

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, г. Курск  
ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.  
П.О. Сухого, (Республика Беларусь)  
КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(Республика Узбекистан)  
СКТБ ПРИ ИНСТИТУТЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ (Республика Узбекистан)

## **«ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ: ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ»**

*Материалы Международной  
научно-технической конференции  
2-3 октября 2015 года*

Ответственный редактор *Чевычелов С.А.*

Курск 2015

УДК 621+658+685

ББК 34.4+34.5

И66

**Председатель программного комитета – Емельянов Сергей Геннадьевич**, д.т.н., профессор, ректор, ЮЗГУ;

**Заместитель председателя – Куц Вадим Васильевич**, д.т.н., профессор кафедры управления качеством, метрологии и сертификации, ЮЗГУ;

**Заместитель председателя – Агеев Евгений Викторович**, д.т.н., доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов, ЮЗГУ;

«ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ: ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ» [Текст]: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (2-3 октября 2015 года) / редкол.: Чевычелов С.А. (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2015. 370 с.

ISBN 978-5-9907150-1-1

Содержание материалов конференции составляют научные статьи отечественных и зарубежных ученых. Излагается теория, методология и практика научных исследований в области техники и технологии.

Предназначен для научно-технических работников, ИТР, преподавателей, студентов и аспирантов вузов.

Материалы публикуются в авторской редакции.

*Конференция проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Соглашение № 15-38-10379\15*

ISBN 978-5-9907150-1-1

УДК 621+658+685

ББК 34.4+34.5

© Юго-Западный государственный университет  
© Чевычелов С.А. (оформление), 2015  
© Авторы статей, 2015

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<i>Абакумов Р.Г.</i> МЕНЕДЖМЕНТ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	10
<i>Агеев А.В., Кудрявцев А.Л., Емельянов И.П.</i> СХЕМА ИЗМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ .....	13
<i>Агеев Е.В., Хардигов С.В.</i> РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ОТХОДОВ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ В ВОДЕ .....	17
<i>Аксенов В.Н., Бронников А.Н.</i> АНАЛИЗ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ПОЖАРАМ НА ТЕРРИТОРИИ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ В 2014 ГОДУ .....	20
<i>Аксенов В.Н., Янчук В.М.</i> К ВОПРОСУ О ВЫПОЛНЕНИИ ФУНКЦИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНОЙ .....	24
<i>Андросенко М.В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....	29
<i>Антонов А.А., Артемьев А.А., Соколов Г.Н., Зорин И.В., Дубцов Ю.Н.</i> ЛЕГИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА НАНО- И МИКРОЧАСТИЦАМИ НИТРИДА ТИТАНА .....	31
<i>Арсенко М.Ю., Гулидин С.С., Агеев Е.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ И МОРФОЛОГИИ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ СПЛАВА ВК8 В ВОДНОЙ СРЕДЕ .....	35
<i>Бабаскин Е.Н., Филиппов Е.Н.</i> ДОСТИЖЕНИЯ КОМПАНИИ «FANUC CORPORATION» В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ .....	39
<i>Баландюк И.П., Мальцева Д.А., Чаплыгина Е.М., Пожидаев Ю.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ .....	42
<i>Беликов В.П., Филиппов Е.Н.</i> ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	45
<i>Беляков М.О., Лата А.Н., Чугунов Е.А., Кузьмин С.В., Лысак В.И.</i> ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЛСТОЛИСТОВОГО БИМЕТАЛЛА СТАЛЬ (25 ММ) – СТАЛЬ (25 ММ) СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ МЕТАЕМОЙ ПЛАСТИНЫ В ПРОЦЕССЕ СОУДАРЕНИЯ .....	49
<i>Боллиев К.Э.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ .....	52
<i>Валуева К.Е., Градинар А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ МАРГАНЦА В ПРЯМЫХ МИЦЕЛЛАХ ЦЕТИЛПИРИДИНИЙ ХЛОРИДА .....	55

<i>Джураев А.Д., Мадрахимов Ш.Х.</i> , ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА С ПРУЖИНОЙ КРУЧЕНИЯ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА .....	108
<i>Джураев А.Д., Гаджибаев А., Сайдаматов М.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРУЖИНЫ КРУЧЕНИЯ ОТРАЖАТЕЛЯ ХЛОПКОВОГО СЕПАРАТОРА .....	111
<i>Джураев А.Д., Мирахмедов Д.Ю., Элмонов С.</i> РАСЧЕТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ КОЛОСНИКА ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА .....	114
<i>Джураев А.Д., Мирахмедов Д.Ю., Элмонов С.</i> КОЛЕБАНИЯ КОЛОСНИКА ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА ОТ КРУПНОГО СОРА .....	118
<i>Дремова Н.В., Мавланов Т., Абдиева Г.Б.</i> ПРАКТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ВЯЗКОУПРУГИМИ ГИБКИМИ НИТЯМИ .....	120
<i>Римма В.Е., Максим С.Е.</i> МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ .....	124
<i>Емельянов Д.В.</i> РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ШАГА И ПРОФИЛЯ .....	127
<i>Емельянов Д.В.</i> , ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ .....	132
<i>Емельянов Д.В., Негин И.А., Сиразетдинов Р.И.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЗАЛЕЧИВАНИЕМ .....	135
<i>Емельянов Д.В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО УВОДА ОСИ ОТВЕРСТИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ .....	139
<i>Емельянов С.Г., Разумов М.С., Сидорова В.В., Гречухин А.Н.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА НА ЖЕСТКОСТЬ .....	143
<i>Жидецкая А.С., Потапов И.С., Игошин И.С., Балашов А.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. 147	
<i>Зиёдуллаева Х.М.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПАЙКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ .....	151
<i>Иванов В.В., Иванов С.В., Иванов В.В.</i> ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГИДРОАБРАЗИВНОГО РЕЗАНИЯ .....	154
<i>Иванов В.А., Павленко И.В., Курилов Б.Н., Косов Н.А., Косов И.А., Чигрин С.О.</i> ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ «СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ЗАГОТОВКА» НА ПРИМЕРЕ СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ПО ТРЁМ ПЛОСКОСТЯМ .....	158
<i>Изнаилов Б.М., Мирошкин А.Г., Злобина И.В., Мукатова Г.Х.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ВЕРОЯТНОСТНОГО РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИИ ШРУС .....	161

**ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ «СТАНОЧНОЕ  
ПРИСПОСОБЛЕНИЕ – ЗАГОТОВКА» НА ПРИМЕРЕ СХЕМЫ  
БАЗИРОВАНИЯ ПО ТРЁМ ПЛОСКОСТЯМ**

*Иванов Виталий Александрович, к.т.н., доцент,  
кафедры технологии машиностроения, станков и инструментов;  
Павленко Иван Владимирович, к.т.н., старший преподаватель  
кафедры общей механики и динамики машин;  
Курилов Богдан Николаевич, студент;  
Косов Никита Александрович, студент;  
Косов Илья Александрович, студент;  
Чигрин Сергей Олегович, студент*

*Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина*

*В статье описана математическая модель и методика расчёта вынужденных пространственных колебаний системы «станочное приспособление – заготовка» в результате воздействия на систему динамических составляющих сил и моментов резания с учётом податливости функциональных элементов. Методика позволяет определять амплитудно-частотные характеристики вынужденных колебаний заготовки вследствие действия динамических составляющих сил и моментов резания, а также оценивать резонансные частоты процесса резания.*

**Введение**

Станочные приспособления (СП) предназначены для точного базирования и надежного закрепления заготовок при механической обработке на металлорежущих станках и являются неотъемлемой частью замкнутой технологической системы «Станок – СП – режущий инструмент – заготовка». СП играют важную роль в обеспечении заданной

точности и качества обработки поверхностей деталей в машиностроении. Как правило, наибольшие погрешности возникают на этапе установки заготовки в СП. При изучении системы «СП – заготовка» основное внимание уделяется анализу контактного взаимодействия между заготовкой и функциональными элементами (ФЭ), к которым относятся установочные и зажимные элементы. Данным вопросам посвящено немало работ как зарубежных (J. Asante, Y. Zheng, Y. Rong, N. Kumbhar, S. Hu, V. Cioata, H. Deng, S.N. Melkote, M. Vasundara, W.R. DeVries, A. Trappey и др.), так и отечественных ученых (Микитянский В.В., Зарипов Р.Н. и др.). Анализ результатов последних исследований в этом направлении приведен в работах [1–3]. Таким образом, проблема проектирования СП является актуальной и связана с важными научно-практическими заданиями обеспечения устойчивого положения заготовки в СП в процессе формообразования поверхностей деталей.

Целью работы является разработка методики расчёта вынужденных пространственных колебаний системы «СП – заготовка» в результате воздействия на систему динамических составляющих сил и моментов резания с учётом податливости ФЭ.

### Краткое описание математической модели

Рассматривается механическая система «СП – заготовка», содержащая 6 ФЭ в глобальной декартовой системе координат  $X, Y, Z$  с центром  $O$ . Схема 3-2-1 установки заготовки по трём плоскостям представлена на рис. 1.

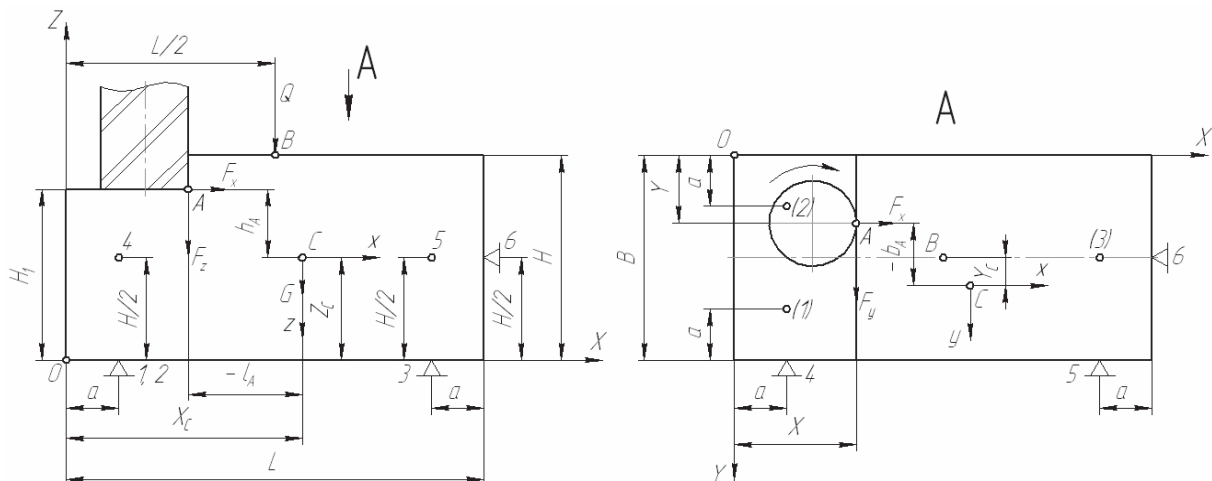


Рис. 1 – Расчётная схема

Вынужденные колебания системы «СП – заготовка» описываются линейаризованным матричным уравнением:

$$[M]\{\ddot{X}_C\} + [K]\{X_C\} = \{F\} \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $\omega$  – частота процесса резания;  $\{F\}$  – вектор амплитуд внешнего гармонического воздействия:

$$\{F\} = \{F_x, F_y, F_z, F_y h_A + F_z b_A, F_x h_A + F_z L_A, -F_x b_A + F_y L_A\}^T; \quad (2)$$

$L_A, b_A, h_A$  – локальные координаты  $x, y, z$  точки приложения силы резания  $F(F_x, F_y, F_z)$ ;  $[M]$  – матрица массы  $m$  и моментов инерции  $J_{Cx}, J_{Cy}, J_{Cz}$  заготовки относительно осей, прозодящих через центр масс  $C$ :

$$[M]_{i,j} = \begin{cases} 0, & i \neq j; \\ m, & (i = j) \wedge (1 \leq i \leq 3); \\ J_{C_{x,y,z}}, & (i = j) \wedge (4 \leq i \leq 6); \end{cases} \quad (3)$$

$[K]$  – матрица приведенных коэффициентов жёсткости

$$\begin{aligned} k_{xx} &= \frac{1}{2} k_{yy} = k_2; k_{zz} = 3k_1; k_{\psi\psi} = \frac{1}{2} k_1 (B - 2a)^2; \\ k_{\varphi\varphi} &= \frac{3}{4} k_1 (L - 2a)^2; k_{\theta\theta} = \frac{1}{2} k_2 (L - 2a)^2; k_{z\varphi} = -\frac{1}{2} k_1 (L - 2a), \end{aligned} \quad (4)$$

определяемых через коэффициенты жёсткости ФЭ [4]:  $k_1$  для ФЭ 1–3,  $k_2$  – для ФЭ 4–6.

В результате решения дифференциального уравнения 12-го порядка в матричной форме (1), получены выражения для амплитуд колебаний заготовки в местах расположения ФЭ:

$$\begin{aligned} x_{Ca}(\omega) &= \frac{F_{xa} / m}{\omega_1^2 - \omega^2}; \quad y_{Ca}(\omega) = \frac{F_{ya} / m}{\omega_2^2 - \omega^2}; \quad z_{ca}(\omega) = \frac{\left( \frac{k_{\varphi\varphi} - \omega^2}{J_{Cy}} \right) \frac{F_{za}}{m} - \frac{k_{z\varphi}}{J_{Cy}} \frac{M_{za}}{m}}{(\omega_3^2 - \omega^2)(\omega_5^2 - \omega^2)}; \\ \psi_a(\omega) &= \frac{M_{xa} / J_{Cx}}{\omega_4^2 - \omega^2}; \quad \varphi_a(\omega) = \frac{-\frac{k_{z\varphi}}{J_{Cy}} \frac{F_{za}}{m} + \left( \frac{k_{zz} - \omega^2}{m} \right) \frac{M_{za}}{J_{Cy}}}{(\omega_3^2 - \omega^2)(\omega_5^2 - \omega^2)}; \quad \theta_a(\omega) = \frac{M_{za} / J_{Cz}}{\omega_6^2 - \omega^2}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\omega_{1-6}$  – резонансные частоты процесса резания:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \frac{\omega_2}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{k_2}{m}}; \quad \omega_4 = (B - 2a) \sqrt{\frac{k_1}{2J_{Cx}}}; \quad \omega_6 = (L - 2a) \sqrt{\frac{k_2}{2J_{Cz}}}; \\ \omega_{3,5} &= \sqrt{\frac{3k_1}{2} \left\{ \frac{1}{m} + \frac{(L - 2a)^2}{4J_{Cy}} \mp \sqrt{\left[ \frac{1}{m} + \frac{(L - 2a)^2}{4J_{Cy}} \right]^2 - \frac{8(L - 2a)^2}{9mJ_{Cy}}} \right\}}. \end{aligned} \quad (6)$$

### **Выводы**

Таким образом, в работе рассмотрена математическая модель, описывающая вынужденные пространственные колебания системы «СП – заготовка», учитывающая воздействие на систему динамических составляющих сил и моментов резания, а также податливость функциональных элементов. На основе модели создана методика определения амплитудно-частотных характеристик и расчёта резонансных частот процесса резания.

### *Список литературы*

1. Иванов В. О. Чисельне моделювання верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів / В. О. Иванов, В. Є. Карпусь, І. М. Дегтярьов, І. В. Павленко, Р. В. Богдан // Вісник НТУ «ХП». Серія «Технології в машинобудуванні». – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 110–115.
2. Павленко І. В. Забезпечення умов стійкості заготовки у верстатному пристрої зі схемою базування за трьома площинами / І. В. Павленко, В. О. Иванов // Вісник СНАУ : науковий журнал. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – 2015. – № 11 (27). – С. 23–26.
3. Иванов В. Визначення умов забезпечення стійкості заготовки у верстатному пристрої / В. Иванов, І. Павленко, Р. Процай // 12-й Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові : тези доповідей. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2015. – С. 84–85.
4. Пашкевич М. Ф. Исследование смещений заготовки под действием сил закрепления при базировании по плоскости / М. Ф. Пашкевич, В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого : научно-практический журнал. – № 2 (41). – 2010. – С. 9–18.

---

Иванов В. А. Гармонический анализ системы «станочное приспособление - заготовка» на примере схемы базирования по трём плоскостям / В. А. Иванов, И. В. Павленко, Б. Н. Курилов, Н. А. Косов, И. А. Косов, С. О. Чигрин // Инновации в металлообработке: взгляд молодых специалистов : Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (2-3 октября 2015 г.) - Курск : Юго-Западный государственный университет, 2015. - Секция «Динамика и прочность технологических машин и механизмов». - С. 158-161.



**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, г. Курск  
ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. П.О. Сухого, (Республика Беларусь)  
КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(Республика Узбекистан)  
СКТБ ПРИ ИНСТИТУТЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ (Республика Узбекистан)**

Научное издание

**«ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ:  
ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ»**

*Материалы Международной  
научно-технической конференции  
2-3 октября 2015 года*

Ответственный редактор *Чевычелов С.А.*

Подписано в печать 26.10.2015  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная  
Уч.-изд. л. 15,42. Усл. печ. л. 21,5.  
Тираж 400 экз. Заказ № \_\_\_\_\_.

Отпечатано в типографии  
ИП Пучков Игорь Иванович  
ИНН 463206438321 ОГРНИП 315463200009731  
Телефон +7-910-211-37-52  
305040, г. Курск, ул. 1-ая Фатежская, д. 82, кв. 20