

УДК 519.876.2

Н.А. Миняйло, доц., канд. техн. наук, Е.С. Усенюк, магистр  
*Запорожская государственная инженерная академия*

## Совершенствование системы управления согласованной работой смежных участков обжимного цеха ОАО «Запорожсталь»

В работе рассматривается вопрос согласования режимов работы смежных технологических участков металлургического производства. Разработана модель системы управления согласованным режимом работы группы нагревательных колодцев и обжимного стана для условий ОАО «Запорожсталь», которая может быть использована при усовершенствовании АСУ технологическими процессами термообработки и прокатки слитков с различными параметрами.  
**нагревательный колодец, обжимной стан, слиток, система управления, согласованный режим, прогнозирование**

**Постановка задачи.** В последнее время актуальными стали вопросы разработки автоматизированных систем управления на уровне цеха, участка, отделения или производства в целом. Действующие системы управления отдельными технологическими агрегатами или процессами совершенствуются в направлении определения и поддержания рациональных режимов работы, позволяющие обеспечить экономию затрат энергоносителей или повысить качество продукции. Перспективным направлением является также разработка и исследование систем управления смежными технологическими участками (процессами). Существующие системы управления согласованностью работы агрегатов реализованы на уровне цветовой сигнализации или звукового оповещения об изменении режима работы смежного участка, что не всегда позволяет оперативно внести корректировки в ход технологического процесса или решить вопрос об изменении алгоритма управления либо уставок.

**Анализ литературных источников.** Рассматривая технологические цепочки преобразования сырья в готовую продукцию в любых отраслях промышленности, можно увидеть, что качество на каждом этапе производства определяется эффективностью работы задействованных технологических агрегатов (участков, отделений, цехов) [1,2]. Особенностью некоторых производств является наличие участков, согласованный режим которых влияет на расход энергоресурсов, полноту использования сырья, производительность агрегатов и т.д.

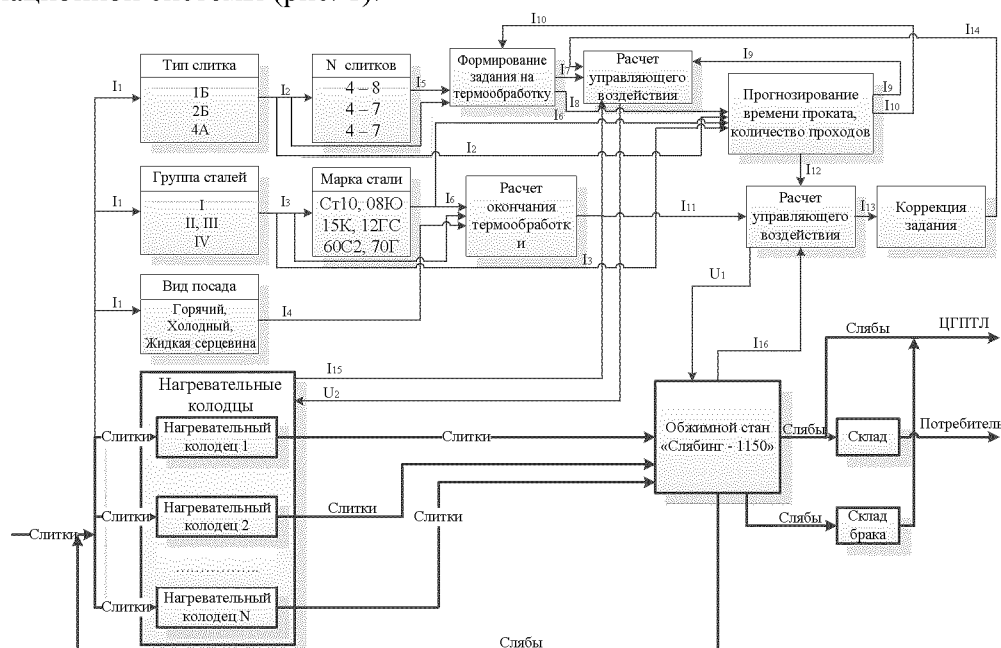
Проведенный анализ литературных источников по проблеме согласованности работы смежных участков на производстве показал, что особенностью технологических процессов является наличие объектов непрерывного, периодического и дискретного типа. Как правило, параметрами согласованности работы дискретных объектов является время, режимы, четкое выполнение команд включения / отключения агрегатов, управление которыми ведется на основе релейно-контактной аппаратуры. Для объектов непрерывного действия - это время и значения технологических параметров, управление которыми может вестись на основе стандартных законов управления.

Одним из основных цехов ОАО "Запорожсталь" является обжимной, в котором

осуществляется нагрев слитков в регенеративных нагревательных колодцах (НК) и прокатка металла на стане «Слябинг - 1150». На производстве внедрены и используются локальные системы управления (СУ) данными технологическими процессами [3-5]. При этом остаются актуальными вопросы оперативного реагирования и согласования режимов работы при нештатных ситуациях управления прокаткой металла на стане и термообработке слитков в НК.

**Цель работы.** Для решения вопроса согласованности работы двух участков, которая должна основываться на времени выполнения технологических операций и температуре металла необходимо разработать систему управления, где время определяет график работы стана и НК, а температура металла – качество металлопроката.

**Изложение основного материала.** В процессе исследования технологических особенностей термообработки слитков [6,7] и дальнейшего обжатия их на стане «Слябинг - 1150» [3,8] была разработана структура автоматизированной информационной системы (рис. 1).

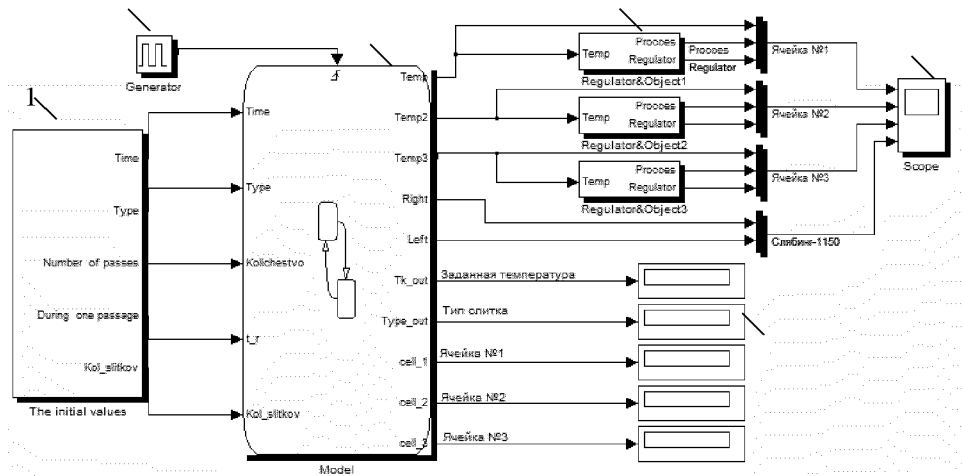


$I_1$  – номер заказа,  $I_2$  – тип слитка,  $I_3$  – группа сталей,  $I_4$  – вид посада,  $I_5$  – количество слитков в одном НК,  $I_6$  – марка стали,  $I_7$  – задание на термообработку слитков в НК,  $I_8$  – время окончания термообработки слитков в НК,  $I_9$  – спрогнозированное время обжатия слитков, поступающих из одного НК,  $I_{10}$  – рассчитанное время окончания проката слитков, поступающих из одного НК,  $I_{11}$  – спрогнозированное время окончания термообработки слитков в НК,  $I_{12}$  – рассчитанное общее количество проходов слитков на стане,  $I_{13}$  – информация для корректировки задания на термообработку слитков в НК в случае нештатной работы стана,  $I_{14}$  – корректировка режима термообработки слитков в НК,  $I_{15}$  – текущее значение температуры рабочего пространства НК,  $I_{16}$  – информация о работе стана,  $U_1$  – сигнал управления на обжимной стан,  $U_2$  – сигнал управления на НК

Рисунок 1 – Структура автоматизированной информационной системы

Моделирование системы управления (СУ) работой объектов, НК и стана, осуществлялось в программной среде MatLab. Структура модели была реализована в прикладном пакете «Simulink» (рис. 2). С помощью интерактивного инструмента разработки в области моделирования сложных, управляемых событиями систем «Stateflow» выполнялась реализация алгоритмов переходов между состояниями технологических агрегатов и системы управления.

При разработке СУ согласованной работой НК и обжимного стана учитывались: марка стали, тип и количество слитков, температурный режим термообработки слитков, степень обжатия слитка, время обработки слитков на стане (рис. 1).



1 – блок ввода начальных условий; 2 – блок описания взаимодействия состояний технологических агрегатов и системы управления их согласованной работой; 3 – группа блоков САР температурой в рабочем пространстве НК; 4 – группа дисплеев для просмотра числовых значений параметров; 5 – генератор тактовых импульсов; 6 – экран для просмотра результатов моделирования

Рисунок 2 – Структура модели СУ для проведения исследований

Модель СУ в приложении «Stateflow» основывается на описании ее состояний, которые отвечают за формирование начальных условий и расчет необходимого количества задействованных НК («Type\_ingout»), формирование задания для режимов термообработки слитков в НК («Temperature\_condition[i]»), а также за прокатку слитков на стане («Stan»).

Работа СУ в режиме реального времени осуществляется следующим образом. В состоянии «Type\_ingout» (рис.3) на основе исходных данных о параметрах слитков формируется задание для процесса термообработки металла в НК.

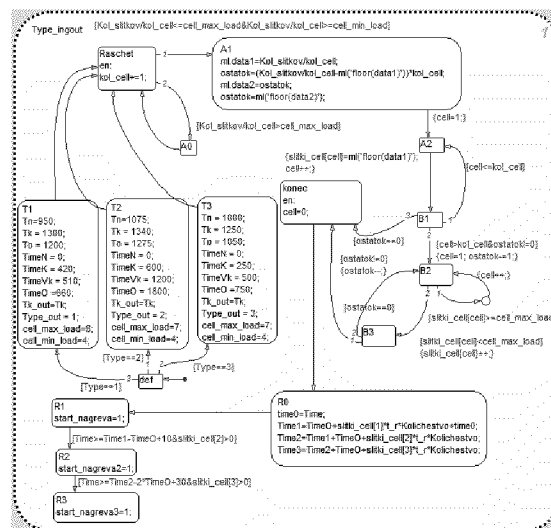


Рисунок 3 – Состояние «Type\_ingout»

Также на основании исходных данных рассчитывается необходимое количество НК, в которые загружаются слитки. Для первого НК формируются условия на

термообработку, далее осуществляется переход в состояние «Temperature\_condition» и начинается режим нагрева. На основе прогнозируемого времени окончания процесса термообработки слитков в первом НК и необходимого времени на их прокатку рассчитывается время начала процесса нагрева слитков в следующем НК и т.д. для всех задействованных НК.

В состоянии «Temperature\_condition» (рис.4) для каждого НК в режиме реального времени формируется задание на весь период термообработки слитков, которое включает в себя задание на режим нагрева, томления и выдержки.

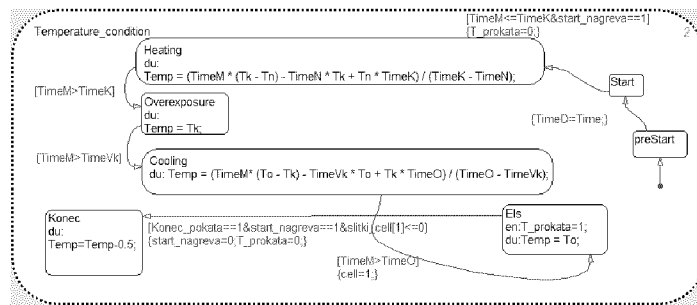


Рисунок 4 – Состояние «Temperature\_condition»

Логика работы этого состояния следующая: при получении сигнала из состояния «Type\_ingout» «Start\_nagreva = 1» в подсостоянии «Heating» на основании формулы (1) формируется задание для режима нагрева слитков в НК.

$$Temp = \frac{Time_M \cdot (T_k - T_n) - Time_N \cdot T_k + T_n \cdot Time_K}{Time_K - Time_N}, \quad (1)$$

где  $Time_M$  – рассчитанное время моделирования работы системы;

$T_k$  – конечная температура нагрева слитков в НК,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_n$  – начальная температура нагрева слитков в НК,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Time_N$  – время начала режима нагрева;

$Time_K$  – время окончания режима нагрева.

После окончания режима нагрева ( $Time_M > Time_K$ ) выполняется переход к подсостоянию «Overexposure», которое формирует задание для режима томления слитков в НК. В этом подсостоянии система находится в течении  $Time_K - Time_{V_k}$ , при этом температура в НК поддерживается на заданном уровне ( $Temp = T_k$ ).

При выполнении условия ( $Time_M > Time_{V_k}$ ) осуществляется переход к подсостоянию «Cooling», в котором на основании формулы (2) формируется задание для режима выдержки слитков в НК.

$$Temp = \frac{Time_M \cdot (T_0 - T_k) - Time_{V_k} \cdot T_0 + T_k \cdot Time_O}{Time_O - Time_{V_k}}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – температура выдержки слитков в НК,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Time_{V_k}$  – время начала режима выдержки слитков в НК;

$Time_O$  – время окончания процесса термообработки слитков в НК.

После окончания процесса термообработки слитков в НК ( $Time_M > Time_0$ ) осуществляется переход к подсостоянию «Els», которое активизирует состояние моделирования работы обжимного стана и нагрева слитков в следующем НК.

На основании сформированного задания состоянием «Temperature\_condition» блока «Model» управление режимом термообработки слитков в НК осуществляется с помощью блока «Regulator & Object», в основе которого заложен стандартный ПИ - закон регулирования.

Логика работы обжимного стана «Слябинг - 1150» реализована в блоке «Model» в состоянии «Stan» (рис.5).

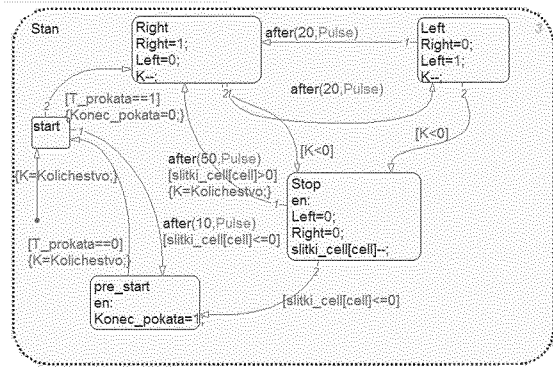


Рисунок 5 – Состояние «Stan»

В состоянии «Stan» на основании принципа работы обжимного стана и начальных условий, которыми являются количество слитков, выдаваемых из НК, количество проходов слитка на стане и время одного прохода, реализована система управления работой обжимного стана.

Работа состояния «Stan» заключается в следующем. При получении сигнала начала прокатки слитков ( $T\_prokata = 1$ ) выполняется моделирование процесса прохода слитков вперед и назад на стане с помощью подсостояний «Right» и «Left». Между выполнением проходов установлены соответствующие временные задержки. В состоянии ведется учет количества выполненных слитком проходов. Когда количество проходов будет равно нулю, система переходит в подсостояние «Stop», в котором подсчитывается количество обработанных на стане слитков из текущего НК.

Если количество обжатых слитков равно количеству слитков в НК, то система выдает сигнал об окончании процесса прокатки, если же условие не выполняется работа обжимного стана повторяется для следующего слитка.

Описанная логика работы обжимного стана «Слябинг-1150» повторяется при повторном появлении сигнала ( $T\_prokata = 1$ ) о начале проката слитков из поледующих НК.

На рис. 6 приведены результаты моделирования системы управления работой двух технологических участков при термообработке и обжатии 21 слитка типа 1Б с количеством проходов каждого слитка на стане равным 5.

**Выводы.** Таким образом, разработанный подход к построению системы управления согласованием работы двух технологических участков позволяет в автоматическом режиме выдавать рекомендации по загрузке нагревательных колодцев в зависимости от загруженности обжимного стана, менять температурный режим обработки металла в зависимости от типа слитков и определять время начала и окончания прокатки. В результате учета количества одновременно загружаемых слитков в НК позволило приблизить ее к реальным производственным условиям ОАО «Запорожсталь» и использовать при усовершенствовании действующих АСУ технологическими процессами термообработки и прокатки слитков.

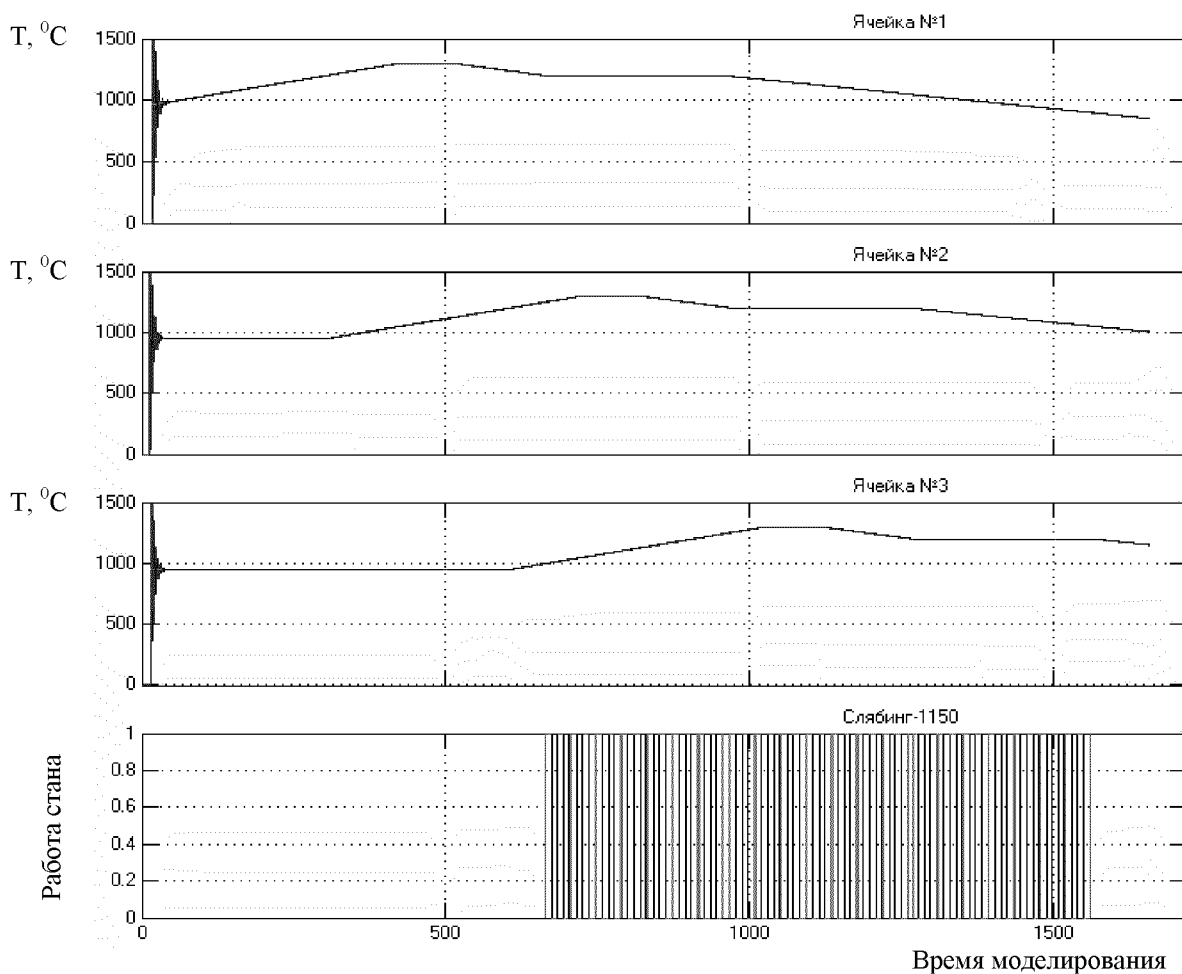


Рисунок 6 – Результаты моделирования системы управления согласованной работой участков термообработки и прокатки обжимного цеха

## Список литературы

1. Воскобойников В.Г. Общая металлургия: учебник для ВУЗов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. – М.: Металлургия, 1979. – 488 с.
2. Кудрин В. А. Технология получения качественной стали / В.А. Кудрин, В.М. Парма. – М.: Металлургия, 1984. – 320 с.
3. Восканьянц А. Автоматизированное управление процессами прокатки: учебное пособие / А. Восканьянц. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – Режим доступа к учебному пособию: <http://www.cdl.bmstu.ru/mt10/UTS/frames0.html>.
4. Ляшенко В.С. Программно-технический комплекс сталь-прокат на базе сети ПЭВМ / В. С. Ляшенко, А.И.Егорова, В.Г. Козак // Сталь. – 1993. –№ 9. – С. 95 – 97.
5. Автоматизированная система управления нагревом слитков в нагревательных колодцах обжимного стана / К. Кукуй, С. Сульников, С. Вахранев, А. Светличный // Современные технологии автоматизации. – 2001. – № 3. – С. 26–33.
6. Соколов К. И. Технология термической обработки металлов и проектирование термических цехов: учебник для ВУЗов / К.И. Соколов, И.К. Коротич. – М.: Металлургия, 1998. – 384 с.
7. Башнин Ю.А. Технология термической обработки стали: учебник для ВУЗов / Ю.А. Башнин, Б.К. Ушаков, А.Г. Секей. – М.: Металлургия, 1986. – 424 с.
8. Диомидов Б. Б. Технология прокатного производства / Б. Б. Диомидов, Н. В. Литовченко. – М.: Металлургия, 1979. – 488 с.

*Н.Міняйло, Є. Усенюк*

**Удосконалення системи управління узгодженою роботою суміжних дільниць обтискного цеху ВАТ «Запоріжсталь»**

У роботі розглядається питання узгодження режимів роботи суміжних технологічних дільниць металургійного виробництва. Розроблена модель системи управління узгодженим режимом роботи групи нагрівальних колодязів та обтискного стану для умов ВАТ «Запоріжсталь», яка може бути застосована при вдосконаленні АСК технологічними процесами термообробки та прокатки злитків з різними параметрами.

*N.Minaiilo, E. Usenok*

**Improve management systems of coordinated work adjacent processes crimp shop of Zaporizhstal JSC**

This paper addresses the issue of coherent modes of adjacent sections steel production process. A model management systems harmonization of the work soaking pits and bloomingmills for the conditions of Zaporizhstal JSC which can be used to improve automated process of heat treatment and rolling ingots with different parameters.

Получена 15.09.12