

УДК 517.9+681.1

**В.С. МОРКУН**, д-р техн. наук, **С.Н. БАРСКИЙ**, канд. экон. наук  
(Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет),  
**А.А. ЦОКУРЕНКО**, канд. техн. наук  
(Украина, Херсон, Херсонский государственный технический университет),  
**О.В. ПОРКУЯН** канд. физ.-мат. наук  
(Украина, Северодонецк, Северодонецкий технический институт)

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ НЕПОЛНОЙ И НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Известно, что реальные материальные среды (горная порода, металлы, пластмассы и др.) – это сложные конгломераты, состоящие из аморфных и кристаллических соединений с различными прочностными свойствами, структурным строением и гранулометрическим составом и имеющие стохастическую природу, в силу чего характеристики конкретной среды, вообще говоря, не являются однозначными. Повышение эффективности автоматического управления технологическими процессами горного производства возможно путем улучшения качества описания объектов управления. Ниже приводится решение этой проблемы на основании использования новых математических моделей и введения новых представлений искомых физико-механических характеристик на примере системы автоматической оптимизации процесса бурения.

С точки зрения перспективности автоматизации вычислений и улучшения представления пространственных образов объектов целесообразно использовать методы метаматематики [1, 2]. С этой целью нечеткая информация с помощью автоматических устройств ввода данных и разработанного объектно-ориентированного системного программного обеспечения представляется в виде нечетких множеств (НМ), на основании которых искомые физико-механические характеристики  $\sigma_c, \tau_{cp}, f, A_p$  исследуемого объекта взаимодействия выражаются в виде нечетких чисел  $s, t, f$  и  $a$  соответственно, каждое из которых описывается нечетким множеством [2]. Элементами указанных множеств являются пары чисел  $\langle \mu_f/U_i(x) \rangle$ , где  $\mu_f(u)$  и  $U_i(x)$  – функции принадлежности,  $0 \leq \mu_f(u) \leq 1, i = 1, 2, \dots, l$  и области определения (значения) характеристик как подмножества некоторых универсальных множеств  $S, T, F$  и  $A$ , таких что  $\sigma_c \in S, \tau_{cp} \in T, f \in F$  и  $A_p \in A$ . При этом объект исследования (горная порода, металл и др.) как лингвистическая переменная (ЛП) определяется с помощью множества базовых терминов, которое включает нечеткие переменные (НП), построенные на указанных нечетких множествах [1, 2], а определение значений управленческих параметров определяется процедурой принятия решений (ППР) в блоке управления (БУ) [3].

Набор лингвистических переменных по косвенным экспериментальным данным определяет разрез массива как нечеткое отношение [1]

$$R = \bigcup_{\mu}^{f, a, \tau, \sigma} (f, a, \tau, \sigma) / (F, A, T, S) \cap \bigcup_z^{\mu} (z) / (Z) \cap \bigcup_{\Delta z}^{\mu} (\Delta z) / (\Delta z) \text{ при } (f, a, \tau, \sigma) \in F * A * T * S,$$

где  $\Delta z, Z$  – мощность слоя породы и глубина его залегания;  $\mu(f, a, \tau, \sigma)$  – субъективная мера того, насколько элемент  $(f, a, \tau, \sigma)$  соответствует понятию "горная порода";  $\mu(z)$  – субъективная мера того, насколько элемент  $(z)$  соответствует понятию "глубина бурения";  $\mu(\Delta z)$  – субъективная мера того, насколько элемент  $(\Delta z)$  соответствует понятию "мощность слоя".

Нечеткая информация о параметрах альтернатив, критериальных оценках исходов, вероятностях наступления исходов представлена в виде нечетких высказываний следующих типов:

(1)

В (1)  $X$  и  $Y$  – переменные, принимающие значения на множествах  $U$  и  $V$ , соответственно;  $H_i, G_i$  – нечеткие подмножества множеств  $U$  и  $V$  с функциями принадлежности и соответственно;  $\lambda$  – нечеткое подмножество множества  $Q$  с функцией принадлежности  $\mu_\lambda(q), q \in Q$ . В том случае, когда нечеткие высказывания типа (1–2) или (1–4) характеризуют истинность их критериальных оценок, от  $\lambda$  является нечетким множеством с функцией принадлежности . Тогда нечеткие высказывания типа (1–1), (1–2) называются безусловными, а (1–3), (1–4) – условными. Так, в задаче бурения скважины нечеткими высказываниями, в частности, являются:

- $g_1$  – <концентрированность сырья в окрестности скважины ВЫСОКАЯ>;
- $g_2$  – <интенсивность реализации поисковых работ СРЕДНЯЯ с БОЛЬШОЙ ВЕРОЯТНОСТЬЮ>;
- $g_3$  – <потери при отставании реализации проекта СРЕДНИЕ, если ограничения на подвод энергообеспечения МАЛЫЕ>;
- $g_4$  – <удельная прибыль проекта в плановый период ВЫСОКАЯ, если интенсивность внешних инвестиций БОЛЬШАЯ с вероятностью около 0.75> и др.

Нечеткие логические выражения (или нечеткие формулы) отличаются от обычных наличием в их формулировках лингвистических и нечетких переменных, нечетких отношений (предикатов). Принадлежащее отрезку (0, 1) число, которое предикат ставит в соответствие конкретному набору  $\{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}\}$ , где  $k_i \in \{1, n\}$ , называется степенью принадлежности описываемых данным набором высказываний к множеству истинных высказываний или коротко – степенью истинности [1]:

1. Нечеткий предикат примерного равенства  $AE(x, y): x \approx y$ , где  $x, y \in R^1$ .
2. Нечеткий предикат порядка  $GT(C, H): C > H$ , где  $C, H$  – нечеткие числа.

Пусть  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – степени истинности высказываний и , в которые превращаются нечеткие предикаты и после подстановки вместо переменных  $x_{k1} - x_{kn}$  элементов множества  $X$ . Тогда степень истинности сложного высказывания, образованного из и с помощью операций дизъюнкции, конъюнкции и отрицания, может быть определена следующим образом:

$$\begin{aligned} & \vee; \\ & \wedge; \end{aligned}$$

Здесь операции и соответствуют операциям объединения и пересечения нечетких множеств. При минимаксной интерпретации функции принадлежности определяются как минимаксные операции т.е.

;

в то время как при вероятностной интерпретации они же определяются по аналогии с действиями над вероятностями:

;

Более сложным классом по сравнению с НП является класс лингвистической переменной [2]. Для работы с ЛП рассмотрен процесс образования расширенного терм-множества  $T^*$  с помощью соответствующих процедур  $G$  и  $M$ . При этом приняты во внимание известные качественные выводы по анализу вопросов применения составных термов для описания элементов задач управления сложными системами и принятия решений. Во-первых, множество набора модификаторов, позволяющих с помощью процедуры синтаксиса  $G$  описать имеющие смысл расширения множества  $T$  до  $T^*$ , не должно быть слишком большим. Во-вторых, длина цепочек элементов  $t$  также не должна быть большой. Средний размер цепочки определяется величиной, известной из управленческой практики, равной 7.

Достаточным является представление процедуры  $G$  в виде контекстно-свободной грамматики [3]

$$G = \langle V_N, V_T, U, \Pi \rangle \tag{2}$$

где  $V_N = \{A, B, C, D, E, F, H, U\}$ ;

$$\begin{aligned} V_T &= \{ \lambda, \_и\_, \_или\_, \_не\_, \_очень\_, \_ \} ; \\ \Pi: U &\rightarrow ABENCHDF, U \rightarrow ABE; H \rightarrow \_и\_; H \rightarrow \_или\_; \\ A &\rightarrow \_не\_; A \rightarrow \lambda; B \rightarrow \_очень\_; B \rightarrow \lambda; \end{aligned}$$

$$C \rightarrow A; D \rightarrow B;$$

$$F \rightarrow E; E \rightarrow T_1;$$

$$E \rightarrow T_2; E \rightarrow T_3; \dots \dots E \rightarrow T_n.$$

Здесь при описании грамматики  $G$  приняты следующие обозначения:

- $V_T$  – множество терминальных символов;
- $V_N$  – множество нетерминальных символов;
- $U$  – начальный символ;
- $\Pi$  – множество правил подстановки;
- $\lambda$  – пустой символ.

Тогда множество расширенных термов ЛП есть  $T^* = L(G)$ , где  $L(G)$  – язык, порожаемый грамматикой  $G$  (2).

Одно из условий разрешимости задачи или нечеткого алгоритма – требование непротиворечивости исходных данных. Необходимое условием непротиворечивости – возможность провести через все имеющиеся опорные точки некоторую функцию из выбранного семейства (класса). В нечетком случае исходные данные считаются непротиворечивыми, если в выбранном классе  $D$  существует такая функция полезности  $U$ , что

(3)

т. е.

где  $G_i, v_i$  – нечеткая критериальная оценка и соответствующая ей нечеткая полезность из информационной гранулы типа (1). Согласно работе [1] выражение (4) можно представить как

где – полезность нечеткой критериальной оценки  $G_i$ , если функция полезности –  $U$ .

Если класс  $D$  представляет собой множество всех непрерывных функций, то необходимым условием справедливости (3), т. е. существования соответствующей функции полезности  $U$ , является утверждение

(5)

Таким образом, если функция полезности непрерывна, то степень согласованности нечетких полезностей  $v_1$  и  $v_2$ , определенная согласно степени уверенности , не должна быть меньше, чем такая же степень согласованности для нечетких критериальных оценок  $G_1$  и  $G_2$ . В случае непрерывной монотонной функции полезности неравенство (5) обращается в равенство. Чтобы получить достаточное условие внутренней непротиворечивости нечетких исходных данных или исследовать другой класс  $D$  допустимых функций полезности (например выпуклых), можно воспользоваться степенью внутренней непротиворечивости

(6)

где  $\pi(U)$  – степень соответствия функции полезности  $U$  нечеткому описанию типа (1).

Очевидно, что . При этом условие необходимо и достаточно для справедливости (3), т. е. внутренней непротиворечивости списания нечеткой функций полезности.

Поскольку  $\pi(U)$  – функционал, то равенство (6) является задачей вариационного исчисления. Общего метода ее решения для не существует. Поэтому единственно возможный путь ее решения – применение численных методов, например, метода Монте-Карло. Предварительно необходимо выбрать подходящий класс  $D$  допустимых функций полезности, в котором предполагается вести поиск функции  $U$ , максимизирующей  $\pi(U)$ . Анализ предпочтений системы принятия решений (СПР) позволяет значительно сузить класс  $D$  – так, у несклонной к риску СПР функция полезности выпукла вверх, а если она к тому же непрерывна и монотонна, то мы можем ограничиться рассмотрением функций вида

и при решении задачи (6) варьировать параметром  $c$ .

Поскольку проверка согласованности исходных данных предполагает их коррекцию в случае необходимости, окончательной целью проверки непротиворечивости является не только и не столько констатация наличия противоречий, сколько выявление наиболее противоречивых информационных гранул из тех, что образуют нечеткое описание. Удаление наиболее противоречивой гранулы или ее замена на более соответствующую общему контексту позволяет повысить согласованность информации. Действительно, можно утверждать, что в случае нечеткой функции полезности удаление любой информационной гранулы типа (1) из нечеткого описания, во всяком случае, не уменьшит степень , рассчитываемую согласно равенству (6).

Пусть  $f^*$  – функция полезности, являющаяся решением (6), т. е. максимизирующая  $\pi(f)$ :

Если или достаточно близко к 1, то нечеткое описание (1) можно считать внутренне непротиворечивым. В противном случае необходим анализ имеющихся сходных данных

Пусть  $g_k$  – одна из тех информационных гранул типа (1), составляющих нечеткое описание, которое удовлетворяет

Определим ее как наиболее противоречивую. Заметим, что информационная гранула  $g_k$  может быть не единственной. В таком случае можно выбрать любую из них, например первую по списку, поскольку повторное выполнение описываемой процедуры позволит в дальнейшем перебрать все подобные гранулы.

Определив  $g_k$ , можно ожидать, что ее удаление из множества увеличит степень . Однако удаление даже наиболее противоречивой информационной гранулы из конечного набора (1) приведет одновременно к потере определенной части полезной информации. Простое удаление  $g_k$  повысит , но новое решение задачи может при этом значительно отличаться от  $f^*$ . Кроме того, может измениться и общий контекст исходных данных. Поэтому прежде всего следует попытаться "исправить" информационную гранулу  $g_k$ , т. е. определить, какой должна быть входящая в нее нечеткая полезность  $v_k$ . Это значение  $v_k^*$  можно найти из решения задачи

которая аналогична

Результат коррекции с соответствующими комментариями представляется СПР, которой на выбор предлагаются четыре варианта действий: либо согласиться с рекомендациями по изменению  $g_k$ , либо изменить  $g_k$  по своему усмотрению, либо удалить ее, либо оставить без изменений. В последнем случае можно предположить, что достигнутая степень непротиворечивости удовлетворяет СПР, так что отпадает необходимость в дальнейшей проверке. В остальных случаях мы возвращаемся в начало процедуры. Описанный алгоритм представлен обобщенной схемой на рис. 1.

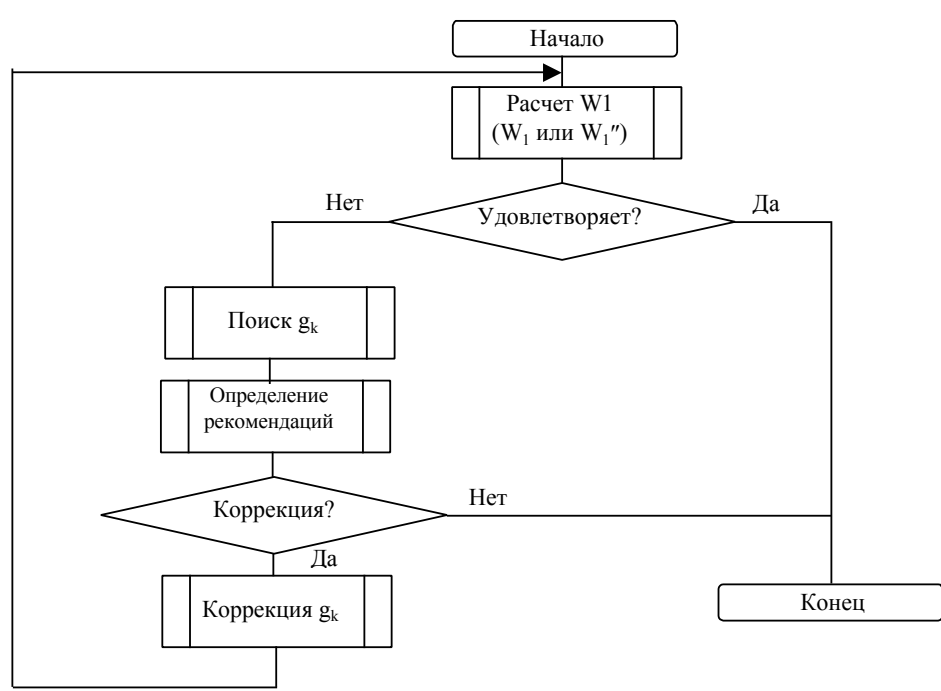


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Как уже отмечалось, для распределения вероятностей процедура в принципе аналогична для определения  $g_k$  – наиболее противоречивой информационной гранулы. Рекомендации по ее изменению здесь выглядят несколько иначе – чрезмерно требовать у СПР замены нечеткой вероятности  $\lambda_k$ , входящей в информационную гранулу  $g_k$ , на вероятность, определенную из решения задачи, аналогичной

$$\lambda_k^* = \int_X \mu_G(x) f^*(x) dx$$

поскольку последняя является обычным (четким) числом. Действительно, если первоначально были заданы нечеткие вероятности для соответствующих нечетких событий, то вряд ли затем СПР сможет заменить их четкими числами. Поэтому коррекция информационной гранулы  $g_k$  здесь выглядит как сдвиг нечеткой вероятности  $\lambda_k$  вдоль оси вероятностей до тех пор, пока не выполнится условие

$$\mu_{\lambda_k}(\lambda_k^*) = 1.$$

Следует иметь в виду специфические особенности нечетких распределений вероятностей: нормировка исходных данных также может привести к увеличению  $W_1^*$ . Поэтому алгоритм проверки внутренней непротиворечивости нечеткого распределения вероятностей, оставаясь в общем виде таким же, как на рис. 6.8, содержит в себе (при расчете  $W_1^*$ ) дополнительный блок нормировки нечеткого описания (1), состоящего из информационных гранул, путем одновременного сдвига всех  $\lambda_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) вдоль оси вероятностей до тех пор, пока возрастает величина  $W_1^*$ .

Полнота исходных данных обычно понимается как отсутствие в них разного рода "белых пятен". При этом можно выделить:  
 – внутреннюю полноту – когда в нечетком описании (1) информационные гранулы охватывают полностью все множество X возможных критериальных оценок, т. е. в X нет таких критериальных оценок, относительно полезности или вероятности которых ничего не говорится;  
 – внешнюю полноту – когда в множестве X нет никаких критериальных оценок, полезность или вероятность которых согласно имеет высокую степень нечеткости.

Таким образом, наличие даже нечетких сведений обо всех критериальных оценках делает соответствующее нечеткое описание внутренне полным. Однако внешне полными нечеткие исходные данные можно считать лишь тогда, когда проанализированы не только аргументы рассматриваемых зависимостей, но и соответствующие значения функций.

Рассмотрим проверку внутренней полноты нечетких исходных данных. В работе [1] предложено оценивать ее степенью покрытия области возможных критериальных оценок X нечеткими аргументами  $G_i$ , входящими в соответствующие информационные гранулы  $g_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) типа (1). Содержательно это будет степень невозможности того, что во множестве X найдется такая критериальная оценка, которая не принадлежит нечеткому множеству  $Y = \bigcup_{i=1}^n G_i$ , являющемуся объединением всех упомянутых в описании (1) нечетких критериальных оценок, иными словами, степень внешней полноты есть степень необходимости события:  
 Все критериальные оценки в X принадлежат нечеткому множеству  $Y$ , и которая при минимаксной интерпретации теоретико-множественных операций может быть выражена как

Таким образом,  $W_2$  отражает степень, с которой критериальные оценки  $G_i$   $i=1, 2, \dots, n$  полностью покрывают область X. Очевидно, что  $0 \leq W_2 \leq 1$ , причем  $W_2 = 1$ , когда область X покрыта полностью, т. е. любая критериальная оценка  $x \in X$  полностью принадлежит нечеткому множеству Y, тогда как  $W_2=0$  означает, что имеется такая критериальная оценка  $x \in X$ , которая совсем не принадлежит нечеткому множеству Y. На рис. 2 приведена геометрическая интерпретация  $W_2$  для случая  $n = 3$ .

Рис. 2. Геометрическая интерпретация  $W_2$

Если выявлена внутренняя неполнота нечетких исходных данных (когда  $W_2$  ниже допустимого предела), то необходимо определить такое подмножество  $X' \subseteq X$ , которое может быть названо "белым пятном", например, подмножество

Для устранения внутренней неполноты необходимо обратиться к СПР с заданием дать какие-либо сведения относительно полезности или вероятности критериальных оценок из подмножества X. Проверка внешней полноты несколько сложнее, поскольку необходимо учитывать не только значения аргумента, но и значения функции, описываемой (1). При проверке внешней полноты анализируется, насколько нечетким является полезность или вероятность той или иной нечеткой критериальной оценки, т. е. необходим показатель нечеткости. В качестве такого показателя можно принять мощность нечеткого множества. Действительно, при проверке внешней полноты мы заинтересованы, чтобы полезность или вероятность критериальных оценок была задана как можно точнее, в идеале – четкими числами. Следовательно, чем больше мощность нечеткого множества, тем более неопределенное значение соответствующей характеристики оно описывает. Проверка внешней полноты основана на применении оценки

$$v^* \text{ или } \lambda^* \text{ (7)}$$

т. е. на определении значения полезности  $v^*$  или вероятности  $\lambda^*$  некоторой нечеткой критериальной оценки  $G^*$ , если соответствующая зависимость описана в виде (1). Алгоритм проверки состоит в следующем. Вначале фиксируется некоторая нечеткая критериальная оценка  $G^*$  с функцией принадлежности  $\mu_{G^*}(x)$ ,  $x \in X$ . Последовательно перемещая эту функцию принадлежности по области X, получаем серию одинаковых по мощности нечетких критериальных оценок  $\{G_1^*, G_2^*, \dots, G_n^*\}$  разных частей X.

Процесс принятия решений согласно заданной целевой функции включает определение цели, формулирование задачи ПР и выбор альтернатив. Задача ПР формулируется следующим образом. Имеется семейство решений, которое, не теряя общности, может быть представлено в виде матрицы решений:

$$E = \{E_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\},$$

где  $m, n$  – число вариантов решений и внешних условий, влияющих на них соответственно.

Под результатом решения делается оценка, соответствующая варианту  $E_j$  и внешним условием  $F_j$  и характеризующая решение с точки зрения выгоды (экономического эффекта, полезности и др.) на основании некоторой целевой функции  $Z_k$ :

$$E_0 = \{E_{j0} \mid E_{j0} \in E \cap e_{j0} = Z_k\}.$$

Задача принятия решения может быть охарактеризована как  $\langle A, E, S; T \rangle$ . Здесь исходными полагаются: A – множество альтернатив; E – среда задачи ПР; S – система предпочтений, реализованная в СПР. Требуется выполнить некоторое действие T над множеством альтернатив A – найти наиболее предпочтительную альтернативу, выделить множество недоминируемых альтернатив, линейно упорядочить множество допустимых альтернатив или др.

Если теперь из решения задачи (7) получить серию соответствующих нечетких полезностей или нечетких вероятностей, то при внешне полном описании (1) можно ожидать, что они также будут одинаковыми по мощности. Если это не так, то большая мощность нечеткой полезности или нечеткой вероятности укажет на неполноту соответствующего описания, т. е. на недостаточно определенные сведения относительно полезности или вероятности некоторых критериальных оценок по сравнению с остальными.

Приведенные выше математические построения были использованы при разработке алгоритма адаптивного управления энергетикой процессом взаимодействия. При этом создана версия пакета прикладных программ (ППП) ADVICE [3] для ПР на нечетких числах. Пакет содержит классические, производные и нечеткие критерии ПР, является открытой системой и имеет графическое изображение результатов анализа [4]. Лингвистическая аппроксимация позволяет осуществить вербальное представление результатов обработки нечеткой информации: лингвистических моделей при принятии решений по управлению или ответов на вопросы системы, принимающей решение.

**Список литературы**

1. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. – М.: Наука, 1989. – 303 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее приложение. – М.: Мир, 1972. – 120 с.
3. Цокуренко А.А. Программное обеспечение для критерияльной обработки нечеткой и лингвистической информации. // УсиМ. – 1999. – № 5. – С. 21–26.
4. Цокуренко А.А. Некорректные задачи на неструктурированных данных. // УсиМ. – 2001. – № 3. – С. 30–37.

© Моргун В.С., Барский С.Н., Цокуренко А.А., Поркуян О.В., 2005

Надійшло до редакції 15.08.2004 р.  
 Рекомендовано до публікації к.т.н. Ю.Ю. Кривенком

УДК 622.733-52

**В.П. ХОРОЛЬСКИЙ**, д-р. техн. наук, **В.Б. ХОЦКИНА**  
 (Украина, Кривой Рог, Криворожский экономический институт КНЭУ),  
**Е.К. БАБЕЦ**, канд. техн. наук  
 (Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет)

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ БОГАЩЕНИЯ РУД**

*Введение*

Повышение эффективности работы предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК) за счет внедрения автоматизированных и робототизированных систем управления производством концентратов (окашшей) – одно из наиболее важных направлений стратегического развития отрасли, сформулированных в государственном проекте ее реструктуризации [1]. Эффективность автоматизированных систем управления процессами производства продукции на предприятиях ГМК в большей степени зависит от оптимального управления сложными технологическими процессами дробления, измельчения, классификации, флотации, фильтрации, окомковывания, обжига, которые представляют собой совокупность нелинейных материальных и энергетических потоков, отличающихся большим числом управляющих воздействий, ограничений и возмущений со стороны окружающей среды. Эти особенности дополняются сложными процессами маркетинга продукции, значительными требованиями к конкурентоспособности продукции в условиях рынка, ее качеству. В этой ситуации наиболее обоснованным методологическим подходом в управлении сложными технологическими процессами, как известно, является многоуровневое распределенное управление [2]. Оно обладает рядом важных преимуществ, в частности, задачу управления большой размерности, с целью упрощения решения, позволяет представить в виде иерархии более простых подзадач. Теория иерархических систем в настоящее время интенсивно развивается как в области технических, экономических систем [3], так и в области оптимального планирования с использованием интегрированных информационных систем управления предприятием [4].

Таким образом, задачи управления сложными технологическими процессами переработки руд решаются в реальном масштабе времени на нижнем уровне производства концентрата и окашшей и тесно связаны с ERP – системами. Такие корпоративные информационные системы предназначены для управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия и затрагивают ключевые бизнес-процессы в сфере производства, бюджетирования, финансов, управления персоналом, сбыта, управления запасами и т.д. На украинском рынке ERP – систем для горно-обогатительных комбинатов наиболее известными поставщиками программных решений являются системы "Галактика", "Парус" и др. [5].

Фирма "Сименс" (ФРГ) разработала программные продукты обеспечения с использованием периферийных устройств [6]. Это делает возможным глобальную обработку данных о производственных процессах, о ходе, тенденциях и изменениях производственных процессов осуществлять диагностику оборудования, прогнозирование и управление сложными технологическими процессами. Разработанные пакеты Simatik Certified Software (SCS) были предложены фирмой при проектировании АСУТП обогатительной фабрики КГОКОРА.

На последние годы получили распространение пакеты SCADA (системы диспетчерского управления сбора данных), которые являются одним из популярных средств для программирования систем автоматизации технологических процессов. Они предназначены для создания интерфейсов человек-машина (МММ, Man, Machine Interface), регистрации, отображения и архивирования данных в АСУТП, а также в интеллектуальных системах управления энергоемкими технологическими процессами [7].

*Основная часть работы*

Цель исследований – разработка и теоретическое обоснование требований к АСУТП предприятий горно-металлургического комплекса.

Первой основной задачей принятия решения об автоматизации сложных технологических процессов можно считать идею об определении целесообразности автоматизированного управления технологическими процессами с применением современных вычислительных комплексов, а также достаточной полноты и точности информационного обеспечения (информационного мониторинга) исследуемого объекта.

Это задача решается на основе экспертного анализа предприятия с целью определения экономического выгодного объема производства, уровня автоматизации и соответствующей сложности математического описания.

На этой стадии широко применяются математические методы обработки мнений различных специалистов (рабочих, мастеров, главных инженеров, директоров, начальников рудодобывательных лабораторий, специалистов КИП и автоматики), а также статистической обработки данных о работе АСУТП.

В таблице приведены характеристики типовых АСУТП дробильных, обогатительных и окомковательных фабрик, полученные в результате экспертного оценивания информации от менеджеров и специалистов предприятий ГМК.

Менеджеры предприятий	Выгоды, удобства и преимущества от внедрения АСУТП
1	2
Директор по финансам	Возможность получения прибыли за счет расширения зон обслуживания, экономии энергоресурсов, сокращения количества простоев, улучшения качества продукции. Переход к ситуационному "портфельному" управлению заказами продукции. Эффективное использование команд ситуационного управления процессами производства продукции.
Главные инженеры	Получение системы управления современного уровня. Переход на качественно интеллектуальный уровень управления производством. Возможность получать своевременную и объективную информацию, принимать правильные решения.
Начальник ПТО	Возможность анализа работы технологического оборудования за счет использования архивных данных. Накопление статистики, любые расчеты по известным или разработанным на месте алгоритмам (эффективность, КПД, затраты и т.д.). Ведение любых заранее оговоренных форм отчетности.

Таблица