

## ПРИМЕНЕНИЕ ЙОДА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

*Бутенко В.И., Чаава М.М., Пастухов Ф.А.*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Ключевые слова:** динамическая трибосистема, устойчивость, колебание, йодид железа, нанослой, виброакустические сигналы, трибоконтакт.

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы повышения устойчивости динамической трибосистемы, в качестве которой выбрана технологическая система, связанная с процессом алмазного выглаживания поверхностей деталей машин. Показано, что добавка в технологическую смазку кристаллического йода способствует возникновению в трибосистемах орбитально-асимптотических устойчивых предельных циклов, обеспечивающих высокий запас устойчивости динамической трибосистемы. По результатам исследования виброакустических сигналов установлено, что создаваемые на контактных поверхностях деталей трибосистем нанослой йодидов железа способствуют улучшению амплитудно-частотной характеристики импульсного взаимодействия соприкасающихся микронеровностей и стабилизации динамики контактного взаимодействия поверхностей твёрдых тел.

## THE USE OF IODINE TO STABILIZE THE DYNAMICS OF CONTACT INTERACTION OF SOLID SURFACES

*Butenko V.I., Chaava M.M., Pastukhov Ph .A.*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don*

**Keywords:** dynamic tribosystem, stability, vibration, iron iodide, nanolayer, vibroacoustic signals, tribocontact.

**Abstract.** The issues of increasing the stability of a dynamic tribosystem are considered, for which a technological system associated with the process of diamond smoothing of the surfaces of machine parts is chosen. It is shown that the addition of crystalline iodine to the technological lubricant contributes to the emergence of orbitally asymptomatic stable limit cycles in tribosystems, providing a high margin of stability of the dynamic tribosystem. Based on the results of a study of vibroacoustic signals, it was established that nanolayers of iron iodides created on the contact surfaces of parts of tribosystems help improve the amplitude-frequency characteristics of the pulse interaction of contacting microroughnesses and stabilize the dynamics of contact interaction of solid surfaces.

В работах [1-3] показано, что работоспособность и надёжность технологических и эксплуатационных систем машиностроительного производства во многом зависят от их устойчивости, обусловленной динамикой контактного взаимодействия деталей трибосистем. Для управления устойчивостью технологических и эксплуатационных систем важно выявить и оценить причины и особенности возникновения колебаний в зоне фрикционно-силового контакта поверхностей деталей трибосистем, во многом определяющих ресурс машины или механизма. По характеристикам возникающих в контактной зоне трущихся поверхностей деталей колебаний (в том числе, виброакустических сигналов) можно оценить состояние трибосистемы и получить первичную информацию о процессах, протекающих во фрикционном контакте [4]. Актуальность исследований в этом направлении объясняется тем, что

технологические процессы, связанные с обработкой поверхностей деталей трибосистем, сопровождаются виброакустическими колебаниями, природа которых аналогична явлениям во фрикционном контакте деталей эксплуатационных систем [1, 4].

В работах [5, 6] показано, что изменить условия фрикционного контакта деталей трибосистем в изделиях машиностроительного производства можно введением в зону их контактного взаимодействия микродоз кристаллического йода. В связи с этим были проведены качественные исследования влияния йода в зоне фрикционно-силового контакта деталей в технологических и эксплуатационных системах на возникающие в них автоколебания и виброакустические сигналы. Для исследований была выбрана технологическая система, связанная с процессом алмазного выглаживания поверхностей деталей.

Используя современные методы моделирования различных процессов и технологических систем [2, 5], были исследованы области притяжения точек динамической устойчивости процесса алмазного выглаживания поверхностей деталей, выполняемого на токарно-винторезном станке мод. 1И611П с использованием типового инструмента с рабочей частью индентора из синтетического алмаза АСПМ-3 со сферической заточкой. Моделирование проводилось по двум вариантам: при использовании в качестве смазки масла «Индустриальное-20А» без йода и с добавлением в него кристаллического йода в количестве 0,8 г/л, который в процессе обработки образует на поверхности детали йодиды железа [5]. Результаты исследований в виде графиков фазовых траекторий, характеризующих реакцию технологической системы на условия осуществления процесса алмазного выглаживания, приведены на рисунке 1. Их анализ свидетельствует о том, что добавка в смазку кристаллического йода при прочих равных условиях позволяет формировать в технологической системе многообразия, способствующие возникновению орбитально-асимптотических предельных циклов, обеспечивающих более высокий запас устойчивости динамической системы и качество получаемого поверхностного слоя детали. Повышение стабильности динамики контактного взаимодействия поверхностей твёрдых тел объясняется низким коэффициентом трения диiodида железа, имеющего слоистую структуру [5].

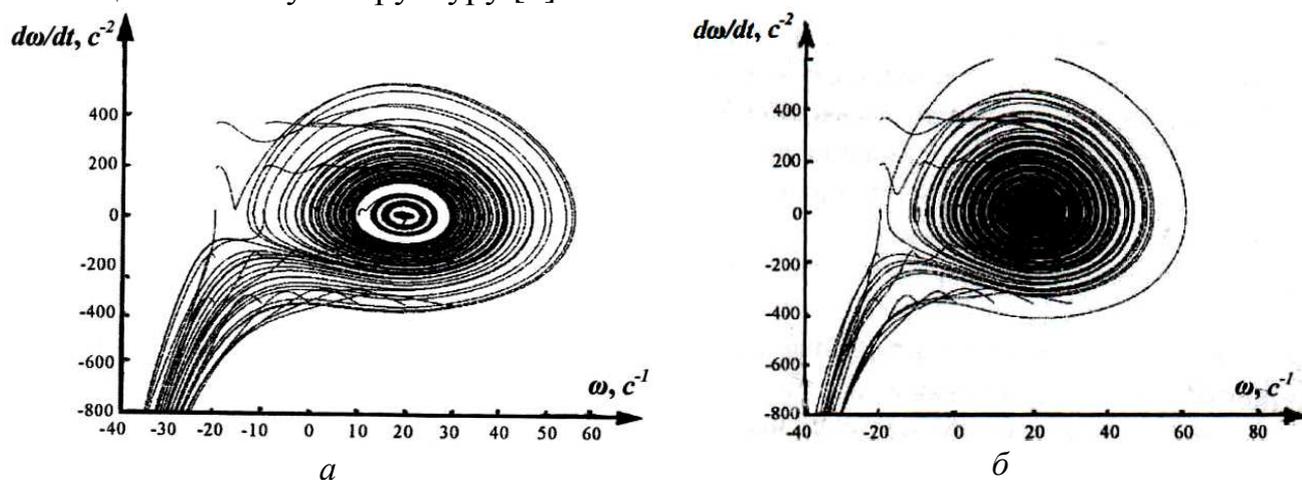


Рис. 1. Графики фазовых траекторий технологической системы алмазного выглаживания при использовании смазки без йода (а) и йодосодержащей смазки (б)

Создание в процессе обработки на поверхностях деталей трибосистемы нанослоёв йодида железа оказывает существенное влияние на виброакустические свойства фрикционного контакта, а виброакустический сигнал, сопровождающий фрикционный контакт, может быть использован как для реализации систем технической диагностики во многих областях машиностроения, обеспечивающих, например, безаварийную работу автоматизированных технологических комплексов, так и для решения проблем повышения стойкости металлорежущего и работоспособности деталей трибосистем за счёт изменения их точностных и качественных характеристик, влияющих на адгезионные связи в зоне контакта сопряжённых поверхностей [1-5].

На установке для испытания материалов на истирание [5] были проведены исследования влияния нанослоёв йодидов железа, сформированных на поверхностях деталей в процессе их шлифования с использованием йодосодержащего смазочно-охлаждающего средства, на амплитудно-частотную характеристику возникающих в трибоконтате виброакустических сигналов. Результаты сравнительных исследований в виде амплитудно-частотной характеристики представлены на рисунке 2, из анализа которого следует, что создание на контактных поверхностях деталей трибосистем нанослоя йодидов железа способствует существенному снижению амплитуды импульсного взаимодействия соприкасающихся микронеровностей при колебаниях с частотой более 2 кГц. На низких частотах отмечаются незначительные снижения амплитуд виброакустических сигналов, что объясняется особенностями адгезивной активности йодидов железа в зоне фрикционного контакта [5]. Для выяснения причин, влияющих на виброакустические свойства фрикционного контакта поверхностей деталей с нанослоями йодидов железа необходимо проведение специальных трибоспектральных и квантово-химических исследований [7].

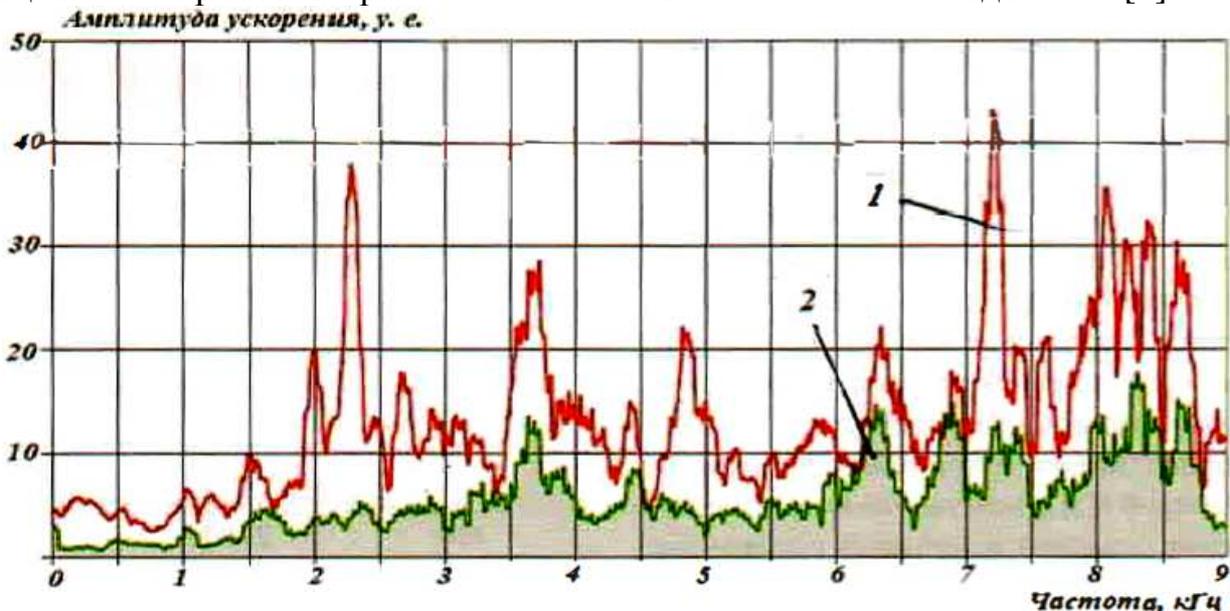


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика контактного взаимодействия поверхностей деталей трибосистемы при отсутствии на них нанослоёв йодида железа (1) и при их наличии (2)

Таким образом, результаты выполненных исследований свидетельствуют о целесообразности применения йодосодержащих смазок и смазочно-

охлаждающих средств для снижения колебаний при взаимодействии поверхностей твёрдых тел трибосимтем и повышения динамической устойчивости технологических и эксплуатационных систем, используемых в машиностроительном производстве.

#### **Список литературы**

1. Григорьев С.Н., Гурин В.Д., Козочкин М.П., Смирнов В.В. Динамика автоматизированного производства. – М.: Машиностроение, 2011. – 600 с.
2. Заковоротный В.А. Нелинейная трибология. – Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2000. – 293 с.
3. Бутенко В.И. Научные основы функциональной инженерии поверхностного слоя деталей машин. – Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2017. – 481 с.
4. Козочкин М.П. Виброакустическая диагностика технологических процессов. – М.: ИКФ «Каталог», 2005. – 196 с.
5. Бутенко В.И. Применение йода и его соединений в процессах обработки и эксплуатации деталей машин. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2023. – 242 с.
6. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. – М.: Машиностроение, 1985. – 64 с.
7. Майба И.А., Мигаль Ю.Ф., Бекетов А.С. Квантово-химические расчёты в решении трибологических задач // Транспорт, наука, образование, производство: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС, 2016. – С. 294-296.

#### Сведения об авторах:

*Бутенко Виктор Иванович* – д.т.н., профессор;

*Чаава Михаил Мегонович* – к.т.н., доцент;

*Пастухов Филипп Андреевич* – старший преподаватель.