

## МАТЕРИАЛЫ

### А. Металлы

Следует избегать контакта с пищевыми продуктами таких металлов, как Fe, Al, Cu, Zn, Cd, Ni, Ti, которые используются до сих пор самостоятельно или в виде покрытий.

Токсичность указанных выше металлов.

/Грушко Я.М., Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. Справ. изд. – Л.: Химия, 1987. – 192 с./

1. Al – алюминий /температура плавления 660,4 °С, плотность 2699 кг/м<sup>3</sup>/.  
Вызывает пневмосклероз, алюминоз, поражение печени, дерматит, астму, изменения в тканях глаза.  
Перед такой "перспективой" возникает желание собрать всю домашнюю алюминиевую посуду и сдать ее в металлолом.
2. Fe – железо /1539 °С, 7870 кг/м<sup>3</sup>/.  
Отставание в росте, изменения в легких, раздражающее действие /глаза, слизистые оболочки/, канцерогенное действие.
3. Cd – кадмий / 321,1 °С, 8650 кг/м<sup>3</sup>/.  
Головокружение, головная боль, слюнотечение, кашель, рвота, носовое кровотечение, прободение носовой перегородки, металлический вкус во рту, желто-золотистое окрашивание десен – "кадмиевая кайма", эмфизема и фиброз легких, поражение костей, канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие.
4. Cu – медь /1084,5 °С, 8960 кг/м<sup>3</sup>/.  
Мутагенное действие, головная боль, головокружение, слабость, боли в мышцах, нарушение функции печени и почек, раздражает кожу и глаза, изъязвление носовой перегородки и роговицы глаза, расстройства нервной системы, сладкий вкус во рту, повышение температуры тела до 38-39 °С, "медная лихорадка".
5. Ag – серебро /261,9 °С, 10500 кг/м<sup>3</sup>/.  
Пигментация кожи и слизистых оболочек.
6. Zn – цинк /419,5 °С, 7130 кг/м<sup>3</sup>/.  
Канцерогенное действие, сладкий вкус во рту, сухость в горле, кашель, тошнота рвота, раздражение кожи и слизистых оболочек, бессонница, похудение, ослабление памяти, потливость, малокровие, кровоизлияния, отек легких.  
Пауза. Реклама автомобиля ИЖ: "А кузов-то – с оцинковкой. Будете ездить со сладким вкусом во рту...".
7. Ni – никель /1455 °С, 8900 кг/м<sup>3</sup>/.  
Канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие.
8. Ti – титан /1665 °С, 4320 кг/м<sup>3</sup>/.  
Канцерогенное действие.

### Рекомендуются:

/Малахов А.И., Андреев Н.Х. Конструкционные материалы химической аппаратуры. – М.: Химия, 1978. – 224 с./

а/ Коррозионно-стойкие /нержавеющие/ конструкционные стали.

Например, сталь 2Х13 /0,2% углерода, 13% хрома/, термостойкость до 600 °С, предел прочности 850 МПа.

б/ Обычные углеродистые стали ст.2 и ст.3 с покрытием:

- оловом, Sn, /231,9 °С, 5850 кг/м<sup>3</sup>/, жечь, консервные банки.
- эмалями на основе кремнийорганических соединений /плотность эмалей 2100-2500 кг/м<sup>3</sup>, термостойкость до 300 °С, предел прочности на сжатие 600 МПа.
- тефлоном /полимер CF<sub>2</sub>=CFCl или фторопласт 3/, плотность 2100-2160 кг/м<sup>3</sup>, термостойкость до 210 °С, предел прочности при растяжении 35-40 МПа.

#### Б. Силикатные материалы

Данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Материал	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии МПа	Предельная температура °С
Кварцевое стекло	2150	350	1300
Боросиликатное стекло	2200-2400	600-1300	300-400
Ситаллы	2500-2700	450-880	600-900
Фарфор	2300-2500	450-500	1000

Следует обратить особое внимание на ситаллы – материалы будущего. Ситалл – прозрачный, коррозионно-стойкий материал, по прочности превосходящий обычную углеродистую сталь, а по плотности гораздо легче ее /на уровне алюминия/. В последнее время из ситалла изготавливают аппаратуру /включая трубопроводы/ для цеха по переработке молока, ректификационные колонны /пока небольшой производительности/ и др.

#### В. Полимерные материалы

1. Фторопласт 4 – полимер тетрафторэтилена, плотность 2160-2260 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при растяжении 14-25 МПа, предельная температура 327 °С /трубы, арматура, прокладки и др./.
2. Фторкаучук /условное название резины, содержащей фторкаучук и до 30% мас. наполнителя – кремнекислота, вулканизация проводится с применением диаминов/ – плотность 1800-1900 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности на растяжение 20-25 МПа, предельная температура 200-250 °С /шланги, ленты, прокладки и др./.

#### Г. Другие материалы

В этой рубрике следует отметить материалы, которые не являются конструкционными для промышленности, но очень широко используются в артелях производствах /виноделие, квашение и др./, а также для изготовления бытовой утвари.

1. Дерево – плотность сырой древесины 300-900 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности на сжатие: пихта – 47, дуб – 65 МПа; термостойкость до 150 °С, температура вспышки /при внесении огня/ 230-260 °С, температура самовоспламенения: /нагревание без огня/ около 400 °С.

В настоящее время примерно треть земной суши покрыта лесами, но только 11% лесного покрова Земли можно назвать лесными угодьями, т.е. используются. Человек научился обрабатывать древесину более 10 тыс. лет назад. На Руси испокон веков были развиты ремесла по обработке дерева /чаны, бочки, кадки, посуда и др./.

Некоторые ремесла дошли до наших дней и вышли на уровень искусства, например, производство деревянной посуды с яркой лаковой росписью /Хохлома/, которая имеет большой спрос, особенно у иностранцев.

2. Керамика /фаянс/ – обожженная смесь гончарной глины, кварцевого песка, полевого шпата и др., покрытая глазурью. Температура обжига 1250-1300 °С, плотность 1800-1900 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 100-130 МПа.

Археологические раскопки у села Триполье Киевской области показали, что по крайней мере 6 тыс. лет назад человек знал гончарное ремесло. Изготавливались: кувшины, вазы, чаши, посуда, плитки и др. В настоящее время производство фаянсовых изделий /посуда, сантехника, плитка и др./ осуществляется на промышленной основе.

### РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ

Для аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением, должен быть представлен расчет на прочность по формуле Госгортехнадзора. Толщина стенки аппарата:

$$\delta_{ст.} = \frac{p \cdot D_v}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{доп} - p} + C \quad \text{мм} \quad /8/$$

где  $D_v$  – внутренний диаметр аппарата, мм,

$p$  – расчетное давление, МПа /1,03-1,1 от номинального/,

$\varphi$  – поправочный коэффициент прочности сварного шва /1,0-0,8/,

$C$  – прибавка на коррозию, мм,

$\sigma_{доп}$  – допустимое напряжение, МПа.

Для аппаратов, расположенных на открытом воздухе, проводится расчет на ветровую нагрузку. Скорость ветра принимается 45 м/с /скорость урагана 33 м/с/. Для вращающихся барабанов, имеющих две опоры, осуществляется расчет на изгиб. Для решеток, работающих под нагрузкой, представляется расчет на срез.

## ЭРГОНОМИКА, ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Эргономика – наука, занимающаяся изучением взаимной адаптации человека и машины. Эргономические показатели отражают взаимодействие человека с техникой в комплексе гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека.

Эргономика непосредственно связана с техникой безопасности, собственно, вышла из нее. При выборе вариантов аппаратуры, например, нужно предусматривать ограждения вращающихся деталей, удобство формы и расположение рукояток управления, небольшие усилия для приведения их в действие. Между аппаратами должны быть достаточные проходы для удобства обслуживания и ремонта. Если аппараты располагаются на открытом воздухе /выпаривание, ректификация/, то рабочее место оператора должно быть организовано рядом в помещении. Освещенность, температура и влажность воздуха на рабочем месте должны соответствовать стандарту /кондиционер/. Рабочее место должно быть защищено от запыленности, шума, вибрации, излучения, действия вредных веществ, иметь запасной выход для срочной эвакуации. Персонал снабжается спецодеждой /каска, куртка, брюки, сапоги, рукавицы, очки и др./, питьевой водой /допускаются чай и кофе/, горячим душем и т.д.

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство исполнения аппаратов и машин. Немаловажное значение имеет цветовое оформление аппаратов и рабочего места.

Для умственной работы /ИТР/ рекомендуются оттенки холодного цвета /голубой, зеленый/, для физической работы – оранжевый, желтый. Желательно иметь цветы или декоративные растения на рабочем месте.

По технике безопасности принимается следующая окраска трубопроводов:

водяной пар	– красный,
вода очищенная	– зеленый,
пожарный трубопровод	– оранжевый,
техническая вода	– черный.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Экология – отношение организмов между собой и с окружающей средой.

Экологические показатели – это уровень вредных воздействий на окружающую среду, которые возникают при эксплуатации оборудования, например, содержание вредных примесей, вероятность выбросов вредных частиц, газов, излучений и др.

В условиях платности природных ресурсов возникает и платность за загрязнение окружающей среды. В зависимости от величины загрязнения взимаются платежи за сбросы загрязняющих веществ. Величина платежей устанавливается на основании проекта норм предельно допустимых сбросов /ПДС/ и выбросов /ПДВ/.

Интегральный показатель выбросов

$$K_{\text{эу}} = \sum_1^n K_i \cdot a_i = K_1 \cdot a_1 + K_2 \cdot a_2 + \dots \quad /9/$$

где

$$K_i = \frac{P_6}{P_i}$$

$K$  – коэффициент выполнения нормативов,  
 $a$  – коэффициент значимости,  
 $P_0$  – базовые показатели,  
 $P_i$  – фактическое значение показателей ПДВ и ПДС.

При  $K_i < 1$  наблюдается низкий уровень работы предприятия и оно должно быть остановлено.

Зоологическая экспертиза проекта установки, цеха или предприятия проводится по Закону РФ "Об охране окружающей природной среды". Экспертиза проводится Министерством охраны окружающей среды, Минздравом, Санэпиднадзором.

Проект должен обеспечивать улавливание, утилизацию, обезвреживание вредных веществ и отходов, либо полное исключение выбросов загрязняющих веществ.

## МАСШТАБНЫЙ ПЕРЕХОД И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Различают три основных вида моделирования процессов:

- 1/ физическое,
- 2/ математическое,
- 3/ элементное.

### 1/ Физическое моделирование

По этому методу исследование процесса с обработкой опытных данных последовательно проводят на физических моделях: лабораторная /стекло, емкость до 1 л/, пилотная /металл, до 100 л/, полупромышленная /до 0,5 м<sup>3</sup>/, промышленная /5 м<sup>3</sup> и более/. Метод очень громоздкий и длительный, но обеспечивает надежные результаты.

Физическое моделирование основано на теории подобия.

Определение. Явлениями, подобными друг другу, называются системы тел,

- а/ геометрически подобные друг другу;
- б/ в которых протекают процессы одинаковой природы;
- в/ в которых одноименные величины, характеризующие явления, относятся между собой как постоянные числа

$$x' = a_x \cdot x'' \quad /10/$$

где  $a_x$  – константа подобия.

Сам по себе принцип "подобия" был известен человечеству в глубокой древности /наглядный пример – египетские пирамиды/. Однако теория подобия сформировалась только в 20 веке. Основу теории составляют три теоремы.

/Брайнес Я.М. Подобие и моделирование в химической и нефтехимической технологии. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 220 с./

1-я теорема. Жозеф Бертран, французский математик, 1848 г.

– У подобных явлений индикаторы подобия равны единице или критерии подобия численно одинаковы.

/Индикатор подобия – комплекс констант подобия, критерий подобия – безразмерный комплекс величин/.

2-я теорема. Т.А. Афанасьева-Эренфест, 1925 г., отеч. математик.

– Система уравнений, буквенно одинаковая для группы подобных явлений, может быть преобразована в критериальное уравнение.

3-я теорема. М.В. Кирпичев, А.А. Гухман, 1930 г., отеч. ученые.

– Для подобных явлений критерии подобия, составленные из условий однозначности, численно одинаковы.

Условия однозначности включают:

а/ геометрические размеры системы;

б/ физические константы веществ;

в/ характеристика начального состояния системы;

г/ состояние системы на ее границах /граничное условие/.

Таким образом, применение теории подобия к исследованию и разработке процесса состоит в следующем.

1. Составление полного математического описания процесса, т.е. вывод дифференциального уравнения и постановка условий однозначности.

2. Проведение подобного преобразования дифференциального уравнения и условий однозначности, определение критериев подобия и общего вида критериального уравнения /метод анализа уравнений/.

3. Определение опытным путем на моделях конкретного вида критериального уравнения /физическое моделирование/.

Для сложных процессов, когда невозможно пока составить дифференциальное уравнение, критерии подобия получают на основе метода анализа размерностей величин, влияющих на процесс /теоремы Бертрانا и Букингэма/. Таким методом были, например, получены критерии механического перемешивания.

Различают геометрическое, гидродинамическое, тепловое, диффузионное и химическое подобие.

Геометрическое подобие учитывается симплексами "Г", например, отношение длины трубопровода к диаметру.

Гидродинамическое подобие изучается в курсе гидравлики на примере подобного преобразования уравнения Навье-Стокса. Тепловое и диффузионное подобия рассматриваются в дисциплине ПАПП.

Вспомним критериальное уравнение гидродинамики:

$$E_u = f(H_0, Fr, Re, \Gamma \dots) \quad /11/$$

где  $H_0 = \frac{W \cdot \tau}{l}$  – критерий гомохронности, учитывает неустановившееся движение жидкости;

$Fr = \frac{W^2}{g \cdot l}$  – критерий Фруда, учитывает силы тяжести;

$E_u = \frac{\Delta p}{\rho \cdot W^2}$  – критерий Эйлера, учитывает силы гидростатического давления;

$Re = \frac{W \cdot l \cdot \rho}{\mu}$  – критерий Рейнольдса, учитывает силы внутреннего трения.

## 2/ Математическое моделирование

Методы теории подобия применяются и при использовании других видов моделирования, в которых моделирующие процессы отличаются от моделируемых по физической природе. Важнейшим из них является математическое моделирование, при котором различные процессы воспроизводятся на электрических моделях – электронных вычислительных машинах /ЭВМ/.

По Р. Фрэнксу общая схема математического моделирования включает семь стадий /Фрэнкс Р. Математическое моделирование в химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 272 с./.

1. Постановка задачи.
2. Определение фундаментальных законов, которым подчиняется механизм явлений, лежащих в основе проблемы.
3. На основе выбранной физической модели применительно к решаемой задаче записывается система соответствующих математических уравнений.
4. Проводится естественное расположение уравнений с помощью построения блочной поточно-информационной диаграммы. Диаграмма отражает схему связей отдельных стадий технологического процесса.
5. Выбирается один из нескольких возможных способов решения системы уравнений /модели/, например, логический, аналитический, численный с применением ЭВМ.
6. Решение /анализ модели/.
7. Изучение и подтверждение результатов, полученных при решении математической модели /проверка адекватности модели/.

Математическое моделирование гораздо дешевле физического моделирования, позволяет решать вопросы автоматического регулирования и оптимизации процессов, исследовать процесс при неполном математическом описании /кибернетическая задача/.

## 3/ Элементное моделирование

При этом моделировании процесс исследуется на элементарной ячейке промышленного аппарата, а сам аппарат принимается затем состоящим из сотен и тысяч таких ячеек. Например, исследуется теплообмен на одной трубке аппарата, а теплообменник будет состоять из 1000 таких труб. Метод применяется для процессов фильтрации, теплообмена, каталитического крекинга и др., позволяет в кратчайшие сроки перевести лабораторные данные в промышленность.