

УДК 004.896:519.711

Турченко Е. А., Шентура А. А.

Государственный университет информатики и искусственного интеллекта, г. Донецк
yajenny4ka@rambler.ru

Разработка структуры системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок

В данной работе на основании анализа задач, решаемых при управлении машиной литья заготовок (МНЛЗ), классификации переменных, исследовании типов, мест и основных причин аварий, разработана структура системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок, которая осуществляет своевременное и достоверное обнаружение факторов риска, прогнозирует их развитие в течении определенного периода эксплуатации и выработывает рекомендации по устранению нештатных ситуаций.

Большинство существующих в настоящее время установок непрерывного литья заготовок, функционирующих на предприятиях, были спроектированы несколько десятилетий назад. Управление такими установками машины непрерывного литья заготовок МНЛЗ осуществляется в автоматическом режиме, на базе аппаратных средств автоматизации Siemens, с помощью промышленных контроллеров, стоящих на каждом объекте управления МНЛЗ. В случае возникновения нештатных ситуаций, управление установкой осуществляется в ручном режиме путем корректировки параметров оператором с пульта управления [1].

Главным недостатком таких систем является отсутствие либо не качественная работа блока диагностирования, в задачу которого входит выявления на ранних стадиях нештатных ситуаций. В связи с этим, актуальными являются разработки АСУ МНЛЗ, которые решают задачи диагностирования и выявления неисправностей, предотвращения нештатного режима технологического процесса на ранних стадиях развития.

Устройство и основные принципы работы машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) рассмотрены в [2, 3]. Основные аварийные ситуации и их причины приведены в [4, 5].

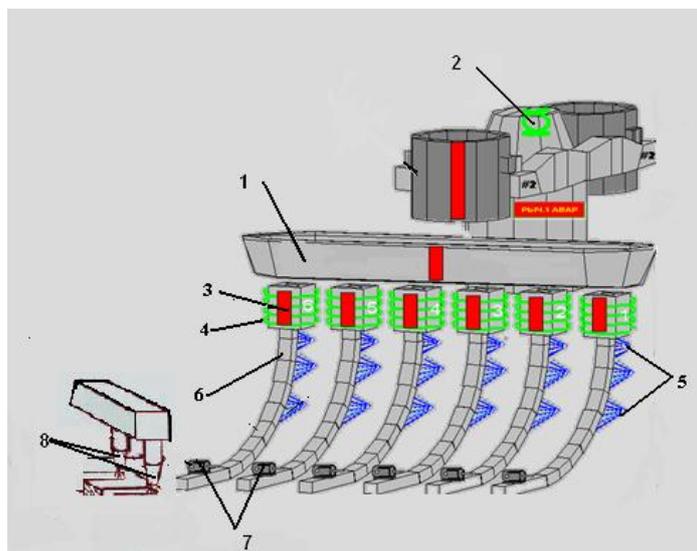
Цель работы - разработать структуру системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок, которая позволит осуществлять своевременное и достоверное обнаружение факторов риска, прогнозировать их развитие в течении определен-

ного периода эксплуатации и вырабатывать рекомендации по устранению нестандартных ситуаций.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- исследовано устройство и принципы работы МНЛЗ;
- проведен анализ задач, решаемых при управлении непрерывным литьем и классифицированы переменные;
- исследованы типы, места и основные причины аварий.

На рисунке 1 представлена схема работы МНЛЗ. Из промежуточного ковша (1) через отверстия разливают сталь по шести медным гильзам (3) кристаллизатора (4), где осуществляется первый этап охлаждения. После этого заготовка поступает на тянуще-правильный агрегат (6), который вытягивает заготовку из гильзы и осуществляется второй этап охлаждения - спрейерное охлаждение водой (5). Полученный слиток режется газорезкой (8), охлаждается и отправляется к заказчику.



1 – промежуточный ковш; 2 – поворотная башня; 3 – медная гильза; 4 - кристаллизатор (первый уровень охлаждения); 5 – спрейерное охлаждение водой (второй уровень охлаждения); 6 – тянуще-правильный агрегат; 7 – рольганг; 8 – газорезка.

Рисунок 1 - Схема работы МНЛЗ

Анализ устройства и принципов работы МНЛЗ позволил выделить множество входных, выходных и управляющих переменных, а также сформировать задачи управления МНЛЗ на каждом этапе технологического процесса.

На первом этапе охлаждения входными переменными являются температура стали в проковше T_1 и марка стали M_c . В качестве выходных переменных выступает толщина d_i застывшей корки слитка стали в точках i кристаллизатора. Переменными управляющего воздействия являются: расход воды в кристаллизаторе R_1 , скорость вытягивания слитка из кристаллизатора v_1 , температура воды охлаждения T_2 . Задачей управления на первом этапе охлаждения является: обеспечить застывания слитка стали в кристаллизаторе в соответствии с технологией, то есть, определить такие значения T_2 , R_1 , v_1 чтобы толщина корки слитка стали d_i в определенных точках i кристаллизатора соответствовала нормативным значениям d_{in} . Формально постановка первой задачи первого этапа охлаждения имеет вид:

$$F_1 = \sum_i (d_i(T_1, T_2, R_1, v_1, M_c) - d_{in})^2 \rightarrow \min_{T_2, R_1, v_1} \quad (1)$$

Второй задачей управления на первом этапе охлаждения является поддержка уровня металла h в гильзе кристаллизатора на заданном уровне h_n . Входными переменными являются температура стали в проковше T_1 . В качестве выходной переменной выступает уровень металла в гильзе кристаллизатора h . Переменными управляющего воздействия является площадь сечения стопорного сечения в проковше $S_{сеч}$.

$$F_2 = (h(T_1, S_{сеч}) - h_n)^2 \rightarrow \min_{S_{сеч}} \quad (2)$$

На втором этапе охлаждения входной переменной является марка стали M_c . В качестве выходной переменной выступает толщина d_j застывшей корки слитка стали в точках j тянущего агрегата. Переменными управляющего воздействия являются расход воды R_2 и температура воды T_2 при спрейерном охлаждении, скорость вытягивания слитка стали из гильзы кристаллизатора v_2 и давление вытягивания тянущих клеток P . Задачей управления на втором этапе охлаждения является: обеспечить застывания слитка стали при спрейерном охлаждении водой в соответствии с технологией, то есть, определить такие значения T_2 , R_2 , v_2 чтобы толщина корки слитка стали d_j в определенных точках j соответствовала нормативным значениям d_{jn} . Формально постановка задачи для второго этапа охлаждения имеет вид:

$$F_3 = \sum_j (d_{y_j}(M_c, P, T_3, R_1, v_2) - d_{y_j})^2 \rightarrow \min_{P, T_3, R_1, v_2} \quad (3)$$

При функционировании МНЛЗ возможны различные аварийные ситуации. Типы, места и основные причины аварийных ситуаций представлены в таблице 1.

Анализ задач, решаемых при управлении, и аварийных ситуаций позволил разработать структуру и функциональную схему системы поддержки принятия решений (СППР) при управлении МНЛЗ. Структурная схема СППР представлена на рисунке 2.

Таблица 1 – Основные аварийные ситуации во время непрерывного литья заготовок

этап	Тип аварийной ситуации	Место аварийной ситуации	Причина
I	Шлакование стопорного отверстия	Промковш	Недостаточно высокая температура на дне промковша
II	Прилипание жидкой стали к стенкам медной гильзы	Кристаллизатор	Повышенное трение между поверхностью ручья и стенкой кристаллизатора, низкая частота качания
	Разрыв сляба	Кристаллизатор	Прилипания корки сляба к стенкам кристаллизатора. Быстрая скорость вытягивания слитка
	Деформация сляба	Кристаллизатор	Чрезмерное качание кристаллизатора
	Переливание стали через края кристаллизатора	Кристаллизатор	Нарушение регулирования положения стопора промковша
IV	Деформирование слитка стали	Тянуще – правильный агрегат	Быстрая скорость вытягивания слитка

В состав СППР входят следующие подсистемы: диагностирования (блок 1), управления первым этапом охлаждения (блок 3), управление вторым этапом охлаждения (блок 4), блок анализа принимаемых решений (блок 2), база данных (БД) и лицо принимающее решение (ЛПР).

Подсистема диагностирования (блок 1) предназначена для выявления и прогнозирования различных аварийных ситуаций. На рисунке 3 представлена функциональная схема подсистемы диагностирования. Из БД в блок 1.1 передаются данные X собранные по каждому этапу технологического процесса, где осуществляется их нормирование и квантование.

Выходными переменными блока 1.1 являются обработанные и нормированные показатели X' , которые передаются на вход блока 1.2, в котором осуществляется прогноз показателей уровня металла h_i в гильзе кристаллизатора, толщина закристаллизованной корки слитка стали в гильзе кристаллизатора после первичного охлаждения водой d_i , толщина закристаллизованной корки слитка стали после вторичного охлаждения водой d_j .

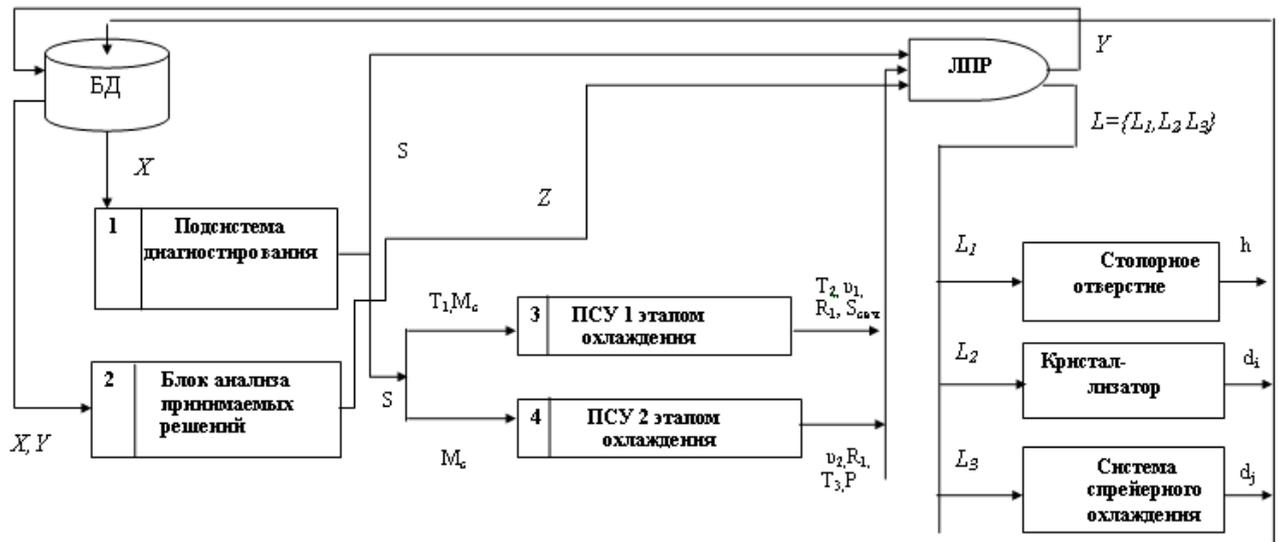


Рисунок 2 - Структурная схема системы поддержки принятия решений при управлении МНЛЗ в нештатных ситуациях

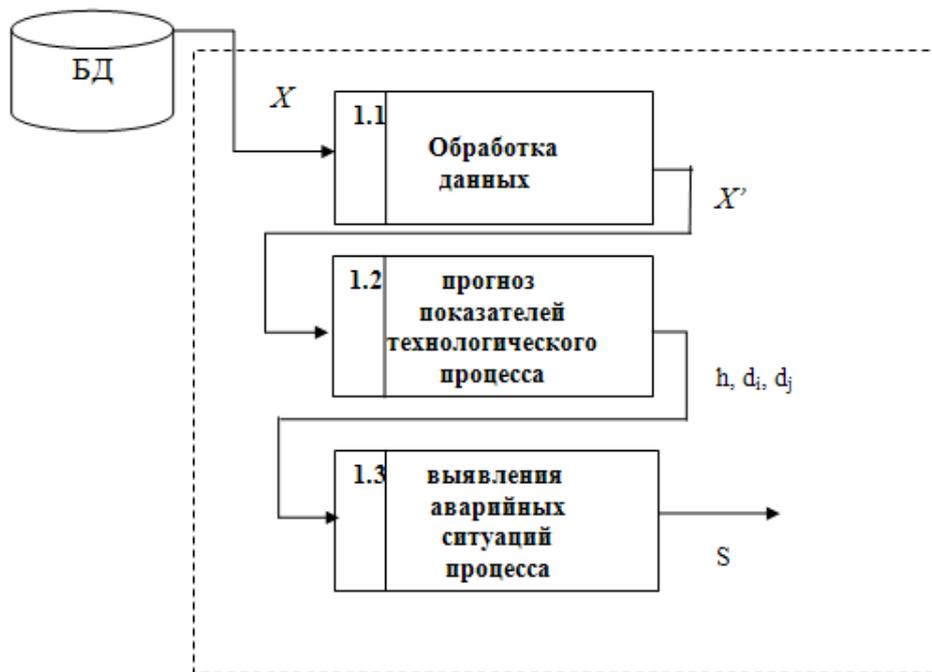


Рисунок 3 – Функциональная схема подсистемы диагностирования

На основе прогнозируемых значений, которые являются выходными переменными блока 1.2 и, соответственно, входными блока 1.3, осуществляется выявление аварийных ситуаций. Для этого прогнозируемые показатели сопоставляются с их предельно допустимыми значениями, которые приведены ниже:

- уровень стали h в промежуточном ковше: $500 \text{ мм} \leq h \leq 1500 \text{ мм}$;
- уровень металла в медной гильзе h_1 : $10 \text{ мм} \leq h_1 \leq 110 \text{ мм}$;
- толщина закристаллизованной корки слитка в зависимости от марки стали колеблется от 10,5 мм до 41,5 мм: $10 \text{ мм} \leq d_i \leq 41 \text{ мм}$;
- толщина закристаллизованной корки слитка стали в зависимости от марки стали колеблется 41,5 мм до 85,3 мм: $41 \text{ мм} \leq d_j \leq 85 \text{ мм}$.

Результатом работы блока 1.3 является вектор состояний $\bar{S} = (S_1, S_2, S_3 \dots S_8)$, где \bar{S}_i состояние i типа аварийной ситуации: $i=1$ перелив стали из промежуточного ковша ($h \geq 1500$ мм), $i=2$ нарушение непрерывности производства из-за низкого уровня жидкой стали в промежуточном ковше ($h \leq 500$ мм), $i=1$ перелив металла из гильзы кристаллизатора ($h_1 \geq 110$ мм), $i=2$ нарушение непрерывности производства из-за низкого уровня металла в гильзе кристаллизатора ($h_1 \leq 10$ мм), $i=2$ разрыв слитка стали при вытягивании из гильзы кристаллизатора ($d_i \leq 10$ мм), $i=1$ деформация слитка стали ($d_i \geq 41$ мм), $i=2$ разрыв слитка стали при вытягивании тянуще правильными клетями ($d_j \leq 41$ мм), $i=1$ деформация слитка стали при вытягивании тянущими клетями ($d_j \geq 85$ мм). Переменные состояния \bar{S}_i могут принимать значения от нуля до двух: 0 - отсутствие аварийной ситуации i типа, 1 - возможность появления аварийной ситуации i типа, 2 - аварийная ситуация i типа.

Информация о состоянии системы в виде вектора S , передается ЛПР и в блоки 3, 4. В случае если вектор $\bar{S} \neq \bar{0}$ в блоках 3, 4 осуществляется решение задач управления (1), (2) и (3), соответственно. Результаты решения задач (1), (2) и (3) в качестве рекомендации по предупреждению аварийной ситуации передается ЛПР. ЛПР может принять рекомендации системы, либо нет. В случае если ЛПР принимает решение, которое отличается от рекомендаций системы, в блоке 2 осуществляется анализ принятых ЛПР решений. Для этого сопоставляются показатели технологического процесса, к которым привело управление ЛПР с показателями, которые могли быть получены при управляющих воздействиях, рекомендуемых системой. Результаты анализа принятых решений передаются ЛПР.

Выводы

Таким образом, на основании исследования устройства и принципов работы МНЛЗ, анализа задач, решаемых при управлении непрерывным литьем, а также исследовании типов, мест и основных причин аварий, разработана структура системы поддержки принятия решений при управлении непрерывным литьем заготовок. Разработанная структура позволяет осуществлять своевременное и достоверное обнаружение факторов риска, прогнозировать их развитие в течении определенного периода эксплуатации и выработать рекомендации по устранению нештатных ситуаций, а также проверять оценку решений, принимаемых ЛПР.

Список литературы

- 1 Ткаченко В.Н., Иванова А.А, Волуева О.С. Основные функции компьютерной системы управления процессом непрерывной разливки стали.– Д.: Научные труды ДонНТУ, ст.88.— 7 с.
- 2 Каганов В.Ю. Машина непрерывного литья заготовок. М.: 1990 г., 250 стр
- 3 Нисковских В.М., Карлинский С.Е., Беренов А.Д. Машины непрерывного литья слывовых заготовок. М.: 1991 г., 271 стр. 4
- 4 Чумаков С.М., Делекторский Б.А., Сорокин А.Н., Евтеев А.П. Журнал "Сталь". Возможности автоматического предупреждения о прорывах на выходе кристаллизатора. № 5, 1998 г., стр. 22-26.
- 5 Анюхин М.Н., Полюляшный А.С., Новиков О.И., Яршин Ю.В. Журнал "Сталь". Автоматическое поддержание уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ. № 9, 1995 г., стр. 24-25