

## Summary

V. A. Nikolaev

### Impact on the distance between rolls of box-like wedge-like cage devices

Shows how wedge-type devices (WTD) fulfill the provisions of the regulation of working rolls in the vertical and horizontal planes, and shows the difference between such devices, which is the difference between the directions of the working cone about the axis of the rolls

## Анотація

В. О. Ніколаєв

### Вплив на міжвалковий розчин кліті квартоклиновими пристроями

Показано, як пристрої клинового типу (ПКТ) виконують регулювання положення робочих валків у вертикальній та горизонтальній площині, а також показано відмінність між такими пристроями, яка відрізняється напрямком робочого конусу відносно осі валків

УДК 621.771.06

**В. В. Веренев (ИЧМ), С. В. Мацко, О. В. Симененко, Д. В. Телюк, В. Т. Тилик, В. А. Яценко (ОАО «Запорожсталь»)**

## Зависимость ударных нагрузок от технического состояния клетей непрерывного прокатного стана

Известно, что существенное влияние на динамические нагрузки в прокатной клетке в период захвата полосы валками оказывают угловые зазоры в шпиндельном сочленении, обусловленные во многом износом бронзовых вкладышей. Зазоры приводят к увеличению динамической составляющей нагрузки в линии главного привода в 1,5-2,0 раза и более. Правилами технического обслуживания предусмотрена периодическая замена шпинделей с изношенными вкладышами. Это предупреждает развитие существенных износа и зазоров и, как следствие, ударных нагрузок.

В то же время характер и закономерности изменения последних при длительной работе стана остаются вне поля зрения технологов и механиков. Работа прокатных станов и его обслуживание ведутся без количественных данных по динамической нагруженности клетей, поскольку стационарными измерителями момента сил упругости они не оборудованы.

Непрерывные прокатные станы состоят из ряда клетей, взаимосвязанных единым технологическим процессом. Вместе с тем, обжатие, скорость прокатки, нагрузка, температура полосы, конструктивные особенности шпинделей в клетях

Показано характер изменения ударных нагрузок и их прогнозирование, необходимое для расчетов оборудования на прочность и долговечность. Было идентифицировано математическую модель линии главного привода совместно с упругой системой клетки с учетом зазоров, а также определено среднюю скорость износа бронзовых вкладышей

разные, что приводит к разному износу вкладышей. Соответственно этому периодичность замены шпинделей в клетях стана также разная и основана на опыте их эксплуатации. Вместе с этой заменой также естественно ожидать периодическое изменение ударных нагрузок. В связи с этим была поставлена задача определить характер изменения последних одновременно в черновых клетях № 1-4 в течение достаточно длительного периода работы стана 1680.

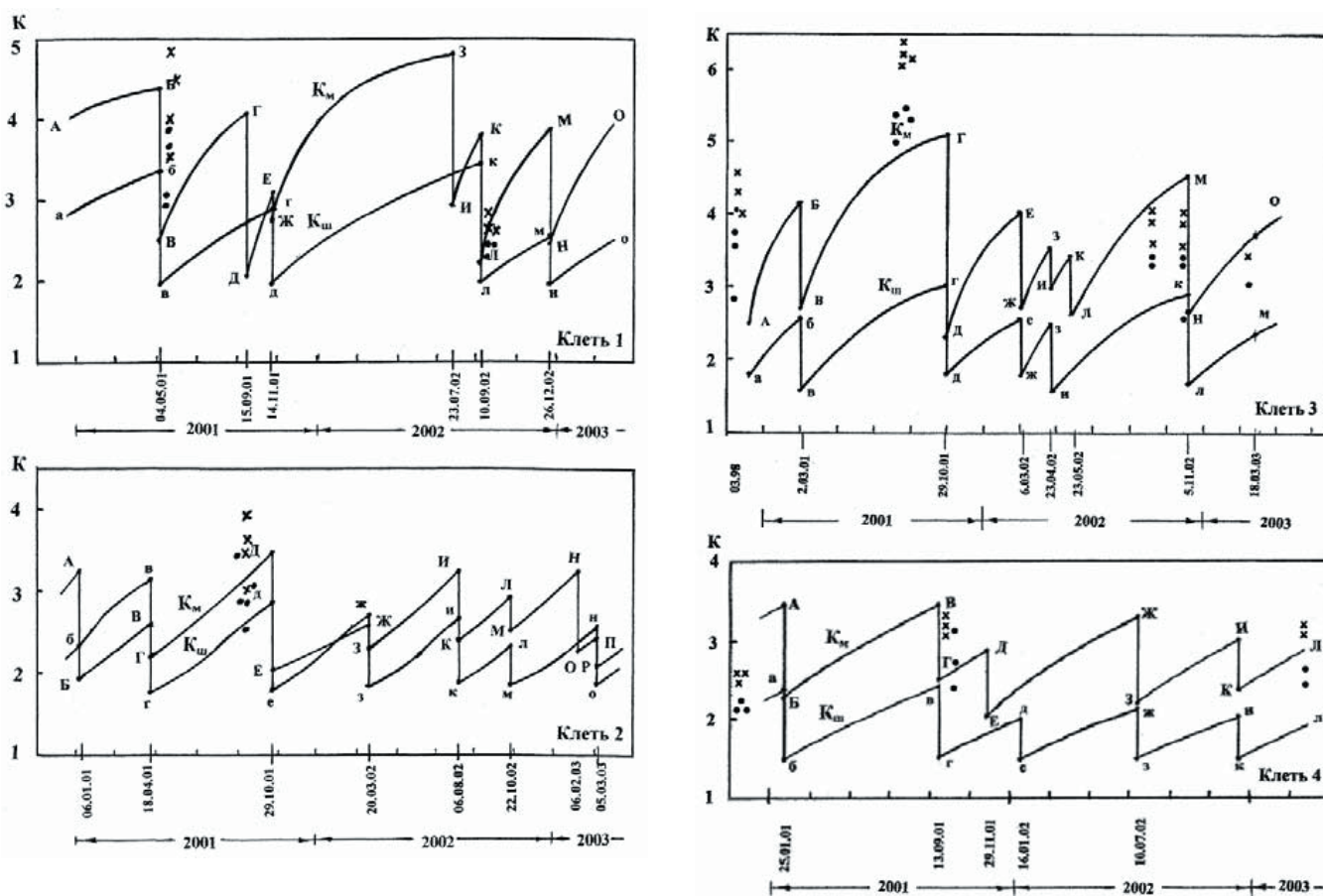
Для периодического измерения момента сил упругости в нескольких клетях действующего стана в течение длительного времени требуются существенные ресурсы и соответствующее аппаратное обеспечение. Поэтому поступили следующим образом. На основании предыдущих измерений момента и полученных данных о переходных процессах идентифицировали математическую модель линии главного привода совместно с упругой системой клетки с учетом зазоров [1]. По данным периодического измерения для каждой клетки определили среднюю скорость

износа бронзовых вкладышей и, соответственно, увеличение углового зазора в сочленении валок-шпиндель  $\delta_{ш}$ . Из агрегатных журналов за двухлетний период выписали даты, когда производилось техническое обслуживание основных узлов механического оборудования главных линий, связанное с изменением зазоров (замена шпинделей по причине износа или отказа вкладышей, износа или поломки зубчатых муфт и передач редуктора). В предположении равномерного износа и увеличения угловых зазоров построили расчетную зависимость коэффициента динамичности на шпиндельном  $K_{ш}$  и моторном  $K_M$  участках клетей № 1-4 во время эксплуатации стана (рис. 1).

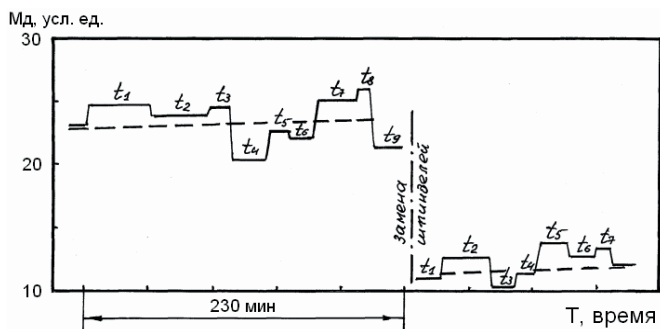
Рассмотрим полученные зависимости на примере клетки № 1. Согласно записи в агрегатном журнале 04.05.2001 заменили шпиндели, отработавшие 230 суток. Установка новых бронзовых вкладышей привела к резкому уменьшению зазоров и коэффициента динамичности на обоих участках: от точек *Б* и *б* соответственно к точкам *В* и *в*. В течение последующей работы данной пары шпинделей из-за износа и увеличения зазоров коэффициент динамичности на участках увеличивается по кривым *В-Г* и *в-г*. 15.09.2001 произошла авария, в результате чего заменили выходной вал и блок колес редуктора. Ввиду уменьшения зазоров

коэффициент  $K_M$  на моторном участке уменьшился до точки *Д*. Зазоры на шпиндельном участке продолжали увеличиваться, поэтому резкого уменьшения коэффициента  $K_{ш}$  в это же время не произошло: он продолжал увеличиваться до точки *з*, а коэффициент  $K_M$  из-за продолжающегося износа вкладышей и зазора  $\delta_{ш}$  увеличивался по кривой *Д-Е*. 14.11.2001 из-за поломки вкладышей заменили шпиндели, поэтому коэффициент  $K_{ш}$  резко уменьшился от точки *з* до точки *д*. За время работы клетки между точками *Д* и *Е* увеличился износ зубчатых зацеплений редуктора, поэтому коэффициент  $K_M$  уменьшился до точки *Ж*. До аварии редуктора 23.07.2002 износ и зазоры на обоих участках продолжали увеличиваться. Соответственно увеличивались коэффициенты  $K_M$  и  $K_{ш}$ . После замены входного вала и ремонта редуктора коэффициент  $K_M$  резко уменьшился до точки *И* (так как на  $K_M(И)$  оказал влияние увеличенный зазор в шпиндельном сочленении) и до замены шпинделей 10.09.2002 г. увеличивался (до точки *К*). После их замены коэффициенты  $K_M$  и  $K_{ш}$  уменьшились до точек *Л* и *л*. Далее процесс изменения  $K_M$  и  $K_{ш}$  с неравномерным периодом продолжался.

Аналогичным образом построены зависимости  $K_M$  и  $K_{ш}$  от времени  $T$  эксплуатации стана для клетей № 2, 3, 4. Как видно из рис. 1, во всех клетях изме-



**Рис. 1.** Изменение коэффициента динамичности на моторном  $K_M$  и шпиндельном  $K_{ш}$  участках во время эксплуатации черновых клетей № 1-4 стана 1680 с учетом дат технического обслуживания шпинделей (замена бронзовых вкладышей) и редуктора (замена зубчатых передач):  $\times$ ,  $\bullet$  – максимальные и средние значения  $K_M$



**Рис. 2.** Качественная зависимость максимальных динамических нагрузок  $M_d$  на моторном (шпиндельном) участке с учетом прокатываемого сортамента:  $t_i$  – время прокатки партии полос

нение  $K_m(T)$  и  $K_{ш}(T)$  имеет пило- и скачкообразный характер. При общности качественной закономерности для коэффициента динамичности каждой клетки характерны свои количественные соотношения. Неравномерность «пилы» функций  $K(T)$ , очевидно, не желательна, хотя она в основном связана с периодичностью восстановления технического состояния оборудования (после замены узлов по причине износа или их отказа).

Соответственно  $K_m(T)$  и  $K_{ш}(T)$  изменяется и максимальная ударная нагрузка (момент  $M_d$ ) на обоих участках линии привода (рис. 2). При этом изменение  $M_d = K(T) \cdot M_{ст}(T)$  носит более сложный характер, так как его величина зависит также от статического момента  $M_{ст}$  сопротивления на валках (момента прокатки). На основную зависимость  $M_d(T)$ , обусловленную  $K(T)$ , накладывается составляющая  $\Delta M(T)$ , обусловленная частотой изменения  $M_{ст}$  из-за перехода к прокатке партии (плавки) полос другого сортамента. Поэтому кривые  $M_d(T)$  на моторном и шпиндельном участках при детальном рассмотрении (для небольшого промежутка времени, измеряемого часами) изменяются согласно рис. 2. Здесь  $t_i$  равно времени прокатки данной партии полос. Пунктиром показаны зависимости для случая, когда принята средняя постоянная величина  $M_{ст}(T)$ . Расчеты показывают, что относительно этой средней динамическая составляющая может изменяться на 15-25%. По этой причине графики  $K_m(T)$ ,  $K_{ш}(T)$  и  $M_{дм}(T)$ ,  $M_{дш}(T)$  в общем случае представляют ломаную последовательность кривых.

Анализируя совместно зависимости на рис. 1 отмечаем, что в отдельные периоды одни клетки работают в худших, другие – относительно лучших условиях динамического нагружения. Возможны случаи, когда одновременно наиболее нагруженными становятся 2-3 клетки. Например, из рис. 1 видно, что в июле-августе 2001 г. в подобной ситуации оказались практически все черновые клетки, особенно № 1 и 3.

Рассмотрим данные результатов измерений момента сил упругости, выполненных в рассматриваемый период для других целей (рис. 1).

Если учесть отсутствие фактических данных о зазорах на шпиндельном и моторном участках и что расчеты выполнены для постоянной нагрузки, то можно отметить, что предложенный метод анализа подтверждается.

В клетях № 2, 3 и 4 максимальные и средние значения коэффициента динамичности приходятся на предремонтный период, когда достигается существенный износ вкладышей. В клетке № 3 значения  $K$ , полученные в августе 2001 г., заметно превышают расчетные. К моменту измерений наработка шпинделей составила почти шесть месяцев, что могло привести к чрезмерному износу бронзовых вкладышей и существенным зазорам. Кроме того, можно полагать, что к этому моменту развился износ в сочленениях на моторном участке, в частности, в редукторе, ремонт которого не проводился 14 месяцев. Из общей картины выпадают данные по клетке № 1, где в послеремонтный период отмечен существенный разброс коэффициента динамичности:  $K_{max} = 3,5-4,9$ ;  $K_{cp} = 2,9-3,9$ . Здесь перед текущим ремонтом и заменой шпинделей 04.05.2001 г. в агрегатном журнале дважды отмечено ослабление крепежа корпуса редуктора (25.01.2001 и 14.02.2001 гг.) с последующей обтяжкой гаек. Отмеченный разброс  $K$  можно объяснить сочетанием таких факторов, как нестабильность технического состояния редуктора и пределами изменения статического момента (прокатки).

Приведенные зависимости показывают, что важно не только определять текущий износ вкладышей и зазоры, но и с их учетом оценивать уровень максимальных ударных нагрузок, особенно при прокатке «тяжелого» сортамента по динамической нагруженности. Для этого необходимо регулярно во время перевалки валков измерять износ бронзовых вкладышей со стороны рабочих клеток. Статическая нагрузка определяется известными методами с помощью электрических параметров двигателя. Такая функция задействована практически во всех станах. За счет этого повышается достоверность определения коэффициента динамичности максимальных нагрузок. Аналогичные зависимости получены для чистовых клеток стана 1680.

Следует отметить, что повышение ударных нагрузок в прокатных станах с увеличением износа и зазоров в качественном отношении является общепризнанным фактом. Вместе с тем, установление характера их изменения с количественной оценкой одновременно в нескольких клетях непрерывного стана (что сделано впервые) позволяет определить практическую полезность полученных результатов.

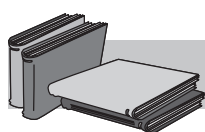
Построение подобных зависимостей с учетом дат технического обслуживания дает наглядную

картину изменения ударных нагрузок не только за прошедший период работы клетей, но и позволяет прогнозировать их. Отслеживание прогноза, то есть определение момента, когда ударные нагрузки могут превысить опасные по тем или иным условиям, позволяет учитывать полученные данные при определении сроков технического обслуживания линии главного привода. При знании прогноза появляется возможность путем перераспределения обжатий по клетям избежать периодов, когда одна-две клетки работают в условиях повышенных ударных нагрузок, или целенаправленно уменьшить последние (на время до ближайшего ремонта), если отмечено существенное ухудшение технического состояния этих клетей. Используя изложенный

подход можно получить достаточно точный и полный спектр максимальных динамических нагрузок, который необходим для расчетов оборудования на долговечность и прочность.

### **Вывод**

В настоящее время на стане 1680 во время перевалок валков во всех клетях ведутся регулярные измерения износа бронзовых вкладышей, в агрегатных журналах фиксируются отказы оборудования и их причины, замены шпинделей и других узлов. Разработаны компьютерные программы для динамических расчетов и определяются технические требования и условия применения изложенного метода для текущего анализа динамической нагруженности одновременно всех клетей стана.



## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Веренев В. В., Большаков В. И., Победов Н. И. Моделирование взаимодействия линии главного привода и упругой системы клетки / Сб. Захист металургійних машин від поломок, Маріуполь. – 2000.

– № 5. – С. 34-42.

### **Summary**

V. V. Verenev, S. V. Matsko, O. V. Simonenko, D. V. Telyuk, V. T. Tilik, V. A. Yatsenko

#### **Dependence of shock loads on the technical condition of stands of continuous rolling mill**

We show the change of shock loads and forecasts necessary for the calculation of equipment for strength and durability. It was identified through a mathematical model of the main drive in conjunction with the elastic system stands in the light gaps, and also determined the average rate of wear of bronze liners

### **Анотація**

В. В. Веренев, С. В. Мацко, О. В. Симоненко, Д. В. Телюк, В. Т. Тілік, В. А. Яценко

#### **Залежність ударних навантажень від технічного стану клітей безперервного прокатного стану**

Показано характер змін ударних навантажень та їх прогнозування, необхідне для розрахунків обладнання на міцність та довговічність. Було ідентифіковано математичну модель лінії головного приводу спільно з пружиною системою кліті з урахуванням зазорів, а також визначено середню швидкість зносу бронзових вкладок

### **Ключевые слова**

Прокатный стан, клеть, угловые зазоры, шпиндельное сочленение, динамические загрузки, износ бронзовых вкладышей