

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОПРОКАТА В ЛПЦ-10**

*Капцан Ф.В., Тахаутдинов Р.С., Муриков С.А.,  
Урцев В.Н., Молостов М.А. (ОАО «ММК»),  
Николаев А.А. (МГМА)*

Качество горячекатаного листа в большой степени зависит от температурно-деформационных режимов горячей прокатки. Обеспечить полноценный контроль качества продукции на стане 2000 возможно при наличии детальной информации по режимам обработки каждой прокатываемой полосы.

Была поставлена задача сохранения истории прокатки полос на стане 2000 в базе данных и разработка программных продуктов, позволяющих производить отображение и обработку накопленной технологической информации.

Учитывая специфику объекта автоматизации, объемы информации, и круг пользователей системы была предложена архитектура системы контроля качества продукции стана 2000, представленная на рис. 1.

Как видно из схемы, в состав системы входит:

- Модуль сбора и первичной обработки информации (СИП);
- Ретранслятор базы СЕРВЕР-КЛИЕНТ-СЕРВЕР (СКС);
- Четыре технологические базы данных;
- Нормативная база данных (НСИ);
- Системы реплицирования и архивирования данных;
- Три основных группы пользователей.

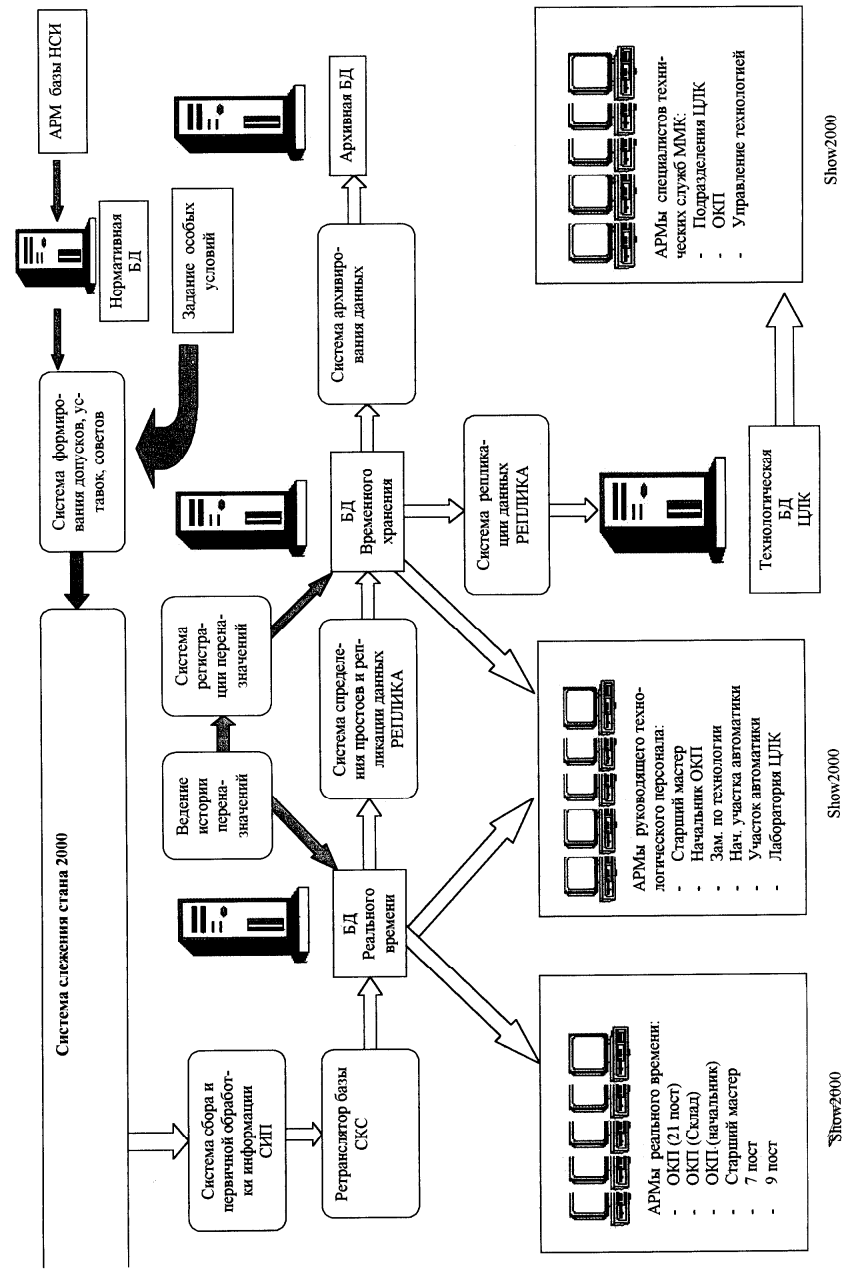
Рассмотрим подробнее перечисленные элементы системы.

### **Модуль сбора и первичной обработки информации**

Основой комплекса сбора технологической информации является система измерений параметров работы стана. Все измерительные каналы стана можно условно разбить на три группы:

1. Каналы определения состояния технологического оборудования. К ним относятся системы измерения тока, напряжения и давления в клетях, датчики положения и скоростей механизмов, давлений в гидроприводах и т.д.

# Архитектура системы контроля качества продукции стана 2000 ГП



2. Система контроля положения металла при прокатке, включающая в себя НМД (hot metal detector), инфракрасные оптопары, контролирующие положение холодного металла и т.д.
3. Датчики контроля состояния металла, включающие в себя шириномеры, толщиномеры, пирометры и т.д.

Архитектура модуля сбора и первичной обработки информации представлена на рис.2.

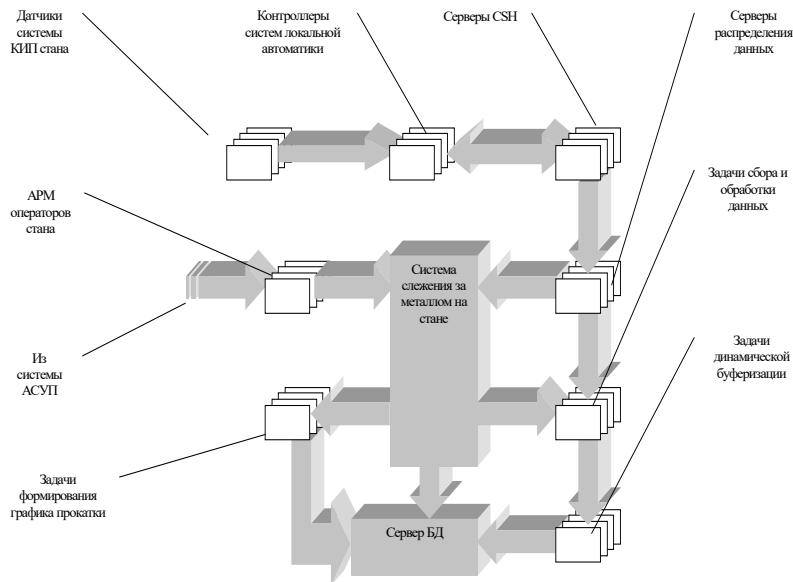


Рис.2.

Сигналы датчиков системы измерений поступают в контроллеры локальной автоматки стана, отвечающих за формирование циклограмм работы механизмов стана. В контроллерах сигналы преобразуются в реальные физические величины и передаются по кольцам СШН (интерфейс, разработанный фирмой GE) к компьютерам верхнего уровня автоматки.

Автоматика верхнего уровня реализована в локальной сети ЛПЦ-10 в рамках сетевой операционной системы реального времени QNX 4.24, обеспечивающей прозрачный доступ ко всем ресурсам сети.

Управление кольцами производится комплексом серверов CSH, включающим в себя драйверы обслуживания колец, программы предварительной обработки данных и задачи формирования информационных потоков.

Сформированные информационные потоки поступают на комплекс серверов распределения данных (серверы DDE), которые обеспечивают распределение данных в реальном времени между потребителями в локальной подсети.

Данные из DDE - серверов поступают в систему слежения за металлом, где связываются с информацией о прокатываемом сортаменте и нормативно – технологической информацией, поступающей из систем информационного обеспечения под контролем автоматизированных рабочих мест операторов стана. Система слежения обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Сопровождение каждого сляба при прохождении им механизмов стана
2. Синхронизацию работы задач комплекса
3. Хранение данных о текущем состоянии подката и доступ к ним задач, нуждающихся в этих данных или обеспечивающих их пересчет.
4. Обработку нештатных ситуаций (например, удаление металла с рольганга при авариях, некорректную работу отдельных измерительных позиций и т.д.).

При появлении на рольганге стана нового сляба, система слежения оповещает об этом событии задачи, отвечающие за запись в БД графика прокатки, и передает при этом всю необходимую информацию (марка и хим. состав стали, длина, ширина, катаемый сортамент и т.д.). При прохождении подкатом механизмов стана формируются аналогичные сообщения, принимаемые всеми задачами комплекса регистрации и инициализирующие их работу.

При появлении нового сляба в системе слежения задачи формирования графика прокатки создают в БД новые строчки в таблицах «Сляб», «График прокатки» и «Рулон». Если сляб является слябом новой партии, создается и строка в таблице «Партия». При поступлении сляба в механизм, фиксируется время этого события и запускается сбор данных, который продолжается до момента выхода

сляба из механизма. При получении сообщения о выходе записывается время события и начинается обработка данных. Данные с учетом скорости механизма привязываются к координате по длине сляба. Сляб разбивается на заданное число отрезков и внутри каждого отрезка производится усреднение каждого измеренного параметра. По завершению обработки данные передаются задачам динамической буферизации, которые записывают их в БД по мере освобождения сервера базы. Часть данных (в частности, информация о коммутации сопел системы ламинарного охлаждения) записывается без привязки к координате по слябу, однако данные графика прокатки позволяют при необходимости выполнить эту привязку.

Особенностью такой системы являются весьма жесткие требования к временной привязке данных. В самом деле, при скоростях прокатки в последней клетки чистой группы более 10 м/с возможна значительная ошибка в привязке данных к координате по длине подката. Чтобы избежать этого, время измерения любой характеристики фиксируется сервером CSH с точностью до 10 мс и передается вместе с данными. Все остальные задачи комплекса при обработке данных пользуются только этими временами. Для обеспечения синхронизации времени серверов CSH была разработана специальная система, периодически производящая синхронизацию таймеров компьютеров с необходимой точностью.

### **Ретранслятор базы СЕРВЕР-КЛИЕНТ-СЕРВЕР**

Специфика АСУ ТП не позволяет пользоваться стандартной архитектурой «клиент – сервер», принятой для всех ПО баз данных. В этой архитектуре задача – клиент блокируется на время обработки запроса сервером базы, что для задач АСУ ТП, являющихся задачами реального времени, совершенно неприемлемо. В связи с этим в описываемой системе выбрана архитектура «сервер – клиент – сервер». Роль промежуточного клиента здесь выполняют задачи динамической буферизации.

Отметим так же, что быстродействие большинства измерительных позиций стана составляет величину  $10^{-1} - 10^{-2}$ с, что с учетом количества информационных каналов дает поток информации сотни мегабайт в час. Очевидно, что такой объем информации невозможно анализировать в темпе накопления, сохранение же ее в течение

сколько-нибудь длительного времени требует значительных затрат вычислительных ресурсов.

В связи с этим при построении верхнего уровня автоматизации стана были приняты следующие меры:

На уровне серверов CSH:

1. Ограничивается объем данных за счет уменьшения частоты опроса каналов, от которых не требуется высокое быстродействие.
2. Производится усреднение данных в каналах, где быстрое изменение информации обусловлено шумовой составляющей сигнала.
3. На серверы данных передается информация для дальнейшего распределения только в том случае, если в информационном потоке зафиксировано изменение данных.

На уровне программ обработки и записи в БД:

1. Обработка информации, поступающей с датчика конкретного механизма, производится только в случае, когда в механизме есть металл.
2. Для каждого прокатанного сляба производится запись в БД средних значений параметров, вычисленных для фиксированного количества точек, заданных по длине сляба.

### **Технологические базы данных**

Учитывая большой объем технологической информации (500 Мбт в месяц), специфику задач пользователей базы было принято решение о создании четырехуровневой системы баз данных:

#### **1. База данных реального времени.**

Предназначена для сбора в режиме реального времени и хранения технологической информации. Пользователями базы данных является технологический персонал стана, контролеры ОКП. Основной задачей сервера базы данных реального времени является предоставление информации о технологических режимах в ритме с прокаткой. В связи с этим на сервер накладываются серьезные ограничения по скорости обработки SQL запросов, а следовательно и по объему хранимой в базе данных информации (от одной смены до нескольких суток).

#### **2. База данных временного хранения.**

Под управлением специальной задачи при простоях стана осуществляется перенос информации из базы данных реального

времени в базу данных временного хранения. Пользователями этой базы данных являются руководство цеха, ОКП, лаборатория ЦЛК. На этом уровне нет столь существенных ограничений на скорость обработки запросов, зато требуется значительный объем базы данных (от 6 месяцев до года) для проведения различных анализов, выборок, расследования причин брака.

**3. *Архивная база данных.***

По мере заполнения базы данных временного хранения производится копирование информации на сервер архивной базы данных, где производится ее архивация и запись на компакт диски для долговременного хранения. В обычном режиме в архивной базе данных содержится информация за период времени, предшествующий представленному в базе данных временного хранения. Однако по требованию пользователей, в ней может быть развернут любой промежуток времени из архива на компакт дисках. Информация такой давности может быть востребована при расследовании рекламаций или проведении исследовательских работ.

**4. *Технологическая база данных ЦЛК***

Параллельно с переносом данных в базу данных временного хранения производится реплицирование информации в технологическую базу данных ЦЛК. Пользователями этой базы данных являются специалисты ЦЛК, Управления технологии, ОКП. База предназначена для проведения исследований, связанных с анализом больших массивов информации, разбора рекламаций, определения причин брака продукции.

В качестве программной платформы баз данных выбран сервер SQL-Anywhere фирмы SYBASE. Выбор обусловлен принятыми на ММК стандартами и наличием версий указанного сервера, работающих как под управлением Windows NT, так и в системе реального времени QNX, используемой в системах АСУ стана.

Непременным условием успешного функционирования базы данных является оптимальное структурирование информации в ней. Структура базы данных должна обеспечивать простоту доступа к информации и вместе с тем не допускать чрезмерной избыточности информации. Структура технологической базы данных стана 2000 приведена на рис.3. В качестве основной единицы продукции, к которой привязываются вся информация, принят рулон. В свою

очередь рулон наследует свойства сляба, сляб – свойства партии и партия – свойства плавки.

**Номер плавки** присутствует в технологической базе данных не явно в виде составной части в условном обозначении партии. Основная информация по партии в целом, такая как хим. состав, марка, ГОСТ, геометрические размеры слябов содержится в таблице «**Партия**». По ключевому полю «Номер партии» с ней связана таблица «**Сляб**». Информация, содержащаяся в этой таблице, характеризует наиболее общие параметры сляба (номер сляба в партии, вес, положение в печи, температуры погрузки и выдачи из печи и т.д.). Таблица «**Сляб**» является прародителем таблицы «**Рулон**» с наиболее общими параметрами рулона, с которой в свою очередь, связан целый ряд таблиц, содержащих информацию о температурно-деформационных режимах прокатки:

- Таблица «**Черновая группа**»  
Вся длина полосы разбивается на десять равных отрезков. Для каждого из отрезков в таблицу записываются усредненные значения скорости, усилия прокатки, тока и напряжения главного привода, значения растворов валков для шести черновых клетей стана 2000.
- Таблица «**Чистовая группа**»  
Структура таблицы и алгоритм записи в нее данных аналогичны таблице черновой группы. Отличие заключается в том, что в связи с потребностью в более детальной информации по прокатке в чистовой группе, полоса разбивается на пятьдесят равных отрезков. Кроме того, таблица дополнена полями с информацией об усилиях противоизгиба клетей.
- Таблица «**Пирометры**»  
Температурный режим прокатки на стане 2000 контролируется пятью группами пирометров (после второй черновой клетки, на выходе из черновой группы клетей, после тринадцатой клетки, на первой и второй группах моталок). В каждой из групп может быть включено одновременно до четырех датчиков – два сверху полосы и два снизу. В таблицу пирометров заносятся усредненные показания каждого из датчиков на каждом из пятидесяти участков по длине полосы.
- Таблица «**Одиночные сигналы**»





В таблицу заносятся показания вспомогательных датчиков (толщиномер, шириномер и др.) с разверткой по длине полосы и привязкой к рулону, слябу и партии.

- Таблица **«График прокатки»** служит для временной синхронизации процессов прокатки полосы на стане 2000. В нее заносится информация о времени входа “головы” и выхода “хвоста” полосы по каждому из основных агрегатов стана. Информация, содержащаяся в таблице, позволяет определить время, которое полоса находилась в том или ином агрегате.
- Таблицы **«Охлаждение межклетьевого»**, **«Охлаждение на отводящем рольганге ближнее»** и **«Охлаждение на отводящем рольганге дальнее»**  
Таблицы аналогичны по структуре и алгоритму заполнения. При изменении состояния любого сопла системы охлаждения в систему АСУ стана выдается соответствующий сигнал. В момент поступления такого сигнала фиксируется состояние всех сопел душирования (включено или выключено) в одной из перечисленных таблиц, в зависимости от нахождения изменившего свое состояние сопла. Т.о., зная время нахождения полосы в зоне того или иного душирующего устройства, мы можем получить полную информацию по развертке состояния ее сопел во времени.

#### **Модуль просмотра данных и формирования произвольных выборок**

Программа просмотра информации по режимам прокатки на стане 2000 (Show2000) разработана в среде Delphi-3 и представляет из себя многооконное MDI- приложение Widows-32. Внешний вид главного окна программы представлен на рис.2.

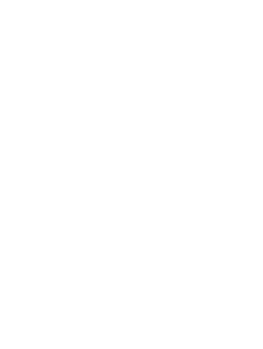
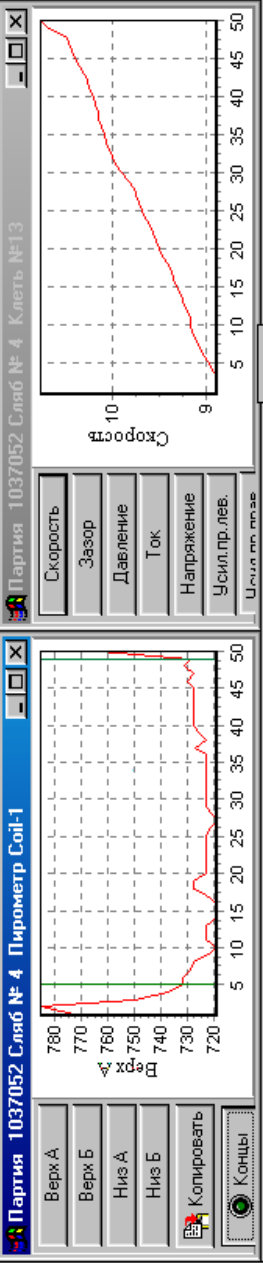
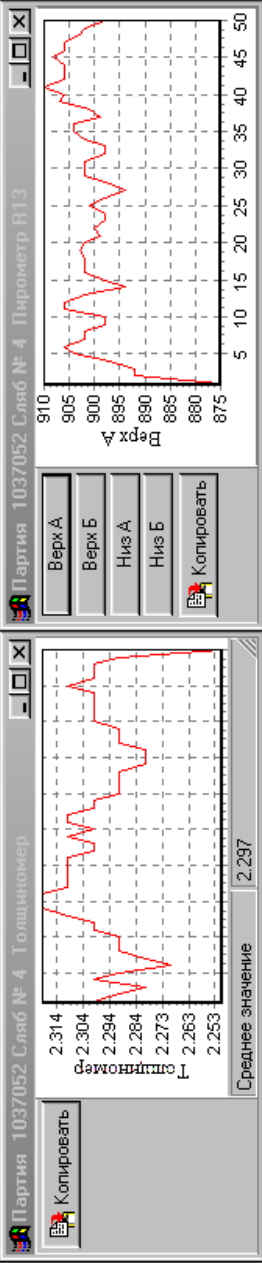
В верхней части окна располагается главное меню программы. С помощью него оператор имеет возможность переключать режимы работы программы, выбирать для просмотра данных тот или иной агрегат (датчик), производить фильтрацию данных по произвольным критериям и т.д.

В левой части окна выводится список номеров партий (по умолчанию - прокатанных на стане за текущие сутки). При перемещении курсора по списку партий, справа от списка партий выводится общая информация по текущей партии. Еще правее

# Просмотр основных параметров прокатки слэбов

Фильтр Агрегат Пирометр Датчики Душирование Счетцы Прокатка Окна Настройки Выход

1037052	1037052	19/03/99 0:20:56	1037052
2036725	8800	Группа	Партия 1037052 Сляб № 4
2036981	910		Номер плавки 0
2037143	250		Дата прок. 19/03/99
1033258	760		
1030361	2300		
1030401	08ПС		
1030582	13345-85АН0		
1033259	13345-85		
10332510	ХК	112	ИТЦ Аусферр



располагается список слябов в текущей партии. Установив курсор на любой сляб, можно сделать его активным. При этом, для него будет выведена общая информация справа от списка слябов.

Крайняя правая область предназначена для ввода номера интересующей плавки или даты прокатки. При вводе данных в одно из этих полей список партий будет обновлен, и в него войдут либо только партии выбранной плавки, либо партии за выбранную дату соответственно.

В пункте «**Агрегат**» главного меню предоставлена возможность выбора активной клетки стана. При этом, в нижней части экрана будет создано окно просмотра режимов прокатки активного сляба выбранной партии в данной клетки стана.

Пункт «**Пирометр**» позволяет создать окно просмотра показаний той или иной группы пирометров стана.

Пункт «**Душирование**» создает окна состояний сопел выбранной группы душирования по длине полосы.

Раздел меню «**Отчеты**» предоставляет обобщающую информацию по слябу или партии (график охлаждения полосы, партии в целом и т.д.) и проводить ряд стандартных расчетов.

Вся информация по параметрам прокатки может выводиться как в графическом, так и в табличном виде. Предусмотрена возможность распечатки любых окон и экспорт данных и графиков в табличные и текстовые процессоры.

Система контроля качества металлопроката в ЛПЦ-10 внедрена в июле 1998 г. и за время работы проявила хорошую надежность и достоверность информации. В настоящее время внедрены около десяти копий программы Show2000 в различных службах ОАО ММК. На базе внедренной системы в настоящее время разрабатывается целый ряд задач и пользовательских приложений.