

2. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Глав. ред. физ-мат. лит., 1981. 208 с.
3. Богатиков В. Н., Тоичкин Н. А. Алгоритм определения центра безопасности для оценки состояния // Информационные технологии в региональном развитии. Апатиты, 2005. Вып. V.
4. Богатиков В. Н., Тоичкин Н. А. К вопросу определения центра безопасности технологического процесса // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Тр. 13-й междунар. конф., г. Москва. М.: ИПУ РАН, 2005.
5. Богатиков В. Н., Тоичкин Н. А. Определение индекса безопасности технологического процесса для целей управления безопасностью // Информационные технологии в региональном развитии. Апатиты, 2005. Вып. V.

Итеративный алгоритм ситуационного управления технологическим процессом

А. Г. Кулаков¹, И. Н. Морозов¹, А. Е. Колесник²

¹ Кольский филиал Петрозаводского университета, г. Апатиты

² ОАО «Апатит», г. Кировск

Рассмотрим некоторый технологический процесс, для которого определен центр технологической безопасности \tilde{s}_0 , т. е. область функционирования процесса, в которой значения технологических параметров процесса P находятся в заданном диапазоне [1].

Пусть в начальный момент времени t_0 рабочей точке процесса соответствует ситуация \tilde{s}^0 , $s \in S$, характеризуемая состоянием процесса x^0 , $x \in X$. И пусть имеем однозначное отображение $f: X \times U \rightarrow X$ — модель объекта управления.

Где S — множество возможных ситуаций;

X — множество возможных состояний процесса;

U — множество возможных значений управляющих параметров.

Вектор управления $\vec{u} = \langle u_1, u_2, \dots, u_m \rangle$ переводит технологический процесс из одного состояния в другое. Причем такое функционирование системы, т. е. ее переходы из состояния в состояние, описывается системой уравнений состояния [1]

$$x_t = f(x_{t-1}, u_{t-1}), \quad t \in [t_0, t_K].$$

Состоянию процесса (т. е. определенному набору технологических параметров) в любой момент времени x_t , $t = 0, 1, \dots, t_K$ будет соответствовать ситуация \tilde{s}^t .

Задача управления технологическим процессом заключается в том, чтобы определить такой вектор управления процессом \vec{u}_D , который переводит рабочую точку процесса \tilde{s}^* в область технологической безопасности. Другими словами, задача управления технологическим процессом

заключается в выборе вектора управления \bar{u}_D , осуществляющего переход к ситуации, имеющей максимальный индекс безопасности $In(\tilde{s})$.

Пусть состояние технологического процесса описывается ситуацией \tilde{s}^* . Вектор управления будем рассматривать как набор управляющих параметров [1]:

$$\bar{u} = \langle u_1, u_2, \dots, u_m \rangle.$$

Сформируем новый вектор управления следующим образом: дадим некоторое приращение одной из координат вектора управления δ_k , $k = 1, \dots, m$. Тогда

$$\bar{u}' = \langle u_1, u_2, \dots, u_k + \delta_k, \dots, u_m \rangle.$$

Выбор величины приращения δ_k зависит от конкретного технологического процесса и условий его протекания.

Соответствующее приращение можно дать как одной, так и сразу нескольким координатам вектора управления. Множество векторов управления, сформированных различными комбинациями приращений, определит некоторое множество альтернатив $A_U \subseteq U$ на множестве возможных значений управления.

Каждый вектор управления, сформированный таким образом, будет осуществлять переход процесса в соответствующую ситуацию. Конечное множество таких ситуаций совместно с текущей ситуацией процесса \tilde{s}^* образуют множество альтернатив на множестве возможных ситуаций процесса $A_{\tilde{s}} \subseteq \tilde{S}$.

Из множества альтернативных ситуаций выберем ситуацию, имеющую максимальный индекс безопасности [2]:

$$In(\tilde{s}^{(1)}) = \max_{\tilde{s} \in A_{\tilde{s}}} \{In(\tilde{s})\}.$$

Таким образом, вектор управления $\bar{u}^{(1)}$ из множества альтернатив $\bar{u}^{(1)} \in A_U$, приводящий к ситуации $\tilde{s}^{(1)}$, максимально приблизит состояние процесса к области центра технологической безопасности.

На следующем шаге для текущей ситуации $\tilde{s}^{(1)}$ аналогичным образом строится множество альтернатив, из которых выбирается ситуация, имеющая максимальный индекс безопасности:

$$In(\tilde{s}^{(2)}) = \max_{\tilde{s} \in A_{\tilde{s}}} \{In(\tilde{s})\}.$$

Если на k -ом шаге итерации не происходит улучшения ситуации, т. е.

$$In(\tilde{s}^{(k)}) = \max_{\tilde{s} \in A_{\tilde{s}}} \{In(\tilde{s})\} = In(\tilde{s}^{(k-1)}),$$

то необходимо уменьшить величину приращений координат вектора управления

$$\delta_i := \frac{\delta_i}{2}, \quad i = 1, \dots, m.$$

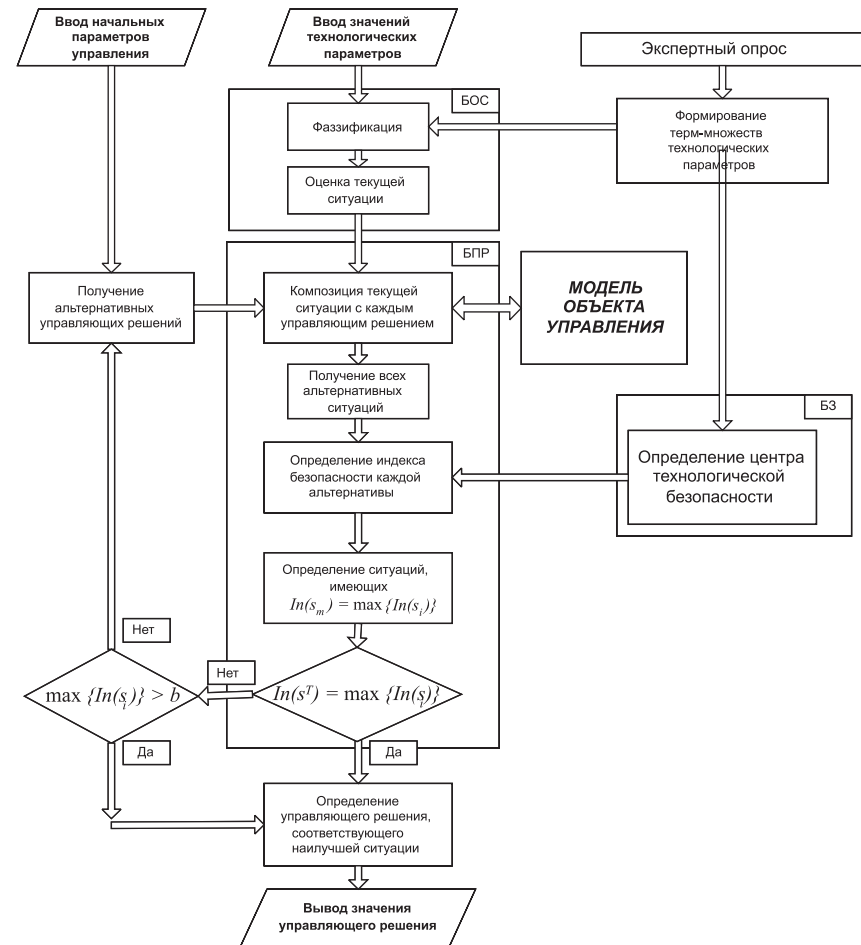


Рис. 1. Алгоритм управления технологическим процессом

Такое уменьшение приращений возможно до тех пор, пока δ_i не окажется меньше наперед заданной величины ϵ .

Процесс итераций считается законченным, когда улучшения ситуации не происходит и дальнейшее уменьшение приращений координат вектора управления не возможно, либо когда полученная ситуация $\tilde{s}^{(k)}$ входит в область технологической безопасности процесса, т. е.

$$In(\tilde{s}^{(k)}) > b.$$

Тогда

$$\bar{u}^D = \bar{u}^{(k)},$$

где \bar{u}^D — вектор управления, являющийся решением задачи управления технологическим процессом.

Рассмотрим представленный алгоритм на примере управления технологическим процессом измельчения апатитонефелиновых руд, блок-схема которого представлена на рис. 1.

По показаниям технологических датчиков (датчик производительности конвейера-питателя мельницы, датчик крупности исходной руды) и данным экспресс-минералогического анализа руды модель объекта управления прогнозирует гранулометрический состав готового продукта измельчения. По результатам прогноза модели объекта управления вычисляются удельная производительность агрегата по определяющему классу крупности $q^{0,16}$, коэффициент качества процесса измельчения K и состояние шаровой загрузки мельницы $\varphi_{ш}$. Данные технологические параметры поступают в блок оценки текущего состояния процесса (БОС).

В блоке оценки состояния проводится фазификация входных переменных, т. е. приведение к нечеткости. Для этих целей по результатам экспертного опроса определяются терм-множества и функции принадлежности термам каждого технологического параметра. Текущая ситуация определяется множеством нечетких значений технологических параметров. Результат оценки текущей ситуации передается в блок принятия решения по управлению процессом (БПР).

Для выбора оптимального с точки зрения технологической безопасности вектора управления необходимо сформировать множество альтернативных управляющих решений.

Вектор управления рассматриваемым процессом определяется тремя координатами:

- производительность конвейера-питателя по руде Q_p ;
- расход воды в классифицирующий аппарат $W_{кл}$;
- догрузка шаров в мельницу $\varphi_{ш}^{догр}$.

Рекомендуемые значения приращений:

- а) производительность конвейера-питателя по руде — $\delta Q_p = 2$ т/ч;
- б) расход воды в классифицирующий аппарат — $\delta W_{кл} = 10$ м³/ч;
- в) догрузка шаров в мельницу — $\delta \varphi_{ш}^{догр} = 2$ т.

После получения множества альтернативных управляющих решений проводится композиция текущей ситуации с каждой альтернативой с использованием модели объекта управления.

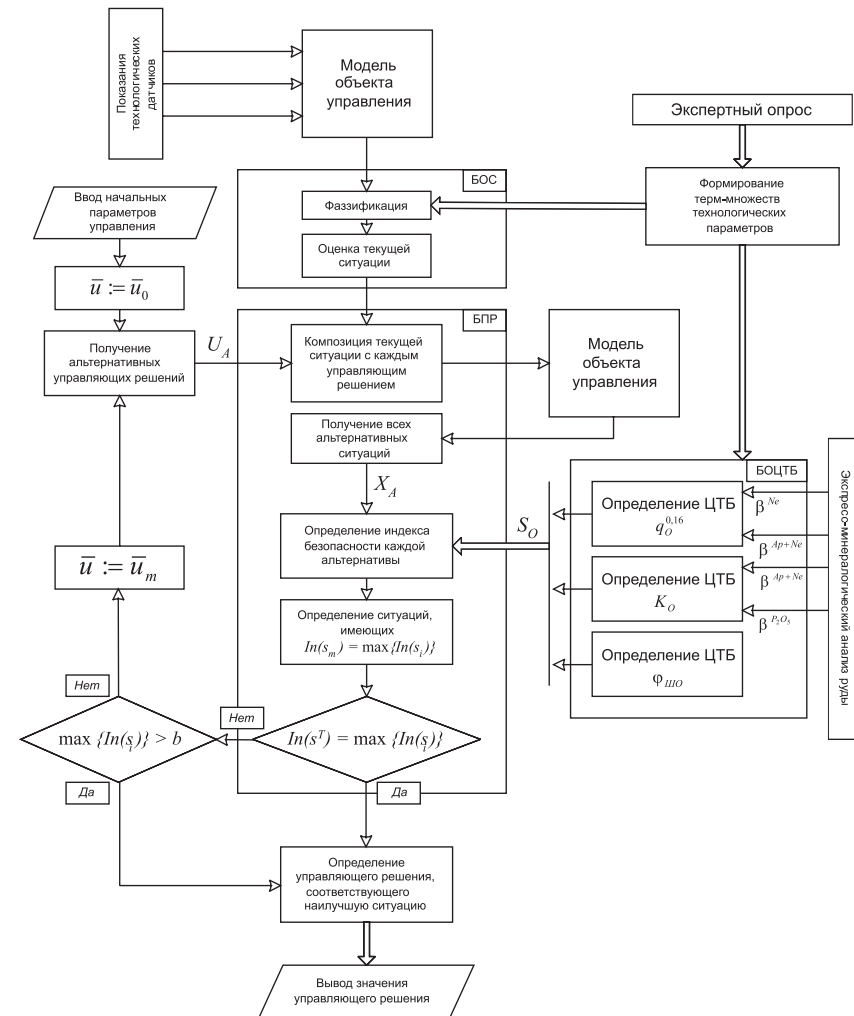


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления технологическим процессом измельчения апатитонефелиновых руд

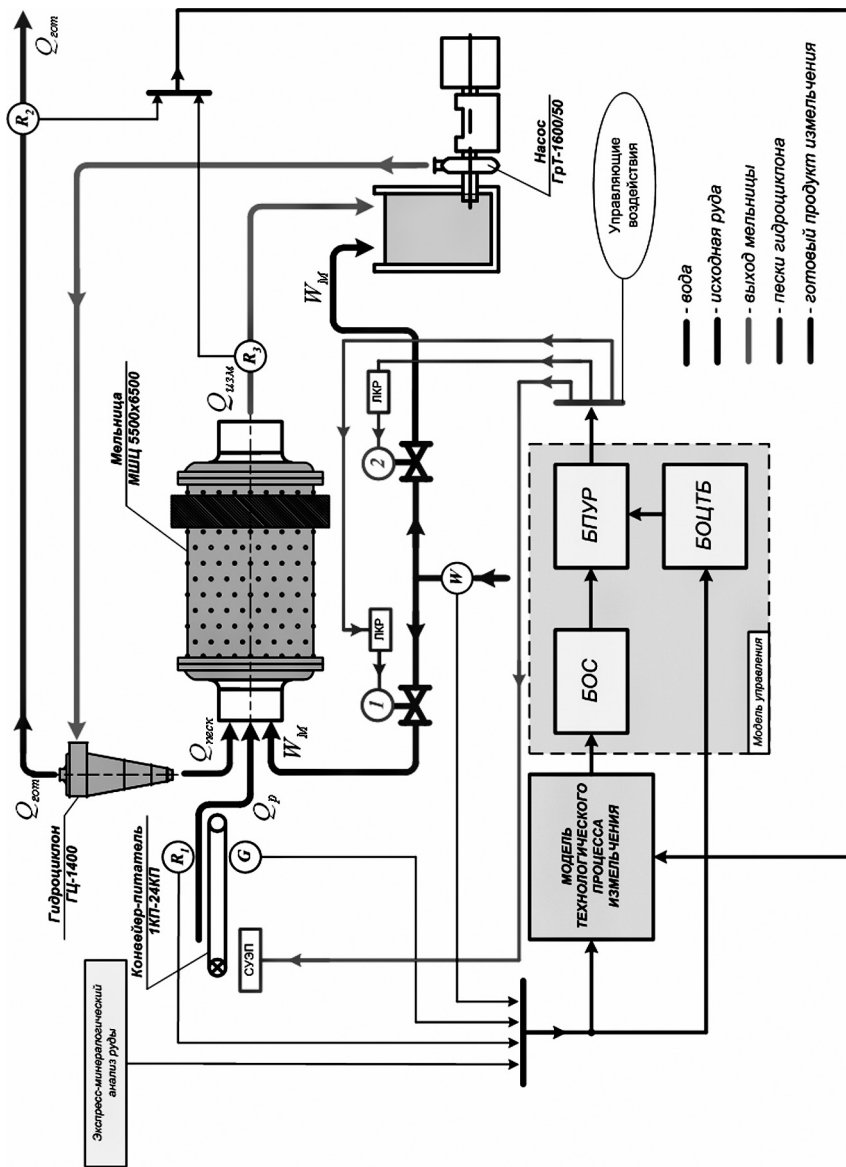


Рис. 3. Функциональная схема адаптивной системы ситуационного управления

Модель объекта управления прогнозирует новые значения переменных состояния процесса, полученные для каждого альтернативного управления. Таким образом, формируется множество альтернативных ситуаций X_A .

Для каждой альтернативной ситуации \tilde{s}_i определяется индекс технологической безопасности $In(\tilde{s}_i)$, т.е. определяется степень нечеткого равенства между альтернативной ситуацией и ситуацией, соответствующей центру технологической безопасности \tilde{s}_O .

В блоке оценки центра технологической безопасности (БОЦТБ) определяются значения каждой из координат центра. В зависимости от изменения свойств перерабатываемой руды происходит смещение центра технологической безопасности процесса (ЦТБ). Таким образом, достигается адаптация системы ситуационного управления технологическим процессом измельчения.

Наиболее рациональной из множества альтернатив будет являться ситуация, имеющая максимальный индекс безопасности. Далее проводятся две проверки.

Первая проверка. Если максимальный индекс безопасности соответствует текущей ситуации, т.е. любое альтернативное решение не приводит к улучшению ситуации, тогда вектор управления остается без изменения. Если это не так, проводится вторая проверка.

Вторая проверка. Если максимальный индекс безопасности альтернативной ситуации \tilde{s}_k больше некоторого значения b , называемого границей области технологической безопасности, то значение вектора управления $\bar{u}_{opt} = \bar{u}_k$, который приводит к ситуации \tilde{s}_k , является оптимальным. Если условие второй проверки не выполняется, тогда вектору управления присваивается значение $\bar{u} := \bar{u}_k$ и строится новое множество альтернативных управляющих решений.

Процесс принятия управляющего решения является итеративным и заканчивается в результате выполнения одного из условий проверки.

На рис. 3 представлена функциональная схема адаптивной системы ситуационного управления технологическим процессом измельчения.

На схеме приняты следующие обозначения:

G — датчик производительности конвейера-питателя мельницы;

R_1 — датчик гранулометрического состава исходной руды;

R_2 — датчик гранулометрического состава готового продукта измельчения;

R_3 — датчик гранулометрического состава слива мельницы;

W — расходомер чистой воды.

Литература

1. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Глав. ред. физ-мат. лит., 1981. 208 с.
2. Оценка состояний химико-технологического процесса на основе индекса безопасности для цели диагностики и управления технологической безопасностью / Богатилов В. Н., Тоичкин Н. А. // Тр. ИСА РАН. Т. 28. М., 2006.

Оптимальное планирование межремонтных циклов агрегатов измельчения (на примере МФО АНОФ-2 ОАО «АПАТИТ»)

С. В. Охота¹, А. Г. Кулаков¹, А. Е. Пророков²

1. Кольский филиал ГОУ ВПО Петрозаводский государственный университет, Апатиты
2. ГОУ ВПО Новомосковский институт РХТУ им. Д. И. Менделеева, Новомосковск

Для защиты барабанов МШР-3,6 × 4,0 и МШР-4,5 × 5,0, входящих в комплексы измельчения мельнично-флотационного отделения в Апатитонефелиновой обогатительной фабрике (АНОФ-2), от изнашивающего и разрушающего воздействия шаров и измельчаемого материала в настоящее время применяются сменные футеровочные элементы: бронеплиты цилиндрической поверхности барабана, торцевая бронь, разгрузочная решетка и футеровка цапф — загрузочный патрубок и разгрузочная воронка.

При создании наиболее эффективной системы диагностики оборудования, входящего в комплекс измельчения, необходимо учитывать состояние защитной футеровки барабанов мельниц. Износ футеровки (в допустимых пределах) приводит к увеличению объема барабана мельницы, что, в свою очередь, влияет на производительность комплекса измельчения. Также диагностика необходима для своевременного вывода мельницы в ремонт и предотвращения аварийного износа защитной футеровки.

Ресурс (срок службы) защитной футеровки, как детали, наиболее полно влияющей на эксплуатационные показатели мельницы, безаварийность, безотказность работы всего комплекса измельчения служит определяющим параметром при формировании структуры ремонтного цикла агрегата измельчения.