

## СИСТЕМА РАСЧЕТА ОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЕГО ИЗНОСА

*Топоров А.А., Акусов В.В., Локтионова А.А.*

Донецкий национальный технический университет, Украина

*В статье рассмотрена проблема обеспечения безопасности при работе химического оборудования. Предложена система предупреждения аварийных ситуаций с учетом изменения состояния оборудования в процессе эксплуатации.*

Оборудование химической промышленности является постоянным источником потенциальной опасности для человека и окружающей среды. Это связано с особенностями работы данного оборудования: хранение, переработка, транспортировка токсичных, огнеопасных, взрывоопасных веществ; большие перепады давления, температуры, напряжений; работа в неустойчивых и коррозионных средах и пр. При проектировании учитывают ряд этих условий, рассчитывают степень опасности оборудования и размещают его с учетом этого. Однако расчет опасности оборудования проводится на момент первоначального состояния оборудования (на момент ввода в эксплуатацию) и не учитывается, что при эксплуатации происходит старение, химический и механический износ оборудования, изменяются свойства материалов, образуются дефекты. Т.е. увеличиваются действующие напряжения, повышается вероятность возникновения аварийной ситуации и аварии, следовательно, и опасность оборудования. Поэтому возникает необходимость проведения расчета опасности оборудования, не только на стадии проектирования, но и на стадии эксплуатации, при этом учитывая не только технологические параметры и характеристики оборудования, но и его текущее состояние (степень износа). Особенно это актуально для предприятий, которые эксплуатируют оборудование за пределами срока эксплуатации или приближаются к нему.

Для этого разрабатывается система предупреждения аварийных ситуаций при работе химического оборудования, которая позволяет рассчитывать опасность оборудования с учетом изменения состояния и давать рекомендации по снижению опасности оборудования.

Для расчета степени опасности оборудования разработан обобщенный критерий опасности, позволяющий учитывать накопленную энергию объекта, его состояние, наличие средств защиты и тяжесть последствий при возникновении аварии.

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_4}{K_3}$$

$K_1$ - критерий зависящий от потенциала объекта

$K_2$  - критерий состояния, учитывающий степень износа объекта. В качестве этого критерия может выступать степень деградации,

информационная энтропия, коэффициент запаса прочности объекта, действующие напряжения и др.

$K_3$  - критерий сопротивления опасности, учитывающий степень оснащенности объекта средствами защиты и предотвращения возникновения опасности.

$K_4$  - критерий, определяющий тяжесть последствий при возникновении опасностей (экологический, экономический).

В качестве критерия состояния выбрана деградация объекта. Расчет степени деградации проводится с помощью многовекторной диаграммы (рис. 1), по осям которой откладываются параметры в относительных единицах (для детали) и степень деградации элементов (для расчета состояния оборудования в целом).

Первоначальное состояние объекта принимается за 100%, а предельно-допустимое за 0%. Для получения текущего состояния необходимо отложить по осям значения параметров на текущий момент и, соединив значения между собой, получим площадь многоугольника, характеризующая текущее состояние объекта. Разность первоначальной и текущей площадей является величиной деградации.

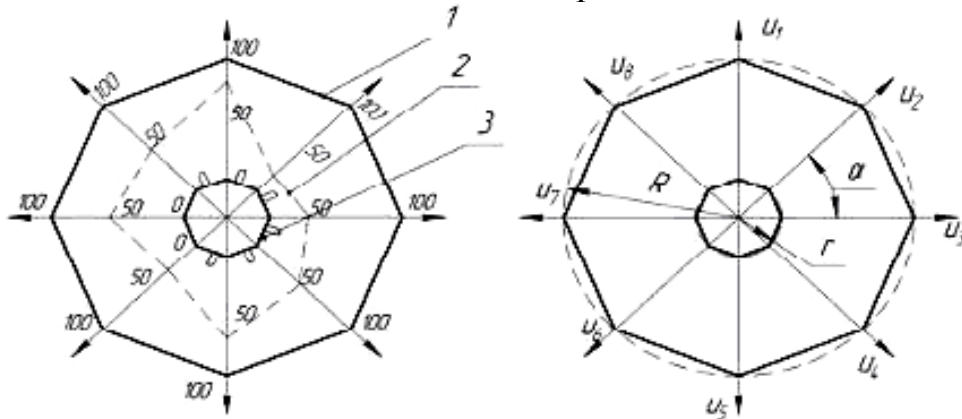


Рисунок 1 – К расчету изменения параметров элемента системы

1 – начальное состояние элемента системы; 2 – текущее состояние элемента системы; 3 – предельное состояние элемента технической системы.

Математическая модель реализована в виде программы, состоящей из 3-х частей: хранение и накопление информации, расчет основных параметров и зон потенциальной опасности и отображение результатов расчета (рис. 2).

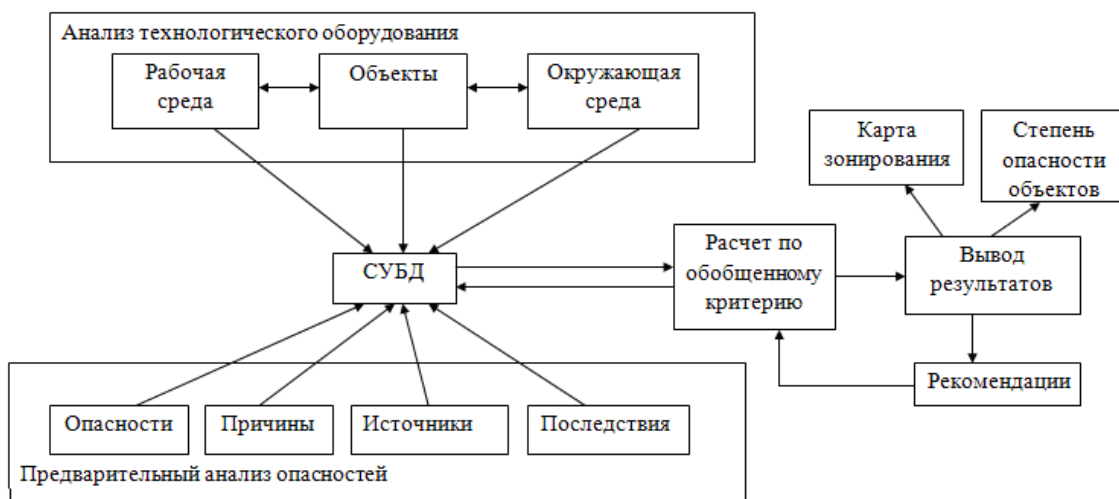


Рис.2 – Схема работы системы предупреждения аварийных ситуаций при работе химического оборудования

Первым этапом является создание и заполнение базы данных (СУБД). Для этого производится анализ технологического оборудования, и определяются такие данные об объекте, как структура, месторасположение, перерабатываемая среда, технологические параметры.

Технологический объект представляют в системном виде, т.е. как совокупность элементов, которые взаимодействуют между собой, а так же происходит взаимодействие с рабочей и окружающей средой. При этом в системе устанавливают элементы, их связи, входы и выходы и определяют для них параметры. Среди параметров выделяют конструктивные и эксплуатационные. По ремонтным ведомостям, агрегатным журналам, и пр. документации устанавливаются наиболее значимые параметры, которые в процессе эксплуатации изменяют свои свойства (табл.1). Такими параметрами выступают величина шероховатости, линейные размеры, величина отклонения и т.д.

После определения основных параметров деталей, заносятся предельнодопустимые и номинальные значения этих параметров. Так же, периодически, во время осмотров, плановопредупредительных ремонтов проводятся замеры основных параметров и заносятся в СУБД. Для некоторых деталей расчет параметров проводится по существующим методикам.

Таблица 1 – К определению параметров объекта

Объекты	Основные параметры											
	Конструктивные параметры						Эксплуатационные					
<b>Элементы</b>												
X <sub>1</sub>	P(x <sub>1</sub> ) <sub>1</sub>	P(x <sub>1</sub> ) <sub>2</sub>	P(x <sub>1</sub> ) <sub>3</sub>	P(x <sub>1</sub> ) <sub>4</sub>	P(x <sub>1</sub> ) <sub>5</sub>	P(x <sub>1</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(x <sub>1</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
X <sub>2</sub>	P(x <sub>2</sub> ) <sub>1</sub>	P(x <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	P(x <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>	P(x <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	P(x <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	P(x <sub>2</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(x <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
X <sub>3</sub>	P(x <sub>3</sub> ) <sub>1</sub>	P(x <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	P(x <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	P(x <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	P(x <sub>3</sub> ) <sub>5</sub>	P(x <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(x <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
...	...	...	...	...	...	...	...	...				
X <sub>i</sub>	P(x <sub>i</sub> ) <sub>1</sub>	P(x <sub>i</sub> ) <sub>2</sub>	P(x <sub>i</sub> ) <sub>3</sub>	P(x <sub>i</sub> ) <sub>4</sub>	P(x <sub>i</sub> ) <sub>5</sub>	P(x <sub>i</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(x <sub>i</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
<b>Внутренние связи</b>												
Z <sub>1-2</sub>	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>1</sub>	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>2</sub>	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>3</sub>	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>4</sub>	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>5</sub>	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(z <sub>1-2</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
Z <sub>2-3</sub>	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>1</sub>	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>2</sub>	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>3</sub>	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>4</sub>	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>5</sub>	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(z <sub>2-3</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
Z <sub>3-5</sub>	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>1</sub>	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>2</sub>	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>3</sub>	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>4</sub>	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>5</sub>	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(z <sub>3-5</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
...	...	...	...	...	...	...	...	...				
Z <sub>k-n</sub>	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>1</sub>	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>2</sub>	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>3</sub>	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>4</sub>	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>5</sub>	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(z <sub>k-n</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
<b>Внешние связи</b>												
V <sub>4-1</sub>	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>1</sub>	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>2</sub>	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>3</sub>	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>4</sub>	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>5</sub>	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(v <sub>4-1</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
V <sub>2-3</sub>	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>1</sub>	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>2</sub>	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>3</sub>	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>4</sub>	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>5</sub>	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(v <sub>2-3</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200
W <sub>1-2</sub>	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>1</sub>	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>2</sub>	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>3</sub>	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>4</sub>	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>5</sub>	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>6</sub>	...	P(w <sub>1-2</sub> ) <sub>n</sub>				
	0,0-0,100	0,1-0,200	0,2-0,300	0,3-0,400	0,4-0,500	0,5-0,600	0,6-0,700	0,7-0,800	0,8-0,900	0,9-1,000	0,0-0,100	0,1-0,200

Затем проводится предварительный анализ опасностей (ПАО), где определяются основные опасности, причины возникновения, источники аварийных ситуаций и возможные последствия. Результаты ПАО так же заносятся в СУБД.

На основании накопленных данных о технологическом оборудовании программа производит расчет по обобщенному критерию опасности.

Одним из основных модулей при расчете обобщенного критерия является модуль расчета критерия состояния, который позволяет по накопленным данным проводить расчет текущего состояния деталей, узлов и всего объекта в целом. Результаты расчета состояния выдаются, в численном виде и в виде многовекторных графиков (рис.3). Этот модуль может использоваться отдельно от всей системы для планирования ремонтных работ.

Для отображения результатов в графическом виде берется карта цеха, хранящаяся в СУБД, создается локальная система координат, наносится масштабная сетка. На основании данных о месторасположении и размерах отображается оборудование и характеризуется как опасные производственные объекты. Затем производят расчет по обобщенному критерию, и отображаются зоны потенциальной опасности оборудования. После проведения расчета выводятся рекомендации по снижению опасности оборудования и проводится повторный расчет с учетом предложенных рекомендаций.

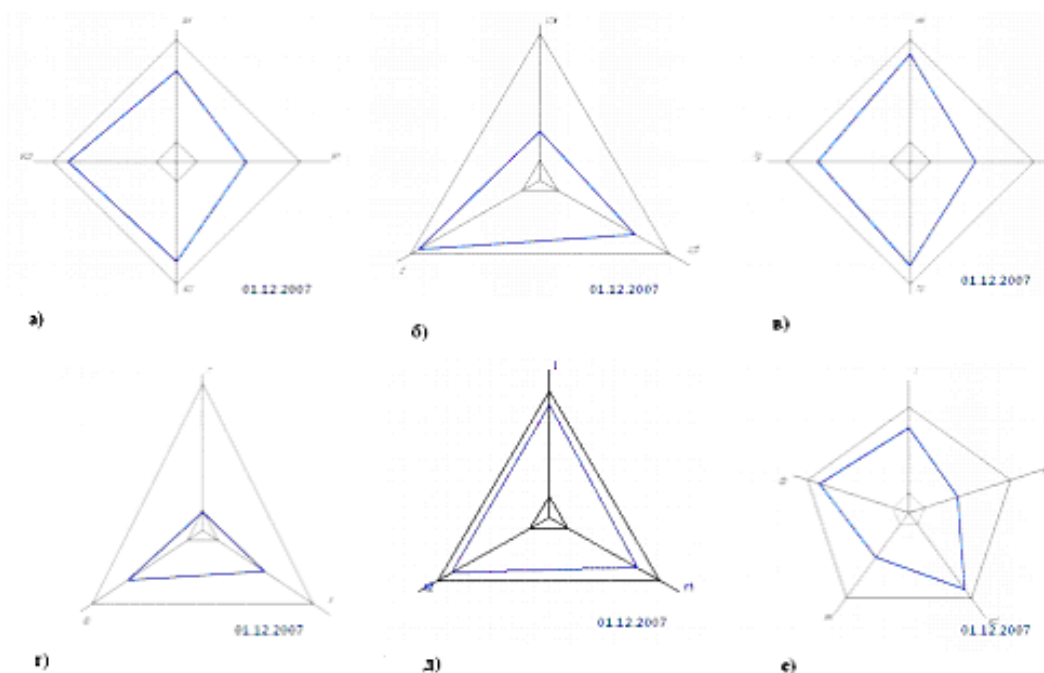


Рисунок 3 – Расчет критерия состояния для различных деталей  
 а – клин нижний правый; б – возвратная пружина; в – плита дробящая подвижная; г – сухарь; д – плита распорная; е – вал.

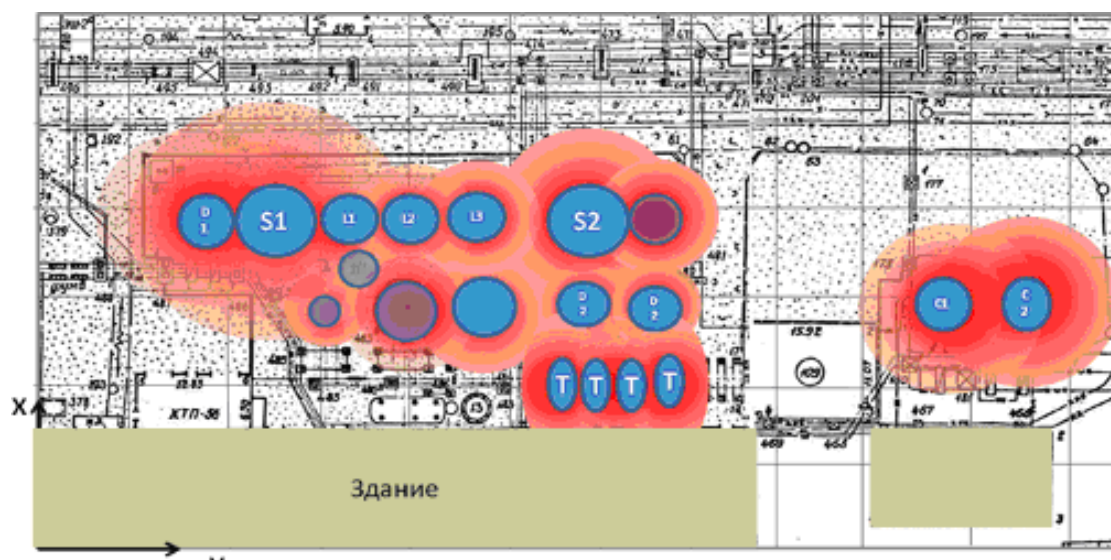


Рисунок 4 - Расчет зон потенциальной опасности по обобщенному критерию опасностей

Результаты расчета по обобщенному критерию выводятся на экран как в численном, так и в графическом виде, в виде зон потенциальной опасности (рис.4).

Основными направлениями по снижению опасности объектов химической промышленности являются:

1. Высокий первоначальный уровень состояния оборудования.
2. Соблюдение правил эксплуатации.
3. Своевременный ремонт оборудования.
4. Сокращение числа людей в потенциально опасных зонах.

5. Установка автоматизированных систем управления и обеспечения безопасности.

6. Расположение наиболее опасных объектов на удаленных участках от технологического оборудования.

1. Топоров А.А., Парфенюк А.С., Власов Г.А. Оценка техногенной безопасности технологических комплексов / Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2006. Т.1. С.220-224.

2. Акусов В.В., Локтионова А.А., Топоров А.А. Система предупреждения недопустимых техногенных ситуаций при работе химического оборудования / Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2008. Т.1. С.220-224.

3. Акусов В.В., Топоров А.А. Исследование изменения технического состояния систем при их эксплуатации. VII Міжнародна наукова конференція аспірантів та студентів. В 2-х томах. Донецк 2008. Т1. С.137-138.

4. Акусов В.В., Локтионова А.А., Топоров А.А. Система предупреждения недопустимых техногенных ситуаций при работе химического оборудования: Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2006

УДК: 662.741

## **К РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГЛЕБОГАЩЕНИЯ «АВДЕЕВСКОГО КХЗ»**

<sup>1</sup>Бутюгин А.В., <sup>1</sup>Узденников Н.Б., <sup>1</sup>Гнеденко М.В., <sup>1</sup>Антонова А.Л.,  
<sup>2</sup>Власов Г.А., <sup>2</sup>Кирбаба В.В.

<sup>1</sup>Донецкий национальный технический университет, Украина  
<sup>2</sup>ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

*Породные отвалы углеобогащения занимают значительные площади и загрязняют окружающую среду пылью и кислыми стоками. Основными проблемами этих отвалов являются высокая дисперсность твердых частиц, высокая концентрация тяжелых металлов, кислое рН породы и стоков. Такие отвалы практически не подвергаются естественному зарастанию со временем. Одним из путей уменьшения экологической опасности отвалов является их биорекультивация.*

Цель работы - изучение свойств породы отвала углеобогащения Авдеевского коксохимзавода и возможности их рекультивации.

Для изучения взяты образцы породы с площадей, которые были отсыпаны несколько лет назад. Были определены следующие свойства этой породы: влажность = 6,1%, насыпная плотность = 1,25 г/см<sup>3</sup>; зольность = 76,7%, гранулометрический состав (фракции > 5мм – 28%; < 3мм – 52%; < 1мм – 20%), рН водной вытяжки = 3,2-3,6 (получена при соотношении