

УДК 621.771.25

© О.А. Бойко

## КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫХОДОМ МЕРНОГО ПРОКАТА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Проанализовано основні техніко-економічні показники виробництва мірного прокату. Обґрунтовано можливість управління виходом готового прокату за рахунок поля допусків. Запропоновано структуру системи комплексного управління виходом мірного прокату на основі інформаційних технологій.

Проанализированы основные технико-экономические показатели производства мерного проката. Обоснована возможность управления выходом готового проката за счет поля допусков. Предложена структура системы комплексного управления выходом мерного проката на основе информационных технологий.

Analyzes the main technical and economic indicators of production dimensional hire. The opportunity of controlling the output of finished rolled by tolerances. The structure of the integrated management system dimensional rental yield based on information technologies.

**Постановка задачі.** Мерный прокат производится из заготовок. Во время преобразования заготовки в готовый прокат возникают неизбежные потери металла связанные с требованиями технологического процесса. Далее готовый прокат режется на прутки, после чего они охлаждаются и из них формируются пакеты, которые в свою очередь режутся на пачки мерных стержней. В результате последней операции кроме пачек мерных стержней так же образуются пачки не мерных стержней и технологическая обрезь. Пачки мерных стержней реализуются по цене оговоренной заказом, пачки не мерных стержней реализуются дешевле, технологическая обрезь реализуется по цене металлолома или отправляется на переплавку [1].

На основании этого одним из важнейших технико-экономических показателей, характеризующих производство проката на мелкосортных станах, является коэффициент выхода немерной продукции –  $K_{HM}$ , характеризующий долю немерной продукции в общем объеме произведенного прокатным станом товарного проката [2]:

$$K_{HM} = \frac{G_{HM}}{G_M + G_{HM}}, \quad (1)$$

где  $G_{HM}$ ,  $G_M$  – масса немерной и мерной соответственно товарной продукции произведенная из заготовки массой  $G_3$ . На ряду с коэффициентом немерной продукции важным технико-экономическим показателем является расходный коэффициент металла –  $K_{PM}$ , характеризующий затраты металла на производство массовой единицы прокатной продукции:

$$K_{PM} = \frac{G_3}{G_M + G_{HM}}. \quad (2)$$

На основании технико-экономических критериев из процесса производства мелкосортного мерного проката выделяют два типа операций: обеспечи-

вающие формоизменение металла заготовки до требуемой формы и размеров поперечного сечения проката и обеспечивающие формирование стержней товарного проката.

Операции, обеспечивающие формоизменение металла заготовки предполагают управление длиной проката на выходе последней клетки чистовой группы таким образом, что бы она была оптимальна для операций, обеспечивающих формирование стержней товарного проката, при минимальном расходе металла.

Операции, обеспечивающие формирование стержней товарного проката предполагают управление в соответствии с такой стратегией, что бы обеспечивался минимальный коэффициент выхода немерного проката и минимальная технологическая обрезь для проката каждой отдельной заготовки.

Следовательно, достижение цели управления для операции, обеспечивающей формоизменение металла заготовки до требуемой формы и размеров поперечного сечения проката, может быть обеспечено за счет управления режимом обжатия в двух последних клетях чистовой группы клеток. Это в свою очередь повлияет на операции формирования стержней товарного проката.

Исходя из этого, задачей настоящей статьи является анализ возможности управления выходом мерного проката на основе информационных технологий за счет управления размерами поперечного сечения проката.

**Изложение основного материала исследований.** По завершению операций формоизменения металла заготовки до требуемой формы получается готовый прокат. В связи с ограниченной длиной холодильника, готовый прокат должен быть порезан на прутки с длиной меньше длины холодильника. При этом данная операция в дальнейшем повлияет на порезку пакетов прутков на пачки стержней и, следовательно, на выход мерной продукции [3].

Операция порезки проката выполняется в два этапа. На первом этапе составляется раскройный план, который определяет, на сколько прутков и какой длины должен быть порезан прокат текущей прокатываемой заготовки. На втором этапе выполняется непосредственная порезка проката.

При составлении раскройного плана конкретной заготовки он строится на базе прогнозируемой длины заготовки. Очевидно, что длина готового проката зависит от длины заготовки.

На основании этого следует, что система управления операциями формирования проката должна обеспечивать оптимальную длину проката для каждой конкретной заготовки в соответствии с выбранным раскройным планом. Что в свою очередь позволит обеспечить минимальные потери проката на технологическую обрезь и, следовательно, его выход на максимальном уровне.

Рассмотрим возможность управления длиной проката за счет поля допусков на примере круглого проката диаметром 10 мм прокатываемого из заготовки сечением 80 x 80 мм и длиной 11,7 м. Геометрические размеры проката должны соответствовать стандартам на данный тип проката. По ГОСТ 2590-88 отрицательное предельное отклонения круглого проката диаметром 10 мм не должно превышать -0,5 мм, положительное предельное отклонение не должно

превышать +0,3 мм. Кроме этого овальность проката не должна превышать 50% суммы предельных отклонений по диаметру.

Сначала определим площадь круглого проката:

$$S_{\text{кп}} = \pi \cdot \frac{d^2}{4}, \quad (3)$$

где  $S_{\text{кп}}$  – площадь круглого проката,  $d$  – диаметр круглого проката.

Площадь круглого проката  $S_{\text{кп}}$  прокатываемого в соответствии с размером равна 78,54 мм<sup>2</sup>, площадь проката прокатываемого с отклонением +0,3 мм равна 83,32 мм<sup>2</sup>, а площадь проката прокатываемого с отклонением -0,5 мм равна 70,88 мм<sup>2</sup>. Далее определим объем заготовки:

$$V_3 = a_3 \cdot a_3 \cdot l_3, \quad (4)$$

где  $V_3$  – объем заготовки,  $a_3$  – размер грани заготовки,  $l_3$  – длина заготовки.

Объем заготовки  $V_3$  – равен 76800000 мм<sup>3</sup>. Далее определением длину проката:

$$l_{\text{кп}} = \frac{V_3}{S_{\text{кп}}}, \quad (5)$$

где  $l_{\text{кп}}$  – длина круглого проката,  $V_3$  – объем заготовки,  $S_{\text{кп}}$  – площадь круглого проката.

Длина круглого проката  $l_{\text{кп}}$  прокатываемого в соответствии с размером равна 978 м, длина проката прокатываемого с отклонением +0,3 мм равна 922 м, а длина проката прокатываемого с отклонением -0,5 мм равна 1083 м. Определим диапазон изменения длины проката:

$$\Delta l = l_{\text{кп макс}} - l_{\text{кп мин}}, \quad (6)$$

где  $\Delta l$  – диапазон изменения длины круглого проката,  $l_{\text{кп макс}}$  – максимальная длина круглого проката,  $l_{\text{кп мин}}$  – минимальная длина круглого проката.

Диапазон изменения длины готового круглого проката диаметром 10 мм равен 161 м. На основе этого можно сделать вывод, что существует возможность управлять длиной готового проката за счет изменения его геометрических размеров в пределах поля допусков.

Рассмотрим связь между диаметром готового проката и длиной заготовки. Для этого рассчитаем максимальный и минимальный диаметры круглого проката, находящиеся в пределах поля допусков, при которых длина проката на выходе выпускной клетки кратна мерной длине, в зависимости от длины исходной заготовки. Примем исходное сечение заготовки 80 x 80 мм, диапазон варьирования длины заготовки – от 11 до 12 м. Результаты расчета приведены на рисунке 1.

Из приведенного рисунка следует, что для разных длин заготовок существует множество значений диаметров готового проката, лежащих в поле его допусков, при котором обеспечивается кратность длины проката на выходе выпускной клетки мерной длине стержней.

Следовательно, для каждой длины заготовки может быть поставлен в соответствие такой режим обжатий, при котором обеспечивается максимально возможный выход мерной продукции.

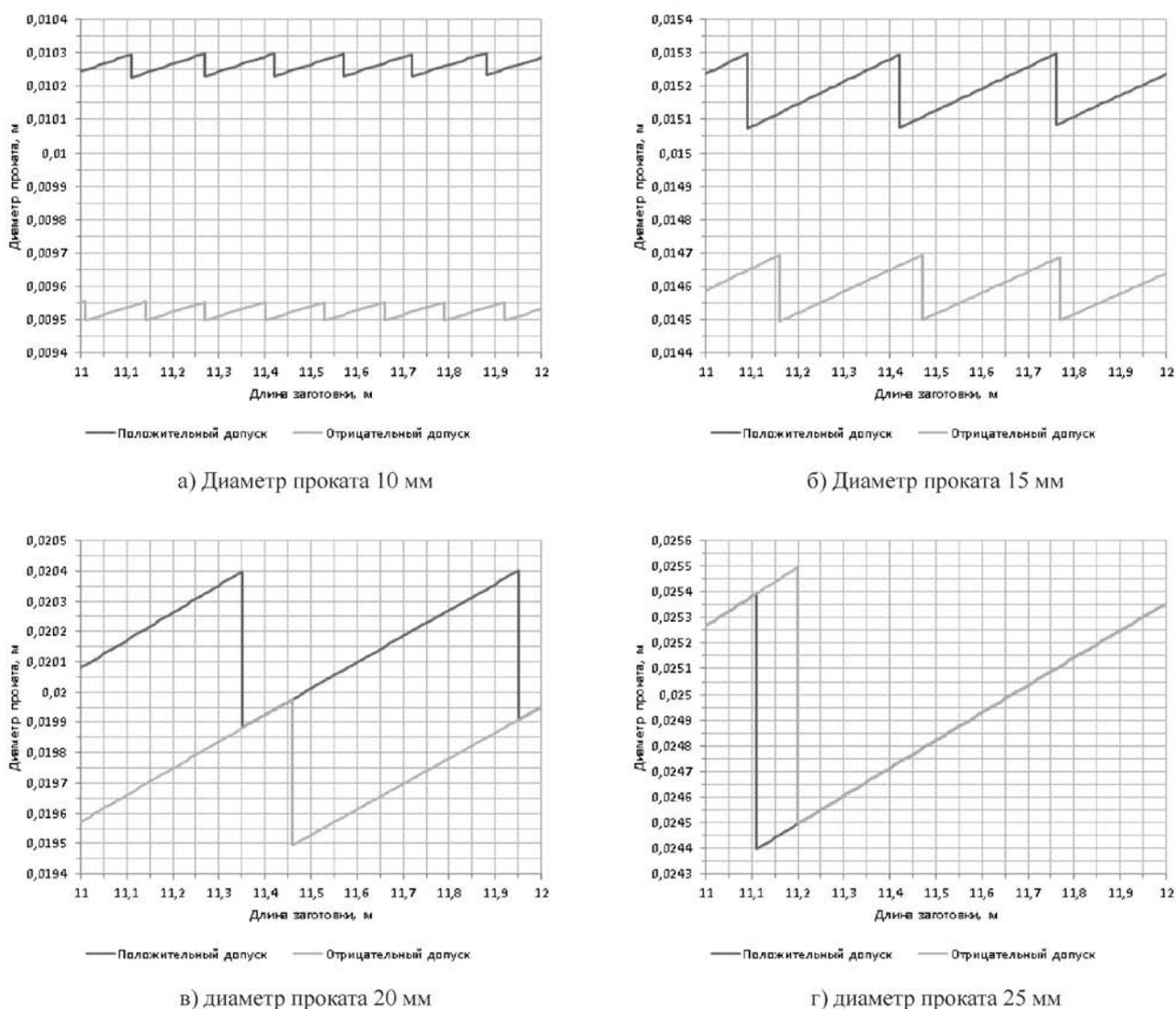


Рис. 1. Круглый прокат

Для проверки данного предположения рассмотрим выход мерной продукции при реализации оптимального алгоритма раскроя для круглого проката с номинальным диаметром 10 мм прокатываемом из заготовок 80 x 80 мм при варьировании ее длины в диапазоне от 11 до 12 м для трех значений фактических диаметров проката на выходе выпускной клетки, соответствующим максимальному, минимальному и номинальному диаметру поля допусков. Результаты расчета приведены на рисунке 2.

Из графиков видно, что изменение диаметра проката на выходе выпускной клетки приводит к смещению функциональной зависимости выхода мерной продукции от длины исходной заготовки относительно оси ординат при сохранении всех других характеристиках данной зависимости.

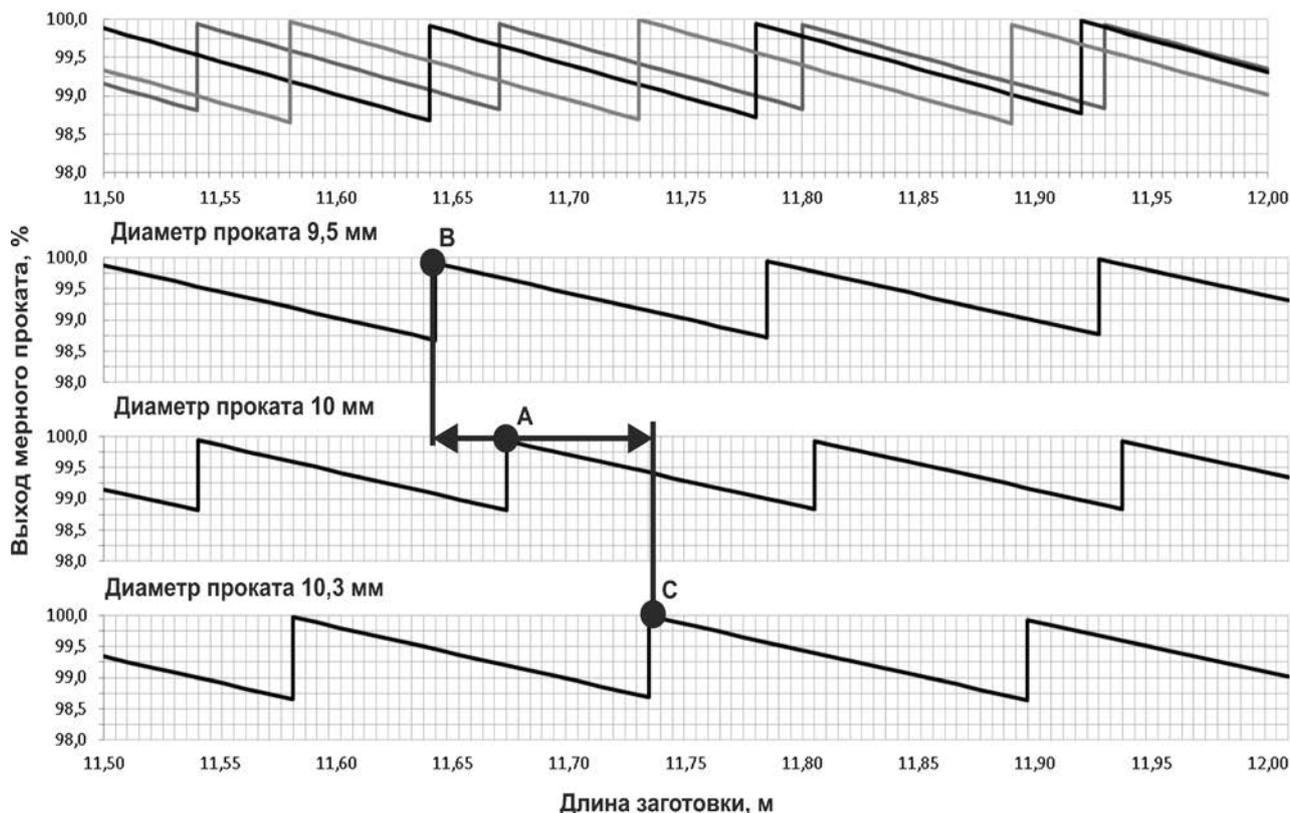


Рис. 2. Круглый прокат диаметром 20 мм

Так, при изменении диаметра проката в пределах поля допусков, происходит смещение максимума выхода мерной продукции. При уменьшении диаметра проката относительно номинального значения, положение максимума **A** на оси ординат смещается к положению **B**, соответствующего максимуму выхода мерной продукции при минимально возможном диаметре в отрицательном поле допуска, а при увеличении диаметра – к положению **C**, соответствующего максимуму выхода мерной продукции при максимально возможном диаметре в положительном поле допуска.

Следовательно, увеличение выхода мерной продукции может быть достигнуто за счет выбора рационального режима обжатий заготовки в клетях. Поскольку каждой длине заготовки соответствует, в общем случае, свое множество оптимальных, в смысле выхода мерной продукции, диаметров проката, то такой выбор предполагает оперативное управление режимом обжатий металла в клетях, на основании чего может быть построена система управления.

Проведенный анализ показывает, что система управления выходом мерного должна охватывать, как операции формоизменения металла заготовки, так и операции формирования стержней. Следовательно, такая система должна быть комплексная и включать в себя подсистему формирования раскройного плана, подсистему прогнозирования длины заготовки, подсистему прогнозирования длины проката, подсистему формирования длины проката за счет поля допусков и подсистему порезки проката в соответствии с раскройным планом. Структура системы приведена на рисунке 3.

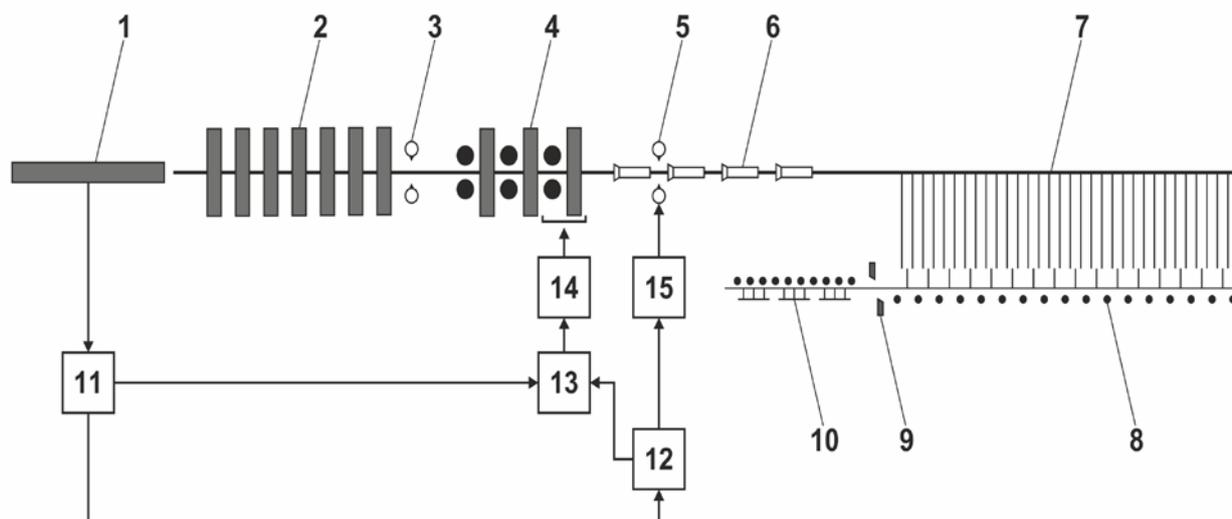


Рис. 3. Структура комплексной системы управления выходом мерного проката: 1 – заготовка; 2 – черновая группа клетей; 3 – старт-стопные летучие ножницы; 4 – чистовая группа клетей; 5 – барабанные летучие ножницы; 6 – линия принудительного охлаждения (термоупрочнения) проката; 7 – холодильник; 8 – отводящий рольганг; 9 – стационарные ножницы; 10 – приемный карман; 11 – подсистема прогнозирования длины заготовки; 12 – подсистема формирования раскройного плана; 13 – подсистема прогнозирования длины проката; 14 – подсистема формирования длины проката; 15 – подсистема порезки проката.

Приведенная комплексная система управления выходом мерного проката будет функционировать следующим образом. Сначала подсистема 11 выполняет прогнозирование длины заготовки 1, далее на основании этой информации подсистема 12 формирует раскройный план, на основании раскройного плана подсистема 13 прогнозирует длину проката в соответствии с диаметром проката и полем допуска. Во время прокатки на основании информации о длине проката подсистема 14 формирует требуемую длину проката, изменяя геометрические размеры проката в пределах поля допусков. Подсистема 15 выполняет раскрой проката в соответствии с раскройным планом.

Таким образом, предложенная комплексная система управления выполняет раскройный план более точно, так как длина проката не только прогнозируется на основе размера заготовки, но и формируется за счет управления геометрическими размерами проката в пределах поля допусков. Повышение качества выполнения раскройного плана в свою очередь приведет к увеличению выхода мерного проката.

**Выводы.** 1. Системы формирования раскройных планов при расчете длины прутков и их количестве рассчитывают длину готового проката на основании прогнозированной длины заготовки. Качество выполнения раскройного плана напрямую зависит от качества прогнозирования длины заготовки.

2. Длиной готового проката можно управлять за счет изменения геометрических размеров проката, в пределах поля допусков оговариваемых соответствующим стандартом.

3. Управление длиной готового проката позволяет компенсировать изменение длин заготовок и поддерживать выход мерного проката на максимально уровне, за счет уменьшения количества технологической обрезки.

4. В предложенной комплексной системе управления выходом мерного проката подсистема формирования раскройного плана, на основании спрогнозированной длины заготовки рассчитывает задание для подсистемы формирования длины проката, которая в свою очередь обеспечивает заданное значение длины готового проката. Что гарантирует точное выполнение раскройного плана и обеспечивает стабильное приближенное к максимальному значению выхода мерного проката.

#### Список литературы

1. Чекмарев А.П. Прокатка на мелкосортных станах / Чекмарев А.П., Гречко В.П., Гетманец В.В., Ховрин Б.В. – М.: Металлургия, 1967. – 363 с.
2. Бешта А.С. Технично-економічні показателі виробництва мелкосортного проката в стержнях як цільова функція управління / А.С. Бешта, А.П. Егоров, О.А. Бойко, М.Ю. Кузьменко, Соколова А.С. – Дніпропетровськ, Теорія і практика металургії, №3, 2013, с. 57-61.
3. Куваєв В.М. Розвиток наукових основ автоматизації процесів виробництва арматурного прокату: автореф. дис. д-ра техн. наук. / Куваєв В.М. – Дніпропетровськ, 2007. – 35 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.  
Надійшла до редакції 27.02.2015*

УДК 004.94:550.3:622.831.3:681.178

© Н.А. Иконникова

## **ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Обоснованы информативные параметры контроля устойчивости геотехнических систем  
Обґрунтовані інформативні параметри контролю стійкості геотехнічних систем  
Informative parameters of geotechnical systems stability control are proved

В горных геотехнических системах, прежде всего, в силу специфики геологического строения породных массивов, высокой фрактальной размерности пород и полезных ископаемых, являющимися одновременно объектами, вмещающими шахты, рудники и подземные сооружения, и объектами добычи и переработки, возможно как самопроизвольное возникновение процессов самоорганизации, так и хаотических процессов. Эти процессы могут быть доминирующими или частичными, а в зависимости от положения равновесия -