

УДК 629.771.23

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РОЛЬГАНГОВ  
НЕПРЕРЫВНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО СТАНА  
ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ (НШС ГП)**

**Жильцов А.П., Бутырский Д.В.**

*ФГБОУ ВО «Липецкий Государственный технический университет», Липецк,  
e-mail: kaf-mo@stu.lipetsk.ru*

В данной статье проведен анализ показателей надежности рольгангов непрерывного широкополосного стана горячей прокатки (НШС ГП). Представлена общая структурная модель рольганга и входящих в неё элементов. Рассмотрены и проанализированы составы приводов роликов печного рольганга, рольганга между черновыми клетями и промежуточного рольганга непрерывного широкополосного стана горячей прокатки. Рассмотрена методика оценки ремонтпригодности с использованием комплексного удельного показателя надежности, который учитывает количество элементов в структуре приводов рольгангов. Проведен пассивный эксперимент по определению количества отказов роликов по различным причинам. Установлено существенное влияние условий эксплуатации роликов в различных рольгангах на количество и виды отказов, подтверждена целесообразность учета реальных условий эксплуатации при сравнительном анализе их влияния на показатели работоспособности рольгангов

**Ключевые слова:** непрерывный широкополосный стан, рольганг, условия эксплуатации, ремонтпригодность, отказ

**ANALYSIS OF RELIABILITY PARAMETERS OF ROLLER CONVEYORS  
OF HOT ROLLING MILL**

**Zhiltsov A.P., Butirski D.V.**

*Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: kaf-mo@stu.lipetsk.ru*

In this article the analysis of indicators of reliability roller table continuous wide hot-rolling mill (ENM GP). Provides a General structural model of the conveyor and its constituent elements. Reviewed and analyzed compositions of the drives of rollers of the roller conveyor furnace, roller table between the roughing and intermediate mill stands roller table continuous wide hot-rolling mill. The method of evaluation of maintainability with the use of the integrated unit reliability index, which takes into account the number of elements in the structure of drives of rolling tables. Held passive experiment to determine the number of failures for various reasons. The essential influence of the operating conditions of the rollers in various roller conveyors on the number and types of failures, the appropriateness of taking into account the real operating conditions in a comparative analysis of their impact on health indicators tables

**Keywords:** continuous hot-strip mill, roller conveyor, usage conditions, maintainability, failure

Одной из основных проблем связанных с эксплуатацией рольгангов является большое разнообразие их конструкций, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками, что сказывается на ремонтпригодности, частоте и своевременном проведении технического обслуживания и ремонта рольганга. Для количественной оценки эксплуатационной надежности необходимы показатели, с помощью которых можно решать вопросы совершенствования рабочих рольгангов.

Металлургические рольганги относятся к восстанавливаемым изделиям длительно использования с последовательным соединением элементов.

Для получения достоверных оценок надежности узлов и деталей рабочих рольгангов необходимы статистические данные по их отказам, зарегистрированные в реальных условиях эксплуатации.

В общем случае рольганги состоят из ЭД – электродвигателя, ПР – понижающе-

го редуктора, РР – раздаточного редуктора, РА – рамы с подшипниковой опорой, ТВ – трансмиссионного вала, РО – ролика. В соответствии с этим структурная модель рольганга имеет следующий вид [1]:

$$\text{ЭД} + \text{ПР} + \text{РР} + \text{РА} + \text{ТВ} + \text{РО}.$$

Известно, что количество структурных элементов в любой машине определяет её работоспособность с точки зрения безотказности и ремонтпригодности в процессе эксплуатации. Применительно к рольгангам НШС ГП [2] структурные модели, определённые количеством и типами составляющих элементов, следующие:

черновые рольганги между клетями

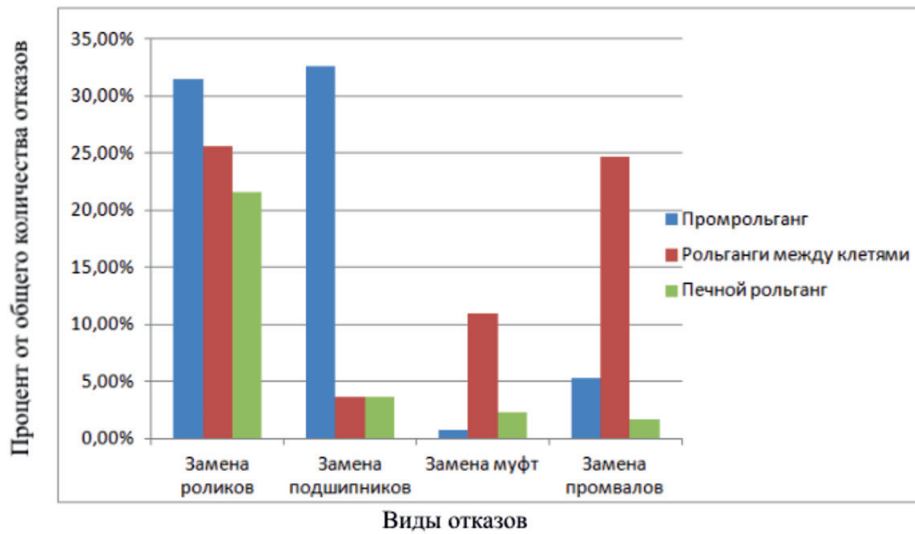
$$\text{ЭД} + \text{ПР} + \text{РР} + \text{РА} + \text{ТВ} + \text{РО}; \quad (1)$$

рольганг промежуточный

$$\text{ЭД} + \text{РО} + \text{ТВ} + \text{РА}; \quad (2)$$

рольганг печной

$$\text{ЭД} + \text{ПР} + \text{ТВ} + \text{РО} + \text{РА}. \quad (3)$$



Сравнительный анализ отказов рольгангов

Можно предположить, что рольганг со структурной схемой (2), с минимальным количеством элементов, более ремонтпригоден. В работе [1] предложена методика оценки ремонтпригодности с использованием комплексных показателей  $P_{к.уд.}$ . Приняв комплексный показатель со структурной схемой (2)  $P_k = 1$ , значения  $P_{к.уд.}$  рассчитываются следующим образом:

$$P_{к.уд.i} = P_k / n_i,$$

где  $P_{к.уд.i}$  – комплексный удельный показатель ремонтпригодности  $i$ -го рольганга,  $n_i$  – количество элементов в структурной схеме  $i$ -го рольганга.

В соответствии с данным подходом получены значения  $P_{к.уд.}$  для рольгангов НШС ГП, величины которых приведены в таблице. Анализ по величине  $P_{к.уд.}$  показывает, что большей ремонтпригодностью обладает промежуточный рольганг, а меньшей – рольганги между черновыми клетями. Однако, проведенный структурный анализ в соответствии с принципом, изложенным в работе [1], не позволяет учесть особенности эксплуатации оборудования рольгангов (энергосиловые, температурные, скоростные и др. режимы работы). С целью анализа влияния данных факторов на показатели работоспособности проведена комплексная оценка видов и количества отказов оборудования рассматриваемых рольгангов. Для этого был проведен пассивный эксперимент с наблюдением за частотой отказов элементов рольгангов по различным причинам (рисунок).

Пользуясь полученными данными о количестве отказов рольгангов, произведен

расчет относительных коэффициентов отказов  $v_i$ :

$$v_i = n_i / n_{\Sigma},$$

где  $v_i$  – относительный коэффициент отказов,  $n_i$  – количество отказов на  $i$ -ом рольганге,  $n_{\Sigma}$  – общее количество отказов.

Так, для печного рольганга величина  $v$  составила 0,28, промежуточного рольганга – 0,64 и рольганга между черновыми клетями – 0,08 (таблица).

Достаточно значительная величина относительного коэффициента отказов для роликов промежуточного рольганга (см. таблицу) связана с условиями эксплуатации. Необходимо отметить, что промежуточные рольганги в составе непрерывных широкополосных станов горячей прокатки обеспечивают транспортирование подката в чистовую группу клетей и для обеспечения сохранения температуры полосы оборудуются теплоизоляционными (теплоаккумулирующими) экранами [2]. Существенно важным является применение рациональной системы охлаждения роликов в условиях воздействия повышенных температур раската, использование соответствующих типов подшипников и их смазок.

В условиях эксплуатации промежуточных рольгангов охлаждение опор ролика и бочки ролика (изнутри) осуществляется при помощи охлаждающей водопроводящей трубки, установленной в осевом канале ролика. Вода подается с неприводной стороны, проходит через трубку, попадает в осевой канал ролика и вытекает через колпак со стороны подачи. После прохождения цикла охлаждения ролика вода на выходе нагрета от температуры

раската. Вследствие этого внутренняя поверхность трубки охлаждения испытывает экзотермическое сжатие, а внешняя поверхность – экзотермическое расширение. В зоне максимального градиента температуры возникают напряжения растяжения-сжатия, что может привести к разрушению трубки охлаждения. Данный процесс аналогичен применительно к охлаждению роликов УНРС [3].

с постепенным ухудшением свойств уплотнительных устройств, а также загрязнением и ухудшением свойств смазки в процессе эксплуатации. В результате возникают нарушения работоспособности подшипников качения, что может привести к аварийной остановке роликовой секции.

Сочетание вышеперечисленных эксплуатационных факторов обуславливает

Количественные характеристики рольгангов

Название рольганга	Структурные составляющие	Общее число элементов	Общее кол-во отказов	Комплексный удельный показатель надежности $P_{куд i}$	Относительный коэффициент отказов $v_i$
Черновые рольганги между клетями	ЭД + ПР + РР + + РА + ТВ + РО	6	109	0,16	0,08
Рольганг промежуточный,	ЭД + РО + + ТВ + РА	4	869	0,25	0,64
Рольганг печной	ЭД + ПР + ТВ + + РО + РА	5	377	0,20	0,28

Также в условиях высоких температур на конце трубки откладывается накипь, из-за чего охлаждение опоры ролика со стороны привода не происходит в нужной степени. Это приводит к выгоранию смазки с последующим выходом из строя подшипников, что может привести к заклиниванию роликов и их замене (см. рисунок).

Вследствие неравномерного износа бочки ролика, а также из-за недостаточной балансировки, возникающий дебаланс также может являться причиной заклинивания. Выход из строя муфт привода происходит в результате износа и поломки зубьев, а также ослабления крепежа. Ослабление крепежа подушек опорных конструкций роликов обусловлено износом и возможной перетяжкой резьбовых соединений.

Итак, для роликов промежуточного рольганга НШС ГП наблюдаются следующие виды отказов и наиболее вероятные причины их появления: заклинивание роликов вследствие разрушения подшипников, забивание трубки охлаждения, дебаланс, отсутствие смазки в опорах роликов; выход из строя муфт привода вследствие износа зубьев, поломка зубьев, ослабление крепежа; ослабление крепежа подушек вследствие износа резьбы, перетяжка резьбового соединения; износ бочки ролика вследствие трения поверхности бочек и прокатываемой полосы [4]. Наиболее значительным по количеству и степени влияния на эксплуатационные показатели является заклинивание роликов.

В процессе транспортирования полосы, нагретой до 1000÷1100 °С происходит отрицательное воздействие на подшипниковые опоры роликов рольганга. Это связано

повышенную частоту замен роликов и подшипников применительно к промежуточному рольгангу.

Необходимо отметить, что для печных рольгангов и рольгангов между черновыми клетями также наблюдаются отказы, обусловленные заменой роликов, подшипников, муфт, однако частота этих замен существенно ниже по сравнению с промрольгангом. Это связано с различием в условиях эксплуатации.

Сравнительный анализ методов оценки надежности с использованием структурного и эксплуатационного подходов свидетельствует о необходимости учета различных факторов: состава оборудования приводов рольгангов, условий эксплуатации, индивидуальных особенностей, присущих элементам различных рольгангов, что влияет на появление отказов, свойственных тому или иному типу рольганга.

Список литературы

1. Задорожный В.Д. Унифицированный транспортный рольганг повышенной ремонтпригодности с индивидуальным приводом: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2006. – 20 с.
2. Чупров В.Б. Реконструкция металлургических производств. Современное оборудование листопркатных цехов с широкополосными станами горячей прокатки. / Чупров В.Б., Каретный З.П., Третьякова Н.З. – Учебное пособие – Липецк, 2007. – 463 с.
3. Паршин В.М., Непрерывная разливка стали [Текст] / В.М. Паршин, Л.В. Буланов. – Липецк: Изд-во «ОАО НЛМК», 2011. – 221 с.
4. Жильцов А.П., Челябинца А.Л. Анализ технологических и конструктивных решений по обеспечению работоспособности роликов рольгангов непрерывных широкополосных станов горячей прокатки (НШС ГП): Современные тенденции развития науки и технологий: сборник научных трудов по материалам VII научно-практической конференции 31 октября 2015 г. / Под общей редакцией Е.П. Ткачевой. – Белгород: ИП Ткачевой. – Белгород: ИП Ткачева Е.П., 2015. – № 7, часть III – 148 с.