

На правах рукописи

КАДЫРОВ РАМИЛЬ РИМОВИЧ

**БЕЗОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА
С ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ РЕАКТОРАМИ,
АДАПТИВНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ, РАЗМЕЩЕННЫЕ
В СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ
(НА ПРИМЕРАХ ПОЛУЧЕНИЯ БУТАДИЕНА И ИЗВЕСТИ)**

Специальность 05.26.03– Пожарная и промышленная безопасность
(нефтегазовая отрасль)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

УФА 2002

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете.

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор
Бикбулатов Игорь Хуснутович

Научный консультант: доктор технических наук, профессор
Каяшев Александр Игнатьевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Абдрахимов Юнир Рахимович

кандидат химических наук
Краснов Виталий Алексеевич

Ведущая организация: ЗАО "Стерлитамакский
нефтехимический завод"

Защита диссертации состоится « 4 » октября 2002 г. в 11³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.289.05 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан « 4 » сентября 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



Ибрагимов И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Производства получения бутадиена для каучуков, углекислого газа и извести характеризуются массообменным подводом большого количества энергии, при котором выделяется значительное количество вредных соединений в дымовых газах и сточных водах, существует высокая инерционность управления процессом нагрева, возникают значительные энергетические потери. Кроме того, для этих производств характерны большие размеры реакционных аппаратов и перемещение большого количества взрывоопасных и вредных газов высокой температуры. Поэтому снижение вредного воздействия при нагреве бутенов и известняка, повышение безопасности обслуживающего персонала в результате возможных неполадок и аварий являются актуальными задачами. Для этого предлагается использовать новые технологии нагрева веществ сверхвысокочастотным (СВЧ) полем в электродинамических реакторах под адаптивным управлением, позволяющие обеспечить эффективность и безопасность работы, как реакторных узлов, так и всего производства, упростить технологические схемы, а разместить новые производства предлагается в специальных производственных зданиях, обеспечивающих безопасную производственную среду в сооружении посредством оптимизации всей его структуры, систем, управления и взаимоотношений между ними.

Исследуемые нами процессы выбраны таким образом, что с точки зрения основных опасностей, порождаемых химическим составом технологических сред, превалирует либо углеводородная составляющая (получение бутадиена), либо токсичный инертный газ (получение CO_2 и извести). Таким образом, можно было полагать, что если предлагаемый подход будет плодотворен для названных, достаточно "удаленных" по типу сред, процессов, то его можно будет использовать для широкого спектра промышленных процессов химического, нефтехимического, нефтегазового комплекса.

Цель работы. Повышение безопасности промышленных химико-технологических систем за счет новых решений по энергоподводу, управлению и архитектуре системы на примере производств с различной структурой перерабатываемых сред (производство углекислого газа и извести и производство бутадиена для каучуков).

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели требуется решить следующие основные задачи:

1) выявить основные опасности, характерные для существующих типовых производств бутадиена для каучуков и углекислого газа и извести;

2) выявить преимущества малоинерционного немассообменного подвода энергии с трансформацией тепла через поглощение диэлектриком в процессах получения бутадиена для каучуков и получения извести и углекислого газа;

3) разработать методики расчета настроечных параметров адаптивных систем управления по рассогласованиям;

4) разработать решения по размещению технологий получения бутадиена для каучуков, получения углекислого газа и извести в специальном производственном здании;

5) разработать решения по организации интегрированного управления технологическими процессами и системами в специальном производственном здании.

Научная новизна

1 Показано, что для химико-технологических систем (на примере процесса получения углеводородной газообразной продукции и процесса получения токсичного, но химически инертного газа вместе с твердым химически активным продуктом) сочетание использования электродинамических СВЧ-печей с размещением в специальном производственном здании дает высокую функциональность и безопасность, сокращение размеров потенциально опасных зон и уменьшение времени пребывания обслуживающего персонала в потенциально опасных зонах.

2 Впервые использован принцип программного адаптивного управления для малоинерционного немассообменного электродинамического реактора.

3 Показано, что программное адаптивное управление технологическими процессами по рассогласованиям (получение бутадиена, получение извести) улучшает надежность работы оборудования, благодаря быстрой стабилизации технологических параметров в заданных границах и не требуя установки дополнительных датчиков.

Практическая ценность работы

1 Новый способ подвода энергии в реакционную зону разложения карбоната кальция и разработанные для него термодинамические методы расчета электродинамического реактора, методы расчета настроечных параметров адаптивной системы по рассогласованиям параметров процессов получения бутадиена и извести могут быть использованы на производствах бутадиена для каучуков (например, на ЗАО «Каучук» г.Стерлитамака) и кальцинированной соды (например, на ОАО «Сода» г.Стерлитамака) для перехода от традиционной технологии к малоинерционным легкоуправляемым, с

высокой чистотой продуктов, электродинамическим печам (реакторам) без процессов горения, размещаемым в специальном производственном здании с высоким уровнем безопасности персонала.

2 Предлагаемый комплексный подход с использованием специального производственного здания, адаптивной системы управления и немассообменного подвода энергии создает широкие возможности повышения безопасности разнообразных технологий нефтегазового комплекса и может использоваться при проектировании новых производств.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на межрегиональной научной конференции «Севергеозкотех-2001» (Ухта, 2001), на Всероссийской научно-практической конференции «Лабораторное дело: организация и методы исследований» (Пенза, 2001), на республиканской научно-практической конференции «Проблемы интеграции науки, образования и производства южного региона Республики Башкортостан» (Салават, 2001), на межвузовской научно-практической конференции «Управление в сложных системах» (Уфа, 2001).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе: тезисов докладов-6, статей-4.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы и приложения. Общий объем работы 125 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и основные задачи, научная новизна и практическая ценность результатов проведенных исследований.

В первой главе (обзор литературы) проанализированы особенности и опасности промышленного производства бутадиена для каучуков, производства углекислого газа и извести, обобщены данные об использовании в промышленности сверхвысокочастотного нагрева технологических сред, представлены системы адаптивного управления химико-технологическими процессами. Рассмотрены основные виды зданий, используемых в промышленности для размещения химико-технологических систем, особенности планировочных решений и конструкций, принципы современных систем управления жизнедеятельностью здания.

Производство бутадиена для каучуков характеризуется перемещением большого количества взрывоопасных и вредных газов высокой температуры (водород, метан, этан, пропан, бутадиев, изобутан, бутан, бугены, углеводороды C₅ и выше, оксид и диоксид углерода, азот и т.д.). Процесс дегидрирования

протекает при высокой температуре в реакторе (~600-650°C), он сопровождается побочными реакциями, существенно снижающими общую безопасность процесса, т.к. выделяются высокотоксичный монооксид углерода, образуется дополнительное количество взрывоопасных газов: водорода из воды и метана из кокса. Эта технология характеризуется высоким уровнем водопотребления и энергозатрат, наблюдается загрязнение окружающей среды вредными соединениями, содержащимися в дымовых газах и сточных водах.

Производство углекислого газа и извести основывается на том, что тепловая энергия, необходимая для начала реакции разложения известняка, передается при сжигании твердого (кокс, антрацит) или газообразного (природный газ) топлива в шахтных известковых печах. Температура разложения достигает ~1100-1200°C.

Такая технология обжига, кроме недостаточной эффективности процесса, недостаточной конверсии сырья, приводит и к образованию высокотоксичных газов: диоксид азота (NO₂) 2 класса опасности с ПДК 0,04мг/м³, оксид азота (NO) 3 класса опасности с ПДК 0,06мг/м³, диоксид серы (SO₂) 3 класса опасности с ПДК 0,05мг/м³, газ известковых печей (CO₂ до 40%, CO до 3%, O₂ до 1% + инертный газ) 4 класса опасности, монооксид углерода (CO) 4 класса опасности с ПДК 3мг/м³. Определенное количество этих газов за счет различного рода негерметичностей поступает в зоны обслуживания печей персоналом, порождая риски отравлений и взрывов. Кроме того, при загрузке сырья и выгрузке продукта в бункеры наблюдается повышенная запыленность воздуха околопечного пространства известняком (2 класс опасности с ПДК 6мг/м³), известью (3 класс опасности с ПДК 5мг/м³), коксом доменным (2 класс опасности с ПДК 6мг/м³). Известковые печи, занимая большое производственное пространство (высота шахты от 18 до 27м, диаметр шахты от 4,7 до 6,2м), оказывают соответствующее масштабу тепловое воздействие на производственную среду.

Элементы технологических цепей вышеописанных производств (печи, перегреватели, реакторы и т.д.) не изолированы друг от друга, что увеличивает вероятность чрезвычайной ситуации.

Традиционные способы передачи энергии в представленных процессах обладают высокой инерционностью регулирования нагрева материалов.

Всегда существует опасность повышения содержания токсичных газов в рабочем помещении, запыленности воздуха известью и повышения его температуры при разгерметизации технологического оборудования или при сбоях и авариях в системах вентиляции.

В отличие от традиционных технологий нагрева реакционной массы в вышеперечисленных производствах применение энергии СВЧ-излучения создает целый ряд преимуществ:

- отсутствие традиционного теплоносителя обеспечивает беспримесность процесса и безынерционность регулирования, скорость нагрева определяется только скоростью распространения электромагнитной волны в среде, диэлектрическими свойствами среды и мощностью излучения;
- обеспечивается объемный нагрев сразу всего материала.

И, самое главное, снижается химическая составляющая опасностей в виде взрывоопасных и токсичных перечисленных выше газов. Таким образом, применение СВЧ-поля для теплового воздействия на сырье существенно снижает потенциал опасностей процесса, однако высокие температуры сред, токсичные примеси за счет органосодержания в сырье, возможность разгерметизации различного масштаба на коммуникациях и аппаратах как факторы, влияющие на безопасность процесса, остаются. Вероятность их отрицательного воздействия предложено уменьшить за счет повышения качества систем управления и защиты, используя простую и высокоточную систему адаптивного управления, способную обеспечить необходимые параметры процесса.

Такой "бикомплекс" позволяет обеспечить эффективность и безопасность работы технологических схем за счет изменения технологии нагрева и использования адаптивных систем управления, повышающих его надежность. Еще одну, третью, ступень повышения безопасности условий производства предложено достичь размещением технологических аппаратов и систем управления в специальном здании, обеспечивающем благоприятные условия труда персонала, а также удешевление обслуживания, ремонта, повышенную экологичность.

Технология дегидрирования бутенов в бутадиен на промышленных катализаторах в СВЧ-поле подробно исследовалась Р.Р. Даминым, а С.Н. Шулаевым проведено изучение тепломассопередачи и математическое моделирование процесса дегидрирования в электродинамическом реакторе.

И.Х. Бикбулатовым и А.Ю. Бакиевым изучается технология обжига известняка в электродинамическом реакторе.

Исследования автора настоящей работы были направлены на разработку комплексного подхода к повышению безопасности химико-технологических систем с использованием нового способа энергоподвода, новой системы регулирования и новой специальной конструкции здания для

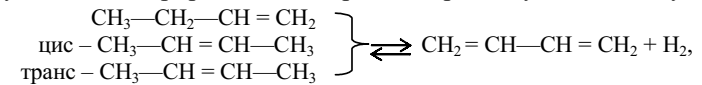
размещения технологии и персонала на примере двух производств: производства извести и производства бутадиена.

Вторая глава посвящена изучению и исследованию протекания в электродинамических реакторах под действием СВЧ-излучения процессов дегидрирования бутенов в бутадиен и разложения известняка, созданию математической модели процесса получения извести, разработке методики настроечных параметров адаптивного управления процессами.

Известно, что реакция дегидрирования бутенов в бутадиен является равновесной:



в результате дегидрирования все три изомерных бутена дают бутадиен-1,3:



а тепловой эффект реакции равен $-113,7$ кДж/моль.

Разложение карбоната кальция, содержащегося в известняке или меле, протекает по эндотермической реакции



Для смещения реакции вправо следует обеспечить подвод тепла в течение всего процесса разложения $CaCO_3$, константа равновесия K_c реакции определяется только концентрацией углекислого газа C_{CO_2} в печном газе, то есть $K_c = C_{CO_2}$ или $K_p = p_{CO_2}^*$.

Равновесное парциальное давление CO_2 ($p_{CO_2}^*$) в данной системе определяется температурой, так как эта система, имея три фазы и два независимых компонента, моновариантна.

Общим для реакций дегидрирования бутенов и разложения карбоната кальция является то, что они эндотермические, поэтому развитие неуправляемых реакций маловероятно; их можно подавлять, снижая или полностью прекращая подвод тепла. То есть важнейшее значение имеют способы подвода тепла и регулирования процесса, так как именно они определяют эффективность управления процессом, качество получаемых продуктов, скорость нагрева. Поэтому для создания эффективного управления процессами необходимо создать адекватное математическое описание физико-химических процессов получения бутадиена и извести. Математическое описание процесса дегидрирования бутенов в бутадиен уже рассматривалось в работе

С.Н.Шулаева, поэтому нами будет уделено внимание математическому описанию процесса получения извести и углекислого газа.

Исследовался процесс диссоциации известняка (CaCO_3) под влиянием излучения СВЧ-диапазона от источника «Электроника КИЭ-51» с частотой 2450 МГц, мощностью до 5 кВт на лабораторной установке. Как известно, энергия, передаваемая от СВЧ-генератора, поглощается одновременно по всему объему материала, отсутствует поверхность контакта между теплоносителем и обрабатываемым материалом, а скорость передаваемой энергии определяется скоростью распространения электромагнитной волны в среде. Система уравнений, описывающая физико-химические процессы, протекающие в электродинамическом СВЧ-реакторе (рисунок 1), может быть записана в виде

$$\frac{\partial}{\partial t}(c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}T_{\text{и}} + v\Delta H) = \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_{\text{и}} \frac{\partial}{\partial z} T_{\text{и}}\right) - \frac{\partial}{\partial z}(c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}}T_{\text{и}}) + \alpha(T_{\text{Г}} - T_{\text{и}})F + (1 - \varepsilon)\eta q_{\text{V}}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon c_{\text{Г}}\rho_{\text{Г}}T_{\text{Г}}) = \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_{\text{Г}} \frac{\partial}{\partial z} T_{\text{Г}}\right) - \frac{\partial}{\partial z}(c_{\text{Г}}\rho_{\text{Г}}v_{\text{Г}}T_{\text{Г}}) - \alpha(T_{\text{Г}} - T_{\text{и}})F; \quad (3)$$

$$dv = 15,41 \cdot (e^{0,00336T_{\text{и}}} - 2,63)dt, \quad (4)$$

где $c_{\text{и}}$, $\rho_{\text{и}}$, $\lambda_{\text{и}}$, ε , $T_{\text{и}}$, v – соответственно удельная теплоемкость, плотность, теплопроводность, пористость, температура, прореагировавшее количество (моли) известняка;

$c_{\text{Г}}$, $\rho_{\text{Г}}$, $\lambda_{\text{Г}}$, $T_{\text{Г}}$ – соответственно удельная теплоемкость, плотность, теплопроводность, температура углекислого газа.

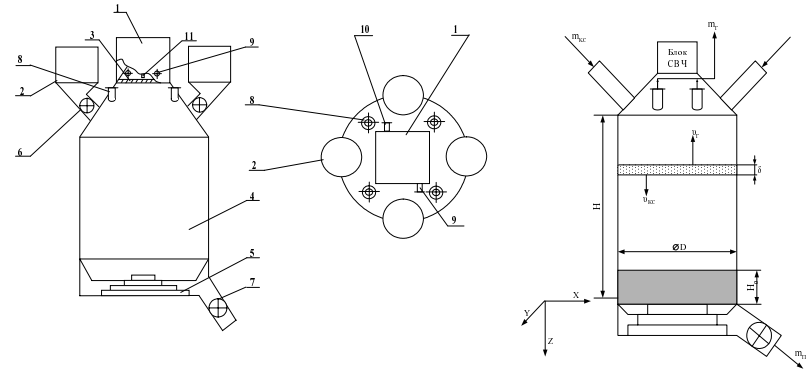
Для определения распределения температур известняка и углекислого газа по высоте печи примем, что процесс нагрева осуществляется в условиях динамического равновесия, тогда решение данной системы уравнений, при средних значениях физических параметров компонентов, в стационарном приближении будет иметь вид

$$T_{\text{и}} = C_1 \cdot \exp\left[\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}} + \sqrt{\left(\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}}}{\lambda_{\text{и}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{и}}}}}{2}z\right] + C_2 \cdot \exp\left[\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}} - \sqrt{\left(\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}}}{\lambda_{\text{и}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{и}}}}}{2}z\right] + \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}}}{\lambda_{\text{и}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{и}}}}} \int_0^z \frac{v \cdot \Delta H - (1 - \varepsilon)\eta \cdot q_{\text{V}}(\xi) - \alpha F T_{\text{Г}}(\xi)}{\lambda_{\text{и}}} \exp\left[\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}}}{2\lambda_{\text{и}}}(z - \xi)\right] \operatorname{sh}\left[\frac{\sqrt{\left(\frac{c_{\text{и}}\rho_{\text{и}}v_{\text{и}}}{\lambda_{\text{и}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{и}}}}}{2}(z - \xi)\right] d\xi; \quad (5)$$

$$T_{\text{Г}} = C_3 \cdot \exp\left[\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}} + \sqrt{\left(\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}}}{\lambda_{\text{Г}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{Г}}}}}{2}z\right] + C_4 \cdot \exp\left[\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}} - \sqrt{\left(\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}}}{\lambda_{\text{Г}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{Г}}}}}{2}z\right] - \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}}}{\lambda_{\text{Г}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{Г}}}}} \int_0^z \frac{\alpha F T_{\text{и}}(\xi)}{\lambda_{\text{Г}}} \exp\left[\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}}}{2\lambda_{\text{Г}}}(z - \xi)\right] \operatorname{sh}\left[\frac{\sqrt{\left(\frac{c_{\text{Г}}G_{\text{Г}}}{\lambda_{\text{Г}}}\right)^2 + 4\frac{\alpha F}{\lambda_{\text{Г}}}}}{2}(z - \xi)\right] d\xi; \quad (6)$$

Значения констант C_1 - C_4 находятся из начальных условий.

Решая совместно систему уравнений методом последовательных приближений, можно найти распределение температур в твердой и газовой фазе по высоте электродинамического реактора в стационарном приближении.

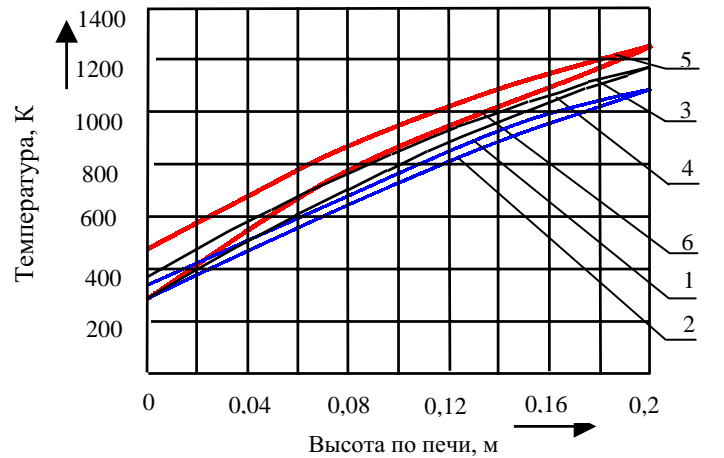


1 - генератор; 2 - бункеры; 3 – проницаемая для электромагнитного излучения мембрана; 4 - реактор; 5 – выгрузочное устройство; 6, 7 – сферические центробежные лопастные питатели; 8 - штуцеры; 9, 10 - штуцеры; 11 – магнетрон; δ – высота слоя карбонатного сырья; $v_{\text{кС}}$, $v_{\text{Г}}$ – соответственно скорости карбонатного сырья и печного газа; H – расстояние, проходимое слоем до полного разложения; H_0 – высота зоны обжига; $m_{\text{кС}}$, $m_{\text{п}}$, $m_{\text{Г}}$ – соответственно количества поступающего в печь сырья, выводимых из печи продуктов и газа; D - диаметр печи

Рисунок 1 - Электродинамическая сверхвысокочастотная установка для разложения карбоната кальция

Рассмотрим некоторые результаты численного моделирования по предложенной модели (рисунок 2), проведенного для СВЧ-реактора с целью

оценки влияния мощности излучения на конечное распределение температур в твердой и газовой фазе. Известняк движется с постоянной скоростью $v_{и}=0,000055$ м/с.



1 – углекислый газ при P=3000Вт; 2 – известняк при P=3000Вт;
3 – углекислый газ при P=4000Вт; 4 – известняк при P=4000Вт;
5 – углекислый газ при P=5000Вт; 6 – известняк при P=5000Вт

Рисунок 2 – Температура углекислого газа и известняка по высоте печи

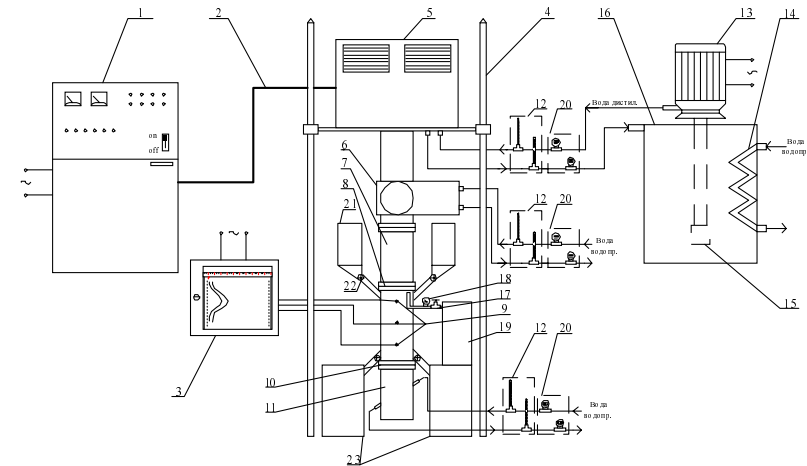
Система координат указана на рисунке 1. Учитывались следующие параметры установки: площадь сечения печи $S=0,0153\text{м}^2$; высота $H=0,2\text{м}$; коэффициент полезного действия магнетрона $\eta=0,6$. Были приняты средние значения характеристик сырья соответственно плотности $\rho_{и} = 2553 \text{ кг/м}^3$, удельной теплоемкости $C_{и}=1000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, теплопроводности $\lambda_{и}=1 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Расчеты проводились в вычислительной среде MathCAD.

Экспериментальные данные о распределении температуры по высоте печи получены на установке, представленной на рисунке 3.

На основе изучения реального процесса было установлено, что расчетные зависимости достаточно хорошо его описывают, следовательно, данную математическую модель можно использовать для расчета технологических установок, в которых осуществляется разложение известняка.

По полученной модели была разработана методика расчета настроечных параметров адаптивной системы управления по величине рассогласования температуры разложения известняка, где способ адаптивного управления осуществляют следующим образом. При достижении температуры в нижней

части печи нулевой точки микроконтроллером (МПК) контролируется величина фактического рассогласования в следящем контуре управления разложением карбоната кальция (структурная и логическая схемы управления разложением известняка в печи представлены на рисунках 4 и 5).

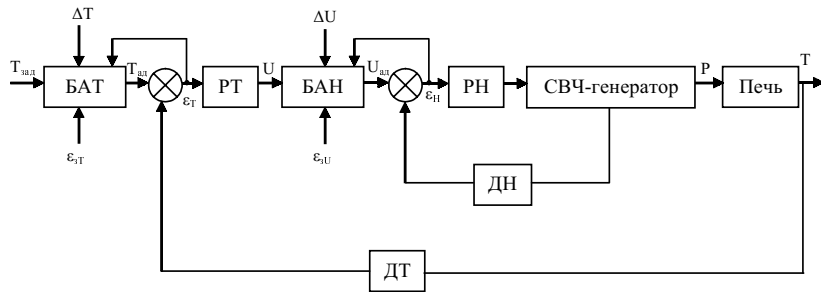


1 - блок питания и управления магнетроном; 2 - кабель питания и управления; 3 - электронный регистрирующий прибор; 4 - несущая стойка; 5 - магнетрон (источник СВЧ-излучения) с охлаждающим контуром; 6 - циркулятор; 7 - переходной модуль; 8 - тонкая радиопрозрачная мембрана; 9 - термопары; 10 - толстая радиопрозрачная мембрана; 11 - модуль нагрузки; 12 - термометры контроля воды на вводе и на выходе водоохлаждающего контура; 13 - электронасос; 14 - охлаждающий контур; 15 - обратный клапан; 16 - бак с дистиллированной водой; 17 - кран; 18 - манометр; 19 - емкость для газа; 20- расходомеры; 21 - бункеры загрузки; 22 - питатели; 23 - бункеры для выгрузки

Рисунок 3- Схема лабораторной установки

Если это рассогласование превысит заданную величину, то происходит медленное изменение (в зависимости от знака рассогласования) мощности СВЧ-поля до прихода от датчика обратной связи по температуре в МПК сигнала “Начало отсчета”, после чего происходит мгновенное прекращение изменения мощности СВЧ-поля. При достижении температуры в нижней части печи 900°C (нулевая точка) фактическое рассогласование в следящей системе меньше заданного значения константы, устанавливаемой программно. Если это превышение становится больше значения упомянутой константы, МПК фиксирует величину рассогласования и вырабатывает команду на изменение

мощности СВЧ-поля до получения МПК сигнала “Начало отсчета”, а значит и достижения нулевой точки.



ДТ – датчик температуры; ДН – датчик напряжения; РТ – регулятор температуры; РН – регулятор напряжения; ε_Т – сигнал рассогласования по температуре; ε_П – сигнал рассогласования по напряжению; T_{зад} – заданное значение температуры; ΔT – дискретное изменение температуры; ε_Т – заданная величина рассогласования по температуре; T_{ад} – адаптированное значение температуры; ΔU – дискретное изменение напряжения; ε_У – заданная величина рассогласования по напряжению

Рисунок 4 – Структурная схема адаптивного управления

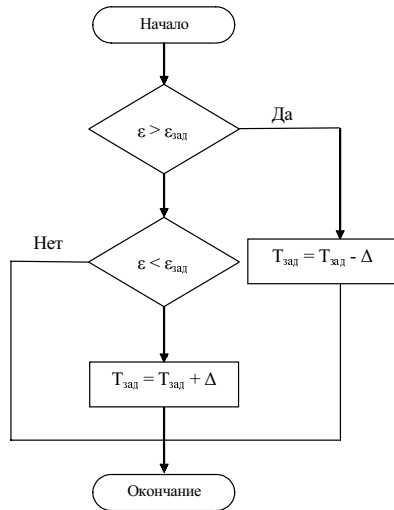


Рисунок 5 – Логическая схема адаптивного управления

Методика расчета настроечных параметров состоит в следующем:

1 Из формул (2)-(4), получаем уравнение в операторной форме

$$T_u(p) = \frac{(1-\varepsilon)\eta q_v - v\Delta H}{c_n \rho_n p + c_n \rho_n v_n / \delta + \alpha F} \quad (7)$$

где c_н – удельная теплоемкость известняка; ρ_н – плотность известняка; η – КПД установки; v – число прореагировавших молей.

2 Находим передаточную функцию замкнутой системы

управления, исходя из формулы (7):

$$W_3 = \frac{K_{об} K_{пн} (1-\varepsilon)\eta}{K_{об} K_{пн} (1-\varepsilon)\eta + c_n \rho_n + c_n \rho_n v_n / \delta + \alpha F} \quad (8)$$

где K_{об} – коэффициент усиления объекта; K_{пн} – коэффициент усиления ПИ регулятора; ε – пористость, F – площадь удельной поверхности.

3 Определяем настроечные параметры ПИ-регулятора по заданной степени затухания.

4 Получим переходную функцию процесса регулирования из уравнения (8), а также функцию ошибки системы:

$$h(t) = \frac{2}{\pi_0} \int_0^\infty \text{Re}[W_3(j\omega)] \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega, \quad e(t) = \frac{2}{\pi_0} \int_0^\infty \text{Re}[W_e(j\omega)] \cos \omega t d\omega$$

5 На основе анализа полученных зависимостей и схемы управления, представленной на рисунке 4, определяем максимально и минимально возможные значения температуры при малом изменении мощности.

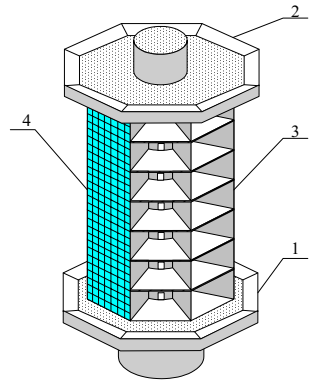
Подобным образом были найдены и параметры регулирования для давления газа и уровня слоя известняка в печи, а также параметры регулирования для процессов дегидрирования бутенов в бутадиев.

Предложенная математическая модель адекватно описывает процесс в электродинамическом реакторе. Предложенная адаптивная система управления обеспечивает устойчивость регулирования, повышая его надежность, а следовательно, и безопасность процесса в целом.

В третьей главе рассматривается использование специального здания для химических производств, предложены решения по системе управления в специальном здании, представлено размещение технологических схем получения бутадиев и разложения известняка в специальных зданиях для химических производств.

Специальное производственное здание (СПЗ) (рисунок 6) представляет собой осесимметричное многоэтажное сооружение упрощенной конструкции для размещения химических производств. СПЗ содержит фундамент 1 и покрытие 2, выполненные в виде чаши с целью сбора атмосферных осадков, центральный толстостенный несущий цилиндр, выполненный из железобетона, стены 3, образующие вместе с центральным цилиндром каркас здания, оконные переплеты 4, установленные по всему периметру здания.

Геометрически СПЗ представляет собой правильную многогранную призму (рисунок 7), количество граней призмы может быть различным. Внутри призма разделена на блоки, образуемые в результате сечения по уровням внутреннего несущего цилиндра и радиально направленных от цилиндра стеновых перегородок.

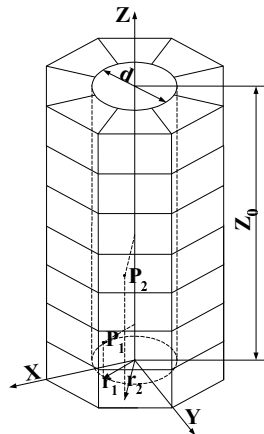


1 - фундамент; 2 - покрытие; 3 - стены;
4 - оконные переплеты

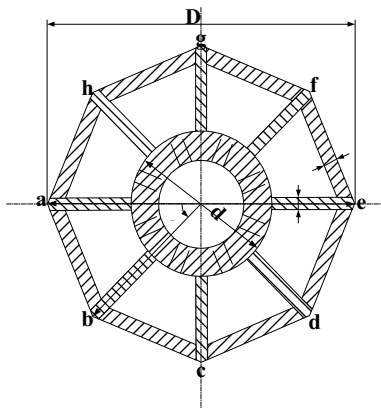
Рисунок 6 - Общий вид специального
производственного здания

давая и высоту этой точки, и ее расположение относительно оси Z – оси симметрии здания.

Геометрическая форма здания



Разрез уровня здания



d - внешний диаметр центрального цилиндра; D - диаметр описанной около многогранника окружности; Z_0 – высота здания; ϕ_0 - угол, образуемый пересекающимися плоскостями стеновых перегородок функционального блока

Рисунок 7 - Система координат специального производственного здания

Блоки подразделяются на центральные, находящиеся внутри несущего цилиндра, где размещены основные системы автоматического управления и электрооборудования, электрокоммуникации силовых и слаботочных систем, и функциональные, расположенные по периметру цилиндра, где расположены технологическое оборудование, системы жизнеобеспечения здания, а также бытовые помещения.

Положение любой точки пространства в пределах СПЗ удобнее всего представлять в цилиндрической системе координат (ϕ , r , z), задавая и высоту этой точки, и ее расположение относительно оси Z – оси симметрии здания.

На рисунке 8 представлен разрез уровня СПЗ, где схематично показаны конструктивные особенности и внутренняя планировка помещений.

Для простоты изображения технологических схем и объектов различного назначения в помещениях СПЗ предлагается преобразовать трехмерное изображение объекта в двумерное, осуществив его развертку (рисунок 8). В результате получается ограниченная двумерная плоскость, разбитая на клетки, изображающие отдельные блоки. Границы развертки определяются высотой Z_0 и длиной L , вычисляемой из следующих выражений

$$L = \ell_{ab} \cdot n = D \cdot \sin(180/n) \cdot n, \quad (9)$$

где n – количество граней призмы; D – диаметр описанной около многогранника окружности; ℓ_{ab} - ширина грани призмы; ϕ_0 – угол, образуемый пересекающимися плоскостями стеновых перегородок функционального блока; L – длина развертки.

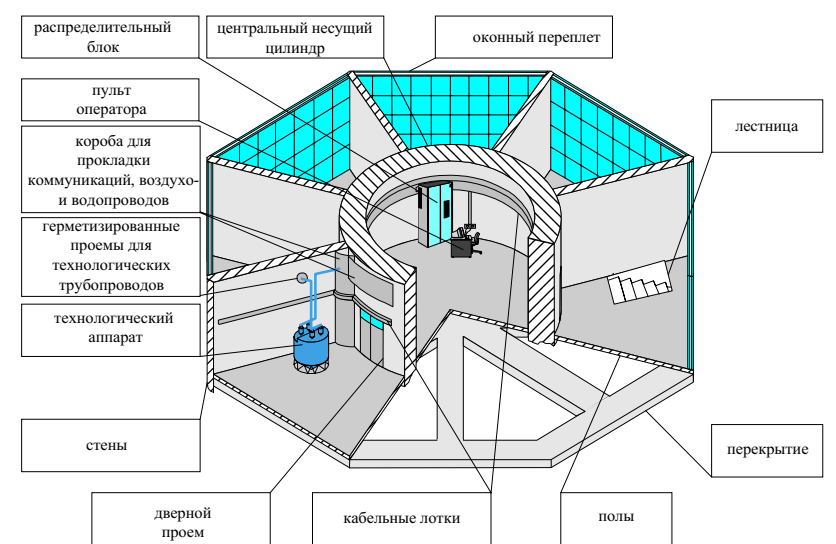


Рисунок 8 - Разрез уровня специального производственного здания

При проектировании размещения оборудования и технологических схем в СПЗ появляются возможности такой компоновки аппаратов и прокладки трасс трубопроводов, когда приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию производства минимальны при заданной технологии и выполнении требуемых условий безопасности, экологичности, а также при выпол-

нении обязательных условий функционирования отдельных единиц оборудования.

Расстояние между любыми точками $P_1(\varphi_1, r_1, z_1)$ и $P_2(\varphi_2, r_2, z_2)$, которые соединяются трубопроводом, определится из выражений

$$\ell(P_1, P_2) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(z_2 - z_1)_i^2 + (\sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos(\Delta\varphi)})_i^2} + \sum_{j=1}^m \sqrt{(z_2 - z_1)_j^2 + \Delta r_j^2}, \quad (10)$$

где $\Delta\varphi$ – угол между точками P_1 и P_2 на горизонтальной плоскости ($\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$), если он более 180° , то направление прокладки трубопровода меняется на противоположное и $\Delta\varphi = 360 - \varphi_2 - \varphi_1$;

D, d – соответственно диаметр описанной около многогранника окружности и внешний диаметр центрального цилиндра; Z_0 – высота здания.

$$\Delta r_j = \frac{\pi \cdot d \cdot \Delta\varphi_j}{180} - \text{расстояние между двумя точками на поверхности}$$

центрального цилиндра на горизонтальной плоскости.

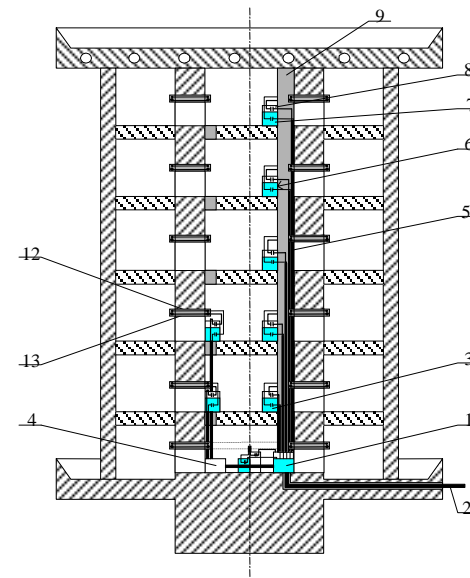
Таким образом, конструктивные особенности специального здания для химических производств позволяют упростить и сократить коммуникационные сети, расположить аппараты и емкости в соответствии со степенью опасности перерабатываемых в них сред, значительно сократить за счет радиальных маршрутов время пребывания персонала в потенциально опасных зонах.

Особенности организации системы автоматического управления в здании. Благодаря особенностям конструкции в здании появляется возможность менее затратной и более удобной организации элементов систем управления, чем в зданиях традиционной конструкции. Например, обеспечивается расширение функциональных возможностей кабельной системы здания (рисунок 9), упрощение процесса ее монтажа и повышение эксплуатационной надежности и долговечности.

Предлагается система управления зданием и производственной средой, которая позволяет обеспечивать полный мониторинг и централизованное надежное управление технологическими процессами и инженерными системами жизнеобеспечения здания (рисунок 10).

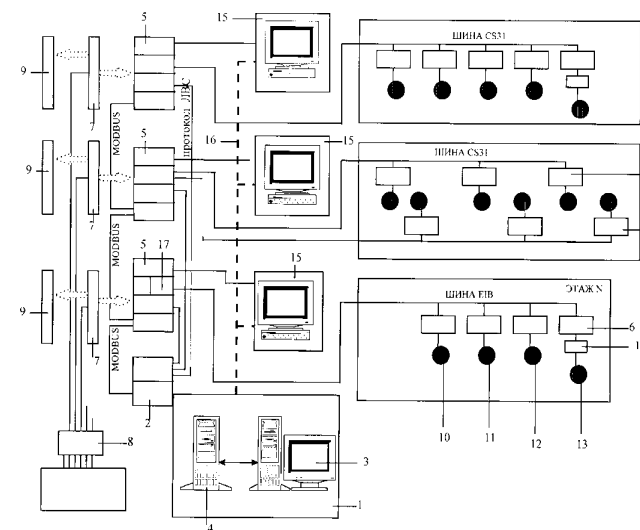
На рисунках 11, 12 представлены технологические схемы получения извести и газа и получения бутадиена для каучуков в специальном здании для химических производств, где традиционные реакционные устройства заменены электродинамическими реакторами, в результате чего стало возможным разместить эту технологию в СПЗ.

Все звенья технологической цепочки размещены в отдельных функциональных блоках, разделенных стенами, на уровне этажа, а между этажами - перекрытиями. В пределах каждого функционального блока осуществляется



1-центральный распределитель здания; 2-магистральный кабель комплекса зданий; 3, 7-кроссовый шкаф для подключения слаботочных кабелей; 4-дополнительный распределитель здания; 5-магистральный кабель здания; 6-этажные распределители; 8-распределительный шкаф для подключения силовых кабелей; 9-лоток для магистрального кабеля здания; 10, 11-соответственно розетки, связанные со слаботочными системами здания и силовым кабелем; 12, 13-соответственно слаботочный и силовой кабели.

Рисунок 9 - Многофункциональная кабельная система здания



1 - центральный вычислительный модуль; 2, 5 - контроллеры; 3 - устройство ввода-вывода; 4 - дополнительная компьютерная станция; 6 - устройства управления узлами и агрегатами инженерного оборудования здания; 7, 9 - розетки; 8 - распределитель; 10, 11, 12, 13 - датчики контроля, и/или измерения; 15 - модули удаленного ввода-вывода

Рисунок 10 - Структурированная система управления зданием и производственной средой

контроль и управление параметров «околотехнологической» среды (температура, влажность, запыленность) с помощью системы управления, изображенной на рисунке 10.

Системы цифрового управления (микроконтроллеры, устройства ввода-вывода данных и т.д.) размещены внутри несущего цилиндра, что обеспечивает защиту операторов от возможного вредного влияния производственной среды. Кабельная проводка защищена от возможных повреждений, поскольку проложена в полостях стен и несущего цилиндра.

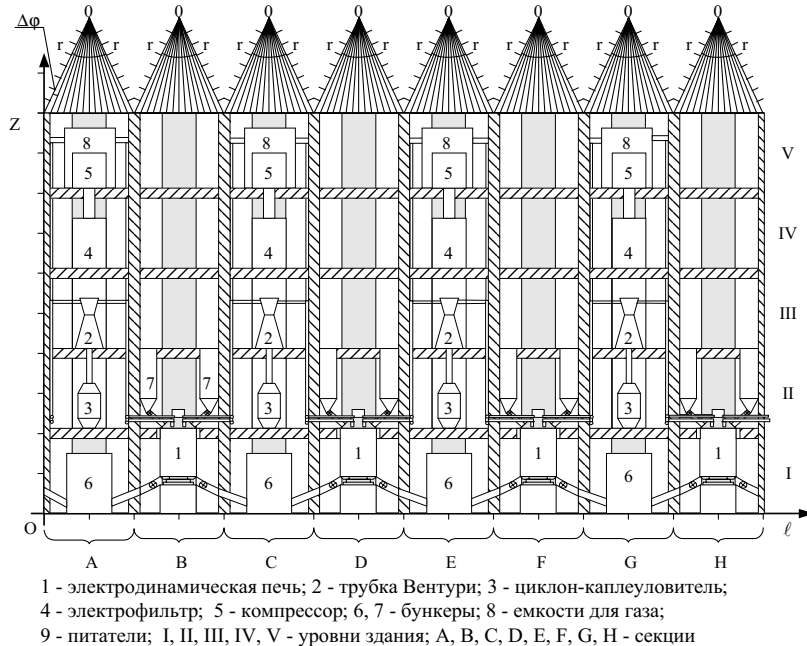
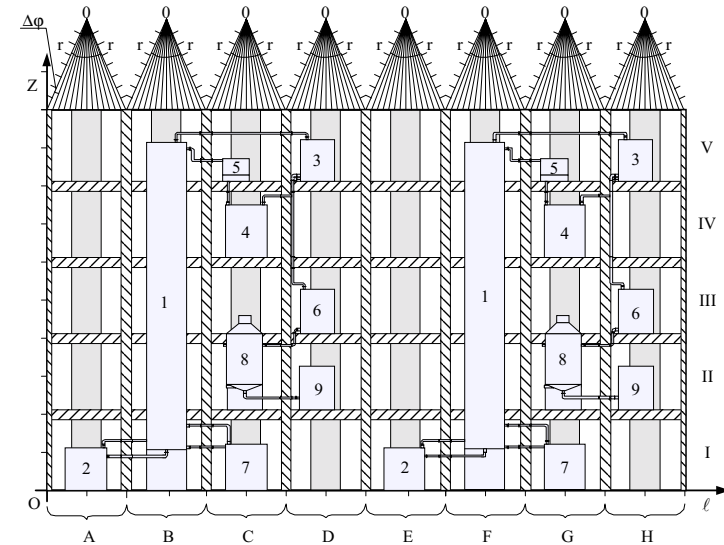


Рисунок 11 - Развертка функциональных блоков здания

При экономическом обосновании организации систем управления необходимо, в свою очередь, рассматривать суммарную стоимость владения зданием на протяжении всего срока его эксплуатации (для химических производств около 40 лет), являющуюся суммой начальных и эксплуатационных расходов.

Как показывает международный опыт (рисунок 13), эксплуатационные расходы в сочетании с расходами на различные переделки внутри здания составляют 75% от суммарной стоимости владения зданием.



OZ - ось уровней здания; OL - ось периметра здания

Рисунок 12 - Развертка схемы дегидрирования бутадиенов в бутадиен

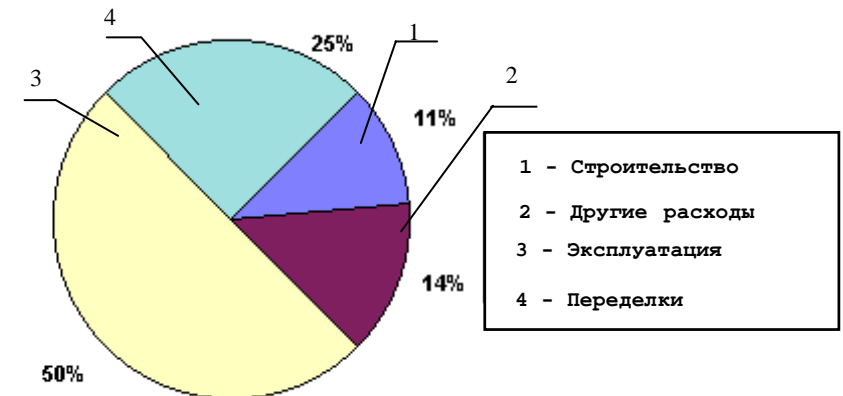
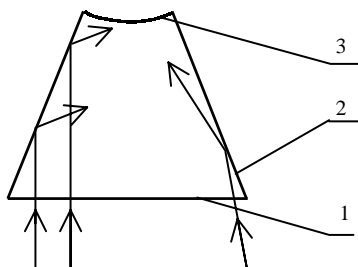


Рисунок 13 - Структура стоимости владения зданием по данным American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers

При этом основным экономическим принципом является сокращение суммарной стоимости владения зданием за счет снижения эксплуатационных расходов и расходов на переделки, что может привести к экономии до 300% эксплуатационных расходов.

Учитывая, что используемая нами конструкция универсальна и для любого изменения или обновления технологической схемы (или замены технологии вообще) переделок практически не требуется, вышеназванная экономия вложений будет реализована при эксплуатации в этом здании любого технологического процесса. Это позволит направлять дополнительные средства на охрану труда, поддержание технического состояния всех систем.

Некоторые аспекты безопасности жизнедеятельности в специальном производственном здании. Особенности планировки здания позволяют создать в местах постоянного пребывания рабочих (в операторных центрального блока, в используемых для бытовых помещений функциональных блоках) во много раз меньшие концентрации вредных газов, которые могут появиться в результате утечек или нарушений режима работы, чем вблизи технологического оборудования. В технологических блоках создается разрежение, достигаемое увеличением соотношения объема вытяжки к притоку.



- 1 – оконный переплет (световой проем);
2 – стеновые перегородки блока;
3 – центральный цилиндр

Рисунок 14 - Освещение блока

Конструктивные особенности функциональных блоков обеспечивают естественное освещение помещений. Как видно на рисунках 5, 6, 7 оконные переплеты имеют большую площадь, а стены блоков, окрашенные в светлые тона, играют роль своеобразных отражателей (рисунок 14). Эти особенности обеспечивают хорошую различимость деталей технологических объектов для персонала, а также позволяют экономить

электроэнергию, затрачиваемую на искусственное освещение помещений.

На рисунке 15 представлены возможные направления воздействия взрывной волны, возникающей, в случае аварии, в помещении одного из СПЗ, на другие подобные здания производственного комплекса. Из схемы распространения взрыва видно, что грани соседних зданий, получают лишь часть энергии взрывной волны, поскольку на них оказывает давление только проекция вектора ее силы. Подобное растровое распространение энергии

взрыва объясняется конструктивным исполнением функциональных блоков, в результате чего возникающая взрывная волна, отражаясь от стеновых перегородок и центрального цилиндра, устремляется наружу через окна, являющиеся большими по площади, чем остальные (цилиндр, стены) поверхности функционального блока.

Кроме того, безопасность персонала обеспечивается:

- 1) расположением оборудования по отдельным функциональным блокам, так как в случае аварии какой-либо установки максимально возможные масштабы воздействия будут ограничены пределами блока;
- 2) одинаковым для всех технологических помещений небольшим расстоянием (не более радиуса здания) для эвакуации из любого функционального блока внутрь центрального цилиндра (наиболее безопасной зоны);
- 3) снижением риска поражения работающего в результате аварии при обходе или обслуживании оборудования ввиду сокращения времени на перемещения в потенциально опасных блоках.

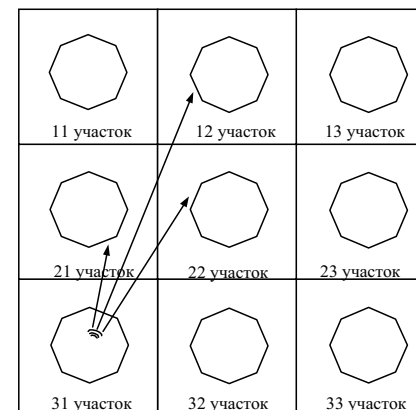


Рисунок 15 - Расположение комплекса специальных производственных зданий

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Общие выводы

- 1 Предложен новый комплексный подход к обеспечению промышленной безопасности химико-технологической системы, включающий три составляющие: немассообменный подвод энергии в реакционную среду, адаптивную систему управления реакторным блоком, размещение всех элементов технологической системы в здании специальной конструкции.

2 На примерах получения бутадиена и извести показано существенное снижение потенциала опасности при использовании подвода энергии в реакционную зону путем СВЧ-нагрева за счет исключения сжигания топлива, ведущего к появлению большого объема токсичных газов, и за счет уменьшения инерционности системы, повышения ее управляемости, возможности мгновенно прекратить или уменьшить (увеличить) подвод энергии.

3 Программно реализованный алгоритм адаптивного управления блоком с электродинамическим реактором, когда управление осуществляется по рассогласованию параметров процессов получения бутадиена и извести, обеспечивает их удержание в заданном оптимальном режиме.

4 Получена и решена в стационарном приближении система уравнений, описывающих распределение температур по высоте электродинамического реактора для твердой и газовой фазы процесса получения извести и углекислого газа.

5 Размещение технологической установки в специальном здании позволяет реализовать интегрированную систему управления, которая, в отличие от автономных, использует общую базу данных. Последняя может быть использована не только отдельными подсистемами обеспечения жизнедеятельности, но и любыми другими устройствами автоматизации управления технологическими установками в здании. Схема позволяет иметь необходимую полную информацию о процессе в любой момент времени, обеспечивая эффективное управление и безопасность эксплуатации.

6 Размещение технологий в специальных производственных зданиях создает базу для многовариантных решений перспективного развития с высокими адаптивными возможностями, так как СПЗ обладает универсальностью и целым набором необходимых качеств: компактность, максимальная замкнутость технологических циклов, простая технология монтажа и демонтажа оборудования и систем управления зданием, повышенная безопасность персонала, в том числе в аварийных ситуациях, и комфортность рабочих мест, низкие эксплуатационные расходы.

Основные результаты работы опубликованы в следующих научных трудах:

1 Бикбулатов И.Х., Кадыров Р.Р. Теплопередача в известняке под действием СВЧ поля // Лабораторное дело: организация и методы исследований: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Пенза: ПГУ, 2001.-С.51-53.

2 Кадыров Р.Р. Применение концепции «Интеллектуального здания» для химических производств // Севергеоэкотех-2001: Материалы межрегион. молодежной науч. конф. - Ухта: УГТУ, 2001.-С.140-142.

3 Бакиев А.Ю., Даминев Р.Р., Кадыров Р.Р. Реакционное устройство для экологически безопасного способа получения оксида кальция и углекислого газа // Севергеоэкотех-2: Материалы межрегион. молодежной науч. конф. - Ухта: УГТУ, 2001.-С.210-212.

4 Бикбулатов И.Х., Кадыров Р.Р., Шулаев Н.С. Способ автоматического управления процессом получения оксида кальция // Проблемы интеграции науки, образования и производства южного региона Республики Башкортостан: Тр. респ. науч.-практ. конф. - Салават: СФ УГНТУ, 2001. – С.225-228.

5 Бикбулатов И.Х., Кадыров Р.Р., Шулаев Н.С. Способ автоматического управления процессом разложения карбоната кальция // Управление в сложных системах: Сб. ст. межвуз. науч.-практ. конф. - Уфа: УГАТУ, 2001. – С.335-343.

6 Бикбулатов И.Х., Кадыров Р.Р., Шулаев Н.С. Повышение безопасности производства извести // Экология и жизнь: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. - Пенза: ПГУ, 2001. -Ч. II. -С.105-107.

7 Кадыров Р.Р. Повышение надежности системы управления энергосбережением в специальном производственном здании // Севергеоэкотех-2002: Материалы межрегион. молодежной науч. конф. - Ухта: УГТУ, 2002. С.130-132.

8 Кадыров Р.Р. Значение интегрированных систем управления для безопасности химических производств // Севергеоэкотех-2002: Материалы межрегион. молодежной науч. конф. - Ухта: УГТУ, 2002.-С.132-134.

9 Бикбулатов И.Х., Кадыров Р.Р., Бахонина Е.И. и др. О специальном производственном здании и его роли в перспективном развитии химической отрасли // Башкирский химический журнал. – 2002.-Т.9.-№1. -С.63-70.

10 Кадыров Р.Р., Бикбулатов И.Х., Каяшев А.И. и др. Элементы повышения экологической безопасности производства извести (метод, устройство и специальное производственное здание) // Инженерная экология: Науч.-аналит. журнал. – М.: Издательство «Инженерная экология». -2002.- №2. - С.24-30.

Соискатель

Р.Р. Кадыров

Изд. лиц. ЛР №020267 от 22.11.96

Подписано в печать 31.08.02. Тираж 90 экз. Заказ № 22

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета

Адрес издательства: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Адрес типографии: 453118, г. Стерлитамак, пр. Октября, 2