

УДК 62-412.002.5+669.018.258

**Р.В. Ковалев /к.т.н./**

*Брянский государственный технический университет (Брянск, Россия)*

**А.Л. Сотников**

*Донецкий национальный технический университет (Донецк, Украина)*

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА КАЧАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА МНЛЗ

*Механізм хитання кристалізатора МБЛЗ розглядається як об'єкт математичного моделювання. Обґрунтовується необхідність і приводиться приклад застосування методу автоматичного синтезу рівнянь руху механічної системи механізму хитання з урахуванням динамічних властивостей вузлів механізму для дослідження його кінематичних і динамічних процесів.*

*Механизм качания кристаллизатора МНЛЗ рассматривается как объект математического моделирования. Обосновывается необходимость и приводится пример применения метода автоматического синтеза уравнений движения механической системы механизма качания с учетом динамических свойств узлов механизма для исследования его кинематических и динамических процессов.*

Разработка математической модели, получившего широкое распространение, шарнирного четырехзвенного механизма качания (МК) кристаллизатора сортовой радиальной машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) необходима для проведения исследований закономерностей отклонения параметров колебательного движения кристаллизатора при изменении технического состояния (возникновении и развитии неисправностей узлов) МК с целью определения диагностических параметров, разработки решающих правил и определения границ различия неисправностей.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что наибольшее влияние на точность движения кристаллизатора МНЛЗ и др. эксплуатационные показатели МК оказывают зазоры в подшипниках шарниров механизма [1...3].

В работе [2] разработана математическая модель МК для установления взаимосвязи времени опережения – параметра, характеризующего относительное движение кристаллизатора и непрерывно формируемого в нем слитка, от величины суммарного зазора (люфта) в системе привод-кристаллизатор. Разработанная модель не позволяет оценить отклонения параметров колебательного движения кристаллизатора (скорость, ускорение, перемещение, направление движения) в результате возникновения и развития зазора в подшипнике каждого шарнира.

В работе [3] для МК кристаллизатора слябовой МНЛЗ на основе векторных контуров разработаны математические модели кинематики механизма для исследования влияния зазоров в его

шарнирах на геометрические параметры траектории движения кристаллизатора.

Не смотря на актуальность задачи разработки математической модели МК с учетом динамических свойств его узлов, практического и универсального решения со всех точек зрения так и не появилось.

Целью данной работы является выбор практического и универсального метода, разработка математической модели МК кристаллизатора МНЛЗ для исследования кинематических и динамических процессов механизма с учетом зазоров в подшипниках его шарниров.

МК предназначен для обеспечения колебательного движения кристаллизатора МНЛЗ в соответствии с заданными законом и параметрами, амплитудой и частотой колебания. Наличие зазоров в подшипниках МК вызывает дополнительные движения элементов механизма, оказывающие существенное влияние на разнообразные эксплуатационные показатели механизма, в частности снижается точность движения кристаллизатора, увеличиваются реакции в кинематических парах, возникают ударные нагрузки в подшипниках [4]. Указанные обстоятельства могут привести к появлению как постепенных, так и внезапных отказов в работе механизма, что непосредственно отразится на стабильности и безопасности разливки стали на МНЛЗ, качестве получаемых заготовок и безотказности узлов и элементов механизма [1].

Наибольшее внимание теоретическому изучению влияния зазоров в подшипниках на кинематические, динамические и вибрационные про-

Для получения доступа к полному тексту данной публикации необходимо обратиться к авторам по эл. почте: **m-lab@ukr.net**

или воспользоваться Интернет-сервисом **elibrary.ru**

(на рабочем ходу). Перекладки зазоров в шарнирах, сопровождающиеся ударными нагрузками, обуславливаются действием силы трения между поверхностью непрерывно литого слитка и рабочей поверхностью гильзы кристаллизатора при резком изменении направления силы.

Относительное (колебательное и/или ударное) перемещение элементов подшипника осуществляется по линии действия реакции на величину образовавшегося зазора. Колебательное и ударное нагружение кратно рабочей частоте МК.

ПКУМ позволяет построить траектории движения точек (в т.ч. и точек контакта) подшипника и шипа шарниров МК кристаллизатора МНЛЗ, определить направление и величину реакций в шарнирах и т.д., для решения, например, задач оптимизации конструкции шарниров, выходящих за рамки данной работы.

### Выводы

В отличие от известных работ практичным и универсальным решением задачи исследования кинематических и динамических процессов шарнирного четырехзвенного МК кристаллизатора МНЛЗ с учетом зазоров в его шарнирах, является численное интегрирование автоматически синтезируемых уравнений движения механизма во временной области. Точность результатов моделирования высока, расхождение не превышает 5 %, что достаточно для решения широкого круга научно-технических задач, в т.ч. технической диагностики.

С помощью разработанной математической модели МК кристаллизатора МНЛЗ возможно проведение исследования закономерностей отклонения параметров колебательного движения кристаллизатора МНЛЗ при изменении технического состояния подшипников шарниров МК (увеличения радиального зазора) с помощью методов планирования эксперимента, что и является дальнейшим направлением развития данной работы.

1. *Повышение конкурентоспособности сортовых МНЛЗ путем их модернизации* / Ротенберг А.М., Шифрин И.Н., Белитченко А.К. и др. // *Электromеталлургия*. – 2003. – №3. – С. 41-46.
2. *Петреев Д.В.* Влияние зазоров в механизме качения кристаллизатора на время опережения / *Сталь*. – 2007. – №4. – С. 67-69.
3. *Титов О.П.* Совершенствование методики расчета и средств контроля механизма качения

кристаллизатора криволинейной МНЛЗ: Дис. ... канд. техн. наук: 05.04.04. – Череповец, 1998. – 169 с.

4. *Рагульскис К.М., Юркаускас А.Ю.* Вибрация подшипников / Под ред. К.М. Рагульскиса. – Л.: Машиностроение, 1985. – 119 с.
5. *Динамика ротора в подшипниках качения* / М.К. Леонтьев, В.А. Карасев, О.Ю. Потапова, С.А. Дегтярев // *Вибрация машин: измерение, снижение, защита*. – 2007. – №1. – С. 45-50.
6. *Вульфсон И.И.* Критерии для анализа псевдодудара при сохранении кинематического контакта в зазорах шарниров / *Теория механизмов и машин*. – 2007. – №1. – Том 5. – С. 22-37.
7. *Сергеев В.И., Юдин К.М.* Исследование динамики плоских механизмов с зазорами. – М.: Наука, 1974. – 111 с.
8. *Attuatori e sospensioni pneumatiche* / Catalog "PIRELLI", 2007. – P. 206-207.
9. *Левин П.А.* Улучшение качества поверхности непрерывнолитой заготовки на основе оптимизации процесса взаимодействия металла со стенками кристаллизатора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.02 / Дон. политех. ин-т. – Донецк, 1987. – 22 с.
10. *Смолин И.Ю.* Основы аналитической динамики (Введение в аналитическую механику). – Томск: ТГУ, 2007. – 32 с.
11. *Антонюк Е.Я.* Динамика механизмов переменной структуры. – Киев: Наукова думка, 1988. – 184 с.
12. *Сотников А.Л.* Компьютерно-ориентированный автоматический синтез уравнений движения механических систем / *Металлургические процессы и оборудование*. – 2007. – №3. – С. 34-52.
13. *SolidWorks*. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И. и др. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
14. *Программный комплекс "Универсальный механизм"*. Руководство пользователя. – Брянск: Лаборатория "Вычислительная механика" БГТУ, 2006. – 607 с.
15. *Погорелов Д.Ю.* Введение в моделирование динамики систем тел: учеб. пособие. – Брянск: Изд-во БГТУ, 1997. – 155 с.
16. *Виттенбург Й.* Динамика систем твердых тел. / Пер. с англ. Под. ред. В.В. Румянцева. – М.: Изд-во "Мир", 1980. – 292 с.

Статья поступила 11.02.2008 г.

© А.Л. Сотников, 2008

# ПОДПИСКА

НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЖУРНАЛЫ

## «Металлургические процессы и оборудование»

(издается с марта 2005 г., 4 номера в год, объем 60-80 стр.)

*Проектирование и производство современного высокопроизводительного и безопасного оборудования для горно-металлургического комплекса, организация производства и управление фондами, реконструкция и модернизация действующего оборудования, энергосбережение и утилизация отходов; повышение производительности и качества продукции, организация и проведение работ по обслуживанию, диагностированию, ремонту и восстановлению промышленного оборудования с применением современных технологий и материалов.*

## «Вибрация машин: измерение, снижение, защита»

(издается с мая 2005 г., 4 номера в год, объем 60-80 стр.)

*Борьба с вибрацией машин и металлоконструкций; оценка технического состояния оборудования по виброакустическим параметрам; разработка методов диагностирования, снижения вибрации и балансировки; защита оборудования и обслуживающего персонала от вибраций; разработка и сертификация современных средств измерения и анализа параметров вибрации; проектирование нового вибрационного оборудования.*

### Подписные индексы журналов в каталогах

Журнал	Каталог		
	"Пресса Украины"	"Газеты. Журналы" (Агентство ОАО "Роспечать")	ООО "НПП "Идея"
Металлургические процессы и оборудование	98832	21897	16170
Вибрация машин: измерение, снижение, защита	98831	21896	16171

Предприятия и организации Украины и России могут оформить подписку в любом почтовом отделении, в подписных агентствах, в редакции журналов и в ее представительствах.

Предприятия и организации др. стран СНГ могут оформить подписку только в редакции журналов и в ее представительствах.

**По другим вопросам подписки, публикации статей и размещения рекламы обращаться в редакцию журналов.**

#### Редакция журналов

Адрес: 83001, Украина, Донецк, ул. Артема, 58

Телефон: +380 (62) 348-50-56, (066) 029-44-30

Эл. почта: m-lab@ukr.net

Интернет: metal.donntu.edu.ua, vibro.donntu.edu.ua

#### ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РЕДАКЦИИ

**ООО "ТОИР Консалт" (Россия)**

Телефон/факс: +7 (495) 775-85-02

Эл. почта: info@toir-consult.ru

Интернет: www.toir-consult.ru

#### ПОДПИСНЫЕ АГЕНТСТВА

**ООО "НПП "Идея" (Украина)**

Телефоны: +380 (62) 381-09-32;

+380 (44) 417-86-67, 204-36-44

Эл. почта: info@idea.donetsk.ua

Интернет: www.idea.com.ua

**ООО Фирма "Меркурий" (Украина)**

Телефоны: +380 (56) 374-90-30, 374-90-31;

(44) 248-88-08, 249-98-88, 242-97-51;

(536) 700-384, 2-45-48; (232) 6-00-93, 6-45-26

(62) 348-11-14, 345-15-92; (56) 374-90-32;

(542) 25-12-49, 25-12-55