

К.В. Антипов, Б.Д. Хасцаев
(Северо-Кавказский горно-металлургический институт;
e-mail: akv@nm.ru)

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ ЦИНКА

Разработаны структура системы управления выщелачивательным цехом и функциональная схема подсистемы предупреждения аварийных ситуаций.

Ключевые слова: выщелачивание цинка, аварийные ситуации, безопасность.

K.V. Antipov, B.D. Khastcaev

DEVELOPMENT OF THE SUBSYSTEM HAZARD PREVENTION IN THE LEACHING OF ZINC

Developed structure of management system of leaching zinc and functional scheme the subsystem emergencies prevention.

Key words: zinc leaching, emergencies, safety.

В современных условиях функционирование выщелачивательного цеха невозможно представить без использования **информационных технологий (ИТ)** на всех участках непрерывного технологического процесса. Основной задачей ИТ в выщелачивательном цехе является информирование **лица, принимающего решение (ЛПР)**, о положении дел (состоянии процесса, работоспособности оборудования и т.д.) подконтрольного ему участка. Важнейшей составляющей ИТ является **система супервизорного управления и сбора данных (ССУСД)**, необходимая для визуализации полученной информации с **контрольно-измерительных приборов (КИП)** объекта управления.

Однако, ввиду наличия большого количества оборудования, непрерывности процесса, нестабильности технологических параметров и зачастую низкого качества сырья, подготовка и принятие оперативного управляющего воздействия на объект могут быть серьезно затруднены. Стоит отметить, что при поступлении большого объема информации у ЛПР уменьшается эффективность принимаемых решений.

С проблемой устранения аварий и предаварийных ситуаций тесно связаны задачи обеспечения контроля, безопасности окружающей среды в соответствии с ФЗ № 7, ФЗ № 116 [1, 2], в которых содержатся требования о необходимости наличия на металлургических предприятиях подсистем, позволяющих:

- повысить экономическую и экологическую оценки деятельности предприятия;
- снизить затраты, связанные с природоохранной деятельностью;
- поддерживать стабильную работу агрегатов и химического состава сырья в пределах нормативов;
- обеспечить рост рейтинга предприятия на российском и международном рынках.

Решать вышеперечисленные задачи предлагается путём создания в составе АСУТП *подсистемы предупреждения аварийных ситуаций (ППАС)*, позволяющей оценивать сложившуюся производственную ситуацию на участках цеха выщелачивания цинка и подготавливать наиболее эффективные решения по управлению технологическим процессом. ППАС не должна допускать отклонений технологических параметров за допустимые нормы, а в случае их выхода за допустимые нормы должна выявлять причины отклонений, места возникновения, степень возможных последствий и оперативно подготавливать решения по ликвидации сложившихся аварийных ситуаций.

Для классификации, изучения особенностей информационных потоков, взаимосвязи структурных элементов и наиболее полного представления структуры системы управления выщелачивательным цехом необходимо описать взаимодействия ЛПР, ССУСД, ППАС с цехом.

Анализ работы цеха в случае возникновения аварийных ситуаций показал, что ППАС должна реагировать на управляющие воздействия, возмущающие действия и на внутренние информационные потоки. Разработана структура системы управления выщелачивательным цехом (рис. 1).

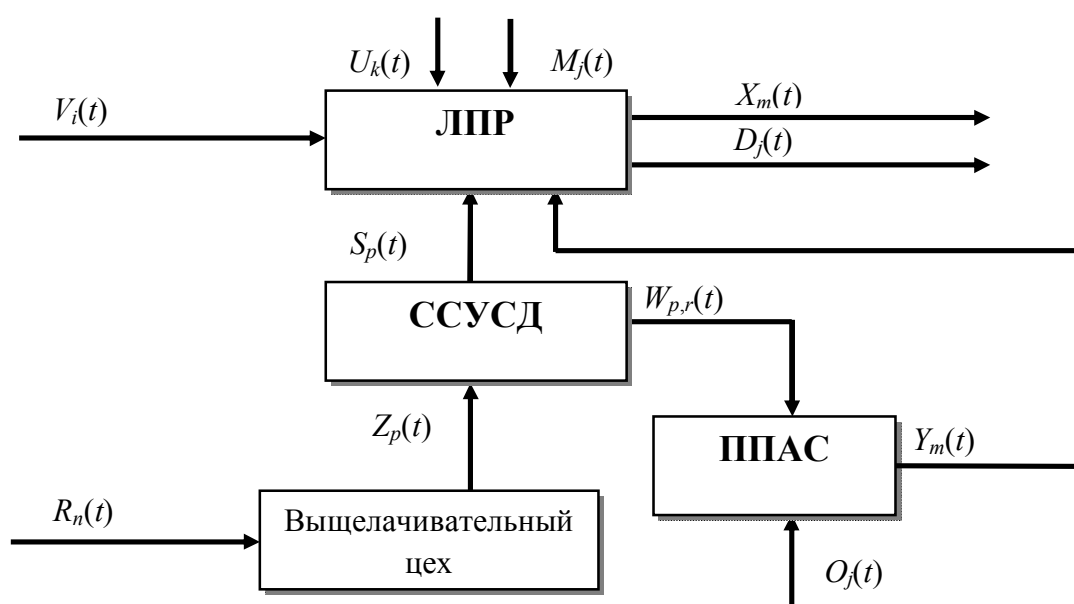


Рис. 1. Структура системы управления выщелачивательным цехом

В этой структуре показаны разные информационные потоки, которые классифицируются следующим образом:

1. **Управляющие воздействия** $U_k(t)$ ($k = 1, \dots, K$): модернизация производственно-технологической деятельности цеха, рекомендации по предотвращению нарушений в ходе технологического процесса выщелачивания цинка.

2. **Возмущающие воздействия** $M_j(t)$ ($j = 1, \dots, G$), подразделяются на:

- контролируемую информацию: производственный план, заявленные мощности оборудования, подаваемое количество и качество сырья, изменение структуры управления и др.
- неконтролируемую информацию: сбои агрегатов цеха, АСУТП, нарушение состава растворов и др.

3. **Входные контролируемые параметры** $V_i(t)$ ($i = 1, \dots, L$): показатели качества подаваемого электролита, огарка; техническое состояние агрегатов цеха, растворов; структурные характеристики оборудования (количество оборудования, местоположение).

4. **Выходные параметры** $X_m(t)$ ($m = 1, \dots, M$): данные об объёмах производства, количестве извлеченного цинка в раствор, отчеты для надзорных органов власти, данные о текущем состоянии оборудования.

5. **Управляющие воздействия** $D_j(t)$ ($j = 1, \dots, G$): выработка решений по воздействию на сложившуюся ситуацию в выщелачивательном цехе.

6. **Внутренние информационные потоки** $S_p(t)$, $Z_p(t)$ ($p = 1, \dots, P$): информационные сигналы от КИПов, передающиеся в ССУСД, которые обрабатываются и передаются ЛПП в виде графического изображения.

7. **Вспомогательные информационные потоки** $W_{p,r}(t)$ ($p = 1, \dots, P$, $r = 1, \dots, R$), необходимые для обеспечения данными ППАС с целью выработки решения по сложившейся ситуации.

8. **Выходные данные** $Y_m(t)$ ($m = 1, \dots, M$), показывающие ЛПП возможность решения сложившейся ситуации в цехе.

9. **Возмущающее воздействие** $O_j(t)$ ($j = 1, \dots, G$), отражающее возможность настройки, обучения ППАС на основании возможных сценариев развития ситуаций и причин нарушения технологического режима.

10. **Возмущающие воздействия**, оказываемые на выщелачивательный цех, $R_n(t)$ ($n = 1, \dots, N$): качество подаваемого в цех сырья (электричество, природный газ, электролит и т.д.), спрос на рынке цветных металлов, климатические условия и др.

Для эффективного функционирования ППАС, назначение которой – активная поддержка ЛПП в принятии управленческого решения, **главными функциями** должны быть:

- определение вероятных причин опасностей для технологического процесса выщелачивания;
- выбор наилучшего решения по ликвидации сложившейся негативной ситуации;
- обучение (развитие своих интеллектуальных возможностей).

Учитывая функции и место ППАС в системе управления выщелачивательным цехом, определены основные задачи, решаемые в автоматизированном режиме:

- пополнение новой информацией о состоянии, способах воздействия и возможных ситуациях выщелачивательного цеха;
- поиск и выбор решений в случаях предаварийных и аварийных ситуаций, случившихся ранее;
- формирование ответов на запросы, поступившие от ЛПР.

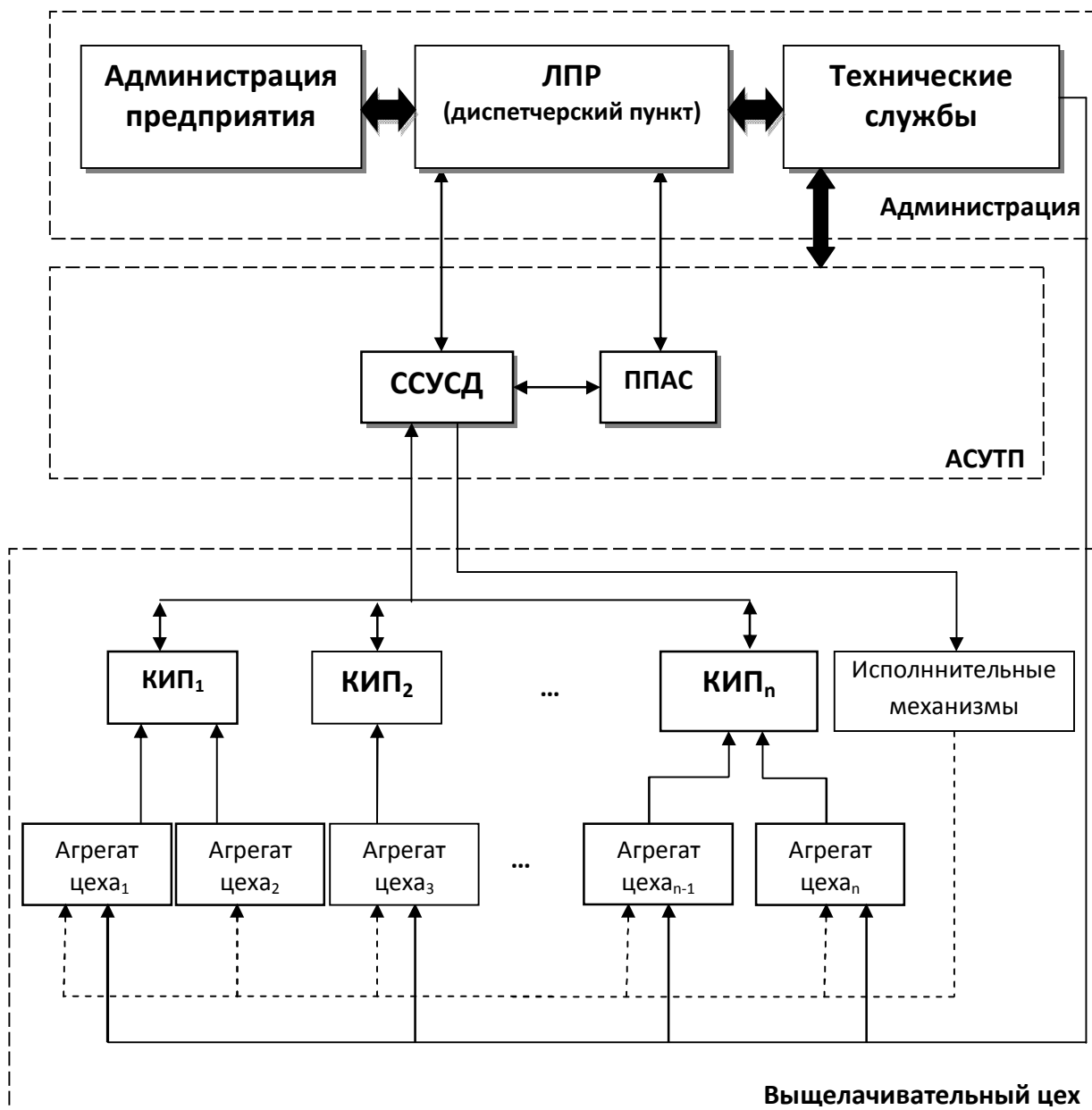


Рис. 2. Место ППАС в системе управления выщелачивательным цехом

Так как выщелачивательный цех представлен большим количеством оборудования, различными технологическими параметрами, то система управления характеризуется высокой сложностью. Предлагаемая ППАС в системе управления обладает возможностью корректировки имеющихся в ней данных на этапе обучения и настройки, а для ЛПР – возможностью корректировки способов воздействия на сложившуюся предаварийную ситуацию на всех участках производства.

Разработана функциональная схема ППАС (рис. 3).

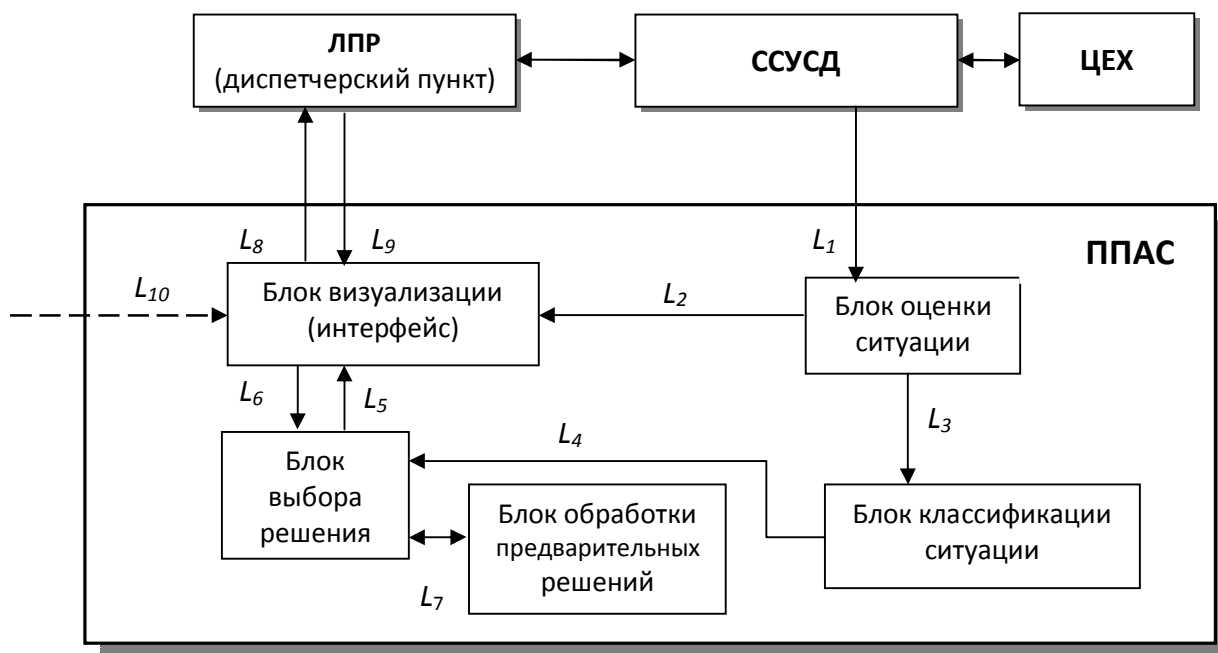


Рис. 3. Функциональная схема ППАС системы управления выщелачивания цинка

В структуре ППАС выделены 5 блоков и соответствующие им связи:

L_1 – текущая ситуация, имеющая место в выщелачивательном цехе, для оценки необходимости выработки решения ЛПР;

L_2 – информирование ЛПР об отсутствии необходимости вмешательства в процесс выщелачивания цинка (регламентированный ход выщелачивания);

L_3 – сложившаяся негативная ситуация, при которой необходимо определить тип текущей ситуации;

L_4 – классифицированная ситуация, при которой в **блок выбора решения (БВР)** передаётся информация;

L_5 – найденное решение сложившейся ситуации, которое переводится в вид, понятный ЛПР;

L_6 – информирование ССУСД о выбранном решении по сложившейся предаварийной ситуации, в случае отсутствия действий ЛПР;

L_7 – связь имеет место в случае отсутствия одного решения сложившейся предаварийной ситуации, при которой прибегают к помощи **блока обработки предварительных решений (БОПР)** для выбора наилучшего альтернативного решения, передаваемого впоследствии в БВР;

L_8 – связь используется для информирования ЛПР о решении по выходу из сложившейся ситуации или об отсутствии такового;

L_9 – связь обеспечивает ввод запроса ЛПР о возможных ситуациях или ввод собственных решений возможных ситуаций;

L_{10} – связь обеспечивает обучение БВР по разрешению возможных ситуаций.

Ниже приводятся следующие функциональные особенности блоков ППАС.

Блок оценки ситуации (БОС) проводит оценку и определение необходимости вмешательства ЛПР в сложившуюся ситуацию производственного процесса. Если текущая ситуация не требует вмешательства, то БОС не передаст информацию на дальнейшую обработку в ППАС и информирует ЛПР через **блок визуализации (БВ)** об отсутствии необходимости воздействия на объект. Если БОС определил ситуацию как инцидент, предаварийная ситуация, аварийная ситуация или авария, то для сложившейся ситуации S_0 необходима выработка управляющего воздействия в ППАС.

Поступающая информация в БОС может быть нескольких типов: чёткая, нечёткая, нечётко множественная. Алгоритм действия БОС определен следующим образом.

Если в БОС поступают только хорошо определённые (относительно порога равенства) ситуации S_0 , то отношение нечёткого равенства на множестве $S_1 = S_s \cup \dot{S}_0$ (где \dot{S}_0 – множество входных ситуаций) и является отношением нечёткой эквивалентности.

Ситуации, входящие в набор S_s , назовём "эталонными" (выявленными экспертами) для анализируемого процесса. Набор $S_s = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ эталонных ситуаций не содержит нечётко равных при заданном пороге равенства ситуаций. Это способствует уменьшению размерности входящей анализируемой информации процесса выщелачивания и не снижает эффективности модели управления в пределах достоверности, ограничиваемых порогом равенства.

Так как множество S_s нечётко равных ситуаций, то число классов эквивалентности нечёткого разбиения множества S_1 совпадает с числом эталонных ситуаций s_l . Каждая ситуация $s_l \in S_s$ и является представителем класса эквивалентности A_l , соответствующей этой ситуации. Классу A_l , помимо s_l , принадлежат все нечётко равные s_l входные ситуации из множества возможных \dot{S}_0 . Следовательно, любая входная ситуация S_0 нечётко равна только одной эталонной ситуации $s_l \in S_s$, которая определяется последовательным сравнением S_0 с каждой ситуацией $s_l \in S_s$ ($l \in I = \{1, 2, \dots, n\}$).

Если в БОС поступает плохо определенная ситуация S_0 , то в этом случае отношение нечёткого равенства на множестве S_1 является отношением нечёткой толерантности. Число классов сопряженного с ним нечёткого покрытия равно n , каждая ситуация $s_l \in S_s$ соответствует классу A_l покрытия множества S_1 .

Однако классы покрытия могут иметь нечётко пустые пересечения, которые состоят из плохо определенных входных ситуаций S_o . Следовательно, плохо определенная входная ситуация S_o , может быть чётко равна эталонным ситуациям [3].

В случае оценки типа ситуации как "опасной", информация передается в **блок классификации ситуации (БКС)**. В нём происходит разделение ситуаций на классы, каждый из которых однозначно или с определенными приоритетами соответствует тем или иным возможным решениям по воздействию на участки выщелачивательного цеха. Разработанный БКС обладает следующими возможностями:

- поиска прагматических признаков, которые обеспечат нахождение обобщенных описаний ситуаций, позволяющих решить задачу поиска решений для эффективного воздействия на объект;
- работы с именами, которые присваиваются отдельным понятиям и ситуациям;
- обобщения процедур, основанных на структуре отношений, присутствующей в описании ситуаций.

Алгоритм действия БКС можно представить следующим образом. На множестве различных ситуаций $\{S_i\}$ производится их разбиение на классы, при котором каждый класс S^i имеет в пределах данной модели управления некоторую адекватную интерпретацию процесса управления ситуацией. На множестве полных ситуаций $\{S_i\}$ выделяем такое множество классов S^i , при котором каждый из них допускал бы адекватную интерпретацию для процедуры поиска решения по воздействию на объект. В частности, классификация S^i по некоторому основанию должна быть согласована с классификацией на множестве управляющих воздействий $\{F_k\}$.

БВР определяет эталонную ситуацию $s_i \in S_s$ (где S_s – множество эталонных ситуаций) для наиболее близкой входной ситуации S_o и выдаёт ЛПР управляющее решение F_k , соответствующее ситуации s_i . Управляющее решение выражается нечётко, то есть имеет форму, предпочтительную для ЛПР.

В случае отсутствия единственного управляющего решения, в ППАС предусмотрена процедура обращения к БОПР для поиска из множества альтернативных решений наилучшего. На основании мнения экспертов каждому управляющему решению присваивается вес $W \in [0; 1]$, и решение с наибольшим весом выдается ЛПР.

Таким образом, БВР, БКС и БОПР совместно формируют решения, необходимые для предотвращения аварийных ситуаций.

Литература

1. **Федеральный** закон № 116 от 21 июля 1997 г. О промышленной безопасности опасных производственных объектов.
2. **Федеральный** закон № 7 от 10.01.2002 г. "Об охране окружающей среды".
3. **Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я.** "Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой". М., 1990.

Статья опубликована 31 декабря 2012 г.