

Автоматизированная система управления нагревом слитков в нагревательных колодцах обжимного стана

Константин Кукуй, Сергей Сульников, Сергей Вахранев, Алексей Светличный

Рассмотрен объект управления — группа нагревательных колодцев регенеративного типа. Уделено внимание вопросам создания двухуровневой автоматизированной системы управления нагревом слитков в нагревательных колодцах обжимного цеха. Описаны функциональные возможности, элементная база и программное обеспечение созданной системы.

ВВЕДЕНИЕ

Обычная технология производства горячекатаного листа включает в себя несколько этапов.

1. Доменное, затем сталеплавильное производство. Готовую сталь разливают в изложницы определенных типоразмеров, и после кристаллизации слитки передают в обжимный цех.
2. Прокатное производство на стане-слябинге. Поступившие в цех слитки подают в отделение нагревательных колодцев (ОНК) для подогрева перед прокаткой на слябинге до температуры 1280–1350°C. На этом стане путем прокатки в горизонтальных и вертикальных валах из слитков получают заготовку для листового стана. После порезки заготовки на слябы их транспортируют на склад.
3. Производство тонкого листа на широкополосном стане горячей прокатки (ШСП). Со склада обжимного цеха слябы поступают в цех горячей прокатки тонкого листа (ЦГПТЛ). Перед прокаткой на ШСП слябы греют в методических печах до температуры 1050–1100°C, необходимой для прокатки на ШСП. Готовую полосу сматывают на моталках в рулоны и отправляют на склад готовой продукции.

В последние годы для экономии энергоресурсов при производстве горячекатаного листа начала применяться технология так называемой транзитной прокатки, при которой слябы сразу же после порезки передаются в про-



Производственные корпуса ОАО «Запорожсталь»

катку на листовой стан без подогрева в методических печах. Внедрение транзитной прокатки позволило сократить удельный расход топлива в целом по прокатному переделу на 15–20%. Однако при реализации такой технологии возросли требования к нагреву слитков в ОНК обжимного цеха. Причин этого оказалось несколько. Во-первых, ужесточились требования к теплосодержанию слитков, которое должно быть достаточным для прокатки листа из слябов без дополнительного подогрева. Во-вторых, темп и порядок выдачи слитков из колодцев задается при такой технологии операторами листового стана. Таким образом, задачей ОНК становится не просто нагреть металл до нужного теплосодержания, но и нагреть к заданному моменту времени. Дополнительные проблемы связаны с

тем, что из-за удлинения технологической линии любые аварии приводят к увеличению времени пребывания слитков в нагревательных колодцах с соответствующими корректировками режима нагрева.

К обычным задачам управления, реализуемым нагревальщиком (поддержание заданной температуры в колодце, соотношения газ/воздух, давления и реверса факела), добавились расчет времени начала подъема температуры и корректировка режимов нагрева при задержках выдачи слитков. Любые отклонения в теплосодержании слитков, задаваемых в прокатку, как в меньшую, так и в большую сторону приводят к нарушениям технологии и даже к получению бракованной продукции. Невозможность проведения надежного нагрева слитков в ОНК при ручном управле-



Отделение нагревательных колодцев обжимного цеха

нии вызвало необходимость перехода к автоматизированному управлению нагревом. Для его реализации специалистами научно-производственного общества «ДОНИКС» (город Донецк) была разработана и внедрена автоматизированная система управления нагревом слитков в отделении нагревательных колодцев обжимного цеха (АСУ НС).

АСУ НС предназначена для управления технологическим процессом нагрева слитков перед прокаткой на обжимном стане, а также для регистрации и протоколирования необходимых технологических параметров процесса нагрева, действий оператора и аварийных ситуаций. АСУ НС производит автоматизированный нагрев слитков всех типоразмеров 1-й группы марок сталей, входящих в сортамент комбината по технологическим картам нагрева с учетом времени, прошедшего после разлива.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Нагрев металла в обжимном цехе осуществляется в нагревательных колодцах регенеративного типа. Группы колодцев расположены в одну линию (рис. 1). Из 14 групп нагревательных колодцев группы 1–11, 13 и 14 состоят из четырех ячеек и для удобства размещения плавок и удаления жидкого шлака сблокированы по схеме 2-2 и 3-1. Группа 12 с жидким шлакоудалением состоит из 6 ячеек и сблокирована по схеме 3-3. Указанные группы предназначены для нагрева углеродистых, низколегированных и высокоуглеродистых марок сталей.

Колодцы отапливаются коксодоменной смесью газов калорийностью 900–950 ккал/м³.

Каждая ячейка имеет индивидуальные перекидные устройства: клапан золотникового типа на газовом тракте и клапан мотылькового типа на воздушном тракте. Для удаления продуктов сгорания каждая группа имеет свою дымовую трубу. В каждой ячейке тяга регулируется шибером, установленным в дымовом борове. На рис. 2 приведена функциональная схема ячейки.

Каждая ячейка оборудована системой теплового контроля и автоматического регулирования, состоящей из следующих узлов:

- измерения и регулирования температуры в рабочем пространстве ячеек;
- измерения расхода газа и воздуха и регулирования соотношения газ — воздух;
- измерения разрежения перед дымовым шибером;
- автоматической перекидки клапанов;

- измерения температуры отходящих газов;
- измерения давления смешанного газа в общем коллекторе.

АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АСУ НС

АСУ НС, структурная схема которой приведена на рис. 3, имеет два уровня. Нижний уровень представляет собой 14 контроллеров, собранных на базе шасси IPC-610 фирмы Advantech. Каждый контроллер имеет в своем составе процессорную плату PCA-6154L, адаптер сети CAN PCL-841 и две платы ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов (PCL-722 и PCL-813B). Контроллеры размещены в герметичных шкафах, которые установлены в помещении КИП группы нагревательных колодцев вблизи вторичных приборов КИПиА. В шкафу также установлены монитор Samsung 14", источник бесперебойного питания Smart-UPS 700 фирмы APC, 5 плат MPB с модулями UCO 70G-IDC5B и 70G-ODC5B фирмы Grayhill и модули UCO ADAM-3014 фирмы Advantech. Внешний вид установленного в шкафу оборудования показан на рисунках 4 и 5.

Контроллер управляет ходом технологического процесса нагрева слитков индивидуально по каждой ячейке, воздействуя на приводы дымового шибера и регулирующих органов расходов газа и воздуха в соответствии с установленными заданиями.

На экран монитора выводится необходимая для нагревательщика технологическая информация по группе или по ячейке (рис. 6 и 7). В память контроллера записываются все регистрируемые

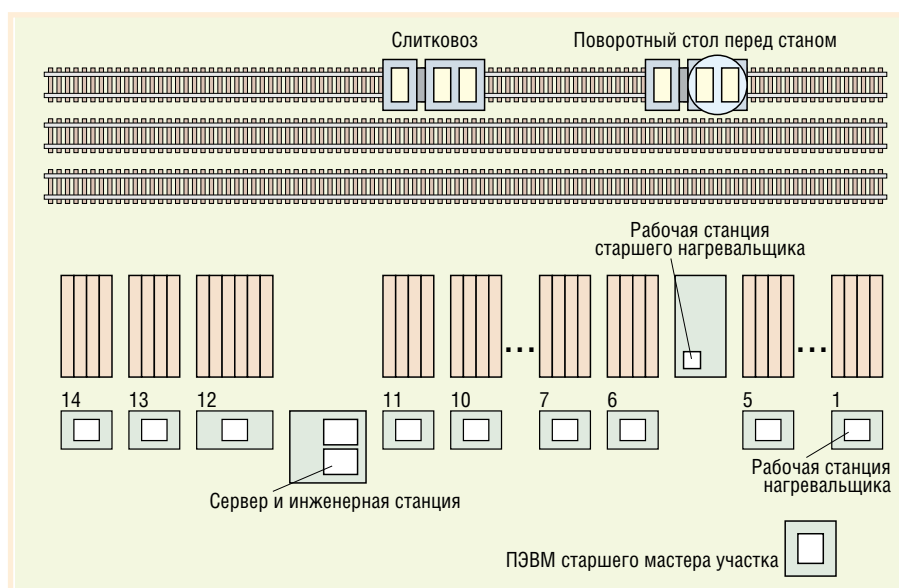
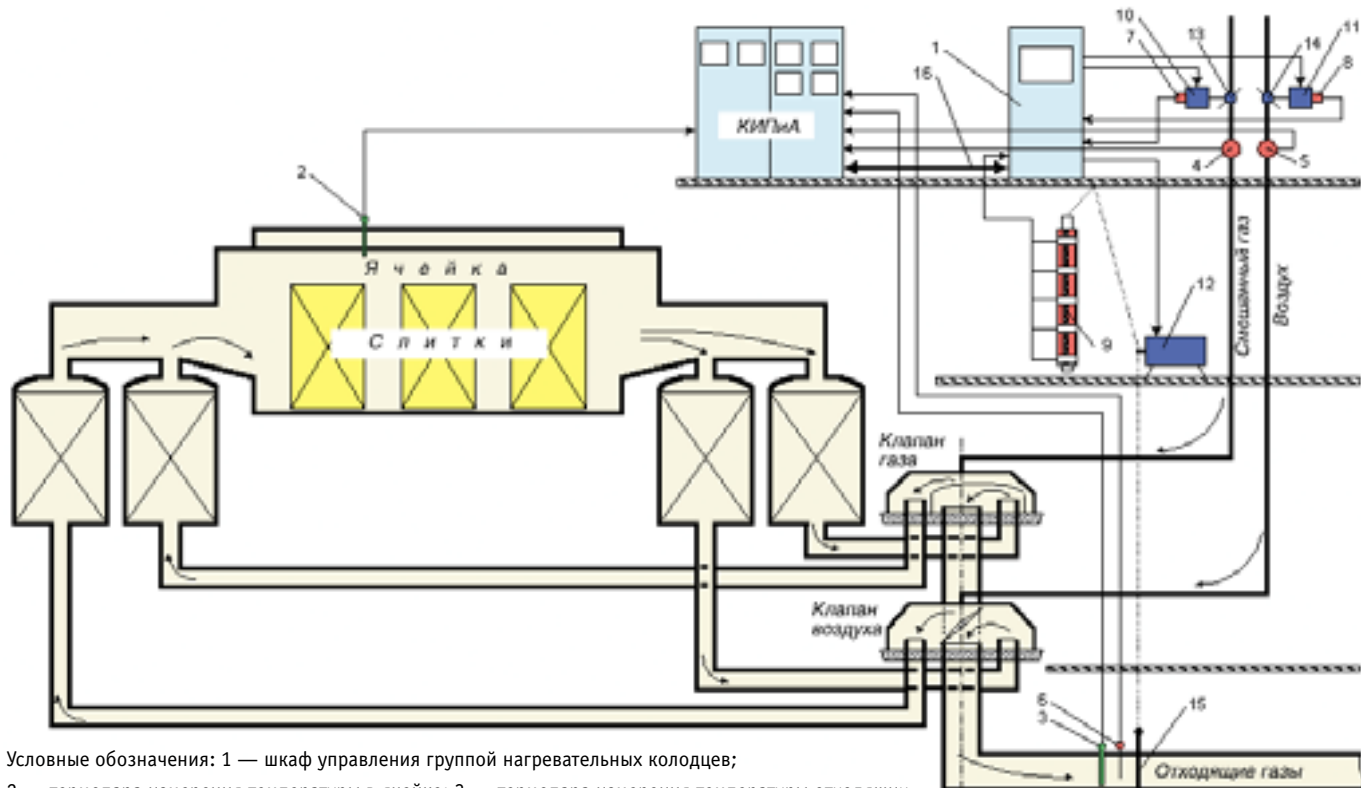


Рис. 1. План расположения групп нагревательных колодцев



Условные обозначения: 1 — шкаф управления группой нагревательных колодцев;

2 — термопара измерения температуры в ячейке; 3 — термопара измерения температуры отходящих

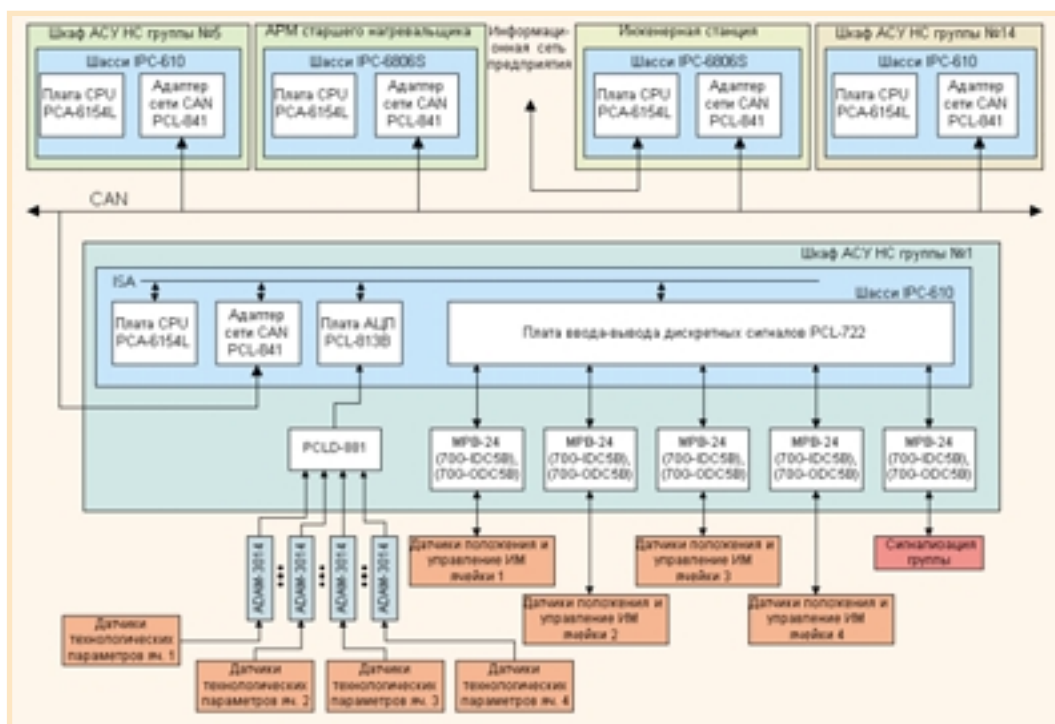
газов; 4 — датчик расхода газа; 5 — датчик расхода воздуха; 6 — датчик разрежения перед шибером; 7 — датчик положения регулирующей заслонки

газа; 8 — датчик положения регулирующей заслонки воздуха; 9 — датчик положения шибера; 10 — исполнительный механизм регулирующей заслонки

газа; 11 — исполнительный механизм регулирующей заслонки воздуха; 12 — исполнительный механизм шибера; 13 — регулирующая заслонка газа;

14 — регулирующая заслонка воздуха; 15 — шибер; 16 — кабели сигнальные.

Рис. 2. Функциональная схема одной ячейки нагревательного колодца



Условные обозначения: яч. — ячейка нагревательного колодца; ИМ — исполнительный механизм.

Рис. 3. Структурная схема АСУ НС

технологические параметры, входные сигналы, управляющие воздействия, технологические и аварийные события.

Верхний уровень включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) старшего нагревальщика (рис. 8) и ин-

женерную станцию. Промышленные компьютеры собраны на базе рабочей станции AWS-825 и шасси IPC-6806S фирмы Advantech с процессорными платами PCA-6154L и адаптерами сети CAN PCL-841 и установлены, соответ-

ственно, на посту старшего нагревальщика и в помещении АСУ ТП отделения нагревательных колодцев.

На экран монитора АРМ старшего нагревальщика выводится общая диспетчерская информация по всем группам и по запросу оператора — технологическая информация индивидуально по любой группе, включая тренды технологических параметров за любой промежуток времени в течение месяца.

Инженерная станция предназначена для внесения изменений в режимы нагрева и в технологичес-

кие базы данных. Через инженерную станцию осуществляется связь с информационной сетью предприятия.

Программное обеспечение разработано на языке Borland C. За основу были приняты существующие технологические инструкции, скорректированные для удобства представления временных функций в непрерывной фор-



Рис. 4. Вид шкафа с открытой дверью спереди



Рис. 5. Вид шкафа с открытой задней дверью

ме. Для обработки файлов с протоколами работы контроллера использовался MatLab-5.3.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АСУ НС

АСУ НС имеет четыре основных режима работы:

- 1) автоматический со связью с верхним уровнем (основной);
- 2) автоматический без связи с верхним уровнем;
- 3) регулятора;
- 4) отображения и регистрации.

В автоматическом режиме работы (режим 1) АСУ НС позволяет осуществлять нагрев слитков в соответствии с технологическими инструкциями с минимальным вмешательством нагревальщика в процесс нагрева.

Перед доставкой новой плавки в ОНК из стрипперного отделения на АРМ старшего нагревальщика передаются из информационной сети предприятия исходные данные по плавке:



Рис. 6. Главное рабочее окно управляющей программы нижнего уровня



Рис. 7. Информационное окно выбранной ячейки



Рис. 8. Рабочее место старшего нагревальщика

- номер плавки,
- группа марок стали,
- марка стали,
- тип слитка,
- время конца разливки,
- число слитков в плавке.

Эти данные могут быть введены также с пульта управления АРМ старшего нагревальщика. Главное рабочее окно АРМ старшего нагревальщика показано на рис. 9.

После получения исходных данных по плавке старший нагревальщик указывает номера подготовленных для посадки ячеек, и исходные данные автоматически пересылаются на соответствующий контроллер нижнего уровня. Причем плавка может быть посажена в ячейки разных групп нагревательных колодцев. Процесс посадки слитков в колодец иллюстрирует рис. 10.

После посадки слитков в ячейку нагревальщику на группе достаточно нажать кнопку «Пуск» соответствующей ячейки на местном пульте управления, и компьютер самостоятельно находит режим нагрева из технологической базы данных и начинает нагрев слитков в соответствии с этим режимом. После выбора режима нагрева вычисляются и передаются на АРМ старшего нагревальщика следующие данные:

- время окончания посадки,
- время транспортировки,
- расчетное время готовности слитков,
- номер строки технологической таблицы, по которой ведется нагрев.

В процессе нагрева контроллер регулирует температуру в рабочем прост-

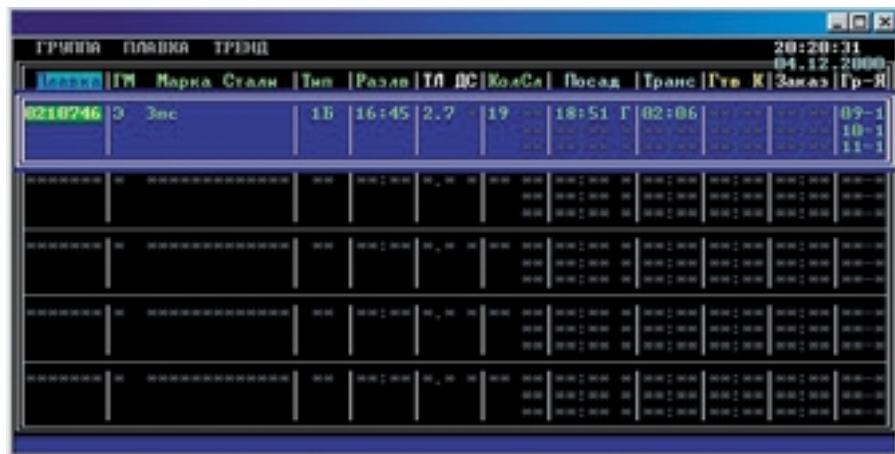


Рис. 9. Главное рабочее окно АРМ старшего нагревальщика

ранстве ячейки, соотношение расхода воздуха и газа, разрежение перед дымовым шибером в соответствии с выбранной технологической картой нагрева. Каждая ячейка может греться по своему технологическому режиму. На монитор контроллера в группе выводятся текущие значения технологических параметров по всем ячейкам группы.

Со всех 14 контроллеров нижнего уровня по локальной вычислительной сети передается информация на АРМ старшего нагревальщика о ходе нагрева на любой ячейке ОНК.

На монитор АРМ старшего нагревальщика выводятся текущие значения параметров нагрева любой ячейки ОНК или тренды изменения этих параметров за любой промежуток времени в течение месяца.

Программное обеспечение инженерной станции позволяет просматривать текущие значения параметров нагрева с любой ячейки ОНК, тренды изменения этих параметров за любой промежуток времени в течение месяца и про-

токолы работы контроллера с технологическими и аварийными событиями. На рис. 11 представлен фрагмент графика суточного отчета системы о работе первой ячейки девятой группы колодцев с 18:50 до 24:00 от 22.11.2000. Здесь виден момент посадки металла в ячейку, первый нагрев и нагрев на заказ. На рис. 12 представлен фрагмент протокола работы ячейки 9-1, соответствующий графику технологических параметров, изображенному на рис. 11.

Для повышения надежности работы АСУ НС в автоматическом режиме технологическая база с профилями нагрева установлена на каждом контроллере нижнего уровня. При отсутствии связи с верхним уровнем (режим 2) нагревальщик в группе может ввести исходные данные по плавке с локального пульта управления и запустить автоматизированный нагрев отдельно по каждой ячейке.

Роль нагревальщика при работе в автоматизированном режиме сводится к наблюдению за ходом технологическо-



Рис. 10. Посадка слитков в ячейку

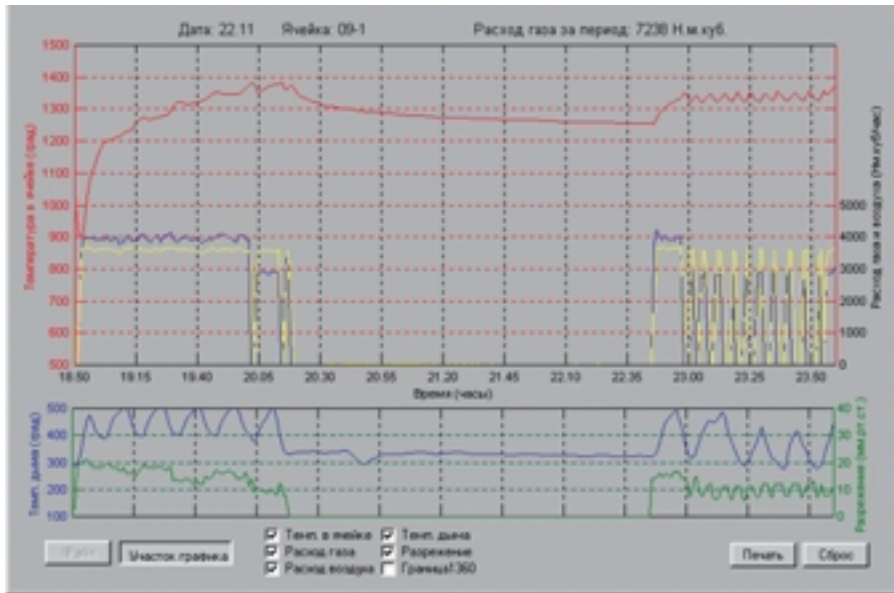


Рис. 11. Тренды технологических параметров нагрева ячейки 9-1 с 18:50 до 24:00 22.11.2000

го процесса и за работой оборудования группы и АСУ НС.

Ведение транзитной прокатки требует согласованной работы двух станков — слябинга и ШСГП. Заказы на время выдачи слитков из колодцев обжимного цеха формирует диспетчер ШСГП. Особенностью автоматического режима является способность АСУ НС выбирать режим нагрева слитков в зависимости от времени их заказа и текущей температуры в ячейке. Кроме этого, при переносе времени выдачи слитков какой-либо плавки автоматически пересчитывается время выдачи слитков всех последующих плавки в очереди.

Режим регулирования (режим 3) не предусматривает автоматизированного нагрева слитков. В этом режиме нагревательщик самостоятельно следит за изменениями технологических параметров и продолжительностью участков графика, вводит с местного пульта управления необходимые задания на температуру в ячейке, соотношение расхода воздуха и газа, разрежение перед дымовым шибером. Система лишь поддерживает указанные параметры в рамках заданного диапазона.

В режиме отображения и регистрации (режим 4) управление исполнительными механизмами от АСУ НС отключено. На экран монитора выводятся технологические параметры, в память компьютера записываются протоколы и отчеты.

Оценка качества нагрева слитка производится по показаниям пирометров, установленных по линии прокатки, а также по энергозатратам на передел

слитков/сляб на слябинге. Определение энергозатрат производится с помощью контрольно-измерительной системы параметров работы главных приводов слябинга.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ АСУ НС

Внедрение АСУ НС позволило реализовать ресурсосберегающие режимы

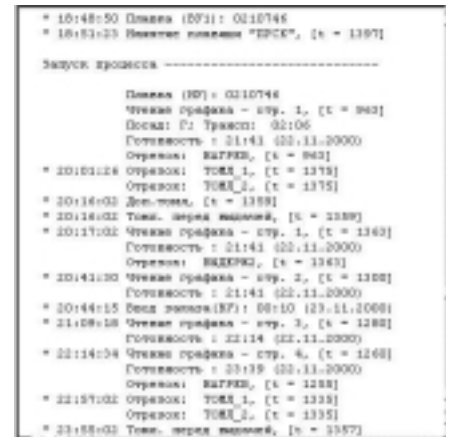


Рис. 12. Фрагмент протокола работы ячейки 9-1 с 18:50 до 24:00 22.11.2000

нагрева слитков в ОНК обжимного цеха с экономическим эффектом от снижения удельного расхода условного топлива 2-3 кг у.т./т нагретого металла и от снижения угара металла за счет сокращения времени пребывания металла в зоне высоких температур около 1 кг/т нагретого металла. ●

Авторы — сотрудники НПО «ДОНИКС»

Телефон: (0622) 99-9982, (062) 334-1151

Факс: (062) 334-1751