

## Система управления технологией и качеством на АНГЦ ОАО «ММК»

*Капцан Ф.В., Вознесенский А.А. (ОАО «ММК»)  
Урцев В.Н., Муриков С.А. (ИТЦ «Аусферр»)*

В 2003 г. в цехе покрытий ОАО «ММК» запущен в эксплуатацию агрегат непрерывного горячего оцинкования производства фирмы Daniely. Агрегат в состоянии поставки был оснащен только базовыми системами автоматики. В состав аппаратной части входят пять основных программируемых логических контроллеров Siemens S7-400. Обмен данными осуществляется посредством локальной сети «ProfiBus DP». Обмен данными со вторым уровнем управления осуществляется через сеть «Ethernet». Программное обеспечение написано на языке программирования контроллеров Siemens S7-400.

Программное обеспечение уровня контроллеров выполняет следующие функции:

- управление исполнительными механизмами агрегата;
- глобальное позиционирование рулона (разбивка рулона на части на каждом из участков технологического процесса и отслеживание движения этих частей);
- сопровождение шва;
- опрос измерительных позиций;
- формирование сообщений о технологических событиях и управление ими;
- формирование буферов данных в контроллерах зон;

С целью интеграции агрегата в технологический цикл ОАО «ММК» в 2003 г. усилиями специалистов УА, ЦЛК, ОКП, ЦП и ИТЦ «Аусферр» осуществлен комплекс мероприятий по информационному обеспечению бизнес-процессов производства оцинкованного листа, выразившийся в разработке и внедрении следующих автоматизированных систем:

- «оперативного планирования и учета производства», обеспечившей вывод производительности агрегата на проектные показатели;
- «контроля технологии», обеспечившей процессы порулонного оперативного контроля технологии производства ГЦ-проката, снижение количества нарушений технологии и увеличение качества продукции;

- «контроля качества продукции», снизившей вероятность субъективных ошибок при оформлении документации, сократившей время отгрузки и сверхнормативные простои ж/д вагонов.

Архитектура систем автоматизации цеха покрытий приведена на рис.1.

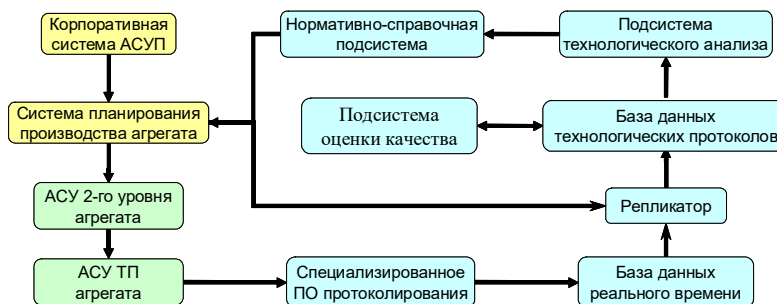


Рис. 1 Архитектура комплекса АСУ АНГЦ

Информация из системы оперативного планирования производства передается на уровень АСУ ТП агрегата. АСУ агрегата производит опрос измерительных датчиков и считывание показаний в виде рядов «измеренное значение – время».

Технология производства оцинкованного проката на АНГЦ имеет ряд особенностей. При поступлении на агрегат входные рулоны последовательно свариваются в непрерывную полосу. После нанесения покрытия эта полоса разрезается на выходные рулоны, количество и длина которых не совпадает с количеством и длиной входных рулонов. В большинстве случаев сварной шов вырезается, но возможна ситуация, когда выходной рулон состоит из частей разных входных рулонов.

Таким образом, часть информации (получаемые с предыдущего передела параметры подката и технологический протокол) относится к входному рулону, а характеристики конечной продукции – к выходному, поскольку именно он является отгрузочной единицей. Очевидно, что существует необходимость восстановления полной информационной картины для выходного рулона. Это можно обеспечить координатным слежением за входными и выходными рулонами и отслеживанием взаимосвязей этих двух систем координат.

Собранная с измерительных позиций информация обрабатывается подсистемой сбора, первичной обработки, протоколирования и визуализации технологической информации.

С учетом особенностей технологии, подсистема должна выполнять следующие функции.

1. Протоколирование и расшифровку технологических событий агрегата.
2. Координатное слежение и сопоставление координат входных и выходных рулонов.
3. Опрос измерительных позиций и протоколирование результатов измерений с привязкой к координатам на входном и выходном рулонах.
4. Формирование технологических протоколов для рулонов (обработка данных с целью привязки результатов измерений к фиксированному объему метала).

Система технологического протоколирования обеспечивает преобразование показаний приборов в физические единицы измерения и осуществляет привязку измерений к единице объема металла.

База данных реального времени предназначена для оперативной записи технологической информации и не предусматривает длительное хранение данных. В процессе формирования технологических протоколов информация из нее реплицируется в базу данных технологических протоколов и, по истечению заданного периода времени, удаляется.

В табл.1 приведен перечень измерительных позиций агрегата, по которым предусмотрено протоколирование рядов.

Таблица 1

Перечень измерительных позиций АНГЦ

| № | Название агрегата       | Объект               | № датчика      | Параметр     |                   |
|---|-------------------------|----------------------|----------------|--------------|-------------------|
| 1 | Предварительная очистка | Рециркуляционный бак | 1              | уровень      |                   |
|   |                         |                      | 2              | проводимость |                   |
|   |                         |                      | 3              | температура  |                   |
|   |                         | 3                    | Бак полоскания | 4            | температура       |
|   |                         |                      |                | 5            | температура сушки |
| 5 | Бак деминерализов. воды | 6                    | температура    |              |                   |
| 6 |                         | 7                    | уровень        |              |                   |
| 7 | ИМПОК -1                |                      | 8              |              |                   |

|    |                           |                        |    |                  |
|----|---------------------------|------------------------|----|------------------|
| 8  | ЩММ 2<br>(щелочая)        | Рециркуляционный бак   | 51 | уровень          |
| 9  |                           |                        | 52 | проводимость     |
| 10 |                           |                        | 53 | температура      |
| 11 |                           | Бак смешивания         | 54 | уровень          |
| 12 |                           |                        | 55 | проводимость     |
| 13 |                           |                        | 56 | температура      |
| 14 | Электролитическая очистка | Бак полоскания         | 57 | уровень          |
| 15 |                           |                        | 58 | проводимость     |
| 16 |                           |                        | 59 | температура      |
| 17 |                           |                        | 60 | ток 1            |
| 18 |                           |                        | 61 | ток 2            |
| 19 |                           |                        | 62 | Напряжение 1     |
| 20 |                           |                        | 63 | Напряжение 2     |
| 21 | ЩММ 3                     | Рециркуляционный бак   | 64 | уровень 1        |
| 22 |                           |                        | 65 | уровень 2        |
| 23 |                           |                        | 66 | Темп. конденсата |
| 24 |                           | Бак полоскания         | 67 | температура      |
| 25 |                           |                        | 68 | Темп. сушки      |
| 26 | Печь                      | Нагрев - зона 1        | 69 | температура      |
| 27 |                           | Нагрев - зона 2        | 70 | температура      |
| 28 |                           | Нагрев - зона 3        | 71 | температура      |
| 29 |                           | Нагрев - зона 4        | 72 | температура      |
| 30 |                           | Нагрев - зона 5        | 73 | температура      |
| 31 |                           | Нагрев - зона 6        | 74 | температура      |
| 32 |                           | Нагрев - зона 7        | 75 | температура      |
| 33 |                           | Пирометр 1             | 76 | температура      |
| 34 |                           | Выдержка - зона 1      | 77 | температура      |
| 35 |                           | Выдержка - зона 2      | 78 | температура      |
| 36 |                           | Пирометр 2             | 79 | температура      |
| 37 |                           | Пирометр 3 (зона - СС) | 80 | температура      |
| 38 |                           | Пирометр 4 (зона - DD) | 81 | температура      |
| 39 |                           | Н2 в зоне нагрева      | 82 | Концентрация     |
| 40 |                           | Н2 в зоне выдержки     | 83 | Концентрация     |

Сборник трудов ЦЛК ОАО «ММК», 2004 г.

|    |                     |                      |     |                   |
|----|---------------------|----------------------|-----|-------------------|
| 41 |                     | H2 в зоне охлаждения | 84  | Концентрация      |
| 42 |                     | O2 в зоне нагрева    | 85  | Концентрация      |
| 43 |                     | O2 в зоне выдержки   | 86  | Концентрация      |
| 44 |                     | O2 в зоне охлаждения | 87  | Концентрация      |
| 45 |                     | зона нагрева         | 88  | Точка росы        |
| 46 |                     | зона выдержки        | 89  | Точка росы        |
| 47 |                     | зона охлаждения      | 90  | Точка росы        |
| 48 |                     | зона нагрева         | 91  | Давление          |
| 49 |                     | зона выдержки        | 92  | Давление          |
| 50 |                     | зона охлаждения      | 93  | Давление          |
| 58 | Воздушные ножи      |                      | 101 | Высота            |
| 59 |                     | Верхний нож          | 102 | Дистанция         |
| 60 |                     | Нижний нож           | 103 | Дистанция         |
| 61 |                     | Верхний нож          | 104 | Угол наклона      |
| 62 |                     | Нижний нож           | 105 | Угол наклона      |
| 63 |                     | Верхний нож          | 106 | Давление          |
| 64 |                     | Нижний нож           | 107 | Давление          |
| 65 | Ванна цинкования    | Ванна 1              | 108 | температура       |
| 66 |                     | Ванна 2              | 109 | температура       |
| 67 |                     | Индуктор 1           | 110 | мощность          |
| 68 |                     | Индуктор 2           | 111 | мощность          |
| 69 |                     | Воздух в сопле       | 112 | температура       |
| 70 |                     | Пирометр в сопле     | 113 | температура       |
| 71 |                     | Индуктор 3           | 114 | мощность          |
| 72 |                     | Индуктор 4           | 115 | мощность          |
| 73 | Гальванил           |                      | 116 | Напряжение        |
| 74 |                     |                      | 117 | ток               |
| 75 |                     |                      | 118 | мощность          |
| 76 |                     |                      | 119 | частота           |
| 77 |                     |                      | 120 | проводимость      |
| 78 | Бак закалки         |                      | 121 | температура сушки |
| 79 | Толщиномер покрытия |                      | 122 | верх              |
| 80 |                     |                      | 123 | низ               |

Сборник трудов ЦЛК ОАО «ММК», 2004 г.

|     |                   |                      |                |                     |
|-----|-------------------|----------------------|----------------|---------------------|
| 81  | ИМПОК –2          |                      | 124            |                     |
| 82  | Дрессировка       | усилие прокатки      | 125            | Обжатие             |
| 83  |                   |                      | 126            | Удлинение           |
| 84  |                   |                      | 127            | tilting             |
| 85  |                   |                      | 128            | bending             |
| 86  |                   |                      | 129            | Противоизгиб        |
| 87  |                   |                      | 130            | Противогофрирование |
| 88  |                   | Натяжение            | 131            | вход                |
| 89  |                   |                      | 132            | выход               |
| 90  |                   | WET SYSTEM           | 133            | температура СОЖ     |
| 91  |                   | Правильная машина    | Натяжение      | 134                 |
| 92  | intermes          |                      | 135            | unit 1              |
| 93  |                   |                      | 136            | unit 2              |
| 94  |                   |                      | 137            | Противогофрирование |
| 95  |                   |                      | 138            | anticoilset         |
| 96  |                   |                      | 139            | Удлинение           |
| 97  |                   | Режим                |                | Удлинение           |
| 98  |                   |                      |                | Intremes            |
| 99  |                   | WASHER               | High pres pump | 140                 |
| 100 | Рабочий бак       |                      | 141            | уровень             |
| 101 |                   |                      | 142            | температура         |
| 102 | Бак деминир. воды |                      | 143            | Расход              |
| 103 |                   |                      | 144            | температура         |
| 104 | Flow tank         |                      | 145            | уровень             |
| 105 | Пассивация        | Бак смешивания       | 146            | уровень             |
| 106 |                   |                      | 147            | проводимость        |
| 107 |                   |                      | 148            | температура         |
| 108 |                   | Рециркуляционный бак | 149            | уровень             |
| 109 |                   |                      | 150            | проводимость        |
| 110 |                   |                      | 151            | температура         |
|     |                   |                      | 152            | температура         |
| 111 |                   | Сушилка              |                | сушки               |

|     |                    |                   |     |                          |
|-----|--------------------|-------------------|-----|--------------------------|
| 112 | Скорость           | станция натяжения | 153 | скорость агрегата        |
| 113 | Промасливате<br>ль |                   | 31  | Масса масляной<br>пленки |
| 114 | ИМПОК –3           |                   | 32  |                          |

Под технологическим протоколом понимается совокупность информации, включающая:

- учетную информацию;
- информацию технологической карты;
- ряды данных с фиксированным количеством измерений для каждого датчика;
- характеристики конечной продукции.

Готовые технологические протоколы содержатся в подсистеме технологического анализа. Для получения информации о технологических параметрах производства продукции на АНГЦ с требуемой структурой данных и в удобном для пользователя виде предназначено специальное автоматизированное рабочее место.

Основная задача программы – обеспечить возможность свободных выборок информации из базы данных и их обработка. Результаты выборок могут быть экспортированы в документ Microsoft Excel, а также в файлы баз данных распространенных форматов для последующей обработки.

Главное окно программы представлено на рисунке 2.

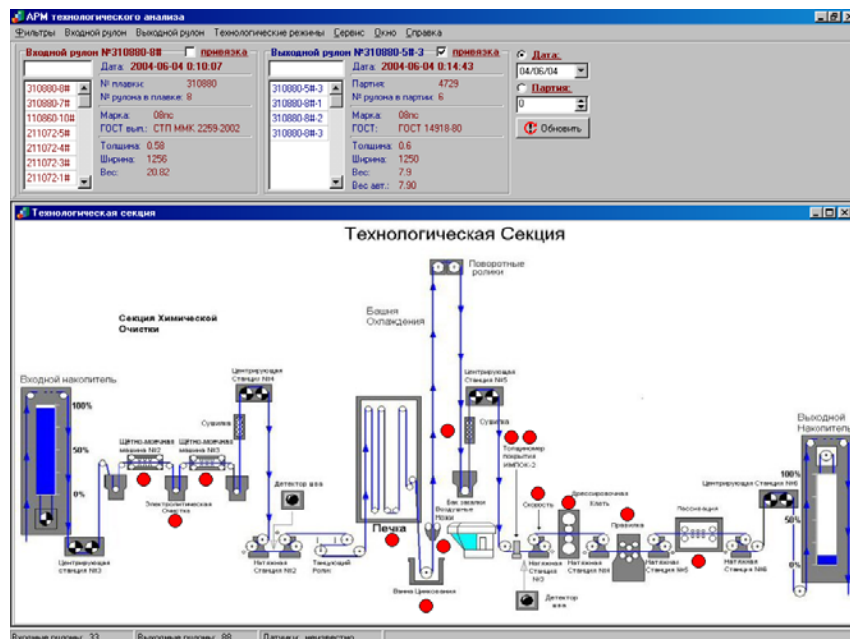


Рис. 2 Главное окно программы

В верхней части окна расположено главное меню программы. Под ним расположена панель управления, предназначенная для оперативной навигации по входным и выходным рулонам. Она предоставляет основные технологические и нормативные данные по каждому рулону.

Меню «Фильтры» предоставляет пользователю различные механизмы формирования выборок информации и состоит из трёх опций:

- «фильтры по входным рулонам»;
- «фильтры по выходным рулонам»;
- «свободная выборка».

Пункт меню «Свободная выборка» позволяет строить запросы к базе данных технологических протоколов практически любого вида с помощью специального конструктора.

Пункты меню «Технологические режимы» позволяют просмотреть результаты измерений, как в табличном, так и в графическом виде.



Отображение результатов измерений на примере параметра «Натяжение при дрессировке» показано на рисунке 3. Для остальных технологических режимов вид окна аналогичен.

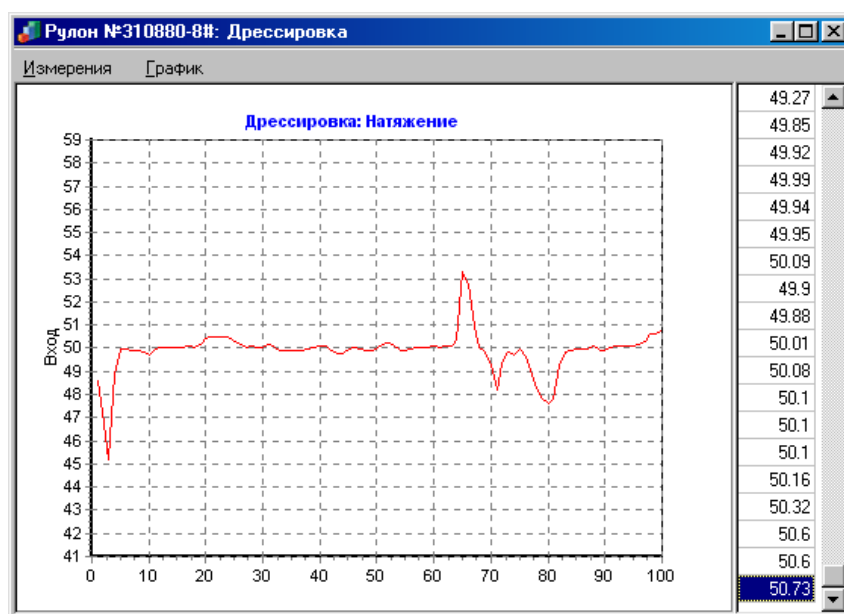


Рис. 3 Окно «Натяжение при дрессировке»

Для удаленного просмотра информации по оцинкованным рулонам АНГЦ реализован WEB – интерфейс к базе данных технологических протоколов.

Стартовая страница поиска, в которой показаны все номера выходных рулонов за текущую дату, представлена на рисунке 4.

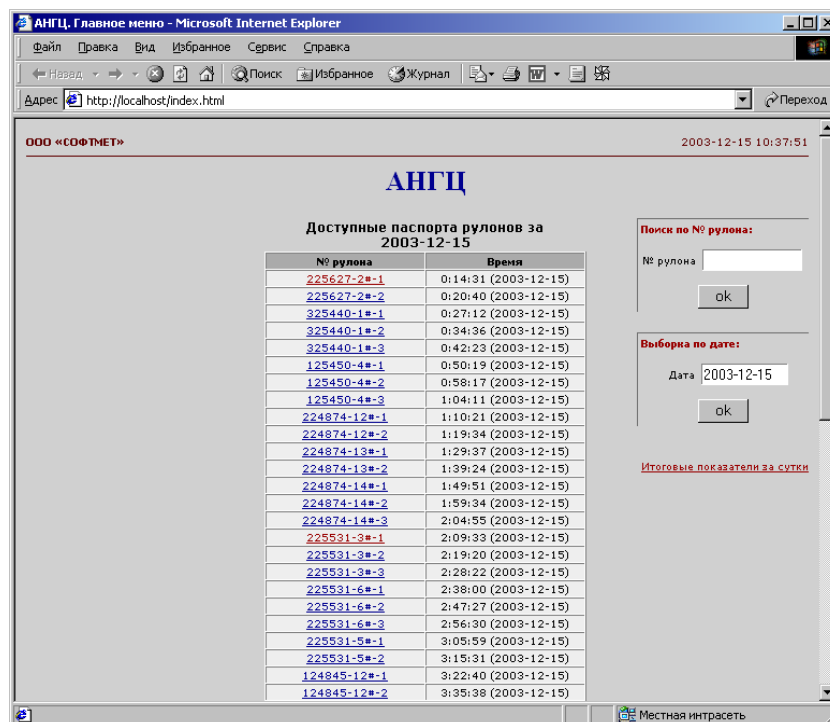


Рис. 4 Стартовая страница поиска

Стартовая страница позволяет произвести поиск рулона по номеру, указанной дате и получить на выбранный рулон технологический паспорт. Паспорт содержит учетную информацию из системы планирования производства АНГЦ, нормативные заставки и обработанные результаты фактических технологических измерений на выбранном рулоне. Внешний вид документа показан на рис. 5.

| Технологический паспорт рулона № 311205-8#-2 |                                          | Дата/время: 2004-06-04 13:38:39 |      |          |        |          |      |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|------|----------|--------|----------|------|
| Дата/время                                   | 2004-06-04 10:02:50                      |                                 |      |          |        |          |      |
| Смена                                        | 2                                        |                                 |      |          |        |          |      |
| Бригада                                      | 1                                        |                                 |      |          |        |          |      |
| Мастер производства                          | 1                                        |                                 |      |          |        |          |      |
| Мастер ОКП                                   |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| Контролер                                    |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| № заказа                                     | 123681-1                                 |                                 |      |          |        |          |      |
| Партия                                       | 4750                                     |                                 |      |          |        |          |      |
| Пластика                                     |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| Марка стали                                  | 08пс                                     |                                 |      |          |        |          |      |
| Назначение                                   | 0                                        |                                 |      |          |        |          |      |
| Вид поверхности                              | КР                                       |                                 |      |          |        |          |      |
| Класс шероховатости                          | 2                                        |                                 |      |          |        |          |      |
| Пассивация                                   | да                                       |                                 |      |          |        |          |      |
| Промасливание                                | да                                       |                                 |      |          |        |          |      |
| ИД                                           | ГОСТ 14018-80                            |                                 |      |          |        |          |      |
| Откил покрытия                               |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| Режим дрессировки                            |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| Режим правки расстоянием                     |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| Подкраска кромок                             | нет                                      |                                 |      |          |        |          |      |
|                                              |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
|                                              | No                                       | Толщина                         |      | Ширина   |        | Вес      |      |
|                                              |                                          | Норматив                        | Факт | Норматив | Факт   | Норматив | Факт |
| Подкат                                       | 311205-8#                                |                                 | 0,48 |          | 1250   |          |      |
|                                              |                                          |                                 |      |          |        |          |      |
| Параметр                                     |                                          | Норматив, Мин./Макс./Норм.      |      | Мин.     | Макс.  | Среднее  |      |
| Скорость технологической секции, м/мин       |                                          |                                 |      | 180      | 180    | 180      |      |
| Подваривательная очистка полосы              | Концентрация раствора NaOH, мг/г/см      | 10 / 20                         |      | -236,8   | -236,8 | -236,8   |      |
|                                              | Температура раствора, С                  | 70 / 90                         |      | 77       | 77     | 77       |      |
|                                              | Температура промывочной воды, С          | 70 / 90                         |      | 79       | 81     | 81       |      |
|                                              | Температура деминерализ. воды, С         | 70 / 110                        |      | 66       | 66     | 66       |      |
| ЩМЗ                                          | Температура щелочи, С                    | 100 / 140                       |      | 136      | 137    | 137      |      |
|                                              | Концентрация раствора NaOH, мг/г/см      | 20 / 30                         |      | 225,3    | 225,3  | 225,3    |      |
|                                              | Температура раствора, С                  | 70 / 90                         |      | 79       | 82     | 81       |      |
|                                              | Концентрация раствора NaOH, мг/г/см      | 20 / 30                         |      | 66,9     | 67,4   | 67,1     |      |
| Эл.-хим. очистка                             | Температура раствора, С                  | 70 / 90                         |      | 78       | 82     | 79       |      |
|                                              | Напряжение, В                            | 0 / 40                          |      | 8        | 8      | 8        |      |
|                                              | Сила тока, А                             | 2000 / 5000                     |      | 3862     | 4034   | 4000     |      |
|                                              | Температура конденсата, С                | 70 / 90                         |      | 73       | 75     | 74       |      |
| Нагрев                                       | Температура щелочи, С                    | 100 / 140                       |      | 116      | 120    | 117      |      |
|                                              | Средняя температура зоны, С              |                                 |      | 725      | 741    | 735      |      |
|                                              | Температура металла, С                   |                                 |      | 711      | 726    | 718      |      |
|                                              | Давление в печи, мм.во.ст.(мбар)         | 5 / 20                          |      | 13,0     | 12,0   | 13,0     |      |
|                                              | H <sub>2</sub> ррп.                      | 5 / 15                          |      | 7,4      | 7,4    | 7,4      |      |
|                                              | O <sub>2</sub> ррп.                      |                                 |      | 12,0     | 12,0   | 12,0     |      |
| Выдержка                                     | Температура точки росы защитного газа, С | -50 / -20                       |      | -37      | -37    | -37      |      |
|                                              | Средняя температура зоны, С              |                                 |      | 716      | 732    | 728      |      |
|                                              | Температура металла, С                   |                                 |      | 721      | 733    | 730      |      |
|                                              | Давление в печи, мм.во.ст.(мбар)         | 5 / 20                          |      | 11,0     | 12,0   | 11,7     |      |
| Охлаждение (печь)                            | H <sub>2</sub> ррп.                      | 5 / 15                          |      | 8,3      | 8,4    | 8,4      |      |
|                                              | O <sub>2</sub> ррп.                      |                                 |      | 12,0     | 12,0   | 12,0     |      |
|                                              | Температура точки росы защитного газа, С | -50 / -20                       |      | -36      | -36    | -36      |      |
|                                              | Температура металла, С                   |                                 |      | 465      | 472    | 469      |      |
| Ванна Zn 1                                   | Давление в печи, мм.во.ст.(мбар)         | 5 / 20                          |      | 16,0     | 17,8   | 16,8     |      |
|                                              | H <sub>2</sub> ррп.                      | 5 / 15                          |      | 7,5      | 7,5    | 7,5      |      |
|                                              | O <sub>2</sub> ррп.                      |                                 |      | 11,0     | 11,0   | 11,0     |      |
|                                              | Температура точки росы защитного газа, С | -50 / -20                       |      | -36      | -36    | -36      |      |
| Ванна Zn 2                                   | Температура расплава, С                  |                                 |      | 447      | 449    | 447      |      |
|                                              | Температура расплава, С                  |                                 |      | 454      | 458    | 456      |      |
|                                              | Температура ванны, С                     | 0 / 200                         |      | 225      | 228    | 227      |      |
|                                              | Температура ванны после закладки, С      | 100 / 170                       |      | 145      | 150    | 147      |      |
| Дрессировка                                  | Температура КОВ, С                       | 40 / 50                         |      | 43       | 44     | 43       |      |
|                                              | Увлажнение, %                            |                                 |      | 0,6      | 0,1    | 0,0      |      |
|                                              | Усилия, кН                               | 0,4 / 0,3                       |      | -823,8   | -809,7 | -817,2   |      |
|                                              | Увлажнение, %                            |                                 |      | 0,0      | 0,0    | 0,0      |      |
| ИРИ                                          | Концентрация Passerit 225W, мг/г/см      | 0,2 / 0,3                       |      | 25,0     | 25,0   | 25,0     |      |
|                                              | Температура раствора, С                  | 25 / 35                         |      | 29       | 29     | 29       |      |
|                                              | Температура щелочи, С                    | 120 / 160                       |      | 152      | 155    | 153      |      |

Рис.5. Пример паспорта рулона

При выделении любого измерительного параметра программа формирует график изменения рассматриваемой величины по длине рулона.

Помимо измерительных позиций предусмотренных в штатной поставке агрегата в системе предусмотрены три канала для подключения приборов неразрушающего контроля ИМПОК. Установка приборов производится до и после нагревательной печи и в выходной секции агрегата. В настоящее время завершается их наладка и включение в

систему измерений агрегата. Показания приборов позволят проводить работы по оптимизации технологических режимов и внедрить автоматизированный неразрушающий контроль качества продукции в технологическом потоке агрегата. Внедрение магнитного метода контроля на АНГЦ намечено на конец 2004 г.

Итак, в рамках системы:

1. внедрена система оперативного планирования;
2. внедрена система нормативно – справочного сопровождения [1];
3. доработаны системы АСУ ТП поставки Daniely, разработана и внедрена система технологического протоколирования;
4. внедрена система формирования технологических паспортов оцинкованных рулонов;
5. автоматизированы рабочие места технологического, контрольного и исследовательского персонала, обеспечивающие визуализацию, анализ и обработку технологической информации;
6. проведен комплекс мероприятий, обеспечивших сохранность и долговременное хранение технологических протоколов;
7. интегрированы в систему измерений агрегата три прибора неразрушающего контроля.

Т.о. на протяжении 2003-2004 г.г. в цехе покрытий ОАО «ММК» создан полнофункциональный третий уровень автоматизации, концептуально соответствующий принятой на ММК стратегии [2].

#### **Литература**

1. Вознесенский А.А., Капцан Ф.В., Урцев В.Н. и др. Система коллективного ведения нормативно-справочной базы технологических режимов, сборник трудов ЦЛК т.4, 2000 г. С.369-377.
2. В.Ф. Рашников Стратегия развития информационной системы сквозного управления качеством продукции. Сб. научных трудов – Магнитогорск: Издание МГМА, 1998 – С.4-9