

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

ЭТАПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 18.03.01 Химическая технология, 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Оренбург
2021

УДК 519.08:66.02(075.8)

ББК 22.18я7+35.11я7

Э 40

Рецензент – кандидат технических наук, доцент В.П. Попов

Авторы: С.В. Антимонов, С.П. Василевская, Е.В. Ганин, С.Ю. Соловых

Э 40 Этапы системного анализа в химической технологии
[Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по
образовательным программам высшего образования по
направлениям подготовки 18.03.01 Химическая технология,
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии / С. В. Антимонов
[и др.]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер.
гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург.
гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2021. - 104 с- Загл. с тит. экрана.
ISBN 978-5-7410-2711-0

Учебное пособие предназначено для помощи в освоении
материала по дисциплинам «Системный анализ процессов
химической технологии» и «Системы управления химико-
технологическими процессами» по направлениям подготовки
18.03.01 Химическая технология, 18.03.02 Энерго- и
ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии всех форм обучения.

УДК 519.08:66.02(075.8)

ББК 22.18я7+35.11я7

© Антимонов С.В.,
Василевская С.П.,
Ганин Е.В.,
Соловых С.Ю., 2021
© ОГУ, 2021

ISBN 978-5-7410-2711-0

ПАМЯТИ ГАНИНА ЕВГЕНИЯ ВЛАДИМИРОВИЧА



1 апреля 2021 года на 41 году жизни скоропостижно скончался доцент кафедры «Машины и аппараты химических и пищевых производств» Ганин Евгений Владимирович.

Ганин Е.В. окончил Оренбургский государственный университет в 2003 году и остался работать на кафедре машин и аппаратов химических и пищевых производств. В 2005 году в Москве защитил кандидатскую диссертацию. Направление научных исследований – разработка инновационной энерго- и ресурсосберегающей техники и технологии переработки отходов производства шинной и перерабатывающей промышленности с применением физических и химических воздействий на перерабатываемое сырьё.

Активно участвовал в международной деятельности, преподавал в Танзании и Германии. Автор более 100 научных и учебных публикаций, в том числе авторских свидетельств и патентов.

Трудолюбие, умение работать в коллективе в сочетании с высокопрофессиональными качествами способствовали укреплению его авторитета среди коллег и уважению со стороны студентов.

Это учебное пособие авторы посвящают памяти своего коллеги, Ганина Евгения Владимировича.

Содержание

Введение	6
1 Принципы системного подхода	7
1.1 Принцип конечной цели	10
1.2 Принципы единства, связности и модульного построения	10
1.3 Принцип иерархии	11
1.4 Линейная структура управления	12
1.5 Функциональная структура управления	13
1.6 Линейно-функциональная структура управления	14
1.7 Дивизиональная структура управления	16
1.8 Матричная структура управления	17
1.9 Бригадная структура управления	19
1.10 Иерархическая структура ХТС	21
1.11 Принцип функциональности	22
1.12 Принцип развития	26
1.13 Принцип децентрализации.....	26
1.14 Принцип неопределенности.....	27
1.15 Использование принципов системного подхода	28
2 Принципы построения моделирующих алгоритмов для сложных систем	29
2.1 Метод статистических испытаний (Метод Монте-Карло).....	29
2.2 Задачи, решаемые методом Монте-Карло	31
2.3 Формирование случайных чисел	32
2.4 Пример расчётов.....	39
3 Пример выполнения задания по системному анализу предприятия	41
3.1 Принцип иерархии	41
3.2 Принцип единства, связанности и модульного построения	43
3.3 Принцип децентрализации	44
3.4 Принцип развития	47
3.5 Принцип функциональности.....	48

3.6 Принцип неопределенности	49
3.7 Конечные цели	50
3.8 Основная деятельность и задачи	50
3.9 Окружающая среда и экологическая безопасность	51
3.10 Подготовка и реализация производственного процесса	53
3.11 Черный ящик	62
3.12 Аппаратура, реализующая процесс реформинга	65
3.13 Элементы связей системы	68
4 Практическая работа № 1. Общий анализ производства кирпича	70
4.1 Общие данные о продукте	70
4.2 Технология производства кирпича	71
4.3 Структура кирпичного завода	75
5 Практическая работа № 2. Системный анализ производства	76
5.1 Принцип иерархии	76
5.2 Принцип развития	78
5.3 Принцип функциональности	79
5.4 Принцип неопределенности	85
5.5 Принцип децентрализации	86
5.6 Принцип единства, связности и модульного построения	88
5.7 Конечная цель	89
5.8 Черный ящик	91
5.9 Анализ технологического процесса, через материальный баланс	93
6 Практическая работа №3. Моделирование случайных процессов	102
Список использованных источников	103
Приложение А	104

Введение

Основная задача химического производства заключается в получении заданного продукта при минимальной стоимости оборудования и максимальном использовании сырья и энергии, (то есть при минимальных капитальных затратах).

Это может быть достигнуто оптимальным выбором требуемого технологического оборудования и построением рациональной технологической схемы его соединения, что возможно при использовании системного анализа процессов химической технологии.

Навыки обработки и последующего анализа собранной информации позволят проводить мониторинг существующих химико-технологических систем и всего производства в целом для повышения его эффективности и надежности.

1 Принципы системного подхода

В научной и производственной литературе часто употребляются различные понятия и термины в сочетании со словом «системный». Что означает этот термин? Поиски ответа на этот вопрос приводят нас к убеждению, что сложную систему необходимо рассматривать и как целое, и как нечто, состоящее из отдельных частей. Любой исследуемый объект нужно рассматривать с разных сторон и точек зрения, изучая его внутреннее строение и организацию, и такой подход к рассмотрению называется «системным».

В теории систем и системотехнике введен ряд терминов. Среди них к базовым нужно отнести следующие понятия.

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой. Сложная система – система, характеризуемая большим числом элементов и, что наиболее важно, большим числом взаимосвязей элементов. Сложность системы определяется также видом взаимосвязей элементов, свойствами целенаправленности, целостности, иерархичности и т.п. Очевидно, что современные автоматизированные информационные системы и, в частности, системы автоматизированного проектирования, являются сложными в силу наличия у них перечисленных свойств и признаков.

Элемент – такая часть системы, представление о которой нецелесообразно подвергать при проектировании дальнейшему членению.

Структура – отображение совокупности элементов системы и их взаимосвязей. Понятие структуры отличается от понятия самой системы также тем, что при описании структуры принимают во внимание лишь типы элементов и связей без конкретизации значений их параметров.

Параметр – величина, выражающая свойство или системы, или ее части, или влияющей на систему среды. Обычно в моделях систем в качестве параметров рассматривают величины, не изменяющиеся в процессе исследования системы.

Параметры подразделяют на внешние, внутренние и выходные, выражающие свойства элементов системы, самой системы, внешней среды соответственно. Векторы внутренних, выходных и внешних параметров далее обозначаются, соответственно:

$$X = (x_1, x_2 \dots x_n), Y = (y_1, y_2 \dots y_m), Q = (q_1, q_2 \dots q_k) \quad (1.1)$$

К характеристикам сложных систем, как сказано выше, часто относят следующие понятия.

Целенаправленность – свойство искусственной системы, выражающее назначение системы. Это свойство необходимо для оценки эффективности вариантов системы.

Целостность – свойство системы, характеризующее взаимосвязанность элементов и наличие зависимости выходных параметров от параметров элементов, при этом большинство выходных параметров не является простым повторением или суммой параметров элементов.

Иерархичность – свойство сложной системы, выражающее возможность и целесообразность ее иерархического описания, т.е. представления в виде нескольких уровней, между компонентами которых имеются отношения целое – часть.

В свою очередь систему можно представить в виде подсистем.

Подсистема – часть системы (подмножество элементов и их взаимосвязей), которая имеет свойства системы.

Подсистемы представления основного производственного (технологического блока) нефтехимического и газового производства можно разделить на функциональные и масштабные.

Напомним, что в зависимости от цели исследований каждая из подсистем может быть представлена несколькими видами. Совокупность функциональных подсистем образует состав химико-технологической системы (далее ХТС).

Масштабные подсистемы выполняют определенные функции в последовательности процессов переработки сырья в продукты как отдельные части химико-технологического процесса. Как и в структуре математической модели процесса в реакторе, масштабные подсистемы ХТС также можно систематизировать в виде их иерархической последовательности – иерархической структуры (см. ниже виды иерархических структур) ХТС (рисунок 1.1).

Перечислим и рассмотрим основные принципы системного подхода. В общем виде их можно свести к девяти укрупненным принципам:

1. Принцип конечной цели: абсолютный приоритет конечной (глобальной) цели.
2. Принцип единства: совместное рассмотрение системы как целого, и как совокупности частей (элементов).
3. Принцип связности: рассмотрение любой части системы совместно с ее связями с окружением.
4. Принцип модульного построения: полезно выделение модулей в системе и рассмотрение ее как совокупности модулей.
5. Принцип иерархии: полезно введение иерархии частей (элементов) и (или) их ранжирование.
6. Принцип функциональности: совместное рассмотрение структуры и функции с приоритетом функции над структурой.
7. Принцип развития: учет изменяемости системы, ее способности к развитию, расширению, замене частей, накапливанию информации.
8. Принцип децентрализации: сочетание в принимаемых решениях и управлении централизации и децентрализации.
9. Принцип неопределенности: учет неопределенностей и случайностей в системе.

1.1 Принцип конечной цели

Этот принцип означает, что в целенаправленной системе все должно быть подчинено глобальной цели. Любая попытка изменения, совершенствования и управления должна оцениваться с точки зрения того, помогает или мешает достижению конечной цели. Это накладывает особую ответственность на выбор цели и ее четкую трактовку. Расплывчатые, не полностью определенные конечные цели влекут за собой неясности в структуре и управлении системой, и как следствие, неверные действия в системе. Такие действия могут быть и следствием неверия в достижимость конечной цели.

В несколько измененной трактовке принцип конечной цели применяют и к системам, которые не являются целенаправленными. В этом случае понятие конечной цели заменяют понятиями основной функции, основного назначения, основного свойства системы. При этом принцип указывает, что рассмотрение системы должно вестись на базе первоочередного уяснения этих понятий.

1.2 Принципы единства, связности и модульного построения

Эти три принципа обладают довольно тесной взаимосвязью, но существуют причины, по которым их следует рассматривать отдельно.

Во-первых, принцип единства – это ориентация на «взгляд во внутрь» системы или ее части, а принцип связности – на «взгляд изнутри». В разные моменты рассмотрения полезна либо та, либо другая ориентация. Во-вторых, рекомендуемое в принципе единства расчленение системы с сохранением целостных представлений о ней на практике довольно резко отличается от процедуры выявления всевозможных связей, рекомендуемое в принципе связности. И наконец, процедура выявления связей, примененная ко всей системе целиком, приводит к принципу учета внешней среды, что можно не считать самостоятельным.

Принцип модульного построения указывает на возможность рассмотрения вместо части системы совокупности ее входных и выходных воздействий. Он утверждает полезность абстрагирования от излишней детализации при сохранении возможности адекватного описания системы.

1.3 Принцип иерархии

Термин «иерархическая организация» используется для описания многих структур древовидного типа. Сам по себе этот тип организации не может считаться «хорошим» или «плохим», но только адекватным или неадекватным по отношению к решаемым задачам.

Иерархические системы широко распространены в технике: сложная система связи, система обработки данных, файловые системы, классическая система американского менеджмента, система управления транспортом и многие другие. Они всегда организованы по иерархическому принципу, который позволяет выполнять параллельно различные операции, работать с отдельными информационными массивами и т.д.

Принцип иерархии акцентирует внимание на полезности отыскания или создания в системе иерархического (доминирующего) характера связей между элементами, модулями, целями.

Поясним термин «ранжирование» в формулировке принципа (с.12). Иерархические системы создаются и рассматриваются «сверху», начиная с анализа модулей первого иерархического уровня. В случае отсутствия иерархии исследователь должен решить, в каком порядке он будет рассматривать части системы. Так, например, конструктор при создании нового образца выделяет в нем начальный элемент, к которому потом мысленно или на чертеже подгоняет второй и следующие элементы. Наладчик начинает поиск неисправности в системе тестов, определяющих наиболее типичные отказы. Таким образом, он вводит определенный порядок рассмотрения системы, который и называется ранжированием. Оно

применимо и в сочетании с иерархией в системе, например, для введения очередности рассмотрения в модулях одного и того же уровня.

Информация и управляющие воздействия свертываются (укрупняются, обобщаются при движении снизу-вверх по иерархическим уровням).

1.4 Линейная структура управления

Сущность линейной (иерархической) структуры управления заключается в том, что управляющие воздействия на объект могут передаваться только одним доминантным лицом – руководителем, который получает официальную информацию только от своих, непосредственно ему подчиненных лиц, принимает решения по всем вопросам, относящимся к руководимой им части объекта, и несет ответственность за его работу перед вышестоящим руководителем.

Данный тип организационной структуры управления применяется в условиях функционирования мелких предприятий с несложным производством при отсутствии у них разветвленных кооперированных связей с поставщиками, потребителями, научными и проектными организациями и т.д. В настоящее время такая структура используется в системе управления производственными участками, отдельными небольшими цехами, а также небольшими фирмами однородной и несложной технологии.

Преимущества линейной структуры объясняются простотой применения. Все обязанности и полномочия здесь четко распределены, и поэтому создаются условия для оперативного процесса принятия решений, для поддержания необходимой дисциплины в коллективе. В числе недостатков линейного построения организации обычно отмечается жесткость, негибкость, неприспособленность к дальнейшему росту и развитию предприятия. Линейная структура ориентирована на большой объем информации, передаваемой от одного уровня управления к другому, ограничение инициативы у работников низших уровней управления. Она

предъявляет высокие требования к квалификации руководителей и их компетенции по всем вопросам производства и управления подчиненными.

Возрастание масштабов производства и его сложности сопровождается углублением разделения труда, дифференциацией функций деятельности производственной системы. При этом рост объема работ по управлению сопровождается углублением функционального разделения управленческого труда, обособлением функций и специализацией подразделений управления. При этом создается функциональный тип структуры управления.

1.5 Функциональная структура управления

Следующий тип – это функциональная структура, сложилась как неизбежный результат усложнения процесса управления. Особенность функциональной структуры заключается в том, что, хотя и сохраняется единоначалие, но по отдельным функциям управления формируются специальные подразделения, работники которых обладают знаниями и навыками работы в данной области управления.

В принципе создание функциональной структуры сводится к группировке персонала по тем широким задачам, которые он выполняет. Конкретные характеристики и особенности деятельности того или иного подразделения (блока) соответствуют наиболее важным направлениям деятельности всего предприятия.

Традиционные функциональные блоки предприятия – это отделы производства, маркетинга, финансов. Это широкие области деятельности, или функции, которые имеются на каждом предприятии для обеспечения достижения его целей.

Если размер всей организации или данного отдела велик, то основные функциональные отделы можно, в свою очередь, подразделить на более мелкие функциональные подразделения. Они называются вторичными, или производными.

Основная идея здесь состоит в том, чтобы максимально использовать преимущества специализации и не допускать перегрузки руководства. При этом необходимо соблюдать известную осторожность с тем, чтобы такой отдел (или подразделение) не ставил бы свои собственные цели выше общих целей всего предприятия. На практике обычно используется линейно-функциональная, или штабная, структура, предусматривающая создание при основных звеньях линейной структуры функциональных подразделений.

1.6 Линейно-функциональная структура управления

Линейно-функциональная структура управления представляет собой наиболее распространенный вид иерархической структуры. Ее основу составляют так называемый «шахтный» принцип построения и специализация управленческого процесса по функциональным подсистемам организации (маркетинг, производство, исследования и разработки, финансы, персонал и пр.). По каждой из них формируется иерархия служб («шахта»), пронизывающая всю организацию сверху донизу. Результаты работы каждой службы аппарата управления организацией оцениваются показателями, характеризующими выполнение ими своих целей и задач. Соответственно строится и система материального поощрения, ориентированная, прежде всего на достижение высоких показателей каждой службы. За конечный результат в целом отвечает линейный руководитель (руководитель организации), задача которого состоит в том, чтобы все функциональные службы вносили свой вклад в его достижение.

Поэтому он много усилий тратит на координацию и принятие решений по продукции и рынкам. Высокие затраты на эту структуру могут компенсироваться за счет повышения экономических результатов.

Многолетний опыт использования линейно-функциональных структур управления показал, что они наиболее эффективны там, где аппарат управления выполняет рутинные, часто повторяющиеся и редко меняющиеся задачи и функции.

Их достоинства проявляются в управлении небольшими предприятиями, а также организациями с массовым или крупносерийным типом производства. Если компания работает не только на внутреннем, но и на международном рынке, эта структура может быть полезной только в случае однородности требований к продукту и технологии его изготовления на всех видах рынка. Если же спрос на разных рынках различен, структура неэффективна.

Существенным препятствием к эффективному использованию этой структуры является то, что она не позволяет быстро реагировать на изменения в области науки и техники, которые чаще всего приводят к «разбалансировке» отношений между функциональными подсистемами. Положение усугубляется утратой гибкости во взаимоотношениях работников аппарата управления из-за высокого уровня формализации, органически свойственной данной структуре. Результатом является замедление и сложности с передачей информации, а это приводит к снижению скорости принятия решений. Необходимость согласования действий разных функциональных служб резко увеличивает объем работы руководителя организации и его заместителей.

Недостатки линейно-функциональной структуры управления на практике усугубляются за счет таких условий хозяйствования, при которых допускается несоответствие между ответственностью и полномочиями у руководителей разных уровней и подразделений; превышаются нормы управляемости, особенно у директоров и их заместителей; формируются нерациональные информационные потоки; чрезмерно централизуется оперативное управление производством; не учитывается специфика работы различных подразделений; отсутствуют необходимые при этом типе структуры нормативные и регламентирующие документы.

Для ликвидации недостатков такого вида управления стали искать альтернативные управленческие и организаторские структуры.

1.7 Дивизиональная структура управления

Выше было отмечено, что необходимость изменения вида структуры управления чаще всего связана с ростом организации, диверсификацией ее деятельности и усложнением взаимодействий с внешней средой. Конкуренция заставляет руководителей концентрировать все больше внимания и усилий на конечных результатах, т.е. на продукции, услугах и потребителях. Соответственно меняются подходы к построению структур управления. Подход к перестройке и формированию структур, основу которого составляет выделение в составе организации производственных отделений (подразделений) как самостоятельных объектов управления, получил название дивизионального (от англ. division – отделение).

Первыми перестройку структуры по этой модели начали крупнейшие организации, которые в рамках своих гигантских предприятий (корпораций) стали создавать производственные отделения, предоставив им определенную самостоятельность в осуществлении оперативной деятельности. В то же время администрация оставляла за собой право жесткого контроля по общекорпоративным вопросам стратегии развития, научно-исследовательских разработок, инвестиций и т.п. Поэтому этот тип структуры нередко характеризуют как сочетание централизованной координации с децентрализованным управлением (децентрализация при сохранении координации и контроля).

Ключевыми фигурами в управлении организациями с дивизиональной структурой становятся не руководители функциональных подразделений, а менеджеры, возглавляющие производственные отделения. Структуризация организации по отделениям производится, как правило, по одному из трех критериев: по выпускаемой продукции или предоставляемым услугам (продуктовая специализация), по ориентации на потребителя (потребительская специализация), по обслуживаемым территориям (региональная специализация).

Такой подход обеспечивает более тесную связь производства с потребителями, существенно ускоряя его реакцию на изменения, происходящие во внешней среде. В результате расширения границ оперативно-хозяйственной самостоятельности отделения стали рассматриваться как «центры прибыли», активно использующие предоставленную им свободу для повышения эффективности работы.

В то же время дивизиональные структуры управления привели к росту иерархичности, т.е. вертикали управления. Они потребовали формирования промежуточных уровней менеджмента для координации работы отделений, групп и т.п. Дублирование функций управления на разных уровнях в конечном счете привело к росту затрат на содержание управленческого аппарата. В самих производственных отделениях управление строится по линейно-функциональному типу.

На дивизиональную структуру управления успешно переходят многие отечественные организации (в первую очередь корпорации, акционерные общества, холдинги и т.п.), используя заложенные в ней возможности децентрализации роста эффективности.

Различные модификации иерархических структур, использовавшиеся за рубежом и в нашей стране, не позволяли решать проблемы координации функциональных звеньев по горизонтали, повышения ответственности и расширения полномочий руководителей низовых и средних уровней, освобождения высшего эшелона от оперативного контроля. Требовался переход к более гибким структурам, лучше приспособленным к динамичным изменениям и требованиям производства.

1.8 Матричная структура управления

Матричная структура управления помогает решать проблемы координации и связывать воедино деятельность звеньев базовой структуры и временных групп.

Она представляет собой решетчатую организацию, построенную на принципе двойного подчинения исполнителей: с одной стороны – непосредственному руководителю функциональной службы, которая предоставляет персонал и техническую помощь руководителю проекта, с другой – руководителю проекта (целевой программы), который наделен необходимыми полномочиями для осуществления процесса управления в соответствии с запланированными сроками, ресурсами и качеством. При такой организации руководитель проекта взаимодействует с двумя группами подчиненных: с постоянными членами проектной группы и с другими работниками функциональных отделов, которые подчиняются ему временно и по ограниченному кругу вопросов. При этом сохраняется их подчинение непосредственным руководителям подразделений, отделов.

Переход к матричным структурам обычно охватывает не всю организацию, а лишь ее часть, при этом ее успех в значительной мере зависит от того, в какой степени руководители проектов обладают профессиональными качествами менеджеров и могут выступать в проектной группе лидерами. Масштабы применения матричных структур в организациях довольно значительные, что говорит об их эффективности. В нашей стране программно-целевые, проектные и матричные структуры особенно эффективны там, где наряду с новыми формами внедряются и новые экономические взаимоотношения между подразделениями предприятий, что повышает их заинтересованность в достижении целей программ и проектов. Гибкие оргструктуры «не срабатывают», если без изменения остаются действовавшие раньше системы планирования, контроля, распределения ресурсов, не вводятся новые условия материального стимулирования участников, не меняется стиль руководства и не поддерживается стремление работников к самовыражению и саморазвитию.

1.9 Бригадная структура управления

Бригадная (командная) структура является еще одной разновидностью органического типа структур управления. Ее основу составляет групповая форма организации труда и производства, давно известная во всем мире, в том числе и в нашей стране.

Однако только в 80-е гг. XX в. появились объективные возможности для наиболее полного использования всех преимуществ этой формы. К ним в первую очередь надо отнести ускорение всех процессов, связанных с обновлением продукции и технологии, ориентацию многих предприятий на небольшие по емкости рынки, повышение требований к качеству обслуживания потребителей и времени выполнения заказов. В ответ на эти новые условия организации начали процесс разукрупнения и сокращения размеров своих первичных звеньев. Именно в это время стали формироваться бригады из рабочих, инженеров, специалистов и управленцев, обладающие производственной самостоятельностью и независимостью, полностью отвечающие за результаты своей деятельности.

Принципы, на которых строится бригадная структура, разрушают основы командно-контрольных структур управления. Главные из них: автономная работа; самостоятельное принятие решений и координация деятельности по горизонтали; замена жестких связей бюрократического типа гибкими связями; привлечение для разработки и решения задач сотрудников из других подразделений, что разрушает традиционное деление производственных, инженерно-технических, экономических и управленческих служб на изолированные системы со своими целевыми установками и интересами.

Переход к бригадным структурам обычно требует значительной подготовки, что связано с распределением всего персонала по группам (бригадам), число членов в которых невелико (обычно до 10-15 человек).

Рабочую группу возглавляет руководитель, характер его работы определяется концепцией групповой работы, в которой поощряются взаимопомощь,

взаимозаменяемость, личная ответственность, ориентация на запросы потребителей. При этом существенно меняются требования к квалификации работающих: предпочтение отдается людям с универсальными знаниями и навыками, так как только они могут обеспечить взаимозаменяемость и гибкость при смене выполняемых группой заданий. В бригадах значительно расширяются функции труда работников, и повышается их квалификация в результате освоения нескольких специальностей и профессий, и более полного развития способностей. Сочетание коллективной и индивидуальной ответственности за качество работы и ее конечный результат резко снижает необходимость в формальном контроле.

Соответственно этому меняются условия оплаты труда, направленные, прежде всего, на стимулирование экономически выгодного сотрудничества и повышение заинтересованности в росте прибылей и доходов. В бригадах вводятся гибкие системы, предусматривающие тесную связь между уровнем заработной платы каждого члена группы и общими результатами.

Распространение бригадных структур за рубежом (например, в США к 1984 г. более 200 из 500 крупнейших корпораций создали различные по степени автономии бригады) стимулировало развитие внутрифирменных рыночно-экономических отношений и привело к существенному сокращению аппарата управления на среднем уровне. Это логичный результат объединения в команды специалистов, знающих задачи и способы их решения и не нуждающихся в дополнительных руководящих указаниях сверху.

Одной из последних разработок, развивающих идею гибких органических структур управления, является их построение в форме перевернутой пирамиды, в которой на верхний уровень иерархии выведены специалисты-профессионалы, в то время как руководитель организации находится в нижней части схемы.

Такие структуры могут использоваться там, где профессионалы имеют опыт и знания, дающие им возможность действовать независимо и квалифицированно удовлетворять потребности клиентов. Прежде всего, это относится к организациям здравоохранения и образования, где сконцентрировано большое число

специалистов, работающих самостоятельно при поддержке вспомогательного или обслуживающего персонала.

1.10 Иерархическая структура ХТС

Особо необходимо отметить иерархическую структуру ХТС, которая позволяет на каждом этапе сократить размерность исследуемой задачи (т.е. число одновременно учитываемых элементов и процессов), а результаты изучения подсистемы одного производства использовать в исследованиях другого. Иерархическую структуру масштабных подсистем можно представить также для функциональных подсистем.

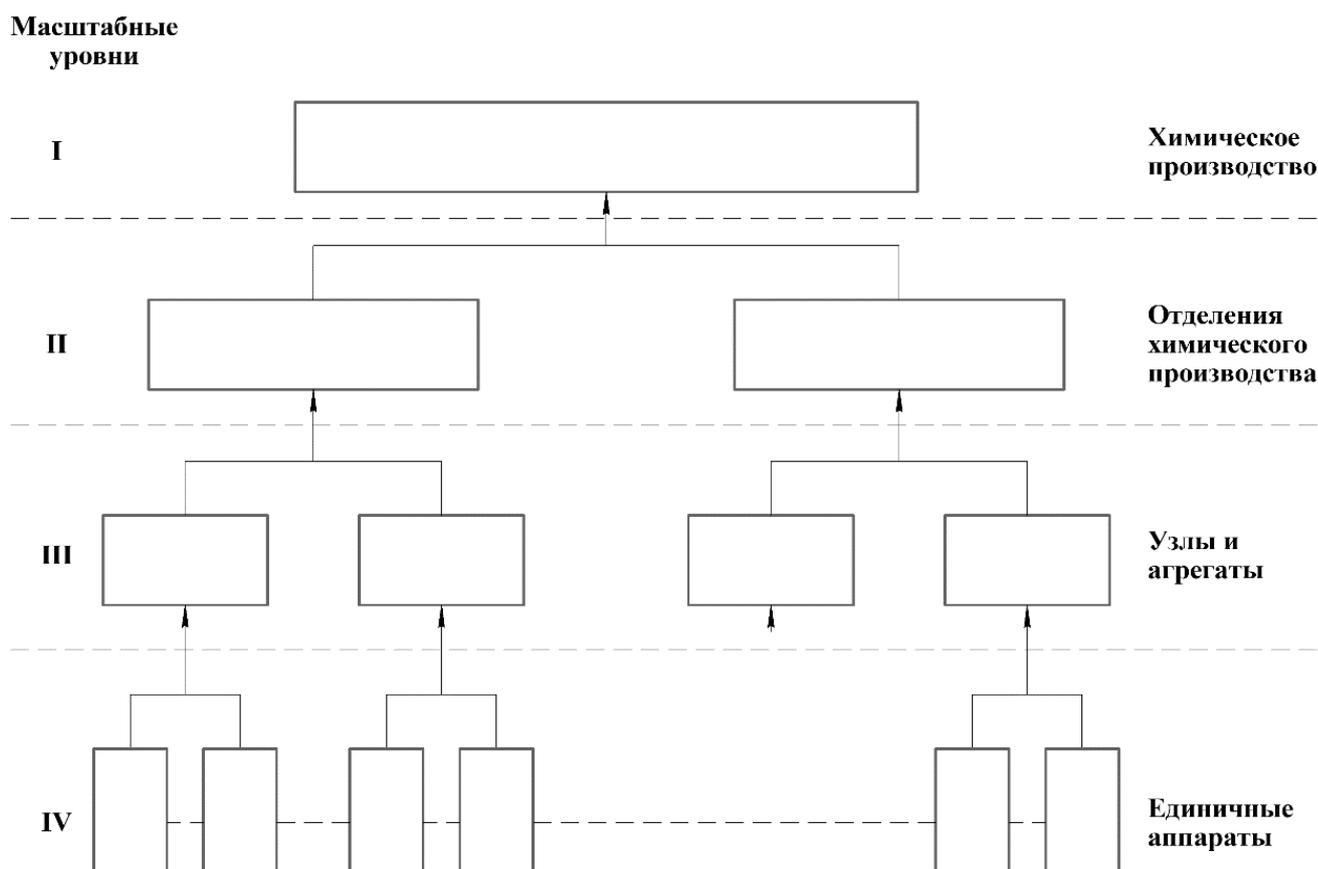


Рисунок 1.1 – Иерархическая структура химико-технологической системы

Элементом минимального масштаба в структуре ХТС является отдельный аппарат (реактор, абсорбер, ректификационная колонна, насос и прочее). Это – низший масштабный уровень I. Несколько аппаратов, выполняющих вместе какое-то преобразование потока, – элементы подсистемы II масштабного уровня (реакционный узел, система разделения многокомпонентной смеси и т.д.). Совокупность подсистем второго уровня как элементы образуют подсистему III уровня (отделения или участки производства, например, в производстве серной кислоты – отделения обжига серосодержащего сырья, очистки и осушки сернистого газа, контактное, абсорбционное, очистки отходящих газов). К этим же подсистемам могут относиться водоподготовка, регенерация отработанных вспомогательных материалов, утилизация отходов. Совокупность отделений, участков образует ХТС производства в целом. Описанное выделение подсистем условно. В каких-то задачах выделение подсистем, элементов может быть иным.

Противоположный тип организации – **сетевая** (не допускающая разбивку на уровни).

Также можно встретить горизонтальные структуры. **Горизонтальная структура** – система связей на одном или близких уровнях иерархической организации, дополняющая её возможности (или деструктивно конфликтующая с ней). Сетевые связи также необходимы для повышения живучести и гибкости системы. При правильной организации они придают системе свойство голографичности, когда подсистемы продолжают выполнять функцию системы даже при значительных разрушениях (может быть, с ухудшением качества).

1.11 Принцип функциональности

Этот принцип утверждает, что любая структура тесно связана с функцией системы и ее частей, и рассматривать (создавать) структуру необходимо только после уяснения функций в системе. На практике этот принцип, в частности, означает, что в случае придания системе новых функций полезно пересматривать ее

структуру, не пытаться втиснуть новую функцию в старую структуру. Так, например, перестройка производства, связанная с введением автоматизации, ведет как к возникновению новых подразделений (вычислительные центры, группа системных программистов, группа по банку данных и т.п.), так и перестройке структуры имеющихся подразделений.

Для анализа основной производственной подсистемы на основе принципа функциональности, будем рассматривать функцию подсистемы и ее частей, как структуру необходимую для выполнения функций с точки зрения механических и химических превращений в ней.

В общем виде функциональная модель (схема) строится на основе химической и операционной, и наглядно отражает основные стадии химико-технологического процесса и их взаимосвязи. Каждая из стадий представлена прямоугольником, линии между ними – связи. На рисунке 1.2 показана функциональная схема производства аммиака, соответствующая приведенной далее операционной модели.

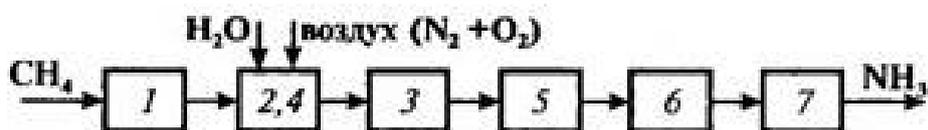


Рисунок 1. 2 – Функциональная схема производства аммиака

Цифры на схеме соответствуют стадиям операционной модели (стадии 2 и 4 совмещены). Элементы функциональной схемы соединены последовательно.

Операционная модель представляет основные стадии (операции) переработки сырья в продукт, в том числе обеспечивающие протекание основных превращений. Производство аммиака описывается следующей операционной моделью.

1) Очистка природного газа от серосодержащих соединений адсорбцией сероводорода, который мешает дальнейшим превращениям:



2) Конверсия метана с водяным паром. И природный газ (CH₄), и вода (H₂O) являются сырьем для получения одного из компонентов для синтеза аммиака – водорода H₂. В этом превращении протекают одновременно две реакции:



3) Конверсия оксида углерода с водяным паром (в предыдущем процессе оксид углерода CO не полностью превращается в CO₂ из-за равновесных ограничений):



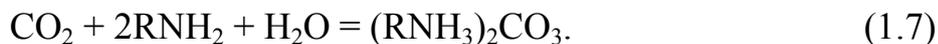
Осуществление перечисленных этапов производства позволяет достигать максимально возможного извлечения водорода из исходного сырья – метана CH₄ и воды H₂O.

4) Получение азота N₂ – второго исходного компонента для синтеза аммиака, который в современных схемах получают из воздуха путём «выжигания» из него кислорода:



Это не только наиболее простой способ освобождения азота воздуха от кислорода, но и энергосберегающий, как так сжигание части природного газа всё равно необходимо для обеспечения теплотой всего процесса.

5) Абсорбция диоксида углерода – удаление CO₂, полученного при получении водорода. Его поглощают раствором моноэтаноламина:



6) Очистка газа от оксида углерода CO. После конверсии CO небольшое количество CO остается, и он мешает дальнейшим превращениям. Освобождаются от него, превращая в безвредный метан:



7) Синтез аммиака (после всех стадий получена чистая азото-водородная смесь; примесь CH₄, полученная в предыдущей стадии, мала):



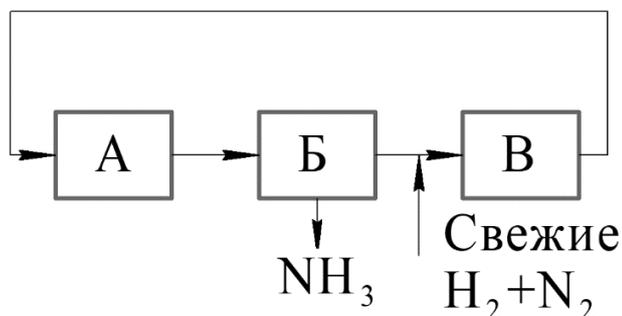
Реакция водорода с азотом протекает не полностью из-за ограничений по равновесию. Поэтому синтез аммиака включает три стадии, т.е. стадию синтеза аммиака можно рассмотреть как подсистему, представляющую из себя также ХТС:

А. Синтез аммиака $3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3$.

Б. Выделение аммиака.

В. Возврат (рецикл) непрореагировавших водорода и азота в реактор (на стадию А).

Представление основных операций химико-технологического процесса в виде функциональной схемы весьма удобно для его понимания. Она дает общее представление о функционировании ХТС и служит предпосылкой для аппаратного оформления и более детальной разработки ХТС.



А – синтез NH₃; Б – выделение NH₃; В – компрессия и рециркуляция

Рисунок 1.3 – Функциональная схема синтеза аммиака

1.12 Принцип развития

Понятие развития, изменяемости при сохранении качественных особенностей выделяется почти в любой естественной системе, а в искусственных системах возможность развития, усовершенствования, как правило, закладывается в основу создания системы. При модульном построении системы такое развитие обычно сводится к замене и добавлению модулей (частей).

1.13 Принцип децентрализации

Принцип децентрализации рекомендует, чтобы управляющие воздействия и принимаемые решения исходили не только из одного центра (главствующего элемента). Ситуация, когда управляющие воздействия (команды) исходят из одного места, называется полной централизацией. Такое положение считается оправданным лишь при особой ответственности за все происходящее в системе, и в неспособности частей системы самостоятельно реагировать на внешние воздействия. Система с полной централизацией будет негибкой, не приспособляющейся, не обладающая «внутренней активностью».

Весьма вероятно, что каналы информации, ведущие к главному элементу, окажутся перегруженными, а сам этот элемент в состоянии переработать такое количество информации, начнет выдавать неверные управления.

Однако, чем выше степень децентрализации решений в системе, тем сложнее они согласовываются с точки зрения глобальной цели. Достижение общей цели сильно децентрализованной системой может обеспечиваться лишь каким-либо устойчиво работающим механизмом регуляции, не позволяющим сильно уклоняться от поведения, ведущего к достижению глобальной цели.

В системах, где устойчивых механизмов регуляции нет, неизбежно наличие той или иной степени централизации. При этом возникает вопрос об оптимальном сочетании команд извне (сверху) и команд, вырабатываемых внутри группы

элементов. Общий принцип такого сочетания таков: степень централизации должны быть минимальной, обеспечивающей выполнение поставленной цели.

Сочетание централизации и децентрализации имеет еще один аспект. Его частным случаем будет передача сверху обобщенных команд, которые конкретизируются на нижних иерархических уровнях.

1.14 Принцип неопределенности

Принцип неопределенности утверждает, что мы можем иметь дело и с системой, в которой нам не все известно или понятно. Это может быть система с невыясненной структурой, с непредсказуемым ходом процесса, со значительной вероятностью отказов в работе элементов, с неизвестными внешними воздействиями и др. Частным случаем неопределенности выступает случайность – ситуация, когда вид события нам известен, но оно может наступить или не наступить.

Существует несколько способов действий в такой системе, каждый из которых основан на информации определенного вида. Во-первых, можно оценивать «наихудшие» или в каком-то смысле «крайние» возможные ситуации и рассмотрение проводить для них. В этом случае мы определяем некое «граничное» поведение системы и на основе него можем делать выводы о поведении вообще. Этот метод обычно называют *методом гарантированного результата*. Во-вторых, по информации о вероятностных характеристиках случайных величин (мат. ожиданию, дисперсии и др.) можно определять вероятностные характеристики выходов в системе. При этом в связи со своеобразной трактовкой вероятностных результатов мы получаем сведения лишь об усредненных характеристиках совокупности однотипных систем. В-третьих, за счет дублирования и других приемов оказывается возможным из «ненадежных» элементов составлять достаточно надежные части системы.

1.15 Использование принципов системного подхода

Все принципы системного подхода обладают высокой степенью общности, т.е. отражают отношения, сильно абстрагированные от конкретного содержания прикладных проблем.

Для любой конкретной системы, проблемы, ситуации принципы системного подхода должны быть конкретизированы, и такая привязка производится исследователем. Он должен наполнить конкретным содержанием общие формулировки принципов и это весьма полезно потому, что позволяет лучше увидеть существенные стороны проблемы, не забыть учесть важные взаимосвязи в ней. В ряде случаев продумывание конкретного содержания принципов системного подхода позволяет подняться на новый уровень осмысления системы в целом, выйти за рамки «узкого» отношения к ней. Интерпретация принципов для данного конкретного частного случая может приводить к незначимости какого-либо из принципов, или отсутствию условий для его применения.

Многочисленное применение принципов системного подхода в различных системах, приводит к тому, что у исследователя развивается особый тип мышления, который принято называть системным мышлением. Такое мышление характеризуется умением наиболее правильно (адекватно) ставить, а нередко и решать задачи, связанные со сложными системами.

В последующих главах предлагается рассмотреть пример системного анализа абстрактного нефтеперерабатывающего предприятия – системы, разделив его на подсистемы управления, технологии и сбыта. При этом будут учитываться случайные факторы, влияющие на развитие системы и возможную её оптимизацию. Обращая внимание на случайность возникновения факторов, представлено элементарное понятие случайной величины и её характеристик.

2 Принципы построения моделирующих алгоритмов для сложных систем

2.1 Метод статистических испытаний (Метод Монте-Карло)

Метод Монте-Карло – это численный метод решения математических задач и помощи моделирования случайных величин.

Датой рождения метода Монте-Карло считается 1949 год, когда появилась статья Metropolis N., Ulam S., The Monte Carlo method, J. Amer. statistical assoc. 1949 44 №247. Создателями метода считают американских математиков венгерского – Джон фон Нейман, и польского – Станислав Улам – происхождений. Само название метода происходит от города Монте-Карло, знаменитого своими игорными домами. Дело в том, что простейшим механическим прибором для получения (генерации) случайных чисел является рулетка.

Для понимания идеи метода Монте-Карло рассмотрим следующую задачу

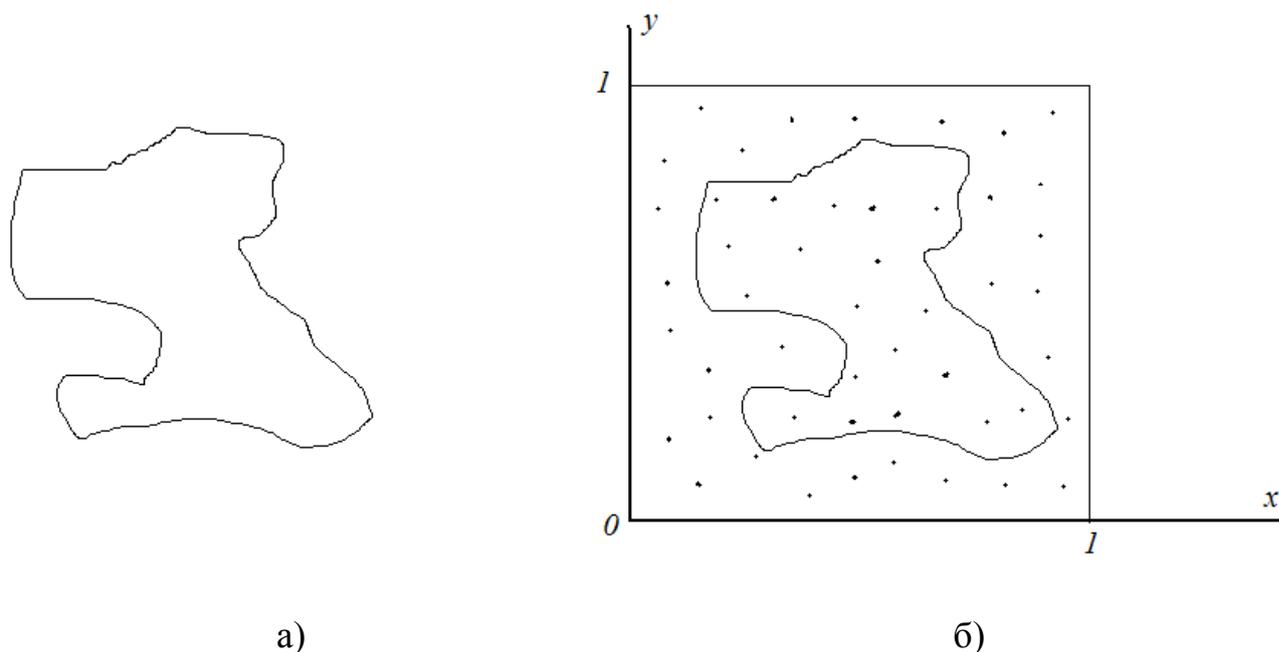


Рисунок 2.1 – Метод Монте-Карло

Пусть нам требуется определить площадь фигуры на рисунке 2.1 а. Для простейших фигур типа окружности, треугольника, квадрата, прямоугольника и т.п.

задача не представляет труда, так как для таких фигур имеются готовые формулы. Но для фигур сложной формы, как на рисунке, готовых формул нет. Тогда идут другим путем. Фигуру разбивают на части простой формы, для которых формулы определения площадей известны и находят площадь фигуры как суммы площадей этих частей. Но если кривая, ограничивающая фигуру очень сложна, то площади частей фигуры должны быть достаточно малы, иначе точность определения площади фигуры будет низкой.

Можно поступить иначе. Выберем такой масштаб, чтобы фигура целиком помещалась внутри квадрата со стороной, равной l . Выбираем внутри квадрата N случайных точек. Обозначим через n число точек, попавших внутрь квадрата. Тогда

$$S = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N} \quad (2.1)$$

Отметим особенности метода. Первая особенность метода – простая структура вычислительного алгоритма. Как правило, составляется программа для осуществления одного случайного испытания (выбор случайной точки в квадрате) и проверки условия, что она принадлежит квадрату или нет. Затем это испытание повторяется N раз, причем результат испытания не зависит от всех остальных испытаний. Поэтому метод называют еще *методом статистических испытаний*.

Вторая особенность метода в том, что ошибка вычислений, как правило, пропорциональна величине

$$X = \sqrt{\frac{D}{N}} \quad (2.2)$$

где D – некоторая постоянная,
 N – число испытаний.

Отсюда следует, что если необходимо уменьшить ошибку, например, в 10 раз (иначе говоря, чтобы получить в величине площади еще один верный знак) нужно

увеличить число испытаний в 100 раз. Ясно, что добиться высокой точности можно увеличением числа испытаний, а это ведет к увеличению объема вычислений. Однако одну и ту же задачу можно решать разными вариантами метода Монте-Карло, которым отвечают различные значения D . Во многих задачах значительно увеличить точность, выбрав вариант метода, которому соответствует значительно меньшее D . Поэтому в зарубежной литературе пишут о методах Монте-Карло во множественном числе. Кстати сказать, на практике для вычисления площади фигур со сложным контуром метод Монте-Карло не используют, для этого применяются другие методы, более сложные, но и более точные.

Третья особенность метода состоит в следующем. Допустим, что лист с квадратом и фигурой наклеен на стене в качестве мишени. Стрелок, находящийся на расстоянии от мишени стреляет в мишень N раз, целясь в центр квадрата. Очевидно, не все пули лягут в центр квадрата – они пробьют на мишени N случайных точек. Можно ли по этим точкам оценить площадь? Ясно, чем выше квалификация стрелка, тем больше точек попадет внутрь фигуры и расчет по формуле (2.1) даст завышенное значение площади. Нетрудно сообразить, что метод расчета площади по формуле (2.1) будет справедлив только тогда, когда случайные точки будут не просто случайными, а еще и равномерно, в вероятностном смысле, разбросан по всему квадрату. Иными словами, распределение точек по квадрату должно иметь равномерное распределение.

2.2 Задачи, решаемые методом Монте-Карло

Во-первых, метод Монте-Карло позволяет моделировать любой процесс, на протекание которого влияют случайные факторы. Во-вторых, он используется для многих математических задач, не связанных с какими-либо случайностями, то есть строго детерминированных задач. В этих случаях вводят случайность искусственным образом, как в рассмотренном примере.

Таким образом, можно говорить о методе Монте-Карло как об универсальном методе решения математических задач.

Интересно отметить, что в некоторых случаях выгоднее отказаться от моделирования чисто случайного процесса и вместо этого использовать искусственную модель.

2.3 Формирование случайных чисел

Для формирования возможных значений случайной величины с заданным законом распределения исходным материалом служат случайные величины, имеющие равномерное распределение на интервале $[0, 1]$. Другими словами, возможные значения x_i случайной величины ξ , имеющей равномерное распределение на интервале $[0, 1]$, могут быть преобразованы в возможные значения y_i случайной величины η , закон распределения которого задан.

2.3.1 Случайные величины (СВ)

Испытанием или **опытом** будем называть некоторый комплекс действий, выполняемый в одинаковых условиях. Всякий результат осуществления испытания или опыта будем называть **исходом**. Исход можно характеризовать качественно и количественно.

Любая качественная характеристика результата испытания называется **событием**. Событие называется **достоверным**, если в результате испытания (опыта) произойдет обязательно. Событие называется **невозможным**, если оно не может произойти в результате опыта. Событие, которое в результате данного опыта может произойти или не произойти называется **случайным событием**.

Любая количественная характеристика испытания (опыта) называется **случайной величиной (СВ)**.

Случайная величина – это такая величина, которая в результате испытания может принимать то или иное, заранее неизвестное, значение. Мы не знаем, какое значение примет эта величина в данном конкретном испытании, но мы знаем, какие

значения она может принимать, и знаем каковы вероятности тех или иных значений. На основании этих данных мы не можем точно предсказать результат данного испытания, связанного с этой СВ, но мы можем достаточно надежно предсказать совокупность результатов большого числа испытаний, и чем больше испытаний, тем точнее будут наши предсказания.

Рассмотрим некоторую конечную последовательность испытаний длиной N . Пусть при проведении N испытаний число исходов, *соответствующих* некоторому событию A равно n . Величина $P(A)$ называется *частотой* появления события A .

$$P(A) = \frac{n}{N} \quad (2.3)$$

Основной теоретической характеристикой случайного события является его вероятность f_1, f_2, \dots, f_n .

Вероятностью события называется число, характеризующее частоту события при неограниченном увеличении числа опытов, то есть такое число, около которого частота события стремится стабилизироваться

$$f(A) = \lim_{N \rightarrow \infty} P(A) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}, \quad (2.4)$$

Таким образом, чтобы характеризовать или задать случайную величину, надо указать, какие значения она может принимать и каковы вероятности этих значений.

Случайные величины бывают двух типов: *дискретные* и *непрерывные*.

2.3.2 Дискретные случайные величины

Случайная величина ξ называется *дискретной*, если она может принимать дискретное множество значений $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, то есть когда ее значения могут быть пронумерованы натуральным рядом. Дискретная случайная величина ξ определяется величиной

$$\xi = \begin{pmatrix} x_1, x_2, \dots, x_n \\ f_1, f_2, \dots, f_n \end{pmatrix}, \quad (2.5)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – возможные значения случайной величины ξ ,

f_1, f_2, \dots, f_n – соответствующие им вероятности.

Вероятность того, что случайная величина ξ примет значение x_i обозначается так

$$P\{\xi = x_i\} = f_i, \quad (2.6)$$

Величина (2.5) называется *распределением СВ*, а *функцией (или законом) распределения* называется выражение

$$F(x) = \sum_{x_i < x} f_i, \quad (2.7)$$

где неравенство под знаком суммы показывает, что суммирование производится по всем значениям индекса i , для которых выполняется это неравенство.

Числа x_1, x_2, \dots, x_n вообще говоря, могут быть любыми целыми числами, однако вероятности f_1, f_2, \dots, f_n должны удовлетворять двум условиям:

а) все f_i должны быть неотрицательными:

$$f_i \geq 0; \quad (2.8)$$

б) сумма всех f_i равна 1:

$$f_1 + f_2 + \dots + f_n = \sum_{i=1}^n f_i = 1 \quad (2.9)$$

Последнее условие означает, что ξ обязана в каждом случае принимать одно из значений x_1, x_2, \dots, x_n .

Математическим ожиданием СВ (МО) ξ называется число

$$M \xi = M[\xi] = \sum_{i=1}^n x_i f_i, \quad (2.10)$$

$M \xi$ – это среднее значение СВ ξ .

Основные свойства $M \xi$:

если c – какая-нибудь неслучайная величина, то

$$\begin{aligned} M[\xi + c] &= M \xi + c, \\ M[c\xi] &= cM \xi. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Если ξ и η – две СВ, то

$$M[\xi + \eta] = M \xi + M \eta \quad (2.12)$$

Дисперсией СВ ξ называется число

$$D \xi = D[\xi] = M[(\xi - M \xi)^2]. \quad (2.13)$$

Дисперсия СВ – это математическое ожидание квадрата отклонения СВ ξ от своего среднего значения и, очевидно, всегда положительна, т.е. $D \xi > 0$. Дисперсия характеризует разброс значений СВ около своего среднего значения. Формулу (2.13) для дисперсии можно преобразовать

$$D \xi = M[\xi^2 - 2M \xi \cdot M \xi + (M \xi)^2] = M(\xi^2) - 2(M \xi)^2 + (M \xi)^2, \quad (2.14)$$

Откуда

$$D \xi = M(\xi^2) - (M \xi)^2 \quad (2.15)$$

Вычислять по формуле (2.15) обычно проще и легче чем по (2.14)

Математическое ожидание и дисперсия – это важнейшие, но не единственные характеристики СВ.

Основные свойства дисперсии:

$$\begin{aligned} D[\xi + c] &= D \xi, \\ D[c\xi] &= c^2 D \xi. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Допустим мы наблюдаем две СВ ξ и η . Если распределение величины ξ не меняется от того, что нам уже известно значение, которое приняла величина η , то эти две СВ *независимы*. Для независимых случайных величин o и z справедливы следующие соотношения:

$$\begin{aligned} M[oz] &= M o \cdot M z, \\ D[o + z] &= D o + D z. \end{aligned} \quad (2.17)$$

При изучении случайных явлений часто приходится характеризовать результат испытаний не одной СВ, а несколькими СВ или даже бесконечным множеством СВ. Например, движение воздуха в данной точке в данный момент времени характеризуется тремя составляющими скорости. В таких случаях, кроме рассмотренных нами математического ожидания и дисперсии, которые можно вычислять для каждой СВ в отдельности, необходимо ввести величину, характеризующую степень зависимости между СВ. В качестве такой характеристики степени зависимости СВ X и Y в данной серии n испытаний можно принять ***статистический корреляционный момент***

$$k_{xy}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x^*) (y_i - m_y^*) \quad (2.18)$$

В этой формуле обозначения

$$\begin{aligned}
m_x = MX = M[X], \quad m_x^* &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \\
m_y = MY = M[Y], \quad m_y^* &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i.
\end{aligned}
\tag{2.19}$$

2.3.3 Непрерывные случайные величины

Непрерывной случайной величиной ω называется СВ, могущая принимать любое значение из некоторого интервала $[a, b]$. ω определяется заданием интервала $[a, b]$, содержащего всевозможные значения этой величины, и функцией $f(x)$, которая называется плотностью **вероятностей СВ ξ (или плотностью распределения ω)**

Физический смысл $f(x)$ следующий: пусть $[a', b']$ произвольный подинтервал, содержащийся в $[a, b]$. Тогда вероятность того, что ω окажется в интервале $[a', b']$ равна интегралу

$$P \{a' < b'\} = \int_{a'}^{b'} f(x) dx.
\tag{2.20}$$

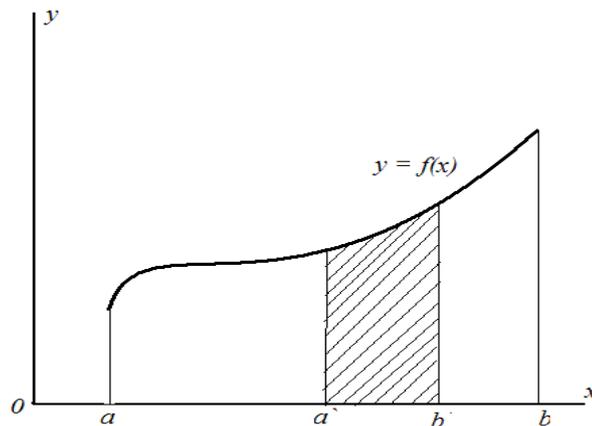


Рисунок 2.2 – Физический смысл $f(x)$

На рисунке 2.2 площадь заштрихованной фигуры равна значению интеграла.

Множество значений может быть любым (даже возможен случай $-\infty \leq \omega \leq \infty$), однако плотность $f(x)$ должна удовлетворять условиям, аналогичным (2.8) и (2.9):

а) плотность $f(x)$ положительна:

$$f(x) > 0; \quad (2.21)$$

б) сумма всех f_i равна 1:

$$\int_a^b f(x) dx = 1. \quad (2.22)$$

Математическим ожиданием непрерывной СВ называется число

$$M o = m_o = \int_a^b x f(x) dx. \quad (2.23)$$

Дисперсия непрерывной СВ вытекает из формулы (2.14)

$$D o = D_o = \int_a^b x^2 f(x) dx - (M o)^2 = M[o^2] - (M o)^2. \quad (2.24)$$

Все изложенное для дискретных СВ от формулы (2.11) до (2.17) справедливо и для непрерывных СВ.

Для двух СВ X и Y для характеристики степени их связи вводится **корреляционный момент или момент связи СВ X и Y**

$$k_{xy} = M[X^0 Y^0] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)(y - m_y) dx dy. \quad (2.25)$$

Корреляционный момент двух СВ до некоторой степени характеризует зависимость между этими СВ. Если корреляционный момент отличен от нуля, то между этими СВ существует зависимость.

2.4 Пример расчётов

Рассмотрим пример использования статистических данных при анализе работы химического производства.

В расчетный период были зафиксированы следующие отказы и износы в работе химического производства:

1. Потеря теплоподдержания в реакторах – 3 раза
2. Прерывание регенерации катализатора – 16 раз
3. Разрыв аксиального движения потока – 11 раз
4. Снижения мощности впрыска жидкофазного сырья – 12 раз
5. Выход из строя третьей ступени риформирования – 4 раза

На основе этих данных произведем основные расчеты случайной величины отказов и негативных фактов на производстве, произошедших за указанный промежуток времени.

2.4.1 Расчет частоты появления отказа выполнялся по формуле (2.3), взяв за общее число наблюдений – суммарное число отказов, а вероятность одновременного наступления двух и более отказов – величиной бесконечно малой.

$$P(A) = 0,0652$$

$$P(A) = 0,3478$$

$$P(A) = 0,2391$$

$$P(A) = 0,2609$$

$$P(A) = 0,0870$$

2.4.2 Расчет дискретной случайной величины представлен согласно формуле (2.5)

3	16	11	12	4
0,0652	0,3478	0,2391	0,2609	0,0870

2.4.3 Математическое ожидание случайной величины согласно формуле (2.10)

$$\begin{aligned} M(o) &= 3 * 0,0652 + 16 * 0,3478 + 11 * 0,2391 + 12 * 0,2609 + 4 * 0,087 \\ &= 11,8696 \end{aligned}$$

2.4.5 Дисперсия случайной величины согласно формуле (2.15)

$$\begin{aligned} D o &= (0,0652 * (3 - 11,8696)^2 + 0,3478 * (16 - 11,8696)^2 + 0,2391 \\ &\quad * (11 - 11,8696)^2 + 0,2609 * (12 - 11,8696)^2 + 0,087 \\ &\quad * (4 - 11,8696)^2 = 16,6352 \end{aligned}$$

2.4.6 Среднеквадратичное отклонение случайной величины находится как квадратный корень из дисперсии

$$S = \sqrt{D} = \sqrt{16,6352} = 4,0786$$

3 Пример выполнения задания по системному анализу предприятия

3.1 Принцип иерархии

Рассмотрим некое абстрактное (виртуальное) предприятие нефтеперерабатывающей сферы. Более полная жизнеподобная характеристика предприятия представлена далее.

Используя принцип иерархии, легко построить связь между элементами системы и представить её на следующих схемах.

На рисунке 3.1 дается подробная административная иерархия отделов и должностей.

На рисунке 3.2 предлагается общий принцип иерархии элементов.

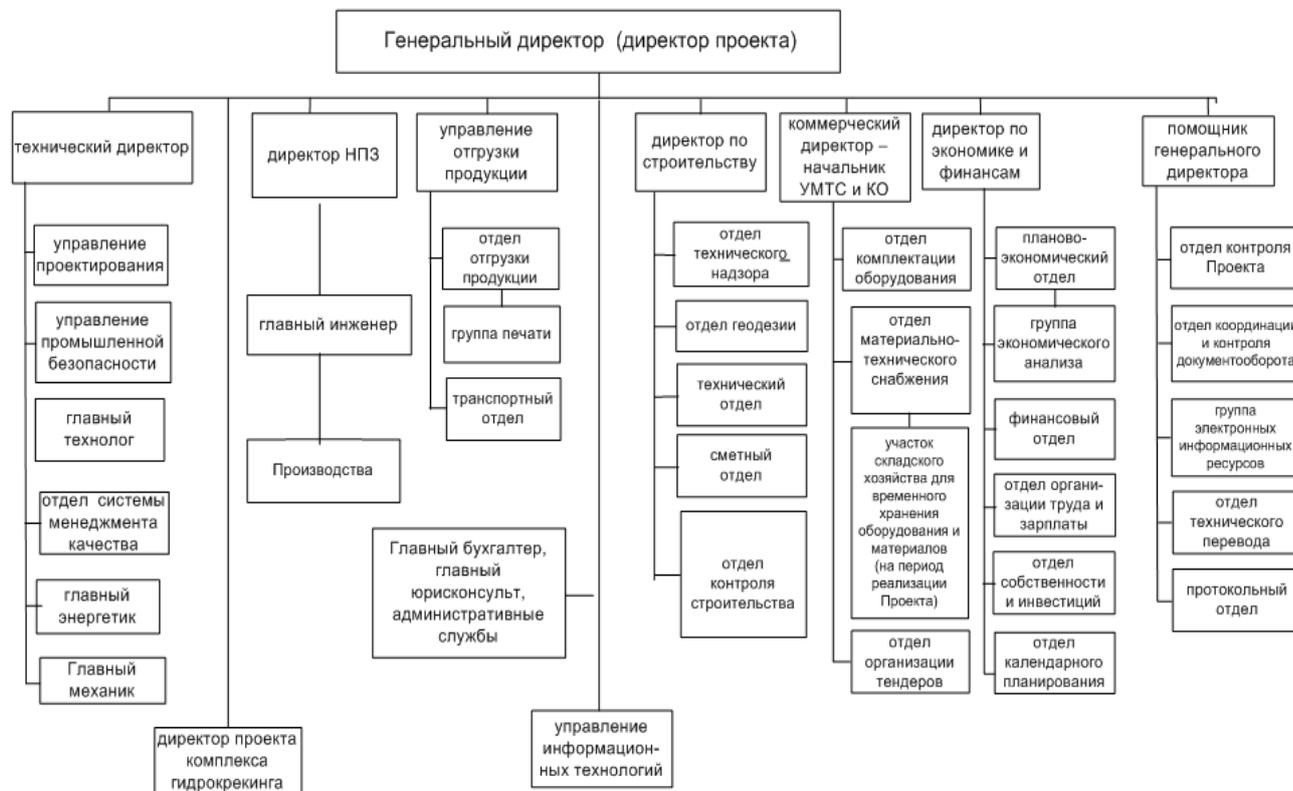
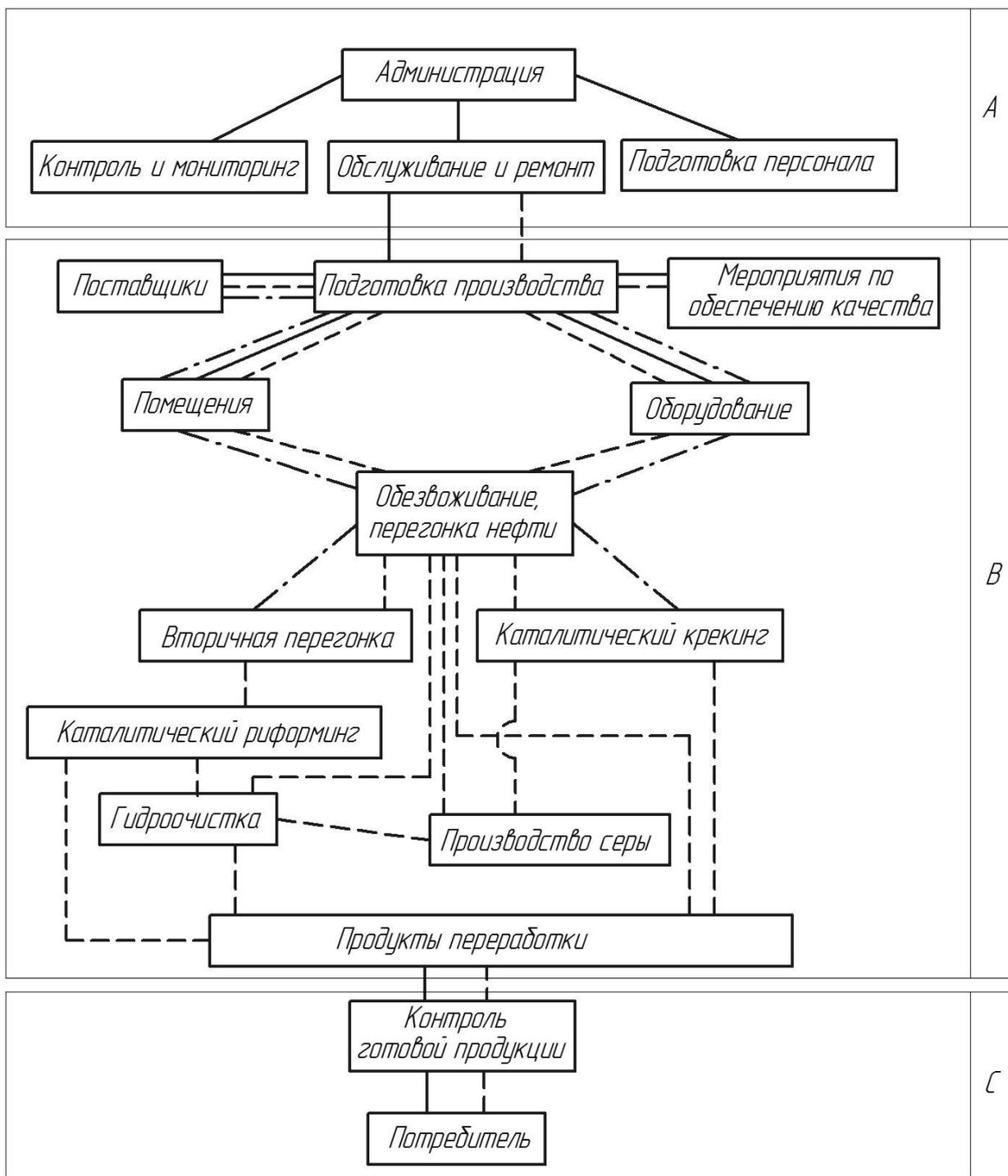


Рисунок 3.1 – Принцип административной иерархии



А – подсистема управления

В – подсистема подготовки производства и реализации техпроцесса

С – подсистема вспомогательных процессов

Рисунок 3.2 – Принцип иерархии на производстве

В цельной системе производства можно выделить три подсистемы (А, В, С):

А – подсистему управления

В – подсистему подготовки производства и реализации технологического процесса

С – подсистему вспомогательных процессов (контроль, складирование, логистика, обеспечение бесперебойной работы).

Между подсистемами в обязательном порядке существуют связи, реализуемые через потоки: информационные, материальные, энергетические.

3.2 Принцип единства, связанности и модульного построения

Опираясь на эти принципы нефтеперерабатывающее предприятие можно представить в виде следующей иерархической системы. В качестве примера модульного построения предлагается система складского хозяйства, представленная на рисунке 3.4.

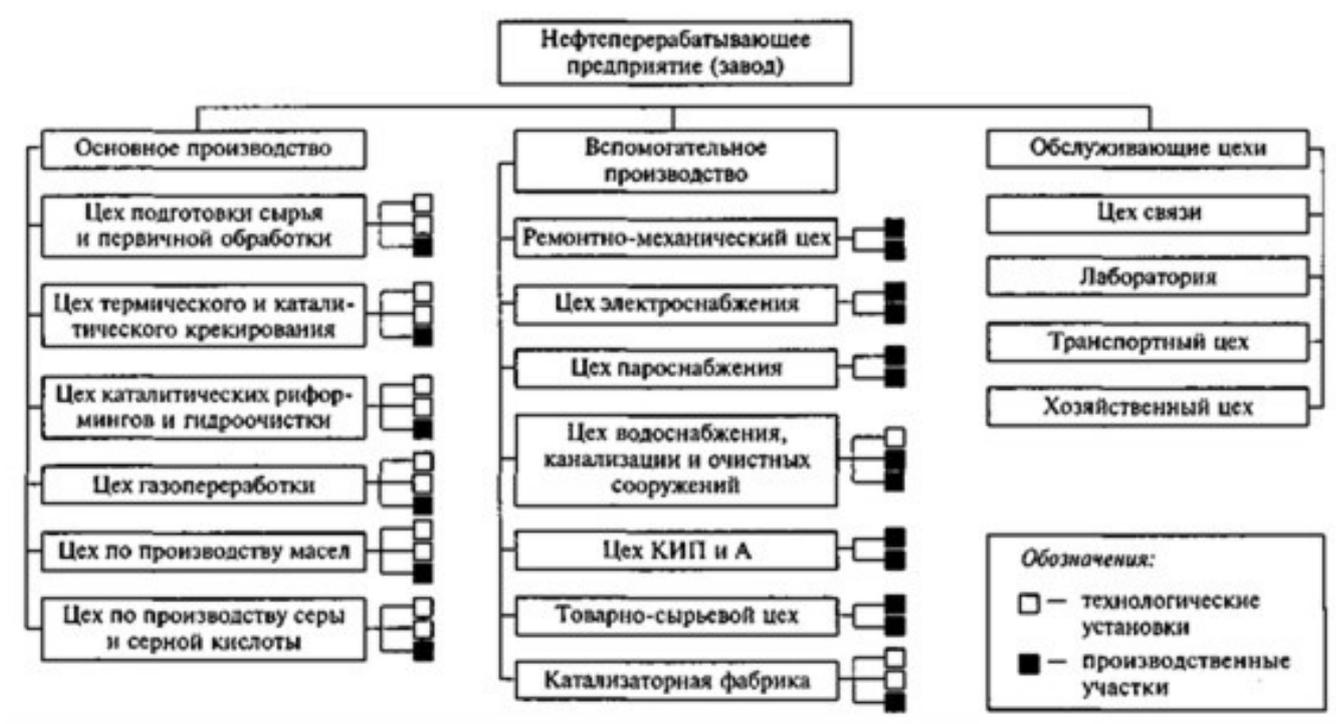


Рисунок 3.3 – Принцип единства, связанности и модульного построения



Рисунок 3.4 – Принцип единства, связанности и модульного построения

3.3 Принцип децентрализации

Выделим и рассмотрим подробнее систему управления производством – А.

Аппарат управления предприятием построен таким образом, чтобы обеспечить в техническом, экономическом и организационном отношениях взаимосвязанное единство всех частей предприятия, наилучшим образом использовать трудовые и материальные ресурсы.

Главный инженер руководит работой технических служб предприятия, несет ответственность за выполнение плана, выпуск высококачественной продукции, использование новейшей техники и технологии и возглавляет технический совет предприятия, являющийся совещательным органом.

В задачи технического отдела входят вопросы совершенствования выпускаемой продукции, разработки новых видов продукции, внедрение в производство новейших достижений науки и техники, механизации и автоматизации производственных процессов, соблюдение установленной технологии и др.

Отдел главного механика вместе с подчиненными ему подразделениями обеспечивает контроль за работой и наладкой технологического оборудования, проводит все виды ремонта технологического оборудования, а также монтаж нового и демонтаж устаревшего оборудования.

Отдел главного энергетика вместе с подчиненными ему подразделениями обеспечивает бесперебойное снабжение предприятия электроэнергией, теплотой, сжатым воздухом, водой, кислородом и др. Проводит планирование и осуществляет ремонт энергетического оборудования, разрабатывает и осуществляет мероприятия по реконструкции, техническому перевооружению и перспективному развитию хозяйства предприятия, организует хозрасчет, разрабатывает технические и организационные мероприятия по повышению надежности и увеличения срока службы оборудования. Разрабатывает мероприятия по борьбе с загрязнением воздушного бассейна и по очистке промышленных сточных вод от систем энергоснабжения, проводит работы по научной организации труда в энергетических цехах и совершенствованию учета и т.д.

Производственно-диспетчерский отдел осуществляет оперативный контроль за ходом производства, разрабатывает календарные графики работы, устраняет причины, нарушающие нормальный режим производства.

Отдел технического надзора осуществляет контроль за комплексностью и качеством готовой продукции и сырья, разрабатывает предложение по предупреждению и уменьшению брака.

Планово-экономический отдел разрабатывает годовые, квартальные планы предприятия и отдельных цехов, контролирует их выполнение, определяет пути устранения недостатков, организует и совершенствует внутризаводское и внутрицеховое планирование, разрабатывает нормативы для образования фондов экономического стимулирования и др.

Бухгалтерия осуществляет учет средств предприятия и хозяйственных операций с материальными и денежными ресурсами, устанавливает результаты финансово-хозяйственной деятельности предприятия и др.

Финансовый отдел – производит финансовые расчеты с заказчиками и поставщиками, связанные с реализацией готовой продукции, приобретением необходимого сырья, топлива, материалов и т.д.

В задачи этого отдела входит также получение кредитов в банке, своевременный возврат ссуд, взаимоотношение с государственным бюджетом.

Отдел капитального строительства организует весь процесс производства и выпуска готовой продукции, контролирует ход проведения строительно-монтажных работ, следит за соблюдением технических норм и правил в ходе исполнения работ.

Отдел организации труда и заработной платы разрабатывает штатное расписание, составляет годовые, квартальные, и месячные планы по труду и заработной плате и осуществляет контроль за их выполнением, внедрению прогрессивных систем заработной платы, разрабатывает положение об образовании и расходовании фонда материального поощрения и т.д.

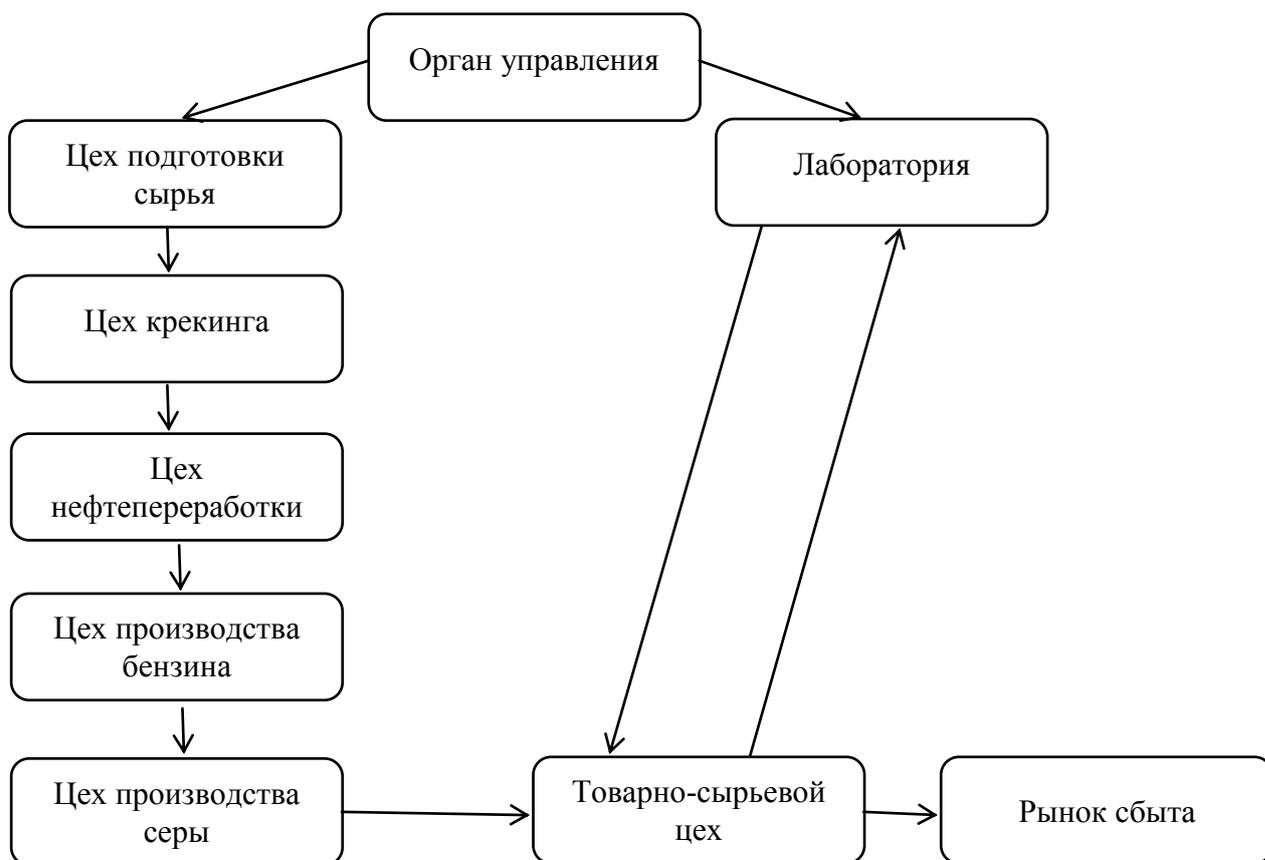


Рисунок 3.5 – Принцип децентрализации (на примере производственных цехов)

3.4 Принцип развития

Рассмотрим на примере абстрактного предприятия (собираемый образ по данным из открытых источников).

АО «N» – современное, высокорентабельное предприятие нефтеперерабатывающей отрасли страны, расположенное в России и имеющее для ее экономики стратегическое значение. Реализация проекта началась в 2009 году. «N» – это целый комплекс нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов, стратегическим инвестором данного проекта является нефтяная компания «N». Помимо инвестиций, направляемых в проект компанией «N», при строительстве объектов внешней транспортной инфраструктуры использовались государственные инвестиции. Эти инвестиции предполагалось использовать для реконструкции продуктопровода, строительства нового нефтепровода и внешних железнодорожных путей. Реализация проекта идет поэтапно, в условиях совмещенного проектирования.

В 2011 году первая очередь комплекса вводится в эксплуатацию, а уже в следующем году удается предприятие выходит на проектную мощность по переработке нефти, положительно влияя на развитие экономики региона нахождения в целом. Параллельно на «N» начинается выпуск новых видов товарной продукции: прямогонного бензина, технического керосина, печного топлива, судового маловязкого топлива, вакуумного газойля и других.

В 2013 году на предприятии проходит модернизация, которая позволяет на 15% повысить производительность производственных установок. Параллельно с этой работой идет строительство комбинированной установки гидрокрекинга. Весной 2014 года осуществлен её запуск, что увеличивает возможный объем перерабатываемого сырья и дает возможность производить новую высококачественную продукцию, типа авиационного керосина и дизельного топлива Евро-5.

В планах развития к 2026 году на «N» должно быть построено ряд установок в рамках второй очереди комплекса, в том числе установки гидроконверсии и гидрокрекинга вакуумного газойля.

В 2021 году планируется ввести установку гидроочистки средних дистиллятов, установку производства водорода и ряд других.

В 2022 году планируется запустить установку сернокислотного алкилирования, газофракционирующую установку. Планируется начать производство топливных присадок МТБЭ.

В 2023 году планируется построить установки изомеризации легкой нефти и каталитического риформинга.

Стратегическими целями предприятия «N» являются рост объёмов переработки при глубине переработки в 99%, а также расширение спектра выпускаемой продукции.

3.5 Принцип функциональности

Применяя данный принцип для анализа НПЗ как системы, можно выделить следующие функции при реализации технологического процесса.

Нефтеперерабатывающий процесс состоит из трех главных стадий. Первая стадия является первичной переработкой, в это время происходит разделение на фракции сырого нефтепродукта. Эти фракции могут быть разными из-за температуры кипения.

Следующая стадия является вторичная переработкой нефти, в этом процессе обрабатываются фракции, которые удалось получить после первичной обработки. На данном этапе создаются так называемые нефтепродукты «товарного назначения».

Последняя стадия нефтепереработки является товарным производством, в это время разнообразные фракции очищаются в дополнительном порядке и доводятся до требуемого качества.

Посредством переработки нефти можно получить не только дизельное топливо и бензин. Также производятся битумы, парафины и смазочные масла. Большинство привычных для нас вещей были созданы благодаря нефтеперерабатывающему процессу.

Производственная схема нефтеперерабатывающего завода преимущественно состоит из стадии подготовки сырья для переработки, первичной перегонки добытой нефти. Затем следует вторичная переработка нефтяной фракции, которая может включать ниже перечисленные процессы.

Каталитический крекинг – переработка нефтяной фракции для получения компонентов высокооктанового бензина или легкого газойля.

Каталитический риформинг – повышение октанового числа бензинов для получения высокооктанового бензина.

Коксование – переработка жидкого или твердого топлива путем нагревания без доступа кислорода с получением кокса.

Висбрекинг – однократный термический крекинг тяжелых остатков сырья, который проводится в более мягких условиях.

Гидрокрекинг – переработка мазута, газойля и высококипящих фракций для получения реактивного и дизельного топлива, масел и бензина.

Гидроочистка – химическое превращение веществ под действием водорода при повышенном давлении и температуре.

3.6 Принцип неопределенности

Этот принцип утверждает, что мы можем иметь дело с системой, в которой нам все неизвестно и непонятно. Термин «неопределенность» относится к недостаточности наших знаний. Источников неопределенности и рисков в нефтяной промышленности великое множество. Всё их многообразие можно подразделить на несколько категорий:

– геологические;

- инфраструктурные;
- экономические;
- государственные.

3.7 Конечные цели

Любая производственная компания имеет некие цели существования. Причем достигаются эти цели не бездумно, а основываясь на заранее разработанной стратегии. Например в рассматриваемой нами виртуальной компании N в рамках стратегии развития может проводиться реструктуризация, направленная на повышение эффективности управления производством, обеспечение прозрачности затрат, оптимизации трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

Наряду с укреплением ресурсной базы и повышением объемов добычи, к приоритетным задачам развития компании можно отнести:

- развитие нефтегазоперерабатывающих мощностей;
- расширение рынков сбыта нефти, газа и нефтехимической продукции.
- активное внедрение инновационных технологических решений при безусловном бережном отношении к экологии.

На всех без исключения направлениях деятельности планируется осуществлять постоянный контроль затрат, наращивать эффективность производственных процессов за счет масштабного внедрения IT-технологий и достижения максимально широкого уровня внедрения цифровых технологий.

3.8 Основная деятельность и задачи

Продолжаем рассматривать на примере АО «N».

Основная текущая деятельность консорциума «N» подчинена следующим задачам: обеспечивать высокотехнологичную и эффективную переработку нефти, в результате которой производить конкурентоспособную и высококачественную

продукцию; оказывать минимальное влияние на окружающую среду и соответствовать всем экологическим стандартам и требованиям; на всех этапах работы создавать и поддерживать репутацию надежного производителя и поставщика нефтепродуктов.

Развиваясь, компания «N» продолжает наращивать мощности и ведет строительство завода глубокой переработки нефти. С вводом в эксплуатацию этих мощностей предприятие сможет перейти к процессу безостаточной переработки нефти. Единственным темным нефтепродуктом будет кокс. Это позволит предприятию экономить природный газ и решить проблему утилизации кокса, что крайне важно с экологической точки зрения. Завод глубокой переработки нефти будет использовать в своем технологическом цикле следующие установки: каталитического крекинга, каталитического риформинга и изомеризации, а также установку замедленного коксования.

Экологическая составляющая – важнейшая в работе комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов «N». Предприятие старается использовать лучшие мировые технологии и оборудование, снижающие вредное воздействие на окружающую среду. Осуществляется круглосуточный мониторинг окружающей среды и действует многоуровневая система экологического контроля.

Представленные показатели работы позволят включить комплекс «N» в энергетическую стратегию страны, рассчитанную на период до 2035 года.

3.9 Окружающая среда и экологическая безопасность

Цели и методы их достижения в сфере экологической безопасности на АО «N»:

- повышение промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов за счет обеспечения надежной и безаварийной работы технологического оборудования, внедрения эффективных методов технической диагностики оборудования;
- идентификация, оценка и снижение промышленных опасностей и рисков;

- повышение эффективности контроля соблюдения требований промышленной и экологической безопасности на производственных объектах Компании;

- повышение эффективности контроля соблюдения требований промышленной и экологической безопасности на производственных объектах;

- рациональное использование природных ресурсов, минимизация потерь нефти и газа.

В своей деятельности компания «N» придерживается 15 принципа принятия мер предосторожности Декларации ООН по Окружающей среде и развитию, принятой в Рио-де-Жанейро 3-4 июня 1992 года, а также разрабатывает и, самое главное, неизменно следует собственным экологическим программам, призванным поддерживать состояние окружающей среды региона деятельности на нормативно допустимом уровне, соответствующем потенциальным возможностям самовосстановления природных экосистем.

Компания использует методологию «последовательных процедур», в рамках которой последующие действия формируются на основании данных, полученных по результатам процедуры предыдущего уровня. Так, для управления природоохранной деятельностью установлена следующая последовательность процедур:

- ведение первичного учёта в области охраны окружающей среды;
- определение текущих природоохранных обязательств и разработка мероприятий по смягчению воздействия на окружающую среду;
- установление целевых и плановых экологических показателей, конкретизирующих текущие экологические обязательства;
- анализ и оценка эффективности природоохранной деятельности;
- определение направлений совершенствования природоохранной деятельности и возможности дальнейшего снижения воздействия на окружающую среду.

3.10 Подготовка и реализация производственного процесса

Перейдем к анализу подсистемы технологического процесса – В.

Рассмотрим реализацию производственного процесса на примере технологической схемы НПЗ, представленной на рисунке 3.6.

Предположим, что мощность НПЗ 24 млн. т. в год. Количество котельных топлив, получаемых на НПЗ – 15 %, битумов – 10 % на перерабатываемую нефть.

Мероприятие реализуем через описание техпроцесса основных производств, анализ их материального баланса и количества получаемого продукта:

- Составление материального баланса установок вторичной перегонки бензина, получения битумов и гидроочистки дизельного топлива.
- Расчет количества гудрона для замедленного коксования топлива.
- Определение общего количества бутан-бутиленовой фракции.

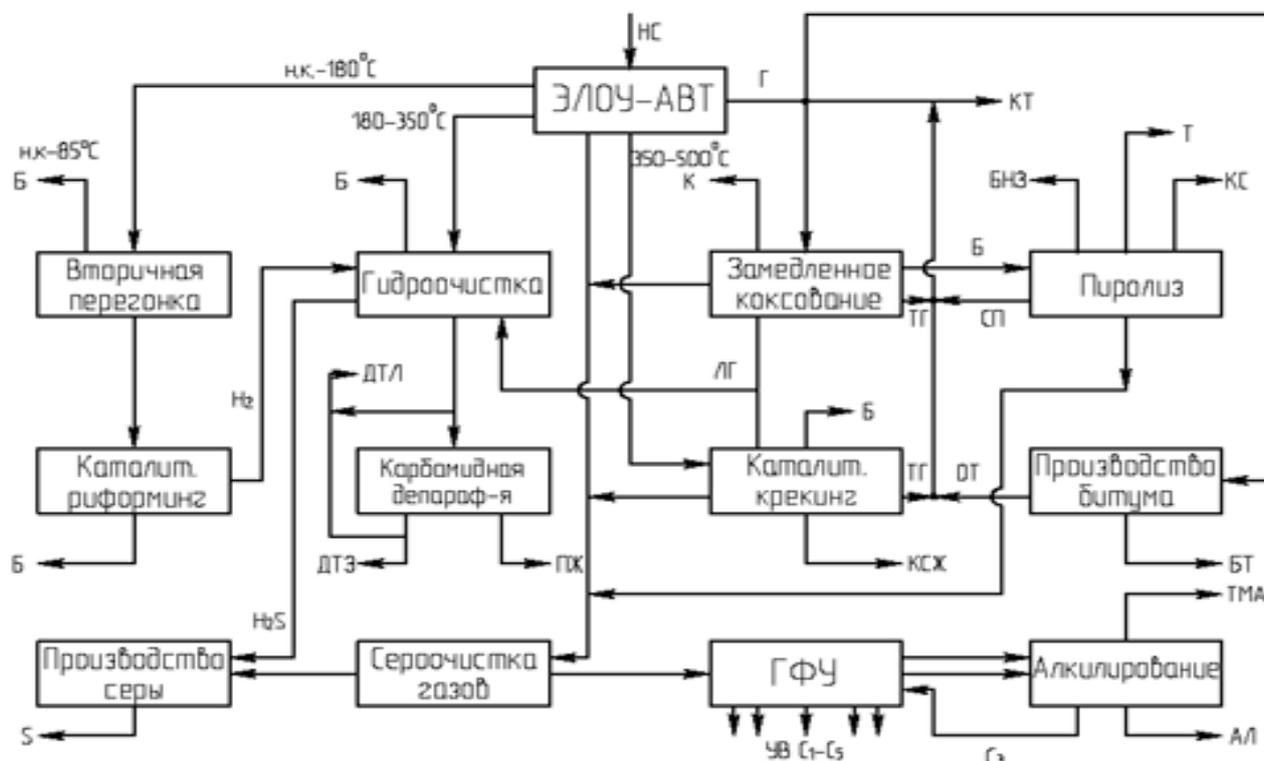


Рисунок 3.6 – Технологическая схема НПЗ

Первоначально составляется общий материальный баланс по установке.

Таблица 3.1 – Материальный баланс АВТ

	% масс.	т/год
Взято:		
Обезвоженная и обессоленная нефть	100,0	24000000
Получено:		
1. Сухой газ	0,1	24000
2. Головка стабилизации	0,9	216000
3. н.к.-180 °С	18,6	4464000
4. 180 -350 °С	26,0	6240000
5. 350-500 °С	24,9	5976000
6. Выше 500 °С	28,8	6912000
7. Потери	0,7	168000
ИТОГО:	100,0	24000000

Далее составляются материальные балансы процессов, сырьем для которых являются нефтяные фракции, идущие только с АВТ.

По технологической схеме фракция н.к.-180 °С в размере: 4464000 т/год отправляется на установку облагораживания бензина.

Таблица 3.2 – Вторичная перегонка на облагораживание бензина

	% масс.	т/год
Взято:		
1. н.к.-180°С	100,0	4464000
Получено:		
1. н.к.-85 °С	25,4	1133856
2. 85-180 °С	73,9	3298896
3. Потери	0,7	31248
ИТОГО:	100,0	4464000

Как видно из материального баланса установок вторичной перегонки бензина и технологической схемы НПЗ на установку каталитического риформинга (облагораживания бензина) подаётся фракция 85-180 °С.

Таблица 3.3 – Каталитический риформинг

	% масс.	т/год
Взято:		
1. 85-180 °С	100,0	3298896,0
Получено:		
1. Дебутанизированный бензин	84,5	2787567,1
2. Водородсодержащий газ	11,0	362878,6
(в т.ч. водород)	0,8	26391,2
3. Головка стабилизации	4,0	131955,8
4. Потери	0,5	16494,5
ИТОГО:	100,0	3298896,0

Фракция 350-500 °С с АВТ подается на каталитический крекинг.

Таблица 3.4 – Каталитический крекинг

	% масс.	т/год
Взято:		
1. 350- 500 °С с АВТ	100,0	5976000
Получено:		
1. Сухой газ	3,5	209160
2. Газ жирный	14,5	866520
3. Бензин (н.к.-180 °С)	40,0	2390400
4. Легкий газойль (180-350 °С)	26,0	1553760
5. Тяжелый газойль	8,5	507960
6. Кокс сжигаемый	6,0	358560
7. Потери	1,5	89640
ИТОГО:	100,0	5976000

Рассматриваемая технологическая схема должна обеспечить получение битумов в объеме 10 %, т.е. битумов различных марок должно получаться 2400000 т/год.

Количество гудрона, необходимого для получения 2400000 т/год битумов, определим с учетом материального баланса процесса производств битумов. Из 100 % гудрона получается 96 % битумов.

По найденному количеству гудрона можно составить материальный баланс установки получения битумов.

Котельных топлив должно получаться 15 % (3600000 т/год).

Однако, как видно из схемы на рисунке 3.6, поток котельного топлива формируется из нескольких продуктовых потоков различных установок.

Таблица 3.5 – Производство битума

	% масс.	т/год
Взято:		
1. Гудрон	100,0	2500000
Получено:		
1. Битум	96,0	2400000
2. Отгон	3,0	75000
3. Потери	1,0	25000
ИТОГО:	100,0	2500000

Используя поточную схему НПЗ, определим потоки, составляющие котельное топливо (КТ). К ним относятся:

1. Тяжелый газойль каталитического крекинга - $TГ_{КК}$;
2. Отгон производства битумного производства - $OT_{Б}$;
3. Гудрон с АВТ - $Г_{КТ}$;
4. Тяжелый газойль замедленного коксования - $TГ_{ЗК}$;
5. Смолы пиролизные - СП.

То есть баланс по котельному топливу имеет вид:

$$KT = TG_{KK} + OT_B + \Gamma_{KT} + TG_{ЗК} + СП \quad (3.1)$$

Гудрон с АВТ расходуется по следующим потокам:

1. На производство битумов - Γ_B ;
2. На котельные топлива - Γ_{KT} ;
3. На замедленное коксование - $\Gamma_{ЗК}$.

Тогда баланс по гудрону имеет вид:

$$\Gamma = \Gamma_B + \Gamma_{KT} + \Gamma_{ЗК} \quad (3.2)$$

Из материального баланса замедленного коксования видно, что $TG_{ЗК} = 0,24 \Gamma_{ЗК}$. Используя материальные балансы пиролиза бензина, приходящего с установки замедленного коксования, получаем

$$СП = 0,15 \cdot 0,11 \cdot \Gamma_{ЗК}. \quad (3.3)$$

Решаем систему уравнений (3.1)-(3.3):

$$KT = TG_{KK} + OT_B + (\Gamma - \Gamma_B - \Gamma_{ЗК}) + 0,24 \Gamma_{ЗК} + 0,15 \cdot 0,11 \cdot \Gamma_{ЗК}. \quad (3.4)$$

Решая уравнение с одним неизвестным $\Gamma_{ЗК}$, получим 1876207,1 т/год.

Определив количество гудрона для замедленного коксования, легко определить количество гудрона для котельного топлива, т/год:

$$\Gamma_{KT} = \Gamma - \Gamma_B - \Gamma_{ЗК} = 6912000 - 2500000 - 1876207,1 = 2535792,9 \quad (3.5)$$

Таким образом, для получения 3600000 т/год котельных топлив потребуется 2535792,9 т/год гудрона.

На установку замедленного коксования поступает 1876207,1 т/год гудрона. Теперь составим баланс установки замедленного коксования.

Таблица 3.6 – Замедленное коксование

	% масс.	т/год
Взято:		
1. Выше 500 °С с АВТ	100,0	1876207,1
Получено:		
1. Газ	9,5	178239,7
2. Бензин	15,0	281431,1
3. Легкий газойль	25,0	469051,8
4. Тяжелый газойль	24,0	450289,7
5. Кокс	25,0	469051,8
6. Потери	1,5	28143,1
ИТОГО	100,0	1876207,1

Бензиновая фракция, полученная при замедленном коксовании, поступает на установку пиролиза бензина.

Таблица 3.7 – Пиролиз бензина

	% масс.	т/год
Взято:		
1. Бензин	100,0	281431,1
Получено:		
1. Газ	76,0	213887,6
2. Смола пиролиза	23,0	23,0
в т.ч. бензол	6,0	16885,9
толуол	4,0	11257,2
ксилолы	2,0	5628,6
3. Потери	1,0	2814,3
ИТОГО:	100,0	281431,1

Далее составляем материальный баланс установки гидроочистки (ГО) дизельного топлива (ДТ). Гидроочистке подвергаются фракция 180 -350 °С с АВТ и легкий газойль установок каталитического крекинга и замедленного коксования. Рассчитаем количество водорода необходимого на процесс гидроочистки ДТ. Количество фракций, подвергаемых ГО составляет 99,5 % от всей загрузки установки, т. е. 8262811,8 т/год.

Тогда водорода 41521,6 т/год.

Установка каталитического риформинга производит водорода 26391,2 т/год. Таким образом, со стороны водорода требуется: $41521,6 - 26391,2 = 15130,4$ т/год. Составляем материальный баланс установки гидроочистки дизельного топлива.

Соотношение объемов ДТЗ/ДТЛ (дизельное топливо летнее)/(дизельное топливо зимнее) определяется произвольно. Примем такое отношение равным $4500000/3555203,4$, т.е. 4500000 т/год ДТ отправляется на карбамидную депарафинизацию, а 3555203,4 т/год является компонентом ДТ летнего.

Таблица 3.8 – Гидроочистка дизельного топлива

	% масс.	т/год
Взято:		
1 180 - 350 °С с АВТ	75,1	6240000,0
2 180 - 350 °С с каталит. крекинга	18,7	1553760,0
3 180 - 350 °С с УЗК	5,6	469051,8
4 Водород	0,5	41521,6
(в т. ч. с УКР)	0,3	26391,2
ИТОГО:	100,0	8304333,4
Получено:		
1 Дизельное топливо	97,0	8055203,4
2 Бензин	1,5	124565,0
3 Сероводород	1,0	83043,3
4 Потери	0,5	41521,7
ИТОГО:	100,0	8304333,4

Таблица 3.9 – Карбамидная депарафинизация

	% масс.	т/год
Взято:		
1 180 - 350°C (после гидроочистки)	100,0	4500000
Получено:		
1 Дизельное топливо зимнее	82,5	3712500
2 Компонент дизельного топлива летнего	7,0	315000
3 Жидкий парафин	10,0	450000
4 Потери	0,5	22500
ИТОГО:	100,0	4500000

В соответствии с поточной схемой предприятия сероводород присутствует в следующих потоках:

1. Сероводородный газ гидроочистки дизельного топлива.
2. Газ замедленного коксования.
3. Жирный газ каталитического крекинга.

Принимаем, что с установок гидроочистки идет чистый сероводород. Пользуясь таблицами 3.1-3.9, определим общее количество сероводорода:

$$UH_2S = 83043,3 + 0,05 \cdot 178239,7 + 0,08 \cdot 866520,0 = 161276,9 \text{ т/год.}$$

Далее рассчитаем количество производимой серы.

Таблица 3.10 – Производство элементарной серы

	% масс.	т/год
Взято:		
1 Сероводород	100,0	161276,9
Получено:		
1 Сера элементарная	93,0	149987,5
2 Потери	7,0	11289,4
ИТОГО:	100,0	161276,9

Материальный баланс газофракционной установки не составляем, но бутан-бутиленовая фракция поступает на установку алкилирования. Подобно сероводороду, определим потоки газов, содержащих C_4H_8 , $i-C_4H_{10}$, $n-C_4H_{10}$:

1. Сухой газ АВТ;
2. Головка стабилизации АВТ;
3. Газ замедленного коксования;
4. Жирный газ каталитического крекига;
5. Водородсодержащий газ каталитического риформинга;
6. Головка стабилизации каталитического риформинга;
7. Газ пиролиза бензина.

Определим общее количество бутан-бутиленовой фракции:

$$\Sigma C_4 = (0,264 + 0,117) \cdot 24000,0 + (0,412 + 0,096) \cdot 216000 + (0,034 + 0,016 + 0,048) \cdot 178239,7 + (0,106 + 0,158 + 0,061) \cdot 866520,0 + (0,111 + 0,039) \cdot 362878,6 + (0,012 + 0,2 + 0,352) \cdot 131955,8 + (0,028 + 0,012) \cdot 213887,6 = 9144 + 109728 + 17467,5 + 281619 + 54431,8 + 74423,1 + 8555,5 = 555368,9 \text{ т./год.}$$

Таблица 3.11 – Алкилирование

	% масс.	т/год
Взято:		
1 Бутан-бутиленовая фракция	100,0	555368,9
Получено:		
1 Газ	14,0	11107,4
2 Пропан	2,0	11107,4
3 н-Бутан	24,5	136065,4
4 Алкилбензин	55,0	305452,9
5 Тяжёлый мотоалкилат	3,5	19437,9
6 Потери	1,0	5553,7
ИТОГО:	100,0	555368,9

Таким образом, в таблицах 3.1-3.10 представлены входные и выходные материальные потоки сырья и готового продукта, с учетом потерь. Это позволяет дать количественную характеристику технологического процесса на НПЗ.

3.11 Черный ящик

Стоит обратить внимание, что подсистема подготовки производства и реализации техпроцесса нами рассматривается с использованием метода черного ящика. Причины использования данного метода и описание самого метода представлены ниже.

Чёрный ящик – термин, используемый для обозначения системы, внутреннее устройство и механизм работы которой очень сложны, неизвестны или неважны в рамках данной задачи. «Метод черного ящика» – метод исследования таких систем, когда вместо свойств и взаимосвязей составных частей системы, изучается реакция системы, как целого, на изменяющиеся условия. Система, которую представляют, как «чёрный ящик», рассматривается как имеющая некий «вход» для ввода и «выход» для отображения результатов работы, при этом происходящие в ходе работы системы процессы наблюдателю неизвестны. Предполагается, что состояние выходов функционально зависит от состояния входов.

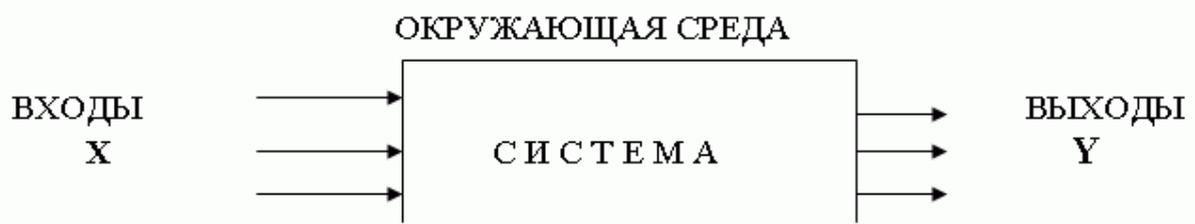


Рисунок 3.7 – Черный ящик

Главной причиной множественности входов и выходов в модели «черного ящика» является то, что всякая реальная система, как и любой объект, взаимодействует с объектами окружающей среды неограниченным числом

способов. Строя модель системы, мы из этого бесчисленного множества связей отбираем конечное их число для включения в список входов и выходов. Критерием отбора при этом является целевое назначение модели, существенность той или иной связи по отношению к этой цели.

То, что существенно, важно – включается в модель, то, что несущественно, неважно – не включается.

3.11.1 Первый этап

В качестве исходного действия, необходимого для составления модели абсолютно любой системы, выступает отделение объекта от окружающей его среды. Эта простейшая операция отражает два важнейших свойства: обособленность и целостность предмета. Объектом исследования является некий объект, содержимое которого неизвестно.

3.11.2 Взаимодействия со средой

Любая модель системы не является полностью изолированной. Она поддерживает с окружающей средой определенные связи. С их помощью происходит взаимное воздействие объекта и условий, в которых он находится. Соответственно, при выстраивании модели «черного ящика» на следующем этапе связи изображаются стрелками и описываются словами. Те, которые направлены в среду, являются выходами. Соответственно, обратные стрелки будут входами. На этом уровне представления системы исследователь имеет дело с декларативной моделью. То есть выходы и входы определяются по шкале наименований. Как правило, достаточно такого отображения. Однако в ряде случаев необходимо дать количественное описание некоторых либо всех выходов и входов.

3.11.3 Множества

Они задаются для того, чтобы модель «черного ящика» была максимально формализована. В результате исследователь приходит к заданию двух множеств Y и X выходных и входных переменных. При этом никакие отношения между ними на данном этапе не фиксируются. В противном случае получится модель прозрачного,

а не «черного ящика». Так, для телевизора множеством X могут являться предельные диапазоны сетевого напряжения и радиоволн трансляции.

3.11.4 Модель «черного ящика»: системный анализ

На заключительном этапе исследуются и отражаются изменения объекта. К примеру, они могут происходить в течение определенного времени. То есть исследователь иллюстрирует состояние объекта в динамике. Описание модели «черного ящика» должно показывать соответствия, во-первых, компонентов множества X вероятных величин входных параметров и элементов упорядоченного T -множества временных отрезков. Кроме этого, должно быть отображено аналогичное соотношение для выходных показателей.

3.11.5 Специфика

Ключевым достоинством рассматриваемого объекта выступает его простота. Между тем, она во многих случаях весьма обманчива. Достаточно часто перечисление выходов и входов представляет собой довольно сложную задачу.

Если рассмотреть автомобиль как модель типа «черный ящик», то этот вывод подтвердится. Мощность множеств при исследовании этого объекта превысит два десятка. При этом перечень параметров будет далеко не полным. Такая множественность выходов и входов обуславливается неограниченностью вариантов взаимодействия рассматриваемого предмета со средой.

3.11.6 Нюансы

Структурная модель системы применяется в тех случаях, когда нужно иллюстрировать сложный объект, в котором содержится несколько элементов. В простейших ситуациях в ней присутствует набор компонентов. Все они включены в сам объект. В этих случаях применяется понятие «модель состава системы».

В нашем случае разберем процесс каталитического риформинга, протекающий на установке (в реакторе), с непрерывной регенерацией катализатора.

В процессе риформинга протекают следующие типы реакций:

- Дегидрирование циклоалканов до аренов
- Дегидроциклизация алканов до аренов

- Изамеризация алканов до изоалканов
- Изамеризация пятичленных циклоалканов до циклогексанов
- Дегидрирование алканов до алкенов
- Гидрокрекинг алканов

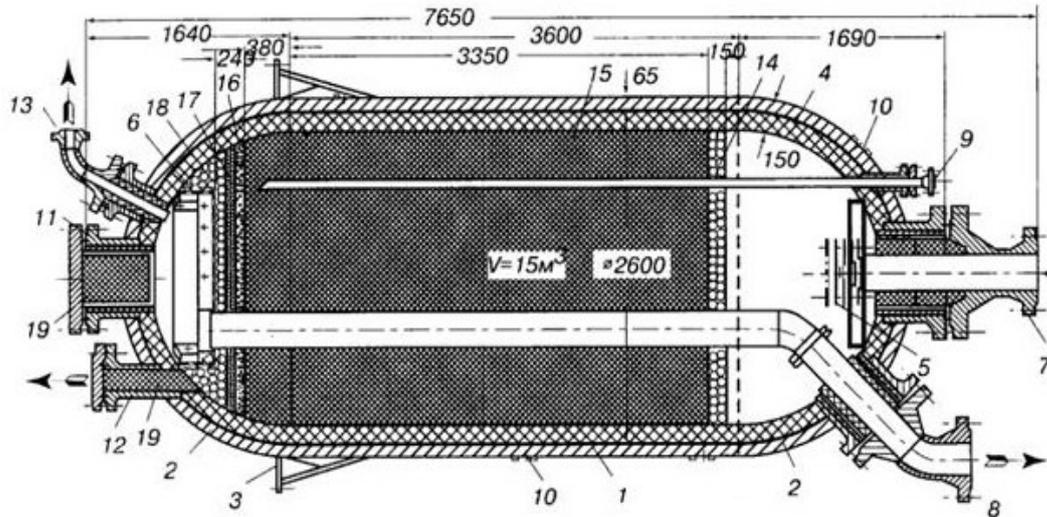
Данные реакции нам абсолютно неважны, поэтому мы и рассматриваем систему как чёрный ящик.

3.12 Аппаратура, реализующая процесс риформинга

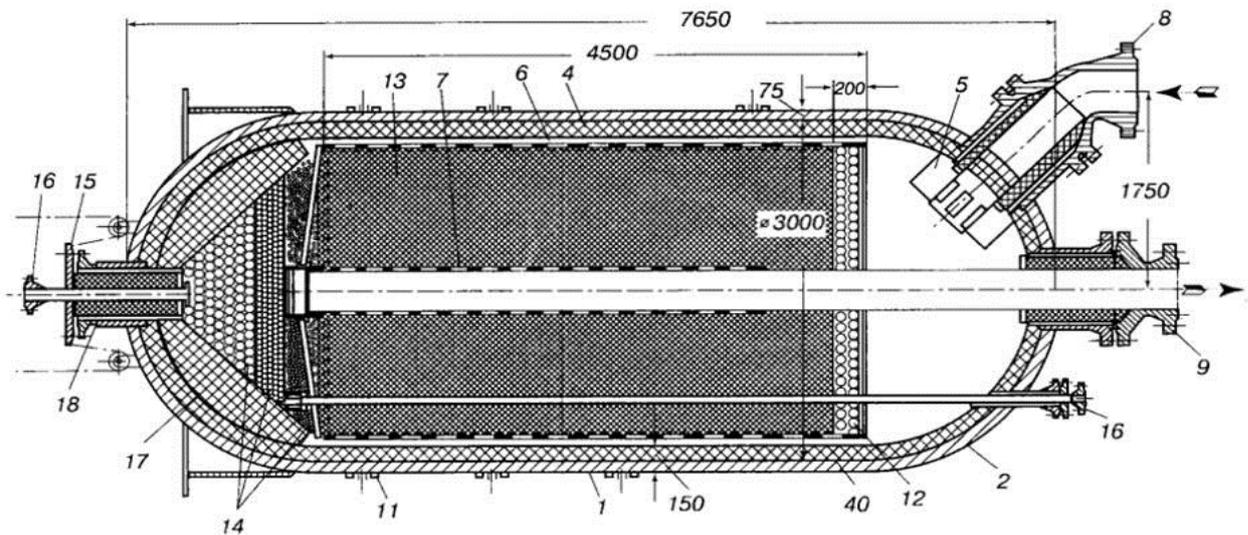
На установке имеется один реактор для предварительной гидроочистки сырья и три реактора для каталитического риформинга. В реакторах этой установки реализуется аксиальное (вдоль оси аппарата) движение потока. Каждый реактор представляет собой цилиндрический стальной вертикальный сосуд с шаровыми днищами. Для защиты от коррозии и для теплоизоляции корпус с внутренней стороны покрыт армированной жароупорной торкрет-бетонной футеровкой, внутреннее устройство реактора и присоединительные фасонные патрубки выполняются из легированных сталей. Температуру наружной стенки каждого реактора контролируют восемнадцатью поверхностными термopарами, в зоне катализатора температуру контролируют тремя термopарами.

Данные реакторы будем рассматривать как единый элемент в нашей системе. В итоге получается, что мы имеем некий «вход» – бензиновые ($T_{\text{выкип}} = \text{до } 180 \text{ } ^\circ\text{C}$) и лигроиновые фракции нефти ($T_{\text{выкип}} = 140\text{-}180 \text{ } ^\circ\text{C}$), систему – реакции и установки риформинга (реакторы), и «выход» – высокооктановые компоненты бензинов, смеси ароматических углеводородов, производимые с целью дальнейшего получения индивидуальной ароматики и синтеза технического водорода (водородосодержащий газ для процессов гидроочистки, гидрокрекинга, изамеризации и т.д.).

Примеры реакторов представлены на рисунке 3.7



а



б

а) реактор без защитной облицовки; б) реактор с радиальным вводом

Рисунок 3.7 – Реакторы

Состояние продуктов выхода функционально зависит от состояния процессов входа, а именно:

- Гидроочистка;
- Регулирование теплового режима;
- Поддержание материального баланса;
- Впрыск жидкофазного сырья и охлаждение и т.п.;
- Температура, давление, скорость подачи сырья.

Однако, вместо рассмотрения свойств и взаимосвязей составных частей системы, изучим реакцию системы целиком, а именно все химреакции и процессы в реакторах и установках как целое.

Основой процесса является риформирование бензиновых и лигроиновых фракций. Процесс риформирования проводят в системе реакторов в интервале температур 480-530 °С. С повышением температуры увеличивается жесткость процесса, и ускоряются все основные реакции. Поскольку процесс риформирования в целом эндотермичен, его осуществляют обычно в три ступени с промежуточным подогревом (нафтены, парафины, повышение средних температур), в дальнейшем повышается октановое число бензинов с целью получения неэтилированного высокооктанового бензина, происходит получение ароматических углеводородов и водородсодержащего газа, схематично выглядит вот так:

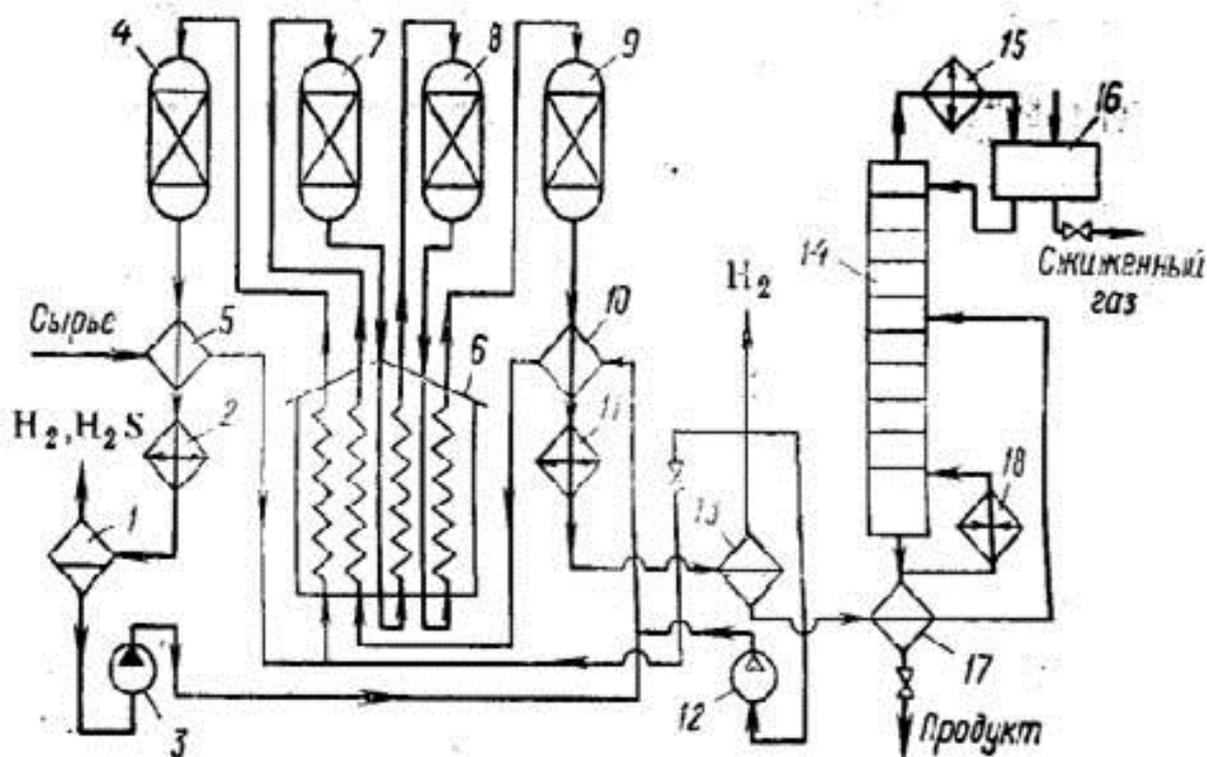


Рисунок 3.8 – Схема получения ароматических углеводородов и водородсодержащего газа

3.13 Элементы связей системы

Обозначим элементы через M , а всю их рассматриваемую (возможную) совокупность – через $\{M\}$. Принадлежность элемента в совокупности принято записывать $M \in \{M\}$. Связью назовем важный для целей рассмотрения обмен между элементами веществом, энергией, информацией.

Системой назовем совокупность элементов, обладающую следующими признаками:

а) Связями, которые позволяют посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента в совокупности;

б) Свойством (назначением, функцией), отличным от свойств отдельных элементов совокупности.

Назовем признак первый признак – связностью системы, второй признак – функцией системы.

Применяя так называемое «кортежное» (т.е. «последовательность в виде перечислений»), определение системы, можно записать:

$$\Sigma: \{\{M\}\}; \{x\}; \{F\} \quad (3.6)$$

где Σ – система;

$\{M\}$ – совокупность элементов в ней;

$\{x\}$ – совокупность связей;

F – функция (новое свойство) системы.

Практически любой объект с определенной точки зрения может рассматриваться как система.

Важно отдавать себе отчет – полезен ли такой взгляд или разумно считать данный объект элементом. Так, системой можно считать радиотехническую плату, преобразующую входной сигнал в выходной, используемую в приборе, например, работающего по принципу эхолота. Для специалиста по элементной базе системой

будет слюдяной конденсатор на плате, а для геолога – сама среда, имеющая достаточно сложное строение.

Большой системой назовем систему, включающую большое число однотипных элементов и однотипных связей.

Сложной назовем систему, состоящую из элементов разных типов и обладающую разнородными связями между ними. Часто сложной системой считают только ту, которая является и большой.

Разнородность элементов можно подчеркнуть записью.

$$\{M\}; \{\{M^1\}\}; \{M^2\}; \dots \{M^R\} \quad (3.7)$$

Допустима также некортежная запись $U\{M^r\}$. Аналогично может быть записана и разнородность связей.

4 Практическая работа № 1. Общий анализ производства кирпича

4.1 Общие данные о продукте

Кирпич изготавливается из глины. В зависимости от вида глины, цели и способа производства существует несколько разновидностей кирпича (керамический, силикатный и огнеупорный), которые в свою очередь тоже делятся на подгруппы.

Продукт может разделяться на следующие категории: полуторный, одинарный, двойной. Размер стандартного кирпича у каждого из этих типов разный, определяется он по длине, ширине и высоте:

Половинный – 250 x 60 x 65 мм

Одинарный – 250 x 120 x 65 мм

Полуторный – 250 x 120 x 88 мм

Двойной (искусственный камень, эффективный кирпич, теплая керамика) – 250 x 120 x 132 мм

Выделяется два назначения кирпича:

1.Рядовой

Другие названия – строительный, рабочий. Используется для возведения стен, цоколей, перегородок, фундаментов, печей. Обладает высокой прочностью и способностью выдерживать большие нагрузки. Нуждается в отделке.

2. Лицевой

Другие названия: облицовочный, фасадный. Используется для наружной отделки домов, фундаментов, цоколей, заборов, внутренней отделки. Основные функции - украшение фасада и защита от внешних воздействий окружающей среды. В отделке не нуждается.

Кирпич имеет различные варианты поверхностей – гладкие, рельефные, глянцевые, имитацию камня.

По конструкции кирпичи делятся на:

1. Полнотелые – кирпич не имеет пустот, точнее, имеет менее 13% пустот, прочный, обладает большой теплопроводностью, т.е. хуже сохраняет тепло. Более тяжелый, чем пустотелый, применяется для строительства высоко нагруженных конструкций – несущих стен, перегородок и иных элементов дома.

2. Пустотелые – кирпич имеет пустоты (камеры). Количество пустот от 13 до 45% от всего кирпича, низкая теплопроводность, т.е. лучше сохраняет тепло, его отлично удерживают камеры. Менее прочный, меньше весит, хорошая звукоизоляция.

К основным свойствам и характеристикам кирпича относят: размер кирпича, марка по показателю прочности, теплопроводность кирпича, морозостойкость кирпича, водопоглощение кирпича.

Прочность кирпича – это его способность, без разрушения выдержать механическую нагрузку на сжатие, растяжение и изгиб.

Коэффициент теплопроводности кирпича – это соотношение количества тепловой энергии теряемого за 1 метр толщины конструкции при разнице температур в 1 градус между наружной и внутренней поверхностью. Чем ниже коэффициент, тем выше теплопроводность в условиях низких температур для строительства жилых сооружений.

Морозостойкость кирпича – это параметр изделия, который определяет выдержку материала на чередующееся заморозку и оттаивание, до появления существенных изменений в структуре материала.

Водопоглощение кирпича – это величина, которая в процентах показывает какое количество влаги данный вид кирпича способен впитать и удержать.

4.2 Технология производства кирпича

На сегодняшний день выделяют две технологии изготовления кирпича:

1. Технология обжига, которая применяется при производстве керамического кирпича;

2. Технология безобжигового кирпича. При этой технологии используется трибо- и гипер-прессование. В соответствии с технологией осуществляется производство гиперпрессованного кирпича. Основное отличие данной технологии от предыдущей – завершающий этап производства, в течение которого кирпич помещается в пропарочные камеры, выдерживается при температуре около 70 °С на протяжении 10 часов. В течение производственного процесса этап обжига отсутствует и гиперпрессованный кирпич выдерживается естественным путем.

Первый метод предусматривает приготовление массы, содержащей влагу примерно 20 процентов. Обычно берут глину и суглинки, в которых имеются карбиды кальция, оксиды алюминия, магния. Присоединяют к ним и добавки в виде отходов углеобогащения, угледобычи (например, золошлак).

Глину извлекают из карьера, помещают в бетонированные ямы, разравнивают и послойно увлажняют. Несколько дней глина «отлеживается» (до 4 дней). Далее ее доставляют на завод, чтобы произвести обработку, заключающуюся в удалении из смеси камушков с помощью специальных камневыделительных вальцов. Все измельчается, удаляются каменные вкрапления. В смесителе происходит увлажнение массы (от 18 до 25 процентов).

Очищенная смесь поступает в ящичный питатель. На выходе из него массу встречают подвижные грабли, разбивающие большие куски и направляющие глину на бегуны. Смесь тщательно перемешивается, проходит через гибкие вальцы и попадает в ленточный пресс, связанный с аппаратом для резки. В ленточных прессах находятся вакуум-камеры, в которых удаляется воздух из глиняной массы. Это способствует ее пластичности и уменьшению формовочной влажности. Сокращается также время на сушку сырца и вместе с тем повышается его прочность.

Затем глиняная «колбаса» разрезается на одинаковые по размерам куски и оказывается на подкладочных деревянных рамах – происходит расфасовка по рамам. В кирпичах-сырцах содержится еще достаточно много влаги, поэтому

необходимо дождаться, когда они подсохнут. Вода постепенно испаряется, за счет этого происходит усадка, уменьшается объем изделий.

Сушка кирпичей чаще производится искусственным способом: теплом отработанного пара. Температура постепенно поднимается, в сушильной камере образуются обездвиженные водяные испарения, что благоприятно сказывается на сушке, так как нагрев кирпичного изделия во влажном воздухе обеспечивает высыхание всей массы равномерно. И наконец, в кольцевой или туннельной печи происходит обжиг, который продолжается до начала процесса спекания (при температуре 1000 °С).

Обжиг завершает процесс изготовления кирпичной продукции способом пластического формования. При отправке в печь сырец еще имеет около 8...12 процентов влажности. В самом начале закладки его в печь он досушивается. Когда температура поднимается до 550-800 °С, происходит начало дегидратации глинистых материалов, при которой распадается кристаллическая решетка минералов, в результате чего теряется пластичность, и изделие подвергается очередной усадке.

Процессы, происходящие при сушке (обжиге) кирпича следующие:

Вначале выделяются летучие органические примеси и добавки (при температуре 200-800 °С), темп увеличения температуры обжига в час достигает в это время 300-350 °С. Удерживается уровень температуры до выгорания углерода. Если температура поднялась выше 800 °С, наступают изменения в структуре изделия.

С этого момента для полнотелых кирпичей темп температурного роста – 100-150 °С в час, а для пустотелых – 200-220 °С.

После достижения максимальной температуры обжига некоторое время нужно ее удерживать в таком состоянии, чтобы прогрелось равномерно все изделие. Затем процесс направляется по нисходящей. Охлаждение, начиная со 100-150 °С и далее – по схеме. Весь процесс обжига занимает около 6-8 часов. Если в печь отправляли

сырец, то после обжига получаются бруски обожженной глины, которые приобрели прочность камня; водостойкие, устойчивые к изменениям температур.

Второй метод дает возможность производить кирпичи из малопластичных глиняных смесей. Этот способ обеспечивает двухстороннее прессование. По сравнению с первым способом имеет упрощенную схему, не имеет стадии сушки совсем или значительно сокращает это время. При изготовлении получаются более точные, прочные и четкие формы и размеры у изделий, гладкая поверхность. Однако водостойкость и прочность у таких изделий ниже.

Состав глин, степень обжига влияют на окраску изделия. Нормальный обжиг – получается красный кирпич; слабый – розовый; сильный – темно-красный. Если же были взяты глины, богатые известью, то кирпич приобретает желтый либо розово-желтый цвет.

Для правильно обожженного кирпича характерны матовая поверхность, не должно быть трещин на лицевых сторонах, внутренних пустот, горбиков; звук ясный и звонкий; однородный излом.

Технологический цикл производства силикатного кирпича состоит из следующих этапов:

1. Приготовление смеси из песка и извести. Ее готовят двумя способами – силосным и барабанным.

2. Прессование кирпичей. Это самая сложная и трудоемкая часть технологического процесса. Сначала смесью заполняются прессовые коробки, потом происходит само прессование. Заготовленные кирпичи снимают со стола и помещают на запарочные вагонетки.

3. Кирпичи подвергаются автоклавной тепло-влажностной обработке.

4. Последняя стадия – высушивание и складирование.

На рисунке 4.1 показана технология производства кирпича.

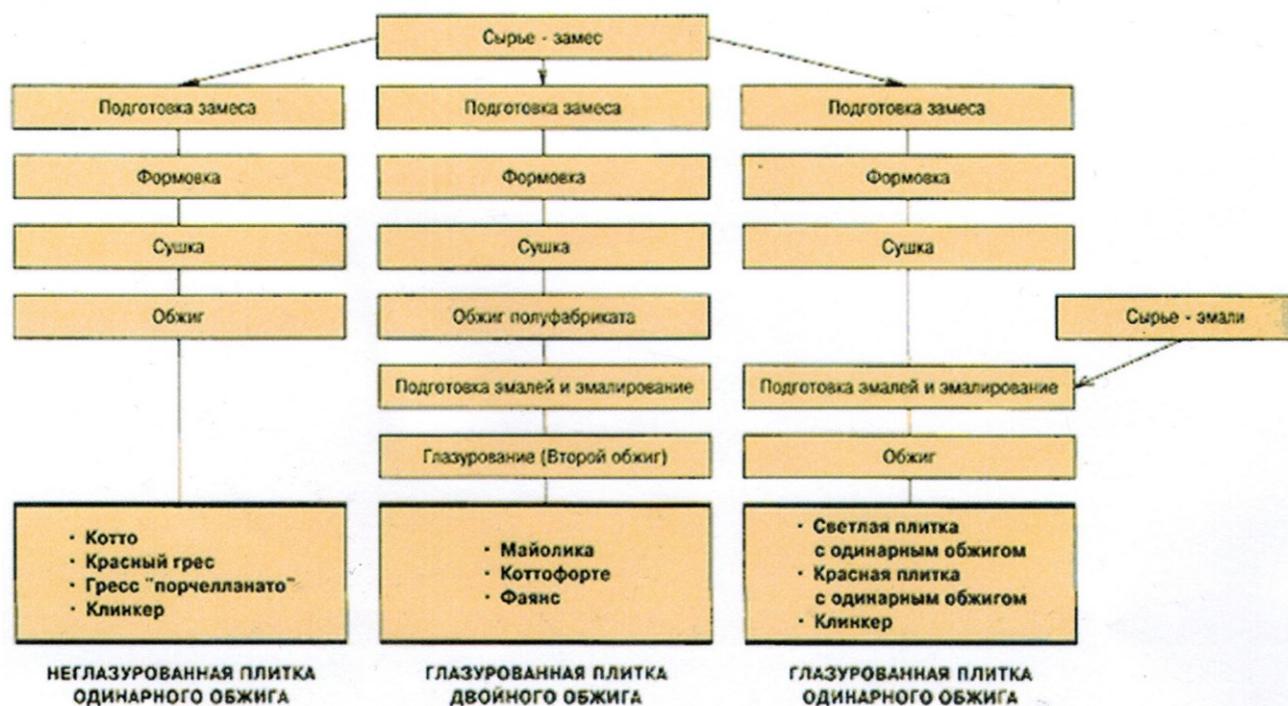


Рисунок 4.1 – Технология производства кирпича

4.3 Структура кирпичного завода

Под производственной структурой понимается совокупность внутрипроизводственных подразделений и служб предприятия, соотношения и взаимосвязь между ними.

Важными показателями, характеризующими производственную структуру предприятия, являются число цехов.

В состав основного производства цеха входят:

1. Участок формовки
2. Участок сушки
3. Участок обжига
4. Участок подготовки замеса
5. Отделение сортировки

5 Практическая работа № 2. Системный анализ производства

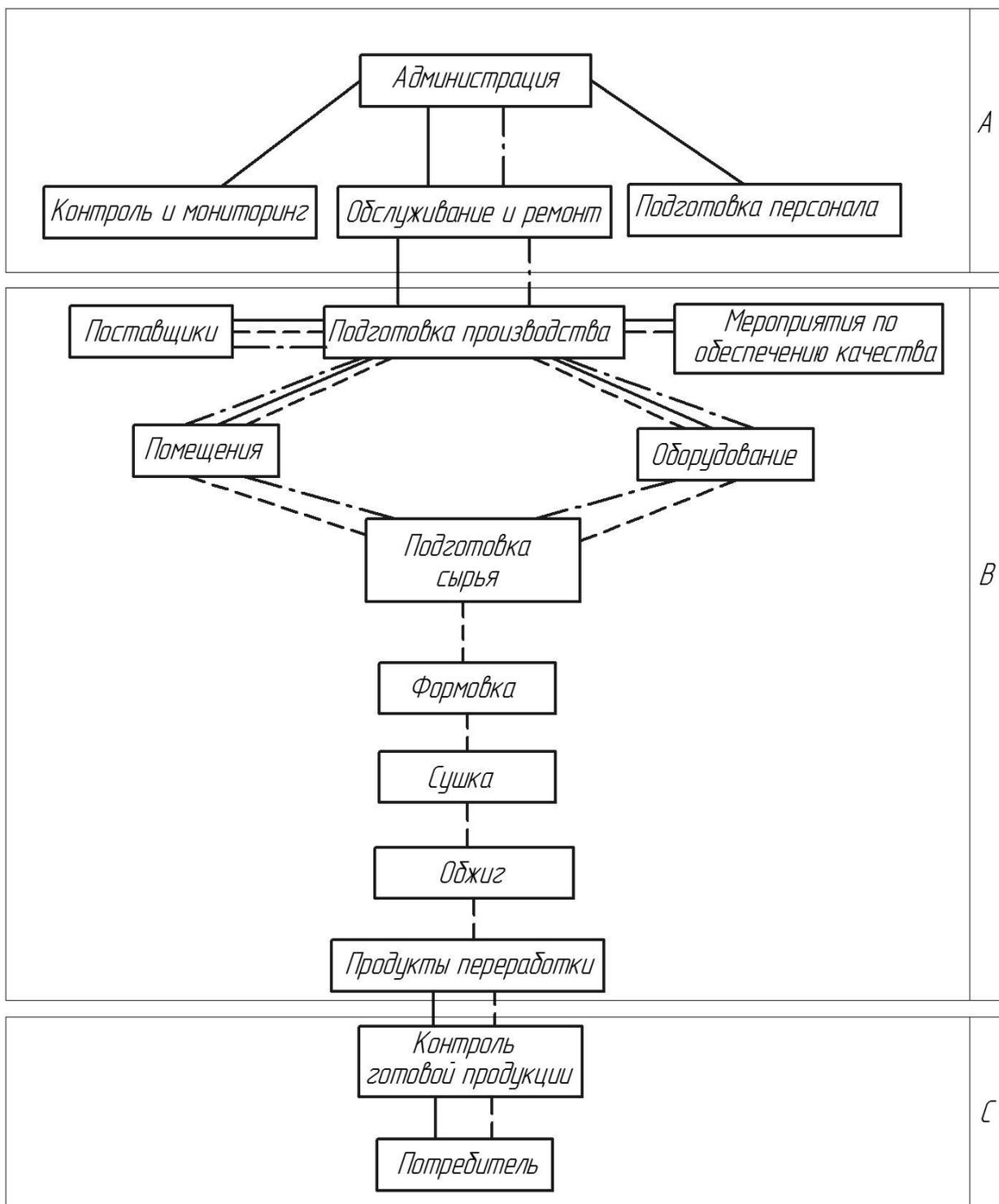
5.1 Принцип иерархии

Данный принцип указывает на полезность создания в системе связей между элементами. Данная система позволяет быстро установить связь между элементами. В ЗАО «Кирпичный завод» принцип иерархии представлен следующей схемой.



Рисунок 5.1 – Административная иерархия

Разобьём производство кирпича на подсистемы и укажем между ними связи. Результат приведен на рисунке 5.2



А – подсистема управления

В – подсистема подготовки производства и реализации техпроцесса

С – подсистема вспомогательных процессов

Рисунок 5.2 – Административная иерархия

5.2 Принцип развития

Керамический кирпич – искусственный камень правильной формы из минеральных материалов, после обжига принимающий особую прочность, высокую водо- и морозостойкость.

Основой разработки стратегии развития и стратегического управления предприятием является перспективное планирование, т.е. выбор перспективных направлений хозяйственно-экономической деятельности. Планирование было присуще и прежней, социалистической экономической модели экономических отношений (плановая экономика). Рыночная экономика отличается от административно-командной не отменой планирования, а коренным изменением его роли, содержания, форм и методов.

В год основания кирпичного завода были определены основные методы, которые будут использоваться при производстве, а также главные пути развития завода. Спустя некоторое время завод был полностью реконструирован в целях повышения качественных характеристик производимой продукции и увеличения ассортимента. Предприятие было снабжено самыми современными приборами и аппаратами, в производстве начали применяться инновационные технологии, благодаря чему и на сегодняшний день продукция кирпичного завода обладает высокими техническими характеристиками. В течение долгих лет предприятие поставляет свою широкую линейку продукции во многие строительные компании.

Используемое оборудование и сырье.

Кирпичный завод изготавливает строительные материалы из экологически чистых материалов. Использование в производстве веществ натурального происхождения позволяет получать не только безопасные в использовании строительные материалы, но и прочные, долговечные и пожаробезопасные.

Завод оснащен оборудованием известных иностранных компаний – немецким и швейцарским. Благодаря разносторонней технологической линии изготавливается на предприятии более 20 моделей кирпича.

Представим примерный жизненный цикл развития производства.

В 1993-1997 годах была полностью обновлена разгрузочная техника. В пользу новой области экологических материалов печи 1 и 2 в 1995 году были сломаны. На их месте производятся с тех пор глиняные строительные панели (плиты).

В 2000 году были заменены все печные машины на сушильные аппараты. Постепенно модернизируется техника горения и техника сушения.

То есть, на предприятии используется кратчайший путь прохождения изделием всех стадий и операций производственного процесса – от запуска в производство исходных материалов и до выхода готовой продукции.

Чтобы продавать более широкий ассортимент кирпича с доставкой, в 2006 году на заводе был обустроен цех изготовления лицевого кирпича из керамики. За год завод выпускал 24 миллиона единиц такого товара. Заводской кирпич расходился по стране и применялся при сооружении зданий различного назначения.

В 2012 году силами завода был организован цех для получения изделий методом вибропрессования. В результате завод начал выпускать плитку и бордюр для отделки улиц.

Возврат предметов труда на начало производственного цикла не велик и равен 1%. Причиной возврата является брак сушки и обжига кирпича. Для отходов производства предусматривается технологическая линия, включающая в себя дробилку и бункер, а затем происходит возврат в процесс производства.

С каждым разом происходит непрерывное совершенствование технологических процессов, модернизация оборудования, а также внедрение новой техники, направленное на улучшение качества продукции.

5.3 Принцип функциональности

Химический состав глин в значительной мере характеризует их пригодность для производства изделий определенных видов. При сопоставлении химического состава различных глин обычно рассматривают количество оксидов разных

химических элементов, из которых состоят все соединения глин. Химический состав глин определяют в основном оксиды SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O и Na_2O .

Кремнезем SiO_2 находится в глинах в связанном и свободном состояниях. Связанный кремнезем входит в состав глинообразующих минералов, свободный представлен примесями кварцевого песка. Общее содержание кремнезема в глинах 60-65 %, в запесоченных 80-85 %. В зависимости от содержания свободного кварца глины бывают с низким (10 %), средним (свыше 10 до 25 %) и высоким (свыше 25 %) содержанием.

Оксид алюминия Al_2O_3 (глинозем) находится в глинах только в связанном состоянии в глинистых и примесных минералах в количестве от 10 до 38 %. Чем больше содержание Al_2O_3 , тем выше качество глин. Он является наиболее тугоплавким оксидом, с повышением его содержания глины подразделяют на высокоглиноземистые (свыше 45 %), высокоосновные (свыше 38-45 %), основные (от 28 до 38 %), полукислые (менее 28 до 14 %) и кислые (менее 14 %).

Оксиды щелочноземельных металлов – оксид кальция CaO , оксид магния MgO входят обычно в состав карбонатов – кальцита и доломита, а в малых количествах – в состав некоторых глинистых минералов. В количестве до 3-4% оксиды щелочноземельных металлов способствуют спеканию керамических масс, при больших количествах – приводят к повышению пористости черепка. Обычно содержание оксида кальция в глинах составляет несколько процентов и лишь в отдельных разновидностях достигает 20-25 %. Содержание оксида магния не превышает 2-3 %.

Щелочные оксиды – оксид натрия Na_2O и оксид калия K_2O – входят в состав некоторых образующих глину минералов, но могут присутствовать в примесях в виде растворимых солей и полевошпатных песках. Их содержание достигает в глинах 5-6 %. Они снижают влагопоглощение обожженных изделий.

Оксиды железа Fe_2O_3 присутствуют в глинах главным образом в составе примесей. Содержание их в глинах колеблется от долей процента до 8-10 %.

Оксид титана TiO_2 содержится в примесях, его количество не превышает 1,5%. Эта примесь придает обожженному черепку зеленоватую окраску.

Важнейшие физико-химические процессы, обеспечивающие качество продукта, происходят при обжиге. Процесс обжига керамического кирпича может быть условно разделен на четыре периода:

- 1) подогрев до $200\text{ }^{\circ}C$ и досушка – удаление физической воды из глины;
- 2) дальнейший нагрев до $700\text{ }^{\circ}C$ «на дыму» и удаление химически связанной воды из глины;
- 3) «взвар» – до температуры обжига $980-1000\text{ }^{\circ}C$ – созревание черепа;
- 4) охлаждение, «закал» – медленное до $500\text{ }^{\circ}C$ и быстрое от 500 до $50\text{ }^{\circ}C$ обожженных изделий.

Такое производственное деление на периоды не вскрывает сущности реакций в керамической массе при обжиге. При производственном обжиге керамических изделий никогда не достигается термодинамического равновесия. Можно отметить семь главных видов реакций, протекающих в рядовых глинистых массах при обжиге:

- 1) выделение гигроскопической воды из глинистых минералов и воды из аллофаноидов, если таковые присутствуют в глине ($t = 200\text{ }^{\circ}C$);
- 2) окисление органических примесей ($t = 300-400\text{ }^{\circ}C$):



- 3) выделение конституционной воды, т. е. дегидратация глинистых минералов ($t=450-900^{\circ}C$):



- 4) реакции декарбонизации и десульфуризации ($t = 650-900^{\circ}C$):



5) образование новых кристаллических фаз $t = 920\text{C}$;



6) жидкофазные реакции и образование стекловидного расплава $t = 1000^\circ\text{C}$;

7) полиморфные превращения кварца:

Не менее важную роль играет и газовая среда в печи, которая влияет на процессы, протекающие при формировании черепка, и поэтому она также должна регламентироваться режимом обжига. Эта среда может быть окислительной, нейтральной и восстановительной.

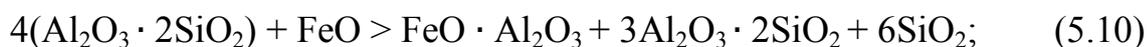
Известно, что керамические образцы, обожженные в восстановительной и в восстановительно-окислительной средах, приобретают структуру нормально обожженного черепка примерно на 100°C раньше, чем в окислительной среде; кроме того, существенно влияют ионы железа Fe^{2+} на процесс последующей перестройки ионов метафазы в стабильные фазы. Поэтому присутствие Fe^{2+} в глинах благоприятствует образованию новых фаз, улучшающих качество изделия строительной керамики.

Окислительная среда характеризуется избытком воздуха против того количества, которое теоретически необходимо для полного сгорания топлива.

Присутствие 4-5 % кислорода в продуктах горения при обжиге изделий грубой керамики типично для окислительной среды. Содержание кислорода в пределах 8-10 % свидетельствует о сильно окислительной среде и полезно при интенсивном выгорании органических веществ массы.

Группа реакций в твердых фазах глин, обязанных диффузионным процессам (диффузия происходит благодаря перепаду химического потенциала на границе фаз), довольно узко описывается известными уравнениями кинетики и характеризуются сравнительно-разными механизмами этих процессов. В легкоплавких глинах жидкая фаза возникает при весьма низких (850-900 °С) температурах за счет образования легкоплавких эвтектик, при этом также протекают различные реакции с возникновением новых соединений. В обожженных изделиях обнаружены муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), герценит ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), фаялит ($2\text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$), анортит ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), диопсид ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), шпинель ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), кордиерит ($\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$), алюмоферриты разного состава и другие сложные алюмосиликаты.

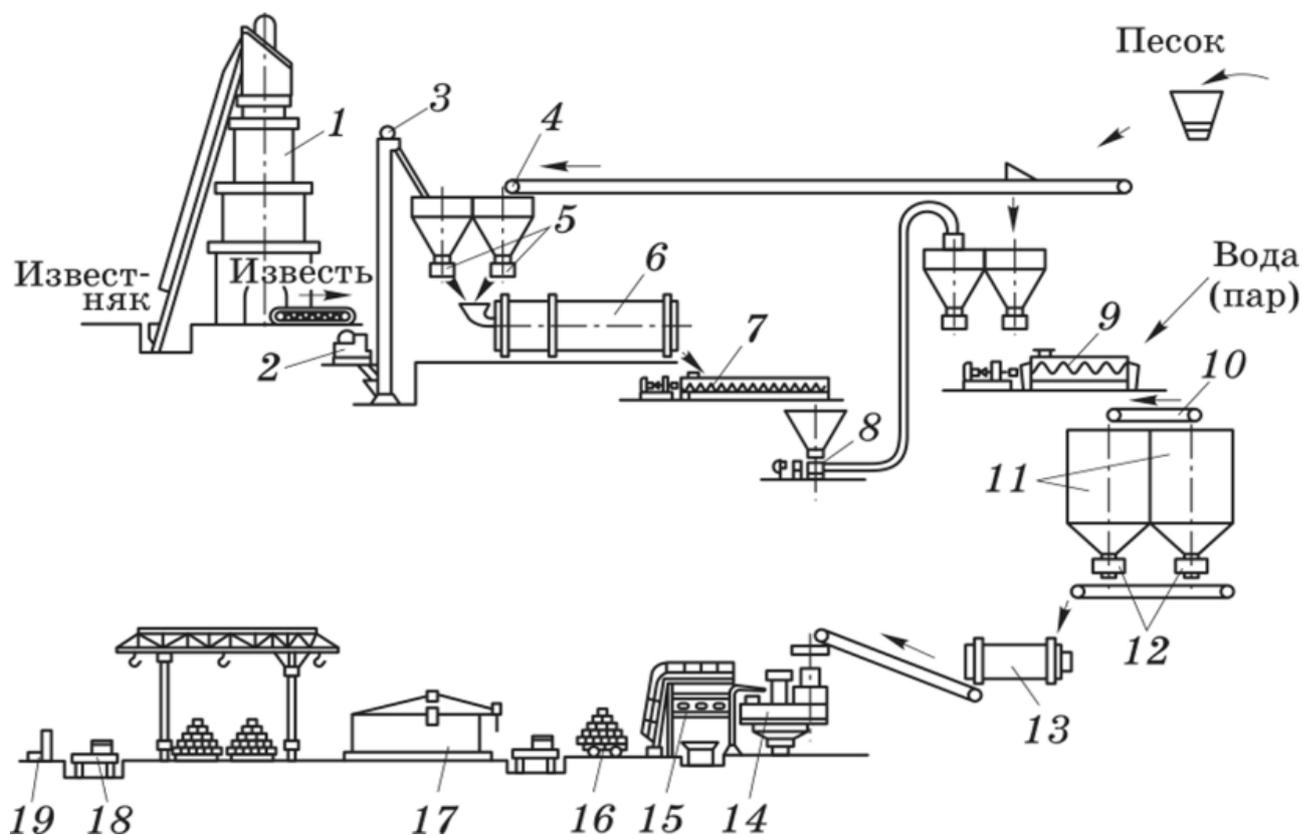
Согласно возможно протекание по термодинамическим расчетам следующих реакций:



Первая реакция окислительная, образование герценита и фаялита (уравнения 5.8-5.10) в восстановительной среде протекает более интенсивно, чем в окислительной.

Стеклофаза обеспечивает спекание и образование черепа. С физической стороны действие стеклофазы характеризуется усадкой изделия. В зависимости от

степени развития стеклофазы, что регулируется выдержкой и созреванием черепа, можно сообщить ему ту или иную плотность (пористость). Именно в этом процессе и состоят операции выдержек – «взвар» и начала охлаждения – «закал», которые необходимо осуществлять: «взвар» – в пределах температур 980-1000°С и «закал» – до 800°С, а также длительностей для получения кирпича должного качества – ярко-красного (не алого) по цвету и звонкого при ударе. Кроме того, выдержка необходима для выравнивания температурного поля в печи.



1 - печь для обжига извести; 2 - дробилка; 3 - вертикальный ковшовый конвейер; 4 - ленточный конвейер; 5,12 - тарельчатые питатели (дозаторы); 6 - мельница для помола извести с песком; 7 - винтовой питатель; 8 - двухкамерный пневмонасос; 9 - смеситель; 10 - ленточный реверсивный конвейер; 11 - силосы (реакторы); 13 - стержневой смеситель; 14 - пресс; 15 - автомат-укладчик; 16 - вагонетка; 17 - автоклав; 18 - электропередаточная тележка; 19 - установка по очистке платформы автоклавных вагонеток

Рисунок 5.3 – Типовая схема производства силикатного кирпича

Спекание материала – существенный момент процесса обжига, так как к этому времени заканчивается формирование керамического изделия. Окончание спекания изделия характеризуется прекращением его усадки. Условными показателями спекшегося материала являются его водопоглощение. Спексаемость глины зависит от содержания в ней плавней и степени их дисперсности.

На процесс формирования керамического черепка влияют: химический и гранулометрический состав сырья, соотношение компонентов в массе, а также температурно-газовый режим обжига.

5.4 Принцип неопределенности

Термин «неопределенность» относится к недостаточности наших знаний. То есть когда мы чего-то не знаем, возникает неопределенность, неопределенность первична. Риски всегда являются следствием неопределенности, в то время как неопределенность не обязательно влечет за собой какой-либо риск. Например, для улучшения производства, нужно иногда делать реконструкцию, чтобы все аппараты и машины, используемые для производства кирпича, были улучшены, но есть риск, что это реконструкция не приведет к рассчитываемому успеху, также возможен материальный риск, т.е. риск понести затраты и не получить никакого дохода.

Источниками неопределенности ожидаемых условий в развитии предприятия могут служить поведение конкурентов, персонала организации, технические и технологические процессы.

Ожидаемые условия подразделяются на

- социально-политические;
- административно-законодательные;
- производственные;
- коммерческие;
- финансовые.

5.5 Принцип децентрализации

Децентрализованные организации – такие организации, в которых полномочия распределены по нижестоящим уровням управления. В сильно децентрализованных организациях управляющие среднего звена имеют очень большие полномочия в конкретных областях деятельности.

Более высокая степень децентрализации в организациях, рассматриваемая как передача в низовые звенья процесса принятия решений, предполагает, что:

1. Больше количество решений принимается на низших уровнях управленческой иерархии;
2. Решения, принятые на низших уровнях, более важны;
3. Различные организационные функции подвергаются большему влиянию решений, принятых на низших уровнях;
4. Уменьшается объем централизованного контроля за решениями, принятыми управленческим персоналом.

Состоит в рекомендации разделения управляющего центра на несколько различных управляющих структур.

Ситуация, когда управляющее воздействия исходят из одного места, называется полной централизацией. Такое положение считается оправданным лишь при особой ответственности за все происходящее в системе и в неспособности частей системы самостоятельно реагировать на внешние воздействия.

Главный инженер руководит деятельностью технических служб организации, контролирует результаты их работы, состояние трудовой и производственной дисциплины. Определяет техническую политику, перспективы развития организации и пути реализации комплексных программ по совершенствованию, реконструкции и техническому перевооружению действующего производства. Определяет направления специализации и кооперирования организации в соответствии с развитием научно - технического прогресса и достижением высоких темпов роста производительности труда. Обеспечивает постоянное повышение

уровня технической подготовки производства, его эффективности и сокращение материальных, финансовых и трудовых затрат на производство продукции и работ (услуг), высокое их качество, надежность и долговечность в соответствии с государственными стандартами, техническими условиями и требованиями технической эстетики, рациональное использование производственных фондов и всех видов ресурсов. Руководит разработкой перспективных планов развития организации.

Отдел главного технолога организует разработку и внедрение прогрессивных, экономически обоснованных, ресурсо- и природосберегающих технологических процессов и режимов производства выпускаемой предприятием продукции, выполнения работ (услуг), обеспечивающих повышение уровня технологической подготовки и технического перевооружения производства, сокращение расходов сырья, материалов, затрат труда, улучшение качества продукции, работ (услуг) и рост производительности труда. Принимает меры по ускорению освоения в производстве прогрессивных технологических процессов, новейших материалов, широкому внедрению научно-технических достижений. Руководит составлением планов внедрения новой техники и технологии, повышения технико-экономической эффективности производства, разработкой технологической документации, организует контроль за обеспечением ею цехов, участков и других производственных подразделений предприятия. Рассматривает и утверждает изменения, вносимые в техническую документацию в связи с корректировкой технологических процессов и режимов производства. Контролирует выполнение перспективных и текущих планов технологической подготовки производства, строгое соблюдение установленных технологических процессов, выявляет нарушения технологической дисциплины и принимает меры по их устранению.

Отдел главного механика вместе с подчиненными занимаются обеспечением бесперебойной работы оборудования. Проведение капитальных и частичных ремонтных работ оборудования с соблюдением требований заводов изготовителей;

проведением частичных и полных технических освидетельствований технических устройств, оборудования и отдельных узлов.

Отдел главного энергетика вместе с подчиненными занимаются организацией технически правильной эксплуатации и своевременный ремонт энергетического и природоохранного оборудования и энергосистем, бесперебойное обеспечение производства электроэнергией, паром, газом, водой и другими видами энергии, контроль за рациональным расходованием энергетических ресурсов на предприятии, последовательное соблюдение режима экономии.

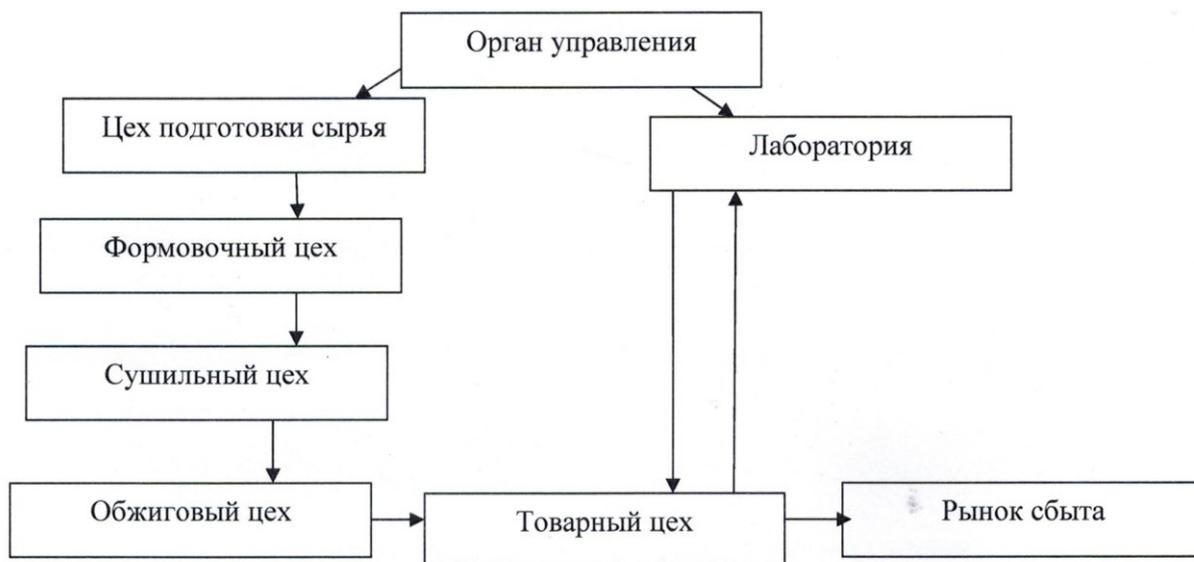


Рисунок 5.4 – Принцип децентрализации для кирпичного завода

5.6 Принцип единства, связности и модульного построения

Данные принципы обладают тесной взаимосвязью, но существуют причины, по которым их следует рассматривать отдельно. Используем их для анализа предприятия по производству кирпича.



Рисунок 5.5 – Принцип единства, связанности и модульного построения

5.7 Конечная цель

Предприятие «N» работает с 1974 года. Комплектация завода осуществлялась в кооперации с компанией Z, что позволило освоить выпуск высококачественного пустотелого кирпича в максимально сжатые сроки. Завод с завидной периодичностью модернизируется, причем не только за счет закупки нового оборудования, но и посредством внедрения собственных разработок.

В 2003 году спроектирован футеровочный низкопрофильный жаростойкий блок. Внедрение этой разработки позволило увеличить загрузку печной вагонетки на 1 ряд, то есть повысить производственные мощности. В том же году был запущен участок по производству жаростойких блоков для футеровки печных вагонеток,

была изменена рецептура и технологический процесс производства этих блоков, что позволило увеличить их ресурс более чем в 5 раз.

В 2004 году разработана и внедрена в производство современная оснастка (фильера), не уступающая лучшим европейским образцам. Благодаря конфигурации и расположению пустотообразователей, удалось улучшить прочностные характеристики кирпича и увеличить эффективность (пустотность) до 42 %.

В 2005 году в производство запущена линия резки кирпича с нанесением технологической фаски. Использование этого автомата-резчика улучшает геометрические характеристики готового продукта, а наносимая на лицевые грани кирпича фаска не только придает кирпичу идеальную геометрию, гарантирующую аккуратность швов в кладке, но и создает дополнительную защиту от сколов кирпича при разгрузке и транспортировке.

В 2007 году установлена линия дополнительного глиноперерабатывающего оборудования – вальцев супертонкого помола. Введены в эксплуатацию бегуны влажного помола. Установлена усовершенствованная формующая головка. Использование нового оборудования значительно улучшило переработку сырья на стадии формования, что в свою очередь повысило ее формовочные свойства и сделало лицевую поверхность кирпича более гладкой.

Благодаря новому автомату-пакетировщику, запущенному в 2007 году, пустотелый кирпич укладывается на деревянный поддон, используя всю его полезную площадь, что дает возможность покупателю снизить транспортные расходы. Для исключения повреждений лицевых поверхностей, каждый ряд кирпича перекладывается специальной защитной бумагой. Сформированный таким образом поддон с кирпичом надежно упаковывается в термоусадочную пленку. В настоящий момент такой способ упаковки является самым прогрессивным.

Среди проведенных на заводе мероприятий по улучшению стоит отметить – капитальный ремонт обжиговой печи, модернизацию вагонеточного парка и изменение состава шихты, что дало снижение энергозатрат, увеличение срока

службы вагонеток, возможность выдерживать точные геометрические размеры кирпича и заметные улучшения внешнего вида готового изделия.

В конце 2012 года на предприятии проведена модернизация участка садки кирпича с использованием роботов. Поставку и запуск высокотехнологичного оборудования производила итальянская компания, признанный европейский лидер в сфере кирпичного производства. Новая роботизированная линия позволила увеличить производительность и повысить качество кирпича.

В 2013 году та же фирма провела модернизацию линии окунания, которая позволила исключить появления отстрелов на лицевых поверхностях кирпича.

Учитывая тот фактор, что процент брака зависит от условий вентиляции внутри сушилки, руководство предприятия приняло решение о замене устаревших вентиляторов. В 2016 году новейшая итальянская технология внутренней вентиляции сушила с усовершенствованными коническими воздухораспределителями введена в эксплуатацию, что дало повышение качества продукции при экономии электроэнергии.

В настоящее время завод работает с проектной производительностью 40 млн. штук в год. Причем, несмотря на высокую технологичность производства, кирпич по-прежнему состоит исключительно из глины, и содержит минимальное количество добавок только природного происхождения.

5.8 Черный ящик

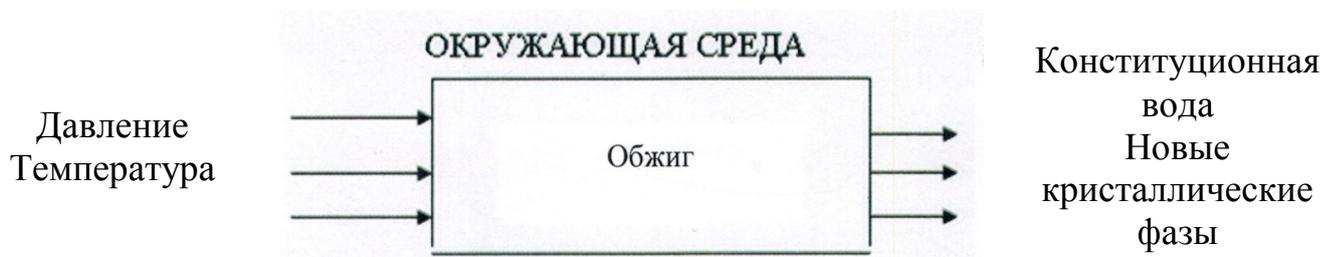


Рисунок 5.6 – Модель «черный ящик»

В нашем случае процесс обжига протекает по формулам 5.1 – 5.11.

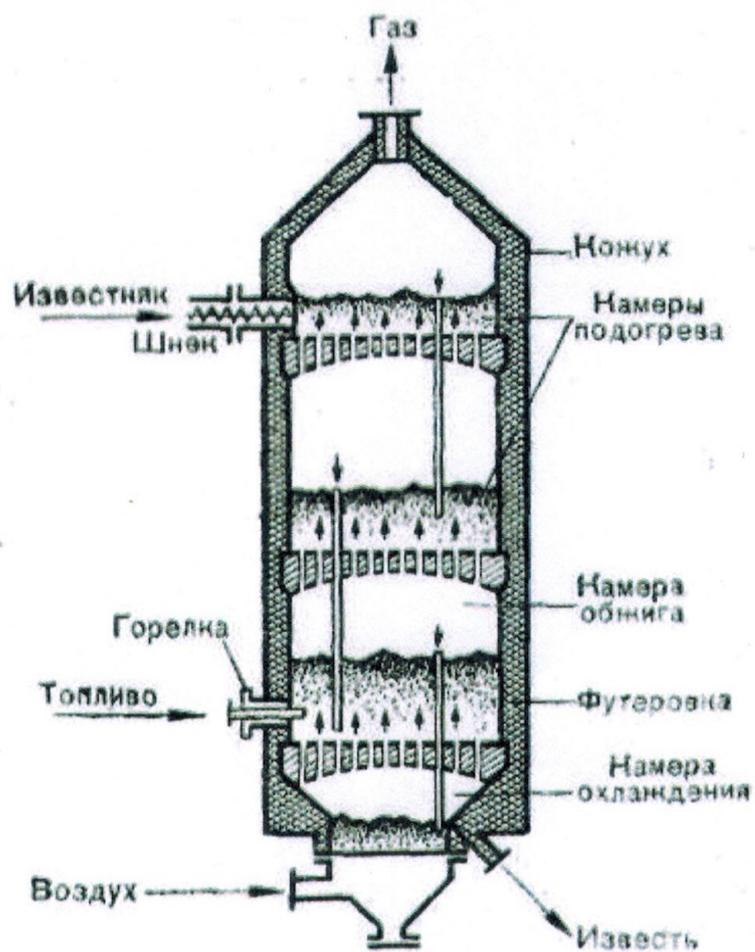


Рисунок 5.7 – Печь для обжига извести

5.9 Анализ технологического процесса, через материальный баланс

Таблица 5.1 – Общие исходные данные для технологических расчетов

Исходные данные:	
1. Производительность завода	40 млн. шт. год
2. Средняя масса одного изделия	3,12 кг
Нормы потерь и брака по технологическим переделам:	
Разгрузка на выставочной площадке (бой)	2 %
3. Брак при обжиге	3 %
4. Садка на обжиговые вагонетки	0,5 %
5. Сушка (брак при сушке)	2 %
6. Укладка на сушильные вагонетки	0,5 %
7. Формование (брак)	0,5 % (возврат)
8. Складирование шихты	0,2 %
9. Смешение (лопастной смеситель)	0,05 %
10. Камневыделительные вальцы	0,1 %
11. Объемное дозирование (ящичный питатель)	0,1 %
12. Транспортировка опилок	0,02 %
13. Переработка опилок	1 %
14. Пароувлажнение	0,4 %
15. Остаточная влажность кирпича после сушки	6 %
16. Влажность карьерной глины	16 %
17. Влажность шамота (уноса)	5 %
18. Влажность опилок	20 %
19. Формовочная влажность	21 %
20. Потери при прокалывании глины	3,87 %

5.9.1 Расчет химического состава шихты по шихтовому составу массы

При расчете из состава массы исключают шамот, так как он по химическому составу практически одинаков с химическим составом массы.

Пересчет шихтового состава массы после исключения шамота на 100%:

Глина – 96,77%

Коэффициент пересчета:

$$\Sigma = 84,85 + 2,83 = 87,68 \% \quad (5.12)$$

$$K = \frac{100}{87,86} = 1,14 \quad (5.13)$$

Химический состав шихты.

Таблица 5.2 – Химический состав компонентов массы, %

Наименование компонентов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	п.п.п.
Глина	58,65	19,16	1,22	9,16	1,28	1,28	0,10	2,66	6,94
Опилки	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Таблица 5.3 – Химический состав шихты, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	п.п.п.
56,76	18,54	1,18	8,86	1,24	1,24	0,10	2,57	8,72

$$\text{SiO}_2 \text{ (шихта)} = 58,65 \cdot 0,9677 = 56,76 \%$$

Потери при прокаливании:

$$\text{ППП} = 6,94 \cdot 0,8485 + 100 \cdot 0,0283 = 8,72$$

Расчет производственной программы цеха.

Эффективный фонд времени работы оборудования $T_{эф.}$ определяем по формуле 5.14.

Для непрерывного производства:

$$T_{эф.} = T_{кал.} \cdot K_{исп.} \quad (5.14)$$

где $T_{кал.}$ – календарный фонд работы оборудования, маш.ч; при непрерывном режиме, $T_{кал.} = 8760$ маш. ч;

$K_{исп.}$ – коэффициент использования оборудования во времени, рассчитывается согласно, $K_{исп.} = 0,81$.

Тогда:

$$T_{эф.} = 8760 \cdot 0,81 = 7095 \text{ маш. ч.}$$

Часовая производительность Q час. технологического комплекса:

$$Q_{час.} = \frac{Q_{год.}}{T_{эф.}} \quad (5.15)$$

$Q_{год.}$ – годовая производительность технологического комплекса,

$$Q_{год.} = 40 \text{ млн. шт. усл. кирпича}$$

$$Q_{час.} = \frac{40000000}{7095} = 5637 \text{ шт./ч.}$$

Сменная производительность $Q_{смен.}$:

$$Q_{смен.} = Q_{час.} \cdot t_{см.} \quad (5.16)$$

$$Q_{\text{смен.}} = 5637 \cdot 8 = 45096 \text{ шт./см.}$$

Суточная производительность $Q_{\text{сут.}}$:

$$Q_{\text{сут.}} = Q_{\text{смен.}} \cdot Z_{\text{см.}} \quad (5.17)$$

$$Q_{\text{сут.}} = 45096 \cdot 3 = 135288 \text{ шт./сут.}$$

Найдем массу одного кирпича размером 250 x 120 x 65 (мм).

Плотность кирпича 1600 кг / м³;

Площадь кирпича:

$$S = a \cdot b = 250 \cdot 120 = 30000 \text{ мм}^2 = 0,03 \text{ м}^2 \quad (5.18)$$

Объем кирпича:

$$V = 0,03 \cdot 0,065 = 0,00195 \text{ м}^3$$

$$m = \rho V \quad (5.19)$$

$$m = 1600 \cdot 0,00195 = 3,12 \text{ кг.}$$

При условии, что масса одного кирпича $m = 3,12$ кг, часовая $Q_{\text{час.}}$, сменная $Q_{\text{смен.}}$ и суточная $Q_{\text{сут.}}$ массовые производительности соответственно составят:

$$Q_{\text{час.}} = Q_{\text{смен.}} \cdot m = 5637 \cdot 3,12 = 17587,44 \text{ кг/ч} = 17,58 \text{ т/ч} \quad (5.20)$$

$$Q_{\text{смен.}} = Q_{\text{смен.}} \cdot m = 45096 \cdot 3,12 = 140699,52 \text{ кг/см.} = 140,69 \text{ т/см.} \quad (5.21)$$

$$Q_{\text{сут.}} = Q_{\text{сут.}} \cdot m = 135288 \cdot 3,12 = 422098,56 \text{ кг/сут.} = 422,09 \text{ т/сут.} \quad (5.22)$$

Масса выпускаемого кирпича, в т:

$$\frac{40000000 \cdot 3,12}{1000} = 124800 \text{ т}$$

Расчёт материального баланса цеха.

1. Производительность завода

$$40000000 \cdot 3,5 = 140000000 \text{ кг/год} = 140000 \text{ т/год}$$

2. Масса кирпича, поступающего на склад с учетом боя при разгрузке на выставочной площадке

$$140000 \cdot \frac{100}{100 - 2} = 142857,14 \text{ т/год}$$

Бой на складе $142857,14 - 140000 = 2857,14 \text{ т/год}$

3. Масса кирпича, поступающего на обжиг с учетом брака при обжиге

$$142857,14 \cdot \frac{100}{100 - 3} = 147275,40 \text{ т/год}$$

Брак при обжиге $147275,4 - 142857,14 = 4418,26 \text{ т/год}$

4. Масса кирпича, поступающего на обжиг с учетом остаточной влажности после сушки

$$147275,4 \cdot \frac{100}{100 - 6} = 156675,95 \text{ т/год}$$

Потери влаги при обжиге $156675,95 - 147275,4 = 9400,55$ т/год

5. Масса кирпича, поступающего на обжиг с учетом п.п.п.

$$156675,95 \cdot \frac{100}{100 - 6,33} = 167263,74 \text{ т./год}$$

Потери при прокаливании $167263,74 - 156675,95 = 10587,79$ т/год

6. Масса кирпича, поступающего на обжиг с учетом брака при садке на вагонетки обжига

$$167263,74 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 168104,26 \text{ т/год}$$

Потери при садке на вагонетки обжига $168104,26 - 167263,74 = 840,52$ т/год.

7. Масса кирпича, поступающего на сушку с учетом брака при сушке

$$168104,26 \cdot \frac{100}{100 - 2} = 171534,95 \text{ т/год}$$

Брак при сушке $171534,95 - 168104,26 = 3430,69$ т/год

8. Масса кирпича, поступающего на сушку с учетом формовочной влажности

$$171534,95 \cdot \frac{100 - 6}{100 - 21} = 204104,87 \text{ т/год}$$

Потери влаги при сушке $204104,87 - 171534,95 = 32569,92$ т/год

9. Масса кирпича, поступающего на сушку с учетом брака при садке на вагонетки сушки

$$204104,87 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 205130,52 \text{ т/год}$$

Потери при садке на вагонетки сушки $205130,52 - 204104,87 = 1025,65$ т/год.

10. Масса шихты, поступающей на формование с учетом брака при формовании

$$205130,52 \cdot \frac{100}{100 - 0,5} = 206161,32 \text{ т/год}$$

Брак при формовании (возвратный) $206161,32 - 205130,52 = 1030,80$ т/год

11. Масса шихты, поступающей в смеситель с учетом пароувлажнения

$$206161,32 \cdot \frac{100 - 21}{100} - (21 - 0,4) = 205122,73 \text{ т/год}$$

Вода на пароувлажнение

$$205122,73 - 206161,32 = 1038,59 \text{ т/год}$$

с учетом потерь

$$205122,73 \cdot \frac{100}{100 - 0,05} = 205225,34 \text{ т/год}$$

Потери при перемешивании $205225,34 - 205122,73 = 102,61$ т/год

12. Масса шихты, поступающей на вальцы тонкого помола с учетом потерь

$$205225,34 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 207298,32 \text{ т/год}$$

Потери $207298,32 - 205225,34 = 2078,98$ т/год

13. Масса шихты, поступающей на дозирование с учетом потерь

$$207298,32 \cdot \frac{100}{100 - 0,1} = 207505,82 \text{ т/год}$$

Потери $207505,82 - 207298,32 = 207,5$ т/год

14. Масса шихты, поступающей на камневыделительные вальцы с учетом потерь

$$207505,82 \cdot \frac{100}{100 - 0,1} = 207713,53 \text{ т/год}$$

Потери при камневыделении $207713,53 - 207505,82 = 207,71$ т/год

15. Масса глины, поступающей на дозирование с учетом потерь

$$207713,53 \cdot \frac{100 - 20,6}{100} - (20,6 - 0,4) = 206672,35 \text{ т/год}$$

Потери $207713,53 - 206672,35 = 1041,18$ т/год

16. Масса глины, поступающей на рыхление с учетом потерь

$$206672,35 \cdot \frac{100}{100 - 0,05} = 206775,73 \text{ т/год}$$

Потери при рыхлении $206775,73 - 206672,35 = 103,38$ т/год

17. Масса глины с учетом транспортных потерь

$$206775,73 \cdot \frac{100}{100 - 0,02} = 206817,09 \text{ т/год}$$

Потери при транспортировке $206817,09 - 206775,73 = 41,36$ т/год

Масса глины $206817,09$ т/год

Таблица 5.4 – Материальный баланс

Приход			Расход		
статьи	т./год	%	статьи	т./год	%
Глина	206817,09	99,03	Готовый кирпич	140000	63,97
Вода на пароувлажнение	1038,59	0,97	Потери влаги при обжиге	9400,55	7,14
П.П.П.	10587,79	7,24			
Потери при осадке на вагонетки обжига	840,52	0,41			
Брак при сушке	3430,69	1,68			
Потери влаги при сушке	32569,92	11,70			
Потери при садке на вагонетки сушки	1025,65	0,48			
Потери при перемешивании шихты	102,61	0,05			
Потери на вальцах тонкого помола	2078,98	0,97			
Потери при дозировании шихты	207,5	0,10			
Потери при вылеживании	275,99	0,19			
Потери воды на пароувлажнение шихты	1038,59	0,50			
Потери при формовании глины	1030,80	0,49			
Потери при камневыведении	207,71	0,10			
Потери при дозировании глины	1041,18	0,51			
Потери при рыхлении глины	103,38	0,04			
Транспортные потери глины	41,36	0,013			
Итого:	207855,68	100	Итого:	207855,68	100

6 Практическая работа №3. Моделирование случайных процессов

За время 2008 года были выявлены следующие отказы и износы в работе производства на заводе:

1. отказ работы печи – 8 раз;
2. остановка смесителя – 15 раз;
3. поломки дробилки – 4 раза.

На основе этих данных произведем основные расчеты случайной величины отказов и аварий на производстве, произошедших за указанный промежуток времени.

Расчет случайной вероятности

$$P(A1) = \frac{8}{27} = 0,2963$$

$$P(A2) = \frac{15}{27} = 0,5556$$

$$P(A3) = \frac{4}{27} = 0,1481$$

Расчет дискретной случайной величины

$$\xi = \begin{bmatrix} 8 & 15 & 4 \\ 0,2963 & 0,5556 & 0,1481 \end{bmatrix}$$

Математическое ожидание случайной величины ξ

$$M(\xi) = 11,2963$$

Дисперсия случайной величины ξ

$$D_N^{\xi} = 18,727$$

Среднеквадратичное отклонение случайной величины ξ

$$S = \sqrt{D} = 4,3275$$

Список использованных источников

1. Моделирование химико-технологических процессов: учебник / Г.И. Ефремов. – [Текст] – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 255 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=510221>
2. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: Учебное пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. – [Текст] – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 400 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=430323>
3. Кафаров В.В., Перов В.Л., Мешалкин В.П. Принцип математического моделирования химико-технологических систем. – М., Химия, 1974. – 344 с.
4. Подчукаев, В.А. Теория автоматического управления (аналитические методы). Учебник для вузов / В.А. Подчукаев. – Москва: Физматлит, 2005. - 198 с. – ISBN 978-5-9221-0445-6; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76606>
5. <https://st-deluxe.ru/vse-o-kirpichakh/>
6. <https://building-ooo.ru/uncategorized/kirpich-opisanie-vidy-foto-video-sostav-standart-gost-ves/.html#Прочность>
7. <https://kubkirpich.ru/o-kirpiche/predpriyatiya-proizvodstvu-kirpicha.html>
8. <https://infopedia.su/5x3113.html>
9. <https://www.beboss.ru/bplans-bricks>
10. <https://stroykirpich.com/obzhig-kirpicha-tehnologiya-proizvodstva.html>
11. <https://www.рязанскийкирпичныйзавод.рф/o-zavode/>
12. https://studbooks.net/1507353/menedzhment/analiz_tehnologii_proizvodstva_ryazanskiy_kirpichnyy_zavod
13. <https://ryazansky-kirpichnyy-zavod.inni.info/novost/istoriya-ryazanskogo-kirpichnogo-zavoda>
14. <https://hr-portal.info/job-description/dolzhnostnaya-instruktsiya-tekhnologa>
15. <https://wikimatik.ru/article/19>

Приложение А (обязательное)

Задание на выполнение практической работы

Задача 1: *На основе общепринятых принципов изобразить функциональную схему химического процесса производства (по вариантам):*

Таблица А.1 – Исходные данные к задаче 1

№ варианта	Процесс производства
1	переработка нефти
2	синтез химических соединений
3	получение бензина и его производных
4	получение резинотехнических изделий

Задача 2: *Дать описание функциональной схемы химического процесса с указанием происходящих химических реакций и превращений (по вариантам).*

Таблица А.2 – Исходные данные к задаче 2

№ варианта	Процесс производства
1	переработка нефти
2	синтез химических соединений
3	получение бензина и его производных
4	получение резинотехнических изделий

Задача 3: *Проанализировать функциональную схему химического процесса с указанием основных параметров химического процесса с точки зрения ХТС (по вариантам).*

Таблица А.3 – Исходные данные к задаче 3

№ варианта	Процесс производства
1	переработка нефти
2	синтез химических соединений
3	получение бензина и его производных
4	получение резинотехнических изделий