

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА СТАНЕ 2000 Г.П.

*Морозов А.А., Урцев В.Н., Капцан Ф.В., Муриков С.А,  
Толстун П.М., Молостов М.А, Вознесенский А.А.*

Рост производства на стане 2000 и увеличение количества перестроек на монтажах предъявляют повышенные требования к автоматизации настройки системы охлаждения. Душирование полос на стане 2000 осуществляется на двух установках ламинарного охлаждения:

- перед первой группой моталок (28 секций);
- перед второй группой моталок (32 секции).

Каждая секция состоит из нижнего и верхнего сопла. Сопла установки условно разделены на две группы: основные и дополнительные. Основные секции применяются для начальной настройки системы охлаждения, дополнительные использует АСУ ТП нижнего уровня для компенсации температурного клина в результате ускорения движения полосы.

По существующей технологии охлаждения оператор душирующей установки, руководствуясь требуемой температурой смотки и сортаментными характеристиками продукции, осуществляет предварительную настройку установки ламинарного охлаждения исходя из субъективного опыта работы. В процессе прокатки включением (выключением) сопел достигается требуемая температура смотки. К недостаткам существующей технологии следует отнести следующее:

- При смене сортамента, изменении температуры конца прокатки, скорости прокатки или состояния установки ламинарного охлаждения оператору **трудно оптимально произвести начальную настройку**, что увеличивает количество рулонов, прокатанных с нарушением технологии.
- Целью охлаждения полосы является не только достижение требуемой температуры смотки, но и получение определенных механических свойств горячекатаной полосы. Для получения требуемой микроструктуры металла важно и **выдержать требуемую траекторию охлаждения**. При существующей технологии отсутствуют механизмы управления траекторией охлаждения. На большинстве сортаментов не нормируются ни порядок ни последовательность включения сопел водяного охлаждения.
- Технология охлаждения является нестабильной т.к. процесс охлаждения операторы установки ведут по различным схемам. Учитывая разную эффективность сопел душирования, возможные вариации технологических факторов (скорость, давление воды и т.д.) получаем

**несопоставимость информации** по разным рулонам, а следовательно, и невозможность детального анализа и автоматизации процесса.

В рамках внедренной в ЛПЦ-10 системы управления качеством продукции /1/ реализованы механизмы нормирования технологии, обеспечения систем стана нормативной информацией и протоколирование технологических режимов. Было принято решение, используя идеологию системы управления качеством, произвести модернизацию технологии охлаждения горячекатаных рулонов. Автоматизацию управления душированием решено производить в четыре этапа:

1. Нормирование схем и правил охлаждения полос сортамента стана. Нормирование производится в рамках системы обеспечения стана 2000 нормативно-справочной информацией /2/ ;
2. Создание механизмов, обеспечивающих работу операторов стана в режиме нормированной технологии душирования;
3. Внедрение системы «Совет», выдающий оператору информацию о настройке душирующей установки на последней, прокатанной с выполнением всех нормативов, полосе данного сортамента;
4. Внедрение математической модели процессов охлаждения на отводящем рольганге с целью динамической коррекции настройки душирующей установки.

Рассмотрим подробнее принципы реализации указанных этапов автоматизации технологии душирования.

### Нормирование схем и правил душирования

С целью проведения нормирования технологии охлаждения сортамент стана разбит на группы исходя из требований к технологии душирования (на настоящий момент 25 групп). Весь набор сопел водяного охлаждения разбит на три группы:

- **Основные**, включаемые после прохождения головной части полосы неохлаждаемой водой (отсечки), а так же отключаемых при прохождении хвостовой неохлаждаемой части полосы
- **Дополнительные**, включаемые для получения требуемого профиля температуры смотки полосы с учетом ускорения
- **Резервные** используются при нештатных ситуациях.

Для каждой группы сопел задаются шаблоны включения верхних и нижних секций водяного охлаждения отдельно по каждой установке ламинарного охлаждения. Таким образом, для сортамента, сматываемого на вторую группу моталок задается двенадцать шаблонов, а для сматываемого

на первую группу соответственно шесть. Помимо задания разрешенной последовательности включаемых секций по средствам шаблонов нормируется соотношение верхних и нижних используемых сопел водяного охлаждения.

Наряду с шаблонами нормируются направление выбора секций из числа разрешенных в шаблоне и направление добавления сопел в процессе прокатки полосы при необходимости корректировки начальной настройки. Направление задается либо в направлении от 13 клетки к моталке, либо от моталки к 13 клетки.

Для сортовamentos, требующих отсечки охлаждения на концах рулонов, производится нормирование длин переднего и заднего неохлаждаемых концов рулона, градиент температуры смотки концов и середины полосы.

Таким образом, произведя нормирование технологии охлаждения полосы, мы реализуем механизм управления траекторией охлаждения, стабилизируем технологический процесс и получаем возможность сравнительного анализа режимов душирования с целью их оптимизации.

Для выявления влияния режимов охлаждения горячекатаных полос прокатной лабораторией ЦЛК проведена исследовательская работа [3], в результате которой были предложены шаблоны включения секций и параметры душирования для всех сортментных групп.

В рамках системы сопровождения базы данных технологических нормативов реализована процедура кодировки режимов душирования полос. Вид окна ввода информации приведен на рис. 1.

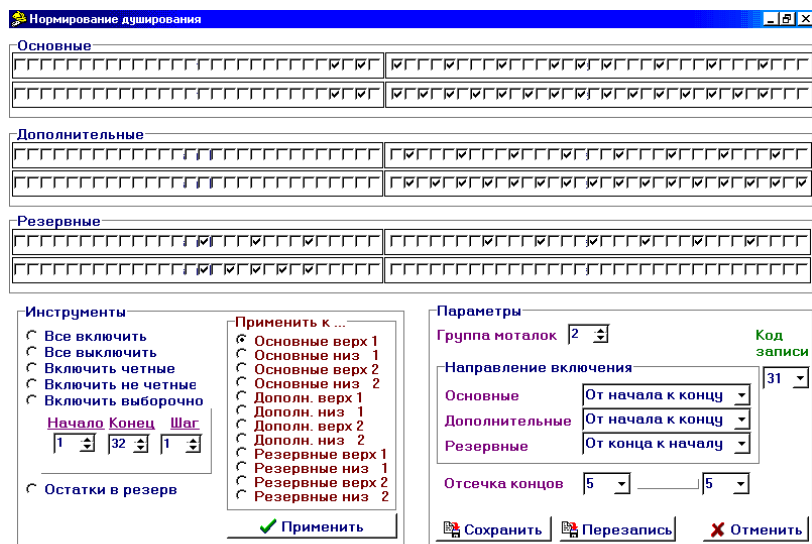


Рис.1.  
Окно ввода режимов охлаждения в базу данных технологических режимов

Используя указанную систему, в базу данных технологических нормативов заложены выработанные рекомендации по режимам душирования.

### Автоматизация работы оператора душирующей установки

Следующим этапом автоматизации технологии охлаждения полос на стане 2000 явилось внедрение механизмов обеспечивающих работу операторов стана в режиме нормированной технологии душирования. Технологическая карта партии, сформированная в рамках системы управления качеством, дополняется нормативом технологии душирования из созданного раздела базы данных технологических нормативов. При поступлении рулона в чистовую группу клеток нормативная информация по прокатываемому рулону выводится оператору установки ламинарного охлаждения. Оператор, в рамках предлагаемого шаблона включения секций, получает возможность изменить длину задействованной части сопел душирующей установки. Такая технология:

- облегчает работу оператора, т.к. отпадает необходимость набора начальной настройки душирующей установки тумблерами на панели управления;
- обеспечивает охлаждение полос по единой технологии. Изменяется лишь длина задействованного участка водяного охлаждения, оставляя единую для сортамента схему душирования.

Фотография экрана АРМа оператора душирующей установки приведена на рис.2.

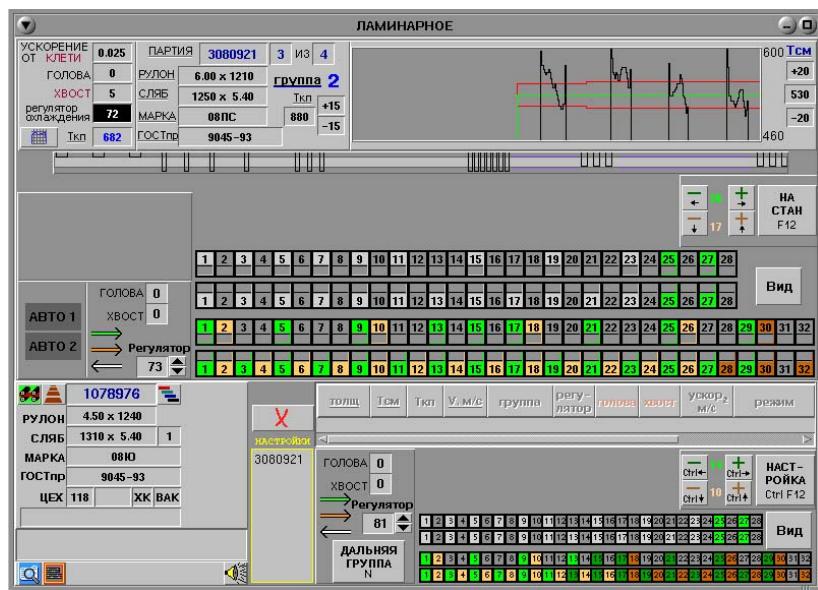


Рис.2.

АРМ оператора дулирующей установки

### Система «Совет»

Для осуществления предварительной настройки установки ламинарного охлаждения необходимо учесть влияние большого числа технологических факторов, которые условно можно разделить на три группы:

1. Факторы, относящиеся к сортаменту в целом. Это нормированные параметры охлаждения, выбираемые из базы данных технологических нормативов и занесенные в технологическую карту.
2. Факторы, относящиеся к текущему состоянию агрегата охлаждения (состояние сопел, давление воды, температура воды и окружающей среды и т.д.)
3. Факторы, относящиеся к конкретной полосе (флюктуации температуры конца прокатки, скорости, ускорения).

Корректно учесть все разнообразие факторов при выборе начальной настройки по силам только опытным операторам. Внедрение систем нормирования технологии охлаждения и автоматизированного рабочего места у оператора ПУ-9 позволяет перейти к следующему этапу автоматизации – созданию системы «Совет». Система призвана уменьшить риск неправильной предварительной настройки установки ламинарного

охлаждения путем предоставления оператору настроек на последнюю удачно прокатанную полосу данного сортамента. «Советчик» представляет собой динамически обновляющуюся табличную модель. В процессе прокатки анализируется температура смотки металла и, при условии выполнения нормативных требований, настройка системы заносится в базу данных. При повторной прокатке того же сортамента из базы данных выбирается ближайшая по параметрам настройка и выдается на АРМ оператора. Одновременно производится считывание нескольких ближайших настроек, что позволяет вычислить коэффициенты пересчета настроек при возникновении отклонений. Рассчитанная с учетом отклонений настройка демонстрируется оператору и вместе с его поправками выдается в систему локальной автоматки.

В случаях отсутствия в базе данных эталонных полос информации по прокатываемому сортаменту и для компенсации возмущений по температуре конца прокатки и скорости прокатки начальная настройка системы ламинарного охлаждения производится по рекомендациям математической модели, позволяющей рассчитывать температуру смотки по известным сортаментным данным, температуре конца прокатки, скорости полосы и настройке дулирующей установки. Модель учитывает радиационные тепловые потоки, водяное охлаждение, а также тепловые эффекты полиморфного превращения. Адаптация математической модели к условиям стана 2000 осуществляется путем восстановления истории охлаждения участков полосы при продвижении их по секциям установок ламинарного охлаждения.

Отдельная подсистема комплекса непрерывно следит за функционированием всех программ и компьютеров системы. При выходе хотя бы одного элемента системы из строя она переключает режим управления на контроллер и оповещает об этом оператора. На рис.3 представлена структурная схема и взаимосвязь узлов системы автоматического управления ламинарным охлаждением на стане 2000.

Создаваемая система полностью совместима с действующим в ЛПЦ-10 комплексом автоматки по аппаратному составу, используемым программным средствам и структуре информационного обмена.

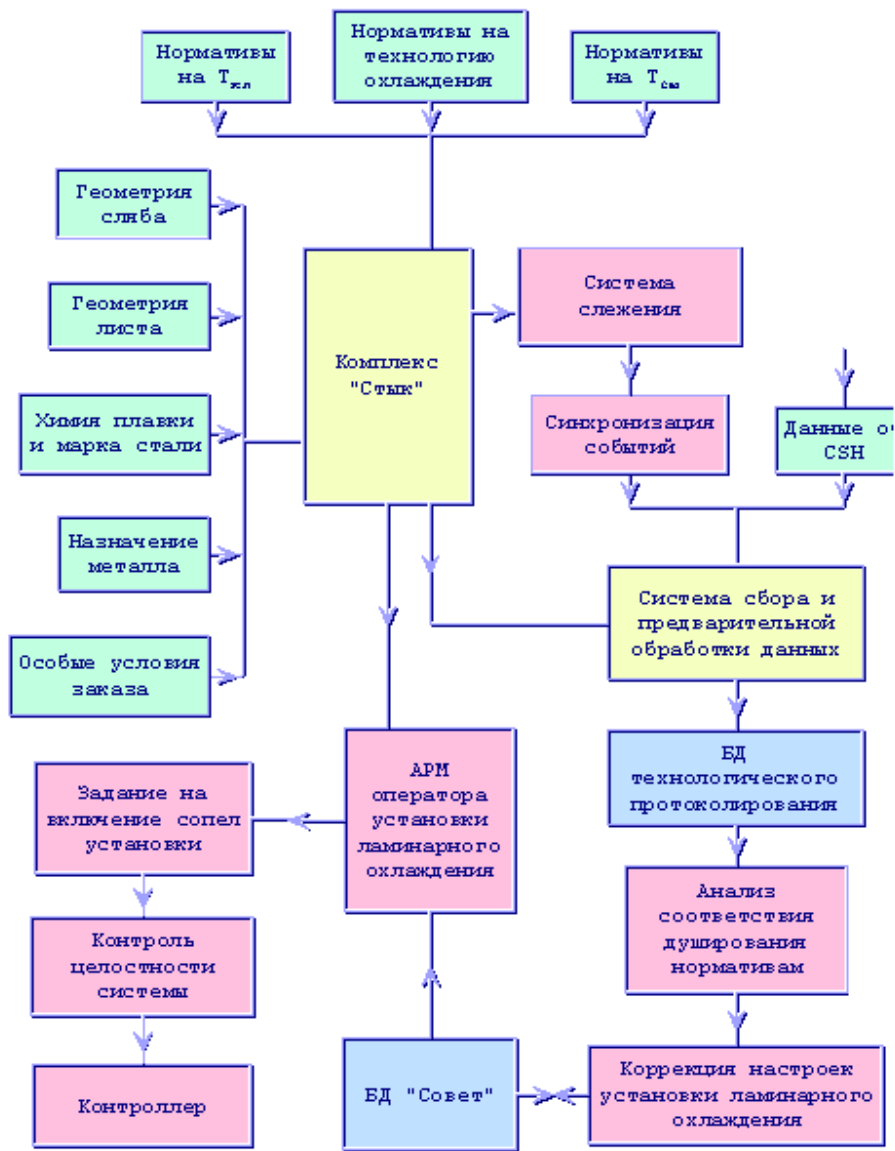


Рис.3.

Функциональная схема системы автоматического управления ламинарным охлаждением

## Литература

1. Морозов А.А., Урцев В.Н., Капцан Ф.В., Муриков С.А. Принципы построения информационной системы управления качеством продукции на стане 2000 г.п., сборник трудов ЦЛК т.4, 2000 г.
2. 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.
3. Молостов М.А., Карагодин Н.Н., Капцан Ф.В., Носов В.Л. Разработка и отладка режимов автоматического охлаждения полос на отводящем рольганге стана 2000, сборник трудов ЦЛК т.4, 2000г.