

Освещается один из новых рациональных подходов к решению задачи интеллектуальной поддержки принятия решений масштаба корпоративного предприятия, ориентированного на интеграцию двух связанных информационных технологий: технологии построения информационных хранилищ и технологии интеллектуального анализа данных.

Предложена новая концепция роли информационно-управляющих систем при контроле и управлении процессом изготовления труб, расширяющая традиционный взгляд на информационные системы лишь как на инструмент компьютерного анализа данных. Обосновывается роль современных информационных систем в производстве как самостоятельного научно-прикладного направления, выполняющего роль связующего звена в триаде «заготовка — технологический процесс — готовая продукция». Формулируются некоторые проблемы, связанные с внедрением информационно-управляющих систем при производстве труб.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРОЦЕССА ПРОКАТА

*В.П. Иващенко, Г.Г. Швачич,
А.В. Соболенко, Д.В. Протопопов*

*Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4,
Днепропетровск, 49005, Украина*

1. Введение

Информационно-управляющие системы наряду с экспертно-логическими системами, представляются в настоящее время неотъемлемыми инструментами теории и практики производства. При этом сама по себе сфера информационно-управляющих систем является весьма насыщенной, разнообразной и обширной, требующей знания и активного использования результатов различных разделов компьютерно-информационной подготовки, математики, системного анализа, статистики, технологических процессов производства. По сути дела, в настоящее время данная сфера относится к фундаментальным основам технологических исследований и ее развитие — необходимая предпосылка повышения качества продукции и эффективности производства в целом.

Особенно в последние годы, а в той или иной степени — и на протяжении всего периода развития данного направления, подчеркивалась его особая важность при повышении качества продукции и увеличении производительности труда. Именно по этой причине по мере

развития информационно-управляющих систем они все теснее интегрируются в единую систему управления технологическим процессом и производством.

Проблеме исследования, разработки и внедрения компьютерных систем в металлургии посвящены многие работы. Так, в [1] подчеркивается роль компьютерных систем управления при производстве чугуна. В [2] показано, что компьютерные системы управления позволяют осуществить не только текущий контроль плавки, но и провести анализ технологических ситуаций с выдачей рекомендаций по управлению доменным процессом в целом. В [3] отмечается, что разработаны программные средства для проведения расчетного анализа важнейших сторон доменного процесса и проведения автоматизированного поиска оптимальных условий плавки и базовых режимов работы доменной печи.

В [4-5] предложен новый подход к математическому моделированию течения металла при прессовании профилей, основанный на методе конечных элементов.

В настоящей статье освещается один из рациональных подходов к решению задачи интеллектуальной

поддержки принимаемых решений масштаба корпоративного предприятия, ориентированного на интеграцию двух связанных информационных технологий: технологии построения информационных хранилищ и технологии интеллектуального анализа данных. При этом, по нашему мнению, сами информационные системы, соответствующие математические модели, а также процессы их построения, верификации и интерпретации служат незаменимым связующим звеном в триаде «заготовка—технологический процесс – готовая продукция» и призваны обеспечить целостность технологического процесса и производства. Кроме того, рассматриваются перспективы дальнейшего развития информационно-управляющих систем, как при производстве труб, так и в некоторых смежных, поддерживающих данное направление, исследованиях.

2. Постановка задачи

Совершенствование техники и технологии, а также постоянный рост требований к качеству продукции стимулирует разработку новых информационных систем интеллектуальной поддержки принятия решений масштаба корпоративного предприятия.

При этом один из подходов к созданию систем поддержки принятия решений нового поколения ориентирован на интеграцию двух связанных информационных технологий: технологии построения информационных хранилищ (ИХ) и технологии интеллектуального анализа данных.

Данная статья посвящена особенностям разработки информационных систем нового типа на примере контроля технологических параметров проката трубокатного агрегата 140 (ТПА-140).

В настоящее время на ТПА-140 со станами продольной прокатки в той или иной мере реализована технология построения ИХ. Рассмотрим процесс ее построения (рис. 1).

Суть построения технологии ИХ состоит в следующем. Отличительной особенностью технологического процесса изготовления труб на ТПА-140 со станами продольной прокатки состоит в наличии однотипных структурных элементов в линии агрегата, которые определяют состав и компоновку ТПА. Такая особенность позволяет создать ОИС, которые содержат разнообразную информацию о функционировании ТПА-140 (дату, время, номер плавки, сортамент труб, марку стали, исходные размеры заготовок и т.д.). Далее данные из ОИС извлекаются и погружаются в один источник – ИХ.

Основная идея, положенная в основу технологии ИХ, состоит в том, что проводить текущий анализ непосредственно на базе оперативных информационных систем неэффективно. Это объясняется тем, что данные о функционировании одного из станов ТПА-140 не позволяют получить полную и объективную картину функционирования агрегата в целом. Все необходимые для анализа данные хранятся в едином источнике – ИХ. Основная особенность данных ИХ состоит в их доступности только для чтения. При этом модификация данных не производится, т.к. она может привести к нарушению целостности ИХ.

Заметим, что ИХ, согласно классическому определению, – это совокупность программно-аппаратных

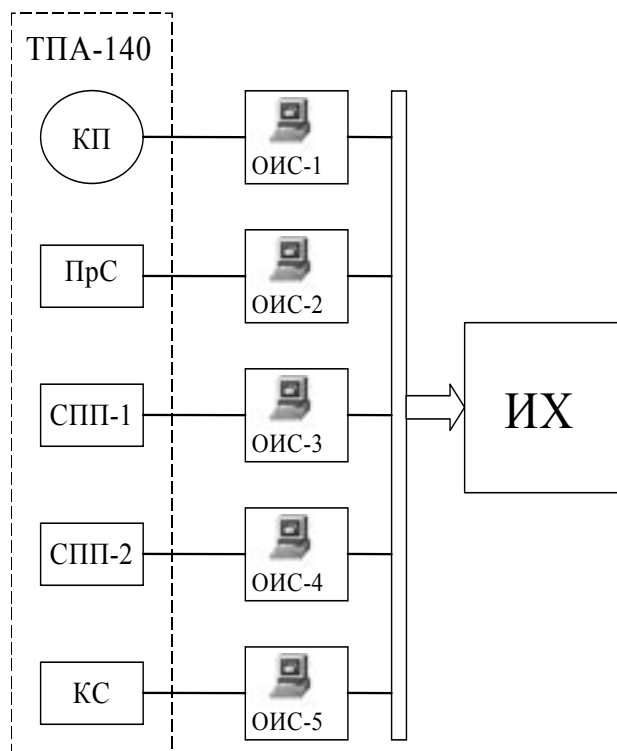


Рисунок 1. Структурная схема формирования технологии ИХ

КП – кольцевая печь; ПрС – прошивной стан;
СПП-1 и СПП-2 – станы продольной прокатки №1 и №2;
КС – калибровочный стан; ОИС-1, ОИС-2, ОИС-3,
ОИС-4, ОИС-5 – оперативные информационные системы,
ИХ – информационное хранилище

средств, позволяющих предоставлять данные в целостном виде для последующего анализа и принятия управляющих решений. Это означает, что информационные хранилища данных предоставляют только перспективную архитектуру построения систем интеллектуального принятия решений масштаба корпоративного предприятия и являются центральной ее частью. Задача предлагаемых исследований и состоит в разработке комплекса специальных программных средств, позволяющих построить полнофункциональную систему интеллектуального принятия решений. Причем такие программные средства ориентированы на аналитические технологии обработки данных – технологии интеллектуального анализа данных (ИИАД). Затем указанные технологии должны интегрироваться для принятия соответствующих решений по корректировке технологических параметров процесса прокатки.

3. Система программных средств

Для решения поставленных задач разработана система программных средств, которая требует следующие ресурсы:

- Операционная система: Microsoft Windows – 95 и выше или Microsoft Windows NT 4.0 и выше.
- Оперативная память: 16 Мб (рекомендуется 32 Мб). На Windows NT 4.0 рекомендуется 48 Мб.
- Internet Explorer 3.0 (или более поздних версий).

- MS Office 97 или выше в составе СУБД Access, MS Excel.
- MathCad версии 2000 и выше для реализации процесса обработки данных.
- Во время установки программных средств появляется окно настройки, где можно указывать соответствующие режимы работы. От некоторых режимов работы системы на этом этапе можно отказаться. К другим установкам при необходимости можно обратиться позже.

4. Информационная система интеллектуальной поддержки принятия решения

Структурная схема интеллектуальной системы поддержки принятия решения представлена на рис. 2. Здесь ИСИПР – информационная система интеллектуальной поддержки решения.

Принимая во внимание, что ИХ содержит разнообразную информацию о функционировании ТПА-140 (дату, время, номер плавки, сортамент труб, марку стали, исходные размеры заготовок, размеры труб после каждого стана и т.д.), задача предлагаемой информационной системы состоит в классификации, группировке и обработке данных с целью выдачи рекомендаций для перенастройки технологических параметров станов ТПА-140, а также соответствующего прогноза.

При этом информационная система позволяет проводить широкий спектр мероприятий по обработке базы данных. Так, при необходимости можно проследить динамику изменения параметров каждой трубы от кольцевой печи до калибровочного или редуционного стана включительно. Кроме того, появляется возможность группировки данных по технологическим параметрам процесса проката (марки стали, исходного размера заготовки, сортамента труб и т.д.). Последнее позволяет выполнять комплекс исследований, связанных с опре-

делением зависимостей результатов процесса прокатки от исходных данных и текущих параметров.

Так, например, при прошивке партии заготовок одного размера наблюдается отклонение коэффициента вытяжки при деформации каждой гильзы [6]. Переменный темп работы прошивного стана, обусловленный необходимыми технологическими паузами, требует непрерывно учитывать тепловое состояние агрегата, влияющее на суммарную величину вытяжки. Отклонения коэффициента вытяжки при прошивке партии гильз достигают 30% номинальных (табличных) значений. Для стабилизации коэффициента вытяжки технический персонал (оператор) на основании практического опыта и интуиции корректирует настройку стана путем перемещения оправки перед прошивкой следующей заготовки. С целью уменьшения субъективного влияния оператора, предлагаемая система выполняет выбор требуемого положения оправки в соответствии с разработанным алгоритмом.

Предлагаемая система ориентируется на применение метода экспоненциальной средней, как метода, который наиболее точно описывает процесс изменения коэффициента вытяжки μ_{np} прошивного стана. [7] Он представляется временным рядом, а экспоненциальное сглаживание ряда коэффициентов вытяжек осуществляется по рекуррентной формуле:

$$\mu_{np_i} = \alpha \cdot x_i + \beta \cdot \mu_{np_{i-1}},$$

где μ_{np_i} – значение экспоненциальной средней (коэффициент вытяжки) в момент времени t_{np} ;

α – параметр сглаживания; $\alpha = \text{const}, 0 < \alpha < 1, \beta = 1 - \alpha$;

$\mu_{np_{i-1}}$ – реальный коэффициент вытяжки при прошивке предшествующей заготовки;

x_i – временной ряд.

Программное обеспечение информационной системы (ИС) построено по алгоритму, который в конечном счете позволяет получить отклонения текущих параметров трубы от заданных, либо от средневзвешенных, а также зависимости отклонений от технологических параметров проката. Так для исследования величины обреза металла оцениваются значения отклонений длин прокатываемых труб l_{ϕ_i} от номинального (табличного) значения длин труб (l_T): $\Delta l = l_{\phi_i} - l_T$. Оценка величины отклонений длин производится при сравнении фактических длин с их средним значением (l_{cp}) по партии:

$$\Delta l = l_{\phi} - l_{cp},$$

$$\text{где } \Delta l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_{\phi_i},$$

где n – количество прокатанных труб.

Для оценки полученных технологических характеристик проката в алгоритме используются зависимости, учитывающие особенности процесса деформации труб в соответствии с основными положениями теории трубного производства [8]. Заметим, что среди исследуемых параметров основными являются показатели длин заготовки и труб, коэффициенты вытяжки по каждому стану и по агрегату в целом, величины обреза, время простоя оборудования, количество дефекатов. Рассмотрим один из вариантов функционирования предлагаемой ИС.

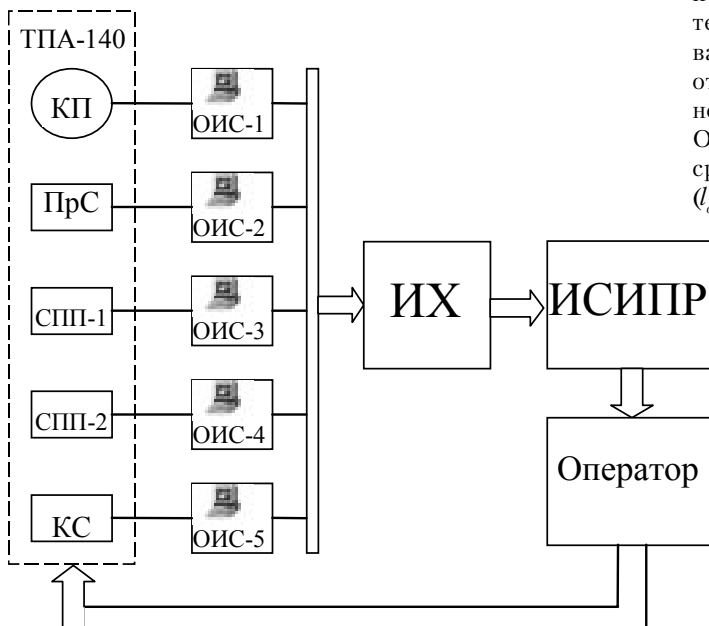


Рисунок 2. Структурная схема системы интеллектуальной поддержки принятия решения

5. Пример функционирования ИС

Предлагаемая ИС предусматривает несколько режимов функционирования. Большой объем информации в ИХ требует осуществлять предварительную выборку данных, которая выполняется группировкой по дате, сортаменту, номеру плавки, номеру партии, номеру заказа. Рассмотрим пример, связанный с обработкой и анализом данных по календарю.

При переходе в режим функционирования календаря на экран выводится диалоговое окно для выбора года, месяца и дня, например, как приведено на рис. 3, пользователь принял решение анализировать информацию за рабочие сутки ТПА 140 21 марта 2003 года.

По выбранной дате реализуется процесс выборки данных из ИХ. В результате обработки информации на экран выводится общее количество записей по данному запросу (рис. 4).

Далее на экран выводится информация относительно функционирования ТПА в этот день в целом (рис. 5).

В этом окне отображаются номера заказов на производство труб, марки сталей, размеры заготовок, сортамент прокатываемых труб, время прокатки и др.

В случае необходимости требуемую информацию можно вывести на печать, а также проанализировать, нажав клавишу «Анализировать». При этом данные из ИХ передаются в среду Excel, где происходит их автоматическая группировка и обработка по заданному алгоритму.

Передача данных из ИХ в среду Excel объясняется тем, что данный программный продукт позволяет в достаточно удобной и наглядной форме реализовать процесс необходимой обработки данных. На рис. 6 показан фрагмент процесса обработки данных по прошивному и станам продольной прокатки №1 и №2 при заданной длине заготовки перед прошивкой после нагрева.

Кроме аналитической процедуры обработки информации среда позволяет формировать требуемые графические зависимости (рис. 7).

В качестве примера рассмотрим процесс прокатки трубы диаметром 168 мм с толщиной стенки 7,0 мм и длиной 6000 мм. В табличном виде (рис. 6) представлены данные о длинах труб, коэффициентах вытяжки и технологических паузах для станом агрегата. Расчетные (табличные) значения технологических параметров: суммарный коэффициент вытяжки 4,9; коэффициент вытяжки на прошивном стане 3,41; на СПП1 – 4,40; на СПП2 – 4,56.

Возникшая технологическая пауза 4,5 минуты перед прошивкой 53-й заготовки (рис. 7а) привела к снижению коэффициента вытяжки на прошивном стане до 3,08 (рис. 7б) и прослеживается на всех последующих станом (рис. 7в,г) – на СПП-1 коэффициент вытяжки снижается до 3,95, на СПП-2 до 4,13. Что, вероятно, приведет к увеличению толщины стенки трубы №53 и, если технологический процесс происходил без вмешательства оператора (что подтверждают данные, показанные на



Рисунок 3. Режим работы календаря ИС



Рисунок 4. Анализ данных ИХ по запрашиваемой дате

Номер заказа	Плавка	Марка стали	Дата	Труба		Заготовка	
				D	L	D	L
721350/101	47213	GrB	3/21/03 2:22:44 AM	168.3	3.95	150	1450
720392	P213387	10-20	3/21/03 10:38:03 AM	152	10	150	1700
720422	P213387	20	3/21/03 10:44:17 AM	152	10	150	1700
720434	P213387	10/20	3/21/03 11:41:15 AM	152	10	150	1700
720444	P213387	10/45	3/21/03 12:18:41 PM	152	10	150	1700
720913/101	P213378	20	3/21/03 12:23:01 PM	140	10	150	1800
720350	P213378	20	3/21/03 1:22:21 PM	140	10	150	1800
720450	P213381	20	3/21/03 1:58:53 PM	140	9.5	150	1750
720450	P213381	20	3/21/03 3:00:00 PM	140	9.5	150	1750
720350	P213381	20	3/21/03 3:44:23 PM	140	10	150	1600
720955/201	P213378	20	3/21/03 4:28:08 PM	140	10.6	150	1500

Рисунок 5. Данные функционирования ТПА на 21.03.03

рис. 7 в,г) выйдет за пределы допусков по размерам, в результате чего труба пойдет в брак.

Используя эту информацию в реальном режиме времени, оператор СПП2 имеет возможность отрегулировать настроечные параметры стана с целью изменения коэффициента вытяжки СПП2 до величины, близкой к табличной.

Кроме приведенного табличного и графического анализа процесса прокатки, ИС позволяет осуществ-

	Длина				Коэффициент вытяжки			Паузы		
Номер	Прочн	Прочн/мм	СПП1	СПП2	Прочн/мм	СПП1	СПП2	Прочн/мм	СПП1	СПП2
1	1.53	5,10	6,04	6,07	3,33	4,46	4,49			
2	1.54	5,20	7,13	7,18	3,38	4,63	4,67	0:00:34	0:00:33	0:00:32
3	1.53	5,17	7,05	7,08	3,37	4,60	4,62	0:00:32	0:00:33	0:00:33
4	1.54	5,22	7,07	7,15	3,39	4,59	4,66	0:00:26	0:00:25	0:00:25
5	1.53	4,83	6,93	6,98	3,15	4,52	4,56	0:00:33	0:00:34	0:00:34
6	1.54	5,25	6,90	6,92	3,42	4,49	4,50	0:00:32	0:00:32	0:00:32
7	1.51	5,19	6,89	6,81	3,45	4,38	4,52	0:11:04	0:11:04	0:11:04
8	1.54	5,28	6,83	7,13	3,44	4,45	4,64	0:00:34	0:00:35	0:00:35
9	1.53	5,12	6,65	6,95	3,34	4,35	4,54	0:00:35	0:00:35	0:00:35
10	1.53	5,18	6,65	6,78	3,39	4,35	4,43	0:00:36	0:00:35	0:00:35
11	1.54	5,22	6,74	7,01	3,40	4,39	4,56	0:00:37	0:00:38	0:00:38
12	1.53	5,22	6,73	7,07	3,42	4,40	4,62	0:00:37	0:00:36	0:00:36
13	1.54	5,12	6,72	7,07	3,32	4,36	4,59	0:00:35	0:00:36	0:00:36
14	1.54	5,21	6,73	7,08	3,38	4,36	4,59	0:00:37	0:00:37	0:00:34
15	1.60	5,41	7,02	7,39	3,37	4,37	4,60	0:00:40	0:00:40	0:00:34
16	1.54	5,19	6,71	7,08	3,38	4,36	4,60	0:00:34	0:00:34	0:00:33
17	1.54	5,20	6,69	7,06	3,38	4,35	4,59	0:00:34	0:00:34	0:00:35
18	1.54	5,21	6,71	7,05	3,37	4,34	4,57	0:00:34	0:00:35	0:00:34
19	1.54	5,21	6,73	7,07	3,36	4,36	4,58	0:00:34	0:00:33	0:00:33
20	1.54	5,20	6,72	7,08	3,38	4,37	4,60	0:00:34	0:00:34	0:00:33
21	1.54	5,22	6,74	7,09	3,39	4,38	4,60	0:00:32	0:00:33	0:00:35
22	1.60	5,42	7,04	7,36	3,36	4,40	4,60	0:00:34	0:00:34	0:00:35

Рисунок 6. Анализ данных в среде Excel

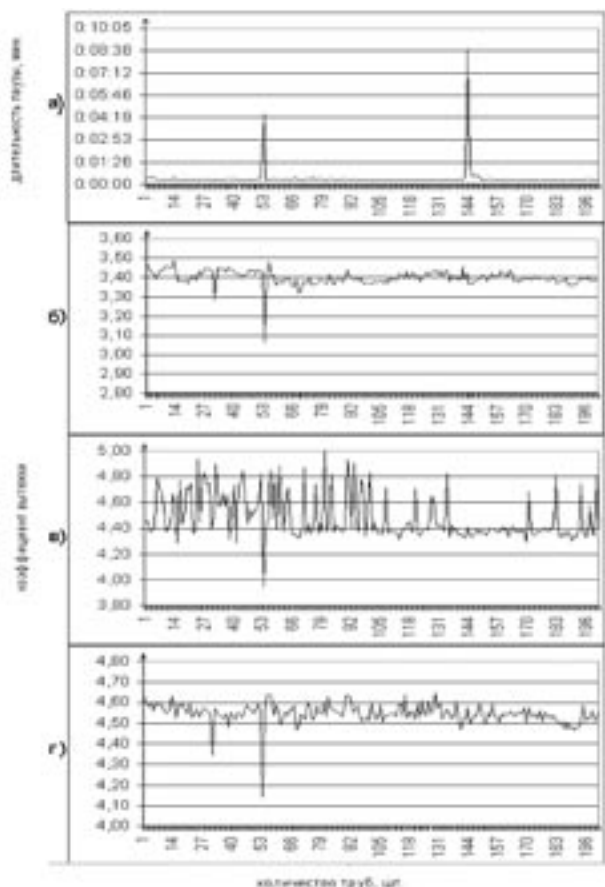


Рисунок 7. Изменения коэффициента вытяжки и скважность процесса прокатки труб размером 168 x 7,0; а) — величина паузы перед прошивкой заготовки, б), в), г) — значения коэффициентов вытяжки на ПрС, СПП-1, СПП-2

влять краткосрочные прогнозы в автоматическом режиме с выдачей рекомендаций по корректировке параметров стана в реальном режиме времени.

6. Методика анализа данных оператором

При анализе информации часто сталкиваются с тем, что теоретическое великоколепие методов анализа разбивается о действительность. Это объясняется тем, что безупречные с точки зрения теории методы анализа имеют мало общего с практикой. Чаще оператор сталкивается с ситуацией, когда трудно сделать какие-либо четкие предположения относительно исследуемой задачи. Модель ТПА не всегда удается построить и единственным источником сведений для

анализа технологического процесса прокатки является таблица экспериментальных данных типа «вход — выход», каждая строка которой содержит значения входных характеристик объекта и соответствующие им значения выходных характеристик. В результате оператор вынужден использовать эвристические или экспертные предположения о процессах, развивающихся в системах ТПА. Эти предположения оператора основываются на его опыте, интуиции, глубине проникновения в смысл анализируемого технологического процесса. Выводы, получаемые при таком подходе, базируются на простой, но фундаментальной гипотезе о монотонности пространства решений, которую можно выразить так: «Похожие входные ситуации приводят к похожему выходным реакциям системы». В результате такого метода принятия решений академическая строгость приносится в жертву реальному положению вещей.

Конечно, оператор готов к тому, что анализируемый процесс оказывается слишком запутанным и не поддающимся точному анализу с помощью строгих аналитических методов. Однако, учитывая информацию, полученную при помощи ИСИПР, можно получить достаточно хорошее представление о поведении ТПА в различных обстоятельствах, подходя к задаче с различными точками зрения, руководствуясь, кроме того, знаниями соответствующей предметной области. При этом, на основе ИСИПР осуществляется процесс движения от грубой модели к все более точным представлениям об анализируемом процессе. Блок-схема методики анализа данных оператором представлена на рис. 8.

Данные о функционировании различных станов ТПА поступают в ОИС, которые содержат разнообразную информацию о технологических параметрах процесса прокатки. Данные из ОИС извлекаются и погружаются в один информационный источник — ИХ. Совокупность данных ИХ является базовой информацией для ИСИПРа. ИСИПР позволяет осуществлять требуемую обработку данных, представлять ана-

лиз данных в удобном табличном и графическом виде. Кроме того, ИСИП выдает прогноз по корректировке параметров станов агрегата. Оператор, на основе полученной информации принимает соответствующее решение о режимах функционирования ТПА. При этом, либо осуществляется соответствующая корректировка параметров станов, либо процесс проката продолжается с последующим накоплением информации.

7. Выводы

В предложенном подходе решающую роль в принятии управленческих решений служат две технологии: технология ИХ и технология интеллектуального анализа данных. Предложенные технологии являются неотъемлемым составляющим технологического процесса и служат связующим звеном в триаде «заготовка – технологический процесс – готовая продукция».

Практическое применение разработанного подхода позволяет техническому персоналу предприятия контролировать ход технологического процесса, выполнять анализ развития процессов, происходящих на каждом стане, производить корректировку технологических параметров станов ТПА в процессе изготовления труб. Предложенный подход оказывает существенное влияние на повышение качества продукции, позволяет устойчиво работать в области тонкостенного сортамента труб.

Принципиальный подход решения задачи может использоваться и для других прокатных станов. В частности, непрерывных трубопрокатных, листопркатных, мелкосортных станов, горячей прокатки, что приведет к экономии металла и повышению качества продукции.

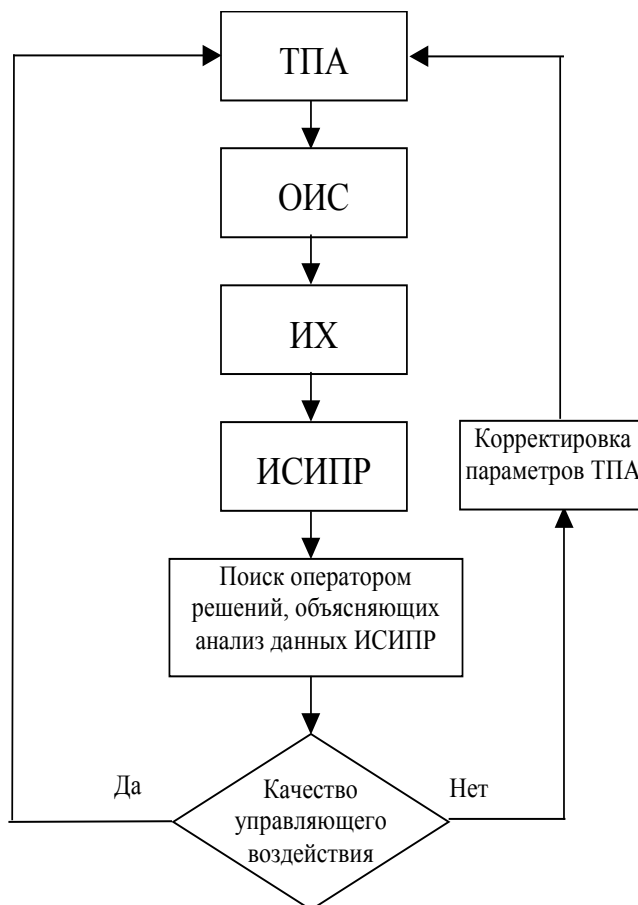


Рисунок 8. Блок-схема методики анализа данных оператором

ЛИТЕРАТУРА

1. Тараканов А.К. , Плискановский С.Т. Анализ состояния и основных направлений развития производства чугуна в Украине // Современные проблемы металлургии. – Днепропетровск. – Выпуск 1. – 1999. С. 42-50.
2. Тараканов А.К. Внедрение автоматизированных систем управления технологических режимов доменной плавки. Днепропетровск, УкрНТОЧМ, 1987. – 66 с.
3. Тараканов А.К. Управление работой доменной печи с использованием персональных ЭВМ // Теория и практика аглодомного производства: Труды международной конференции. – Мариуполь, 1997. – С. 62-65.
4. Миленин А.А. Расчет трехмерного течения металла при прессовании профилей // Проблемы вычислительной механики и прочности конструкций. – Днепропетровск: Навчальна книга. – 1998. – Т. 3. – С. 86-93.
5. Миленин А.А. Математическое моделирование и решение технологических задач прессования фасонных профилей // Сталь. – 1999. – №8. – С. 57-60.
6. Коломеец Н.А., Кармазин В.Я., Соболенко А.В. Процесс образования продольной разностенности гильз при прошивке на косовалковом стане. // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Наука и образование «2003»». Том 11. Технические науки.-Днепропетровск: Наука і освіта, 2003.- с.23
7. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. – Москва, «Статистика», 1979 – 254с.
8. Друян В.М., Гуляев Ю.Г., Чукмасов С.А. Теория и технология трубного производства: Учебник. – Днепропетровск, РИА «Днепр – ВАЛ», 2001. – 544с.



Иващенко Валерий Петрович, доктор технических наук, профессор. Первый проректор Национальной металлургической академии Украины.

Круг научных интересов: Проблемы прямого получения железа при помощи низкотемпературной плазмы, разработка информационных систем в металлургии.

Контактный тел.: +38 (0562) 45-31-56, 45-53-51

Швачич Геннадий Григорьевич, кандидат технических наук, профессор. Заведующий кафедрой прикладной математики и вычислительной техники Национальной металлургической академии Украины.

Круг научных интересов: Анализ и синтез многомерных систем экстремального управления, моделирование и программные разработки в области телекоммуникационных систем.

Контактный тел.: +38 (0562) 47-43-55

E-mail: sgg@kpm.dp.ua



Соболенко Александр Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель Национальной металлургической академии Украины.

Круг научных интересов: Совершенствование процессов продольной прокатки труб.

Контактный тел.: +38 (0562) 41-03-95

E-mail: lugov@kpm.dp.ua

Протопопов Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры прикладной математики и вычислительной техники, Национальной металлургической академии Украины.

Круг научных интересов: моделирование и программные разработки в области информационных систем.

Контактный тел.: +38 (0562) 41-03-95

E-mail: reader@ukr.net

