуатации и выражается в единицах массы готового технического продукта или в пересчете на 100%-ное вещество.

С учетом затрат времени на капитальный ремонт продолжительность работы оборудования принимают равной 330 суток в течение года. С учетом остановок на планово-предупредительные ремонты для непрерывных процессов продолжительность работы оборудования уменьшается до 300 суток.

Для периодических процессов вводят запас производительности оборудования, компенсирующий вынужденные простои из-за периодического режима работы оборудования. Таким образом, общий запас мощности оборудования может достигать 25...30%. Этот коэффициент автоматически распространяется на установленную мощность электрооборудования, насосных станций, очистных сооружений, теплоэлектроцентралей и т.д.

Определение резервов, принимаемых для производства в целом, относится к компетенции экономистов. Резервы, принимаемые для отдельных аппаратов и машин, определяют технологи. В результате выбора типа и

расчета оборудования определяют либо его габариты, либо число единиц стандартных аппаратов, обеспечивающих заданную производительность. По степени унификации технологическое оборудование делится на стандартное и нестандартное. Стандартное техническое оборудование выпускается предприятиями химического машиностроения, причем обычно в виде ряда типоразмеров. Ряды типов размеров такого оборудования определяются стандартами и содержатся в каталогах [3, 11].

Для выбора оборудования необходимо:

- Знание классов оборудования;
- Знание особенностей российского рынка;
- Средства на покупку оборудования.

Оборудование для любого производства можно разделить на три класса: эконом, бизнес и премиум. Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому рассмотрим несколько примеров, как выбрать оборудование для производства.

Эконом-класс – сюда входит оборудование российских производителей, а также недорогое оборудование из Китая, Ирана и ряда других стран. Как правило, главным достоинством этого класса является недорогая стоимость, часто она не доходит до полутора миллионов рублей. Используется это оборудование для обучения и старта производства, так как если по каким-либо причинам дело не пойдет, его всегда можно легко продать. Основным недостатком эконом-класса является низкое качество самого оборудования, дорогие комплектующие и низкая надежность. Кроме того, имеются сложности в регистрации и прохождения сертификации произведенной продукции.

Оборудование *бизнес-класса* включает в себя российское оборудование стоимостью от полутора до трех с половиной миллионов рублей. Среди достоинств нужно упомянуть индивидуальный подход к клиенту, комплектацию с учетом всех требований и пожеланий клиента. Имеется возможность посетить уже работающее производство и своими глазами

убедиться в качестве изготавливаемой продукции. Помимо этого, нужно сказать о гибкой ценовой политике, знании особенностей рынка нашей страны, широком выборе как по степени автоматизации, так и по производительности. Кроме того, предоставляется гарантийный ремонт и послегарантийное сервисное обслуживание. Из минусов следует сказать о сравнительно небольшой производительности и некоторой нестабильности качества.

Премиум-класс. Сюда входит оборудование немецких, польских, итальянских производителей, а также производителей из других экономически развитых стран. Достоинства заключаются в высокой технологичности, качестве исполнения, большой производительности и стабильном качестве продукции. Однако имеются и недостатки: высокая стоимость, доставка, замена и ремонт. Иной раз стоимость определенного вышедшего из строя узла или агрегата достигает цены нового оборудования все того же премиум-класса.

Выбирая производителя и класс оборудования, следует учитывать следующие моменты:

- Наличие у производителя собственного производства и работающего комплекса оборудования;
- Наличие экспериментальных площадок, на которых можно наглядно убедиться в качестве продукции и надежности оборудования, а также произвести его «обкатку»;
- Фиксацию в договоре производительности комплекса оборудования и все необходимые показатели;
- Наличие индивидуальных схем оплаты: отсрочки платежа, окончательную оплату после монтажа и так далее;
- Наличие у производителя оборудования рекомендаций.

Существуют опросные листы, рассылаемые производителями оборудования, исходя из данных которых можно точно и корректно выбрать тип аппарата.

Опросный лист для разработки системы очистки сточной воды

I. Исходные данные

1.1. Тип производства: (нужное подчеркнуть)

- Мойка автотранспорта;
- Химическое производство;
- Гальваническое производство;
- Пищевое производство;
- Лакокрасочное производство;
- Текстильное производство;
- Другое _____;
- Краткое описание _____.

1.2. Характер сточных вод (краткое описание источников сточных вод) _____.

1.3. Возможности выпуска очищенных сточных вод:

- в городскую канализацию
- в открытый водоем
- в оборот

1.4. Показатели качества исходной сточной воды и требования к выпуску.

Показатели	Значение показателей	
	Исходной воды	Требуемые
рН		
Взвешенные вещества, мг/л		
Нефтепродукты, мг/л		
Железо общее Fe ^{2+, 3+} мг/л		
Марганец Mn ²⁺ , мг/л		
Хром Cr ³⁺ , мг/л		
Цинк Zn ²⁺ , мг/л		
Азот аммонийный NH ₄ ⁺ , мг/л		
Кальций Ca ²⁺ , мг/л		
Магний Mg ²⁺ , мг/л		
Цианиды, мг/л		
Формальдегид, мг/л		
Кадмий, мг/л		
Медь Cu ²⁺ , мг/л		
Сульфаты SO ₄ ²⁺ , мг/л		
Нитраты NO ₃ ⁻ , мг/л		
Нитриты NO ₂ ²⁻ , мг/л		
Хлориды Cl ⁻ , мг/л		
Фосфаты PO ₄ ³⁻ , мг/л		
Фтор F ⁻ , мг/л		

* – другие специфические показатели

II. Установочные параметры

1. Объем сброса сточной воды:

- Суточный, м³ ____
- Часовой, максимальный/средний, м³/час ____

2. Режим работы производства: (нужное подчеркнуть)

- Круглосуточный непрерывный
- Периодический, посменный (количество смен в сутки _____, длительность смены, _____ час),
- Недельный график работы _____.
- Другой _____

3. Наличие оборудования и очистных сооружений

- Отстойник, объем в м³ _____
- Насосное оборудование _____
- Накопительные емкости, количество и объем, м³ _____
- Сжатый воздух _____
- Реагентное хозяйство (описание) _____
- Другое _____

4. Укажите срок эксплуатации и оценку эффективности имеющихся очистных сооружений по пятибалльной шкале.

- Срок эксплуатации _____ лет
- Оценка _____ баллов
- Что не устраивает в работе имеющихся очистных сооружений _____

5. Температура воды, макс/мин, °С _____

III. Индивидуальные или специфические требования: (копии документов, имеющих отношение к данному техническому заданию просьба приложить)

Опросные листы предназначены для указания точных технических характеристик заказываемого оборудования. На их основе формируется комплектация оборудования. По итогам максимально заполненного опросного листа можно дать точную цену и сроки на запрашиваемое оборудование.

3.4. Расчет нестандартного оборудования

Наряду со стандартным оборудованием для осуществления заданного технологического процесса проектировщику приходится разрабатывать

нестандартные машины и аппараты. Нестандартное оборудование ориентировано на конкретный технологический процесс и проектируется на заданную производительность. Современный уровень химического производства требует использования высокоэффективных технологических процессов, аппаратов и систем, сокращения числа технологических стадий производства для уменьшения потерь промежуточных продуктов, быстрой переналадки технологического оборудования и, следовательно, разработки новой химической техники, которая позволила бы с наибольшей эффективностью осуществлять нетрадиционные высокоинтенсивные процессы, а также совмещение различных процессов.

Для уменьшения количества технологических стадий используют многофункциональные аппараты, в которых осуществляется совмещение различных технологических процессов. При этом сокращается число транспортных операций, а также уменьшаются связанные с ними потери промежуточных продуктов. Использование многофункциональных аппаратов в некоторых случаях позволяет снизить материалоемкость конструкции, энергетические затраты, упростить аппаратное оформление технологических стадий и его обслуживание.

Расчет нестандартного оборудования производится аналогично расчету стандартного оборудования. После выбора типа оборудования и определения его размеров технологи с участием специалистов других профилей (механиков, теплотехников, электриков и др.) составляют задание на разработку чертежей нестандартного оборудования. Техническое задание обычно содержит эскиз разработанного оборудования с указанием его технологического назначения и краткое описание принципа работы. Кроме того, в техническом задании приводятся основные параметры технологического процесса, физико-химические характеристики сырья и перерабатываемых продуктов с перечислением важнейших свойств этих веществ (агрегатное состояние, плотность, вязкость, летучесть, токсичность, огне- и взрывоопасность и т.п.), способ загрузки исходных веществ и выгрузки реакционной массы. К числу технологических данных относятся

также способы теплообмена, конструкция, тип и размер теплообменной поверхности, параметры теплоносителя (хладагента), тип и конструкция перемешивающих устройств, характеристика привода с указанием мощности и типа устанавливаемого двигателя. Технологию следует также оценить степень огне- и взрывоопасность помещения, где будет установлен аппарат, способ монтажа технологического аппарата. С возможно большей тщательностью следует охарактеризовать химическую агрессивность перерабатываемых веществ и дать рекомендацию по выбору материала для изготовления корпуса аппарата и его деталей.

Первоочередной задачей разработчика нестандартного оборудования является обоснованный выбор конструкционных материалов.

Наряду с обычными требованиями высокой коррозионной стойкости в определенных агрессивных средах к конструкционным материалам, применяемым в химическом машиностроении, одновременно предъявляются также требования высокой механической прочности, жаростойкости и жаропрочности, сохранения удовлетворительных пластических свойств при высоких и низких температурах, устойчивости при знакопеременных или повторных однозначных нагрузках (цилиндрической прочности), малой склонности к старению и др.

Для изготовления технологической аппаратуры химических и нефтехимических производств используют конструкционные материалы, стойкие в агрессивных средах. Материалы пониженной стойкости применяют в исключительных случаях.

При выборе материалов для оборудования, работающих под давлением при низких и высоких температурах, необходимо учитывать, что механические свойства материалов существенно изменяются в зависимости от температуры. При статическом приложении нагрузки важными характеристиками для оценки прочности материала являются предел текучести σ_T (условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ или $\sigma_{1,0}$) и временное сопротивление σ_B . Упругие свойства металлов характеризуются значениями модуля упругости E и коэффициентом Пуассона μ . Эти характеристики

являются основными при расчетах на прочность деталей аппаратуры, работающей под давлением при низких ($-40\dots-254$ °C), средних ($+200\dots-40$ °C) и высоких (выше $+200$ °C) температурах.

Таким образом, при конструировании химической аппаратуры к конструкционным материалам должны предъявлять следующие требования:

1) достаточно умеренные химическая и коррозионная стойкости материала в агрессивной среде с заданными концентрацией, температурой и давлением, при которых осуществляется технологический процесс, а также стойкость против других возможных видов коррозионного разрушения (межкристаллитной, электрохимической сопряженных металлов в электролитах, под напряжением и др.);

2) достаточная механическая прочность при заданных значениях давления и температуры технологического процесса, с учетом специфических требований в ходе испытаний оборудования на прочность, герметичность и дополнительных нагрузок (ветровой, собственного веса и др.);

3) способность материала хорошо свариваться с обеспечением высоких механических свойств сварных соединений и коррозионной стойкости их к агрессивным средам, обрабатываться резанием, давлением, подвергаться изгибу и др.;

4) низкая стоимость материала, недефицитность и освоенность его промышленностью;

5) возможность простой утилизации при выработке сроков эксплуатации оборудования, узлов и деталей.

4. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

Наличие на рабочих местах раковин и водяных фонтанов для обеспечения подачи питьевой воды.

Обеспечение обслуживающего персонала средствами индивидуальной защиты. Выполнение обслуживающим персоналом требований технических и рабочих инструкций по охране труда, правил личной гигиены, правил электробезопасности; инструкций по пуску и остановке оборудования. Для работающих с агрессивными средами – наличие резиновых фартуков, перчаток, обуви, ковриков.

Мероприятия, обеспечивающие нормальные санитарно-гигиенические условия производственной среды

Для обеспечения нормальных метеорологических условий и поддержания теплового равновесия между теплом человека и окружающей средой на предприятии проведен ряд мероприятий: оборудование размещено таким образом, чтобы создать максимально комфортные условия работающим, погружные стенки теплоизлучающей аппаратуры теплоизолированы.

Во всех производственных помещениях предусматривается воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией. Во вспомогательных помещениях отопление водяное местными нагревательными приборами.

Санитарно-гигиенические условия обеспечиваются наличием необходимого количества раздевалок, туалетов, кранов и душей. Для обеспечения нормальных условий работы предусмотрены средства индивидуальной защиты: антифоны, противопылевые вязки, вкладыши в ушные каналы, шлемы.

Вентиляция

Основными производственными вредностями являются тепловыделения от технологического оборудования и электродвигателей, пыль гидроксида алюминия.

Для борьбы с тепловыделениями во всех отделениях предусматривается укрытие мест пылевых выделений и устройство от них местных отсосов.

Освещение

Освещение предусматривается естественное и искусственное. Искусственное освещение по устройству отвечает требованиям ПУЭ.

Средняя освещенность по цеху, согласно СНиП 23-05-95: 200 ЛК. Имеется переносное освещение, под напряжением 12 В, для работ в емкостях при ремонтных работах.

Оказание первой помощи

Освободить пострадавшего от воздействия на него опасного производственного фактора (электрического тока, химических веществ, воды, механического воздействия и др.) с использованием штатных или подручных средств и безопасных для себя приемов.

Оценить состояние пострадавшего, освободить от стесняющей дыхание одежды, при необходимости вынести пострадавшего на свежий воздух.

Определить характер и степень повреждения, для чего осторожно обнажить поврежденные участки, части тела и принять решение о мерах неотложной помощи.

Выполнить необходимые мероприятия по спасению пострадавшего в порядке срочности: восстановить дыхание, остановить кровотечение, иммобилизовать место перелома, наложить повязки и т.д.

Поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинских работников.

Аптечка

1) аптечка с необходимым набором медикаментов и медицинских средств;

2) плакаты с примером оказания первой медицинской помощи, вывешенные на видное место;

3) указатели и знаки для облегчения поиска аптечки и здравпункта.

5. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» требует при разработке проектной документации проведение оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) проектируемого объекта.

Эта оценка проводится на стадии обоснования инвестиций в строительство объекта и основывается на материалах инженерно-экологических изысканий.

Целью разработки ОВОС является предотвращение или смягчение воздействия будущего объекта на окружающую среду и связанных с деятельностью этого объекта социальных, экономических и иных последствий.

При проведении ОВОС используется информация о природных условиях площадки строительства и ее отдельных компонентов: воздушной среды, поверхностных и подземных вод, геологии, природных ландшафтов, животного и растительного мира, культурно-исторических памятников и мест.

Разработка ОВОС основана на принципе предполагаемой потенциальной экологической опасности объекта и решает следующие задачи:

- оценка состояния окружающей среды до реализации проектных решений;
- выявление основных факторов и видов негативного воздействия проектируемого объекта:
 - загрязнение атмосферного воздуха;
 - акустическое воздействие;
 - загрязнение поверхностных и подземных вод;
 - загрязнение почв;
 - общее экологическое воздействие;

– обоснование показателей предельно допустимого воздействия и правил природопользования, исходя из лимитирующих экологических факторов;

– разработка рекомендаций и мероприятий по ограничению или нейтрализации всех основных видов воздействия с учетом современных достижений (использование ресурсосберегающих технологий и систем защиты окружающей среды).

Затем по принятым проектным решениям делают описание и даются характеристики основных источников воздействия на окружающую среду:

– элементы технологий, которые являются причиной изменения окружающей среды;

– новые материальные объекты (сооружения), размещаемые в окружающей среде;

– следы деятельности (отвалы, накопители, свалки и т.д.);

– удаление существующих объектов;

– химические вещества;

– радиоактивные вещества;

– шум и вибрация;

– тепловыделения;

– электромагнитные излучения;

– визуальные доминанты;

– изъятие из окружающей среды земельных, водных и других природных ресурсов.

Воздействия будущего объекта на окружающую среду определяются через следующие показатели:

1) характер (прямое, косвенное, кумулятивное, синергическое);

2) интенсивность (величина воздействия в единицу времени);

3) уровень (величина воздействия на единицу площади или объема);

4) продолжительность;

5) временная динамика (непрерывное, периодическое, кратковременное, только при авариях и т.д.);

6) пространственный охват (площадь распространения);

7) степень опасности (по действующему классификатору опасных производств).

Следующим этапом проекта ЗВОС является объекты воздействия:

– персонал предприятия (включая рабочую и санитарно-защитную зону);

– население, попадающее в зону воздействия;

– воздух, вода, почва, флора, фауна, климат, исторические памятники;

– социально-экономические условия жизни населения (занятость, демография, этнические особенности и т.д.).

Затем делают экспертные оценки и прогноз изменений окружающей среды как результат деятельности будущего объекта.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Проектирование реконструкции и ремонта зданий и сооружений – необходимый комплекс операций, включающий монтажные и строительные работы. Это действия, направленные на изменение решений в архитектуре различных объектов, расчет возможности создания капитальных помещений, таких как пристройки, мансарды, надстройки. Также это касается благоустройства и видоизменения прилегающих территорий, перевооружения зданий, несущих конструкций.

Реконструкция проводится системно. Ее начинают с ремонта фундамента, укрепления его основания, дополнительного формирования. Сюда входят:

- гидроизоляция;
- ремонт и отделка стен;
- смена кровли.

В услуги некоторых строительных компаний включен монтаж внутреннего покрытия и оборудование помещений.

Типы преобразования зданий и сооружений:

- реорганизация объекта промышленности в офисный или жилой дом;
- расширение, перепланировка площади;
- увеличение пространства в крупногабаритных постройках с помощью нового перекрытия.

Реконструкция на производстве – это проектирование и реализация большей площади с целью:

- создания рабочих мест, цехов, складов;
- размещения оборудования разных спецификаций.

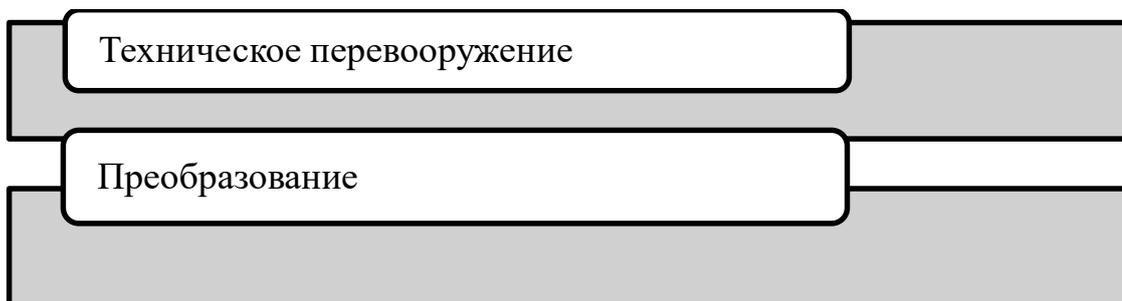
Такие работы предполагают проводку различных систем:

- электричества;
- канализации;
- отопления;
- воздухообмена;
- противопожарной сигнализации;
- охранного оборудования.

Все этапы – от проектирования до строительства – должны соответствовать нормам и требованиям, регулируемым действующим законодательством.

6.1. Виды перестройки

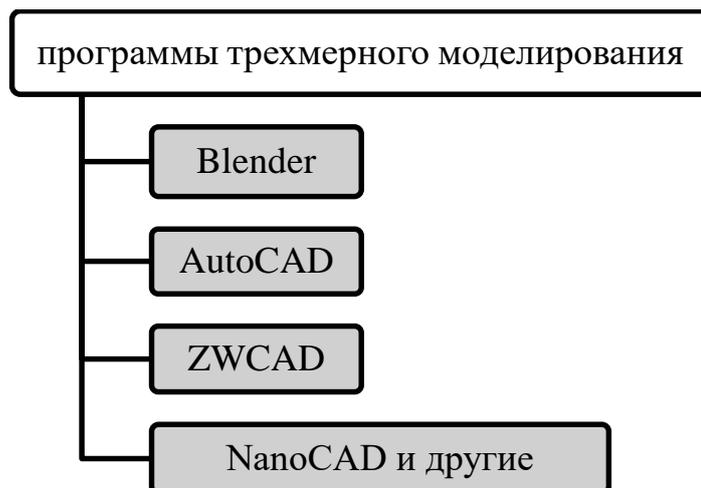
Организация реконструкции зданий и сооружений выполняется в двух направлениях:



- Техническое перевооружение предполагает замену агрегатов. Затраты на предполагаемые действия не превышают 10-15% от совокупных расходов.

- Преобразование – это реорганизация постройки в комплексе, его оснащения, которое включает постройку дополнительных этажей, корпусов и других конструкций.

В обоих случаях проводится проектирование, в ходе которого идет детальное обследование объекта, математические расчеты нагрузки и возможности безопасной эксплуатации сооружения. Подобные вычисления и визуализацию проводят при помощи специальных компьютерных программ трехмерного моделирования. К ним относят:



Разработка проекта реконструкции здания, реставрации подчиняется основным требованиям использования, согласно которым сооружения должны быть:

- высоконадежными – выполнять предназначенные функции при разных условиях в указанный временной период;
- безопасными и комфортными в последующей эксплуатации – для этого оценивают рациональность планировки, расположения входов, лестниц, наличие подъемных механизмов в многоэтажной постройке, средства противопожарной системы;
- в здании должны предусматриваться проемы, люки для замены габаритного оборудования;
- простыми в техобслуживании, позволяя реставрировать большие участки с наличием доступа к конструкциям и вводу инженерных сетей без их разборки;

- пригодными для ремонта – приспособленными к обслуживанию без возможного разрушения смежных элементов;
- приятными на вид – отделка внутри и снаружи не должна сильно загрязняться, желательно, чтобы она была доступной для очистки.
- Каждый объект имеет свое назначение. В процессе проектирования вносят нужные данные для его изменения:
- степень герметичности;
- прочность;
- размеры;
- теплосохранность.

Эти важные свойства реализуют при дальнейшей эксплуатации.

6.2. Проектная документация по реконструкции зданий и сооружений

Без соответствующего пакета бумаг, предписанных законом нормативов и правил, работы по монтажу и строительству не начинают.

В состав входят:

- общая пояснительная записка, где описаны основание и целесообразность проведения работ, краткая характеристика объекта, решение муниципальных служб, органов градостроения;
- основные чертежи, включающие ситуационный план, генплан, основные мероприятия по организации инженерных сетей;
- схемы фасадов, разрезов с указанием несущих конструкций и ограждений;
- раздел по технической эксплуатации реконструированной постройки;
- смета.

В процессе разработки этого пакета проводят доработку и конкретизацию принципиальных архитектурно-строительных решений, которые указаны в проекте.

6.3. Основные этапы реконструкции

Проектирование, строительство и реконструкция зданий включает те же стадии, как инвестиционные циклы новостроек, а именно:

- Предпроектная, состоящая из действий, проводимых при новом строительстве.
- Исследование оснований и объектов, подлежащих перепланировке, в ходе которого анализируют гидрогеологический режим, грунты, рельеф, состояния подземных и надземных конструкций, возможной дополнительной нагрузки, дальнейшего использования. При обнаружении малейших повреждений все тщательно записывают с подробным описанием. Каждое из них фотографируется, замеряется и документально фиксируется. При надобности проводят лабораторные анализы. Все материалы и сведения, собранные на этом этапе, сводятся в специальный отчет.

Проект реконструкции схож с тем, что составляют при строительстве новостройки, но отличается меньшим количеством документов. В нем содержатся следующие разделы:

- архитектурно-строительный;
- технологический;
- сметно-документальный;
- общая пояснительная записка;
- план работ;
- реализация проекта.

Подрядная организация в обязательном порядке согласовывает очередность проведения строительно-монтажных работ с заказчиком. На промышленном предприятии это нужно, чтобы выполнение проекта не требовало сокращения его деятельности или полной остановки.

Чаще всего в таких случаях используют узловый метод реконструкции. Здание разбивается условно на зоны (например, цеха), в которых по очереди

ведется наладка оборудования или действия по реорганизации. После окончания работ в одном из узлов он сдается комиссии по эксплуатации.

6.4. Аналитическое исследование

Проектирование реконструкции зданий создается из двух частей:

- прототипа – чернового, эскизного плана реализации предстоящих работ;
- аналога – технического решения со схожими параметрами.

При рассмотрении всех предоставленных материалов проводят оценку каждого по:

- конструкции;
- функциональности;
- композиции.

Их создают для сравнения и выбора лучшего способа организации строительства и получения максимально качественного результата – безопасности, улучшенного внешнего вида, улучшения условий эксплуатации и других особенностей будущего усовершенствования.

Этим занимаются конструкторы, инженеры, проектировщики вместе с заказчиком – проводят сверку всех образцов, детально изучая каждую зону объекта.

6.5. План реконструкции здания

Это технический документ, которым руководствуется подрядная организация во время строительства. Он обязательно согласуется с дирекцией организации, подписывается лицом, имеющим право подписи. Сюда входят:

- данные, которые касаются каждого из вида работ;
- проектирование предполагаемых видоизменений, производимых во всех системах;
- пакет бумаг, разрешающих использование.

Только специалисты, имеющие соответствующую сертификацию, допускаются к его составлению и реализации.

7. ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР)

Система автоматизированного проектирования (САПР) – сложный комплекс средств, предназначенный для автоматизации проектирования. Универсальные программные пакеты компьютерного моделирования ХТС представляют специальный инструментарий для инженеров-проектировщиков этих систем.

Согласно принятым в 1980-х годах стандартам, САПР – это не просто некая программа, установленная на компьютере, это информационный комплекс, состоящий из аппаратного обеспечения (компьютера), программного обеспечения, описания способов и методов работы с системой, правил хранения данных и многого другого.

Однако, с приходом на отечественный рынок иностранных систем, широкое распространение получили аббревиатуры CAD (Computer Aided Design), которую можно перевести, как проектирование с применением компьютера, и CAD-system, которую можно перевести как система для проектирования с помощью компьютера.

Основные приложения универсальных пакетов связаны с компьютерным моделированием ХТС и явлений в фундаментальных науках (физике, химии, биологии и др.) и связанных с ними прикладных научных направлениях (теплотехнике, строительной механике, пищевой технологии, различных видах машиностроения и др.), а также с дальнейшим развитием САПР ХТС.

Универсальные программные пакеты позволяют на основе данных, полученных в САПР, построить виртуальную полную электронную модель (макет) готового химико-технологического объекта. Понятие виртуального полномасштабного макетирования (прототипирования) уже используется в САПР ХТС.

С помощью электронных макетов в настоящее время решаются следующие задачи:

- оценка на ранних стадиях проектирования ХТС общего вида, его дизайна и удобства для потребителя;
- компоновка (сборка) ХТС, трассировка трубопроводных и электрических коммуникаций, контроль удобства доступа к отдельным узлам технического объекта обслуживающего персонала.

Особенно интересны перспективы использования электронных макетов вместо реальных физических макетов на стадии испытания (ввода в действие) сложных ХТС. В этом направлении можно ожидать значительной экономии средств и существенного ускорения процесса создания принципиально новых химических производств. Средства электронного макетирования включают наборы трехмерных физических моделей механики, гидродинамики, тепловых процессов, электромагнитных явлений, акустики и других, представленных как в статике, так и в динамике. Они позволяют применять физические и мультифизические модели не только к отдельным элементам и узлам ХТС, но и к «сборкам» для оценки эффективности функционирования ХТС в целом как системы.

Наиболее известные программные продукты САПР

Легкие системы САПР предназначены для 2D-проектирования и черчения, а также для создания отдельных трехмерных моделей без возможности работы со сборочными единицами. Безусловный лидер среди базовых САПР – AutoCAD.

AutoCAD — это базовая САПР, разрабатываемая и поставляемая компанией Autodesk. AutoCAD – самая распространенная САД-система в мире, позволяющая проектировать как в двумерной, так и трехмерной среде. С помощью AutoCAD можно строить 3D-модели, создавать и оформлять чертежи и многое другое. AutoCAD является платформенной САПР, т.е. эта система не имеет четкой ориентации на определенную проектную область, в ней можно выполнять хоть строительные, хоть машиностроительные проекты, работать с изысканиями, электрикой и многим другим.

AutoCAD обладает следующими отличительными особенностями:

- Широкие возможности настройки и адаптации;
- Средства создания приложений на встроенных языках (AutoLISP и пр.) и с применением API;
- Обилие программ сторонних разработчиков.

Компас-3D – это система параметрического моделирования деталей и сборок, используемая в областях машиностроения, приборостроения и строительства. Разработчик – компания Аскон (Россия).

Преимущества системы Компас-3D:

- Простой и понятный интерфейс;
- Полная поддержка ГОСТ и ЕСКД при проектировании и оформлении документации;
- Большой набор надстроек для проектирования отдельных разделов проекта;
- Гибкий подход к оснащению рабочих мест проектировщиков, что позволяет сэкономить при покупке;
- Возможность интеграции с системой автоматизированного проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ и другими системами единого комплекса.

T-FLEX

Отечественная САПР среднего уровня, построенная на основе лицензионного трехмерного ядра Parasolid. Разработчик системы – компания ТопСистемы (Россия).

Отличительные черты системы:

- Мощнейшие инструменты параметризации деталей и сборок;
- Продвинутое средство моделирования;
- Простой механизм создания приложений без использования программирования;
- Интеграция с другими программами комплекса T-FLEX PLM;
- Инструменты расчета и оптимизации конструкций.

Pro/ENGINEER

Система трехмерного проектирования, предоставляющая очевидные преимущества перед традиционным в прошлом двумерным проектированием:

- наглядность представления проектируемой модели – позволяет избежать ошибок, связанных с тем, что при двумерном проектировании конструктору трудно представить твердотельную модель, особенно имеющую сложную геометрию;
- оперирование геометрией на уровне объектов – инженерных элементов, что значительно упрощает и ускоряет процесс проектирования.

Ядро Pro/ENGINEER использует уникальную по своим возможностям технологию – Proven Technology, основанную на граничных представлениях. Основное отличие Proven Technology от известных технологий трехмерного проектирования – жесткие требования на проектируемую геометрию (геометрия должна быть определена однозначно). Такие ограничения не требуют от конструкторов лишних усилий при проектировании, а позволяют достичь полного соответствия геометрии полученной детали заданным размерам, что наиболее критично при дальнейшей работе над моделью (изготовление технологической оснастки, подготовка программ для обработки на станках с ЧПУ и т.д.).

Этап проектирования изделия включает трехмерное моделирование, оптимизацию конструкции, подготовку рабочих чертежей и определение процессов изготовления. Эффективное сочетание всех этих функций значительно уменьшает время выхода изделий на рынок. Основное преимущество Pro/ENGINEER перед традиционными методами проектирования – поддержка параллельной разработки изделия. Этим обеспечивается более быстрый, чем у конкурентов, выпуск изделия на рынок, по более низкой цене и более высокого качества.

SolidWorks. Ядро интегрированного программного комплекса автоматизации предприятия, с помощью которого осуществляется поддержка жизненного цикла изделия в соответствии с концепцией CALS-технологий. Решаемые задачи: проектирование деталей и сборок без ограничения сложности изделий из листового металла, сварных конструкций, оснастки;

проектирование «от концепции», промышленный дизайн, сложные поверхности, проверка сборок на «собираемость»; выпуск чертежей в соответствии с требованиями ЕСКД, IPO.Plan, IPO.Log.

Project Expert. Программа позволяющая «прожить» планируемые инвестиционные решения без потери финансовых средств, предоставить необходимую финансовую отчетность потенциальным инвесторам и кредиторам, обосновать для них эффективность участия в проекте.

APM WinMachine. CAD/CAE система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения, разработанная с учетом последних достижений в вычислительной математике, области численных методов и программирования, а также теоретических и экспериментальных инженерных решений. Эта система в полном объеме учитывает требования государственных стандартов и правил, относящихся как к оформлению конструкторской документации, так и к расчетным алгоритмам. APM WinMachine обладает широкими функциональными возможностями для создания моделей конструкций, выполнения необходимых расчетов и визуализации полученных результатов. Использование этих возможностей позволит сократить сроки проектирования и снизить материалоемкость конструкций, а также уменьшить стоимость проектных работ и производства в целом.

Aspen Plus. Программа представляет собой высокоэффективную компьютерную систему, позволяющую инженерам быстро производить моделирование ХТС и анализировать полученные результаты – благодаря новейшему программному обеспечению и промышленным технологиям, обеспечивающим оптимизацию производительности и рентабельности химических производств.

Компания AspenTech является ведущим поставщиком программного обеспечения для оптимизации технологических процессов в нефтегазовой, химической и фармацевтической промышленности, проектировании и

строительстве, а также других отраслях, в которых для производства конечной продукции применяются химические процессы.

ChemCAD. Программный пакет, разработанный фирмой ChemStations, Inc. Представленный пакет включает средства статического моделирования основных процессов, основанных на фазовых и химических превращениях, а также средства для расчета геометрических размеров и конструктивных характеристик технических объектов. Пакет представляет собой эффективный инструмент для компьютерного моделирования процессов химической технологии при разработке, модернизации и оптимизации химических и нефтехимических производств. ChemCAD позволяет решать задачи расчетно-технологического проектирования ХТП и разработки технологического регламента для произвольного процесса химической технологии.

Техническое обеспечение (ТО) САПР включает в себя различные технические средства, используемые для выполнения проектных работ, а именно: ЭВМ, периферийные устройства, сетевое оборудование, а также оборудование некоторых вспомогательных систем (например, измерительных), поддерживающих автоматизированное проектирование.

В результате общая структура технического обеспечения САПР представляет собой сеть узлов, связанных между собой средой передачи данных. Узлами (станциями данных) являются рабочие места проектировщиков, называемые автоматизированными рабочими местами (АРМ) или рабочими станциями, которыми могут быть большие

В САПР небольших проектных организаций, насчитывающих не более единиц-десятков компьютеров, которые размещены на малых расстояниях один от другого, объединяющая компьютеры сеть является локальной. Локальная вычислительная сеть имеет линию связи, к которой подключаются все узлы сети. При этом топология соединений узлов может быть шинная, кольцевая, звездная. В более крупных по масштабам проектных организациях в сеть включены десятки-сотни и более компьютеров, относящихся к разным проектным и управленческим подразделениям и размещенных в помещениях одного или нескольких зданий. Таковую сеть называют корпоративной. В ее

структуре можно выделить ряд локальных вычислительных сетей, называемых подсетями, и средства связи между ними [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии «Современные принципы проектирования предприятий химической технологии» рассмотрены основные вопросы экономики организации (предприятия). В соответствии с логикой изложения материала некоторые вопросы выделены в самостоятельные разделы, так как требования системного и комплексного подхода к изложению материала, обеспечивающего формирование у читателя целостного представления о рассматриваемом предмете, всегда должны быть приоритетными.

С изданием настоящего учебного пособия студенты обеспечиваются информационным материалом об экономических основах функционирования современной организации (предприятия) независимо от выбранной организационно-правовой формы хозяйствования. Усвоив определенные закономерности развития организации (предприятия), студент приобретает умение ориентироваться в любой ситуации, в неожиданных обстоятельствах, адекватно решать вопросы внутреннего функционирования организации. Большую помощь в этом менеджеру, экономисту окажет знание важнейших вопросов планирования и управления организациями (предприятиями), их ресурсного обеспечения, маркетинга, проблем ценообразования, налогообложения и др. Важно сконцентрировать внимание на инновационном характере деятельности организации (предприятия), развитии предпринимательства, экономии затрат, повышении прибыли и инвестиционной политике. Глубокое изучение перечисленных, а также других вопросов, изложенных в учебном пособии, позволит повысить эффективность деятельности организации (предприятия). Авторы учебного пособия сконцентрировали внимание на понятийных характеристиках элементов механизма функционирования организаций (предприятий), на методах и методиках расчета показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 11-01–95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».
2. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С. Основы проектирования химических производств: Учеб. пособие. М.: «Машиностроение-1». 2005. 280 с.
3. Дворецкий С.И., Дворецкий Д.С. Основы проектирования химических производств. М., 2014. 353 с.
4. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. –Л.: Химия, 1991. –352 с.
5. Перевалов В.П., Колдобский Г.И. Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. М.: Химия, 1997. 288 с.
6. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Островский Г.М. Новые подходы к проектированию химико-технологических процессов, аппаратов и систем в условиях интервальной неопределенности. М.: Спектр, 2012.
7. Бабкина Л.А., Тихомирова С.В., Айкашева О.С. Современные проблемы химической технологии: учеб. Пособие. СПб.: СПбГУКиТ, 2014. 96с.
8. Рудобашта С.П., Кормильцин Г. С., Лапин А.А., Тудоровский Э.Л. Основы проектирования химических предприятий и элементы систем автоматизированного проектирования, М.: МИХМ, 1985. 80 с.
9. Косинцев В.И., Михайличенко А.И., Крашенинникова Н.С., Миронов В.М., Сутягин В.М. Основы проектирования химических производств: Учебник для вузов. Издание 2-е /Под ред. А. И. Михайличенко. М.: Академкнига, 2010. – 371 с.
10. Иванов Г.И. Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза: Учеб. пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 1991. –112 с.
11. Процессы и аппараты химической технологии. Основы теории процессов химической технологии / Под ред. А.М. Кутепова. М.: Логос, 2000. Т. 1. 480 с.

Учебное издание

Липин Вадим Аполлонович
Петрова Юлия Александровна

Современные принципы проектирования предприятий химической технологии

Редактор и корректор Е. О. Тарновская
Техн. редактор Е. О. Тарновская

Учебное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 08.11.2021 г. Рег.№ 20/21

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

