

100-ЛЕТИЮ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
АНДРЕЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА
МАТАЛИНА
ПОСВЯЩАЕТСЯ !



ПРОФЕССОР
МАТАЛИН
АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
(1914 – 1985)

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний політехнічний університет

Ministry of Education & Science of Ukraine
Odessa National Polytechnic University

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ОСВІТІ, НАУЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ**

**INFORMATION TECHNOLOGIES
IN EDUCATION, SCIENCE AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

PRINTED SCIENTIFIC WORKS

Випуск 2(7)

Edition № 2(7)

Одеса – Odessa

Наука і техніка – 2014 – Science and technique

Свідоцтво про державну реєстрацію ХС № 648/299 Р від 18.03.2013 р.

Друкується за рішенням Вченої ради Одеського національного політехнічного університету, протокол №1 від 30.08. 2012 р.

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Оборський Г.О. д.т.н., проф., гол. редактор,	
Антошук С.Г. д.т.н., проф.,	Вайсман В.О. д.т.н., проф.,
Гогунський В.Д. д.т.н., проф.,	Кошкін К.В. д.т.н., проф.,
Любчик Л.М. д.т.н., проф.,	Скатков О.В. д.т.н., проф.,
Предраг Дашич проф., (Сербія)	Тонконогий В.М. д.т.н., проф.,
Становський О.Л. д.т.н., проф.,	Турманідзе Р. С. д.т.н., проф.,
Філіппова С.В. д.екон.н., проф.,	Носов П.С. к.т.н., доц.
Яковенко О.Є. к.т.н., доц., заст. гол. редактора.	

Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: збірник наукових праць [Текст]. – Вип. 2(7). – О.: Наука і техніка, 2014. – 288 с. – мов. укр., рос.,англ.

Комп'ютерну версію надрукованих матеріалів можна отримати на web-сайті <http://sbornik.college.ks.ua>

В збірник включено наукові праці за секціями:

Автоматизація і комп'ютерні технології

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

Математичні методи в механіці, економіці, екології

Метрологія, стандартизація та сертифікація

Нові інформаційні технології в освіті та природничо-математичних науках

Розвиток соціально-економічних систем в трансформаційних умовах

Сучасні системи автоматизованого проектування

Технології, матеріали, транспорт і логістика

Управління, автоматизація і довколишнє середовище

Управління проектами та якістю

Штучний інтелект. Інтелектуальні системи

ISSN 2307-4752 (Print)

ISSN 2307-4760 (Online)

© Одеський національний політехнічний університет
© Odessa National Polytechnic University

ЗМІСТ

АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ МАТАЛИН (1914 – 1985)....	7
А.И. Грабченко, В.А. Федорович, И.Н. Пыжов Оптимизация результатов 3D моделирования процесса спекания алмазно-абразивных инструментов.....	16
В.М. Тонконогий, Л.М. Перпери, А.М. Голобородько Размерная стойкость абразивно-выглаживающих разверток.....	24
М.Л. Хейфец, А.С. Васильев, С.А. Клименко, Л. Танович Технологическое наследование комплекса эксплуатационных параметров качества материала и поверхности детали.....	29
Ю.Н. Внуков, С.И. Дядя, М.В. Кучугуров, Э.В. Кондратюк Устройство для исследования физики явления автоколебаний при токарной обработке.....	38
А.Н. Михайлов, А.В. Байков Обеспечение геометрической точности деталей из природного камня при тонком шлифовании.....	49
А.А. Верещака, А.С. Верещака, А.К. Кириллов, О.Ю. Хаустова Система экологически безопасного сухого резания.....	57
С.М. Братан, Ю.К. Новоселов, Н.Н. Столяров Разработка моделей для оценки эксплуатационных свойств абразивного инструмента.....	75
В.П. Ларшин, Н.В. Ліщенко Механізм вібрацій ріжучого інструмента на металорізальних верстатах.....	89
В.І. Лавріненко, І.В. Лещук Технологія фінішного двостороннього шліфування опорних поверхонь багатограничних пластин.....	93
Ю.Н. Внуков, А.И. Гермашев, П.А. Каморкин, Е.Б. Козлова Оценка эффективности и качества обработки тонкостенных деталей при концевом фрезеровании.....	97
А.А. Верещака, А.С. Верещака Некоторые тенденции совершенствования функциональных покрытий для режущих инструментов.....	109
В.П. Ларшин, Н.В. Ліщенко Вібродіагностика ріжучого інструмента на верстатах з ЧПК.....	130
А.Б. Таровик, О.М. Михайлов Зниження радіальної і тангенціальної сили різання при комбінованій обробці тонкостінних циліндричних виробів.....	137

І.В. Луців, І.І. Брошак	
Основні підходи до модульної побудови обмежувальних механізмів...	143
О.Т. Озернюк, Е.А. Логинова	
Лифтовые проблемы в Украине.....	150
А.А. Оргиян, А.В. Баланюк	
Особенности колебаний консольных борштанг для тонкого растачивания.....	157
А.М. Саньочський	
Класифікаційний аналіз, основи теорії і елементи розрахунку синхронних карданних шарнірів рівних кутових швидкостей.....	169
Г.О. Оборський, В.Д. Гогунський, В.А. Волобоєв	
Scopus: достовірність даних за запитами щодо числа публікацій університетів.....	179
А.С. Коляда, В.Д. Гогунський	
Разработка программного проекта для извлечения и обработки информации из наукометрических баз данных.....	191
В.М. Тонконогий, К.В. Колеснікова, К.О. Логінова, А.О. Негрі	
Моніторинг публікаційної активності науковців та кафедр вищих навчальних закладів.....	196
П.Д. Федунец	
Целенаправленное объединение составляющих сравнительного имиджа ВУЗа.....	210
С.В. Руденко, Е.В. Колесникова, Ма Фен.	
Аспекты практического управления имиджем учебного заведения.....	216
Л.М. Любчик, Г.Л. Гринберг, Е.Л. Любчик	
Моделювання оптимальної стратегії інвестора на фінансовому ринку..	228
А.Е. Яковенко, П.С. Носов.	
Моделювання клапанів для стомованих інвалідів засобами САПР Delcam PowerShape.....	237
О. Ovrutzki	
The structure of a PI-RINGS.....	248
Н.В. Ламберг, П.С. Носов	
Використання інноваційних технологій при викладанні креслення для студентів технічних спеціальностей.....	255
О.О. Комліченко	
Формування творчої самостійності студентів в навчальному закладі...	262
Н.В. Ротань, Ю.В. Арбузова	
Формування позитивного іміджу навчального закладу.....	273
Алфавітний показник авторів	281

АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ МАТАЛИН

(1914 – 1985)

(к 100-летию со дня рождения)

Андрей Александрович Маталин родился 12 марта 1914 года в семье преподавателей: мать – Екатерина Васильевна (1885 – 1968), отец – Александр Филиппович (1883- ?) физик, доцент политехнического института в Нижнем Новгороде. Детство и юношество прошло на берегах великой реки Волги и не отличалось от детства его сверстников. Учился, как теперь бы сказали, в элитной школе с усиленной языковой подготовкой (в анкетах советского времени он писал: немецкий – свободно, английский – пишу и читаю со словарем).

В 1931 году в Нижнем Новгороде возводится несколько крупных промышленных предприятий, идет первая индустриальная пятилетка. Выбор специальности сделан – юный Андрей, комсомолец, отличник поступает в Индустриальный институт на механический факультет. Учится только на отлично, совмещает учебу с активной общественной работой в комитете комсомола, не забывает и девушек. Студентом женился, жена – Сметанина Елена, студентка, как и он, вскоре подарила ему прелестное дитя – дочку Ирину.

В 1937 году, окончив с отличием Горьковский индустриальный институт им. Жданова с квалификацией инженер механик-технолог по механосборочному производству, молодой специалист был направлен по распределению в Московскую область в город Красногорск на оптико-механический завод им. Ленина Главного управления вооружений Наркомата тяжелой промышленности.

Приступил к работе в качества технолога участка. Умение быстро вникать в сущность сложных технических задач, большой багаж знаний и незаурядные личные качества, позволили А.А. Маталину быстро продвинуться по карьерной лестнице – мастер, старший мастер, начальник технического бюро. Это было интересное время, которое само двигало по карьерной лестнице активных молодых специалистов. Индустриально развивающейся стране требовалось все больше и больше инженеров и ученых.

В 1938 году в МВТУ им. Баумана открывается новая кафедра «Технология точного приборостроения», которую возглавляет профессор Абрам Борисович Яхин. Год спустя объявляется первый набор в аспирантуру. А.А. Маталин среди первых, но завод не отпускает его на учебу с отрывом от

производства. Тогда он просит руководство МВТУ разрешить ему обучение в заочной аспирантуре кафедры. В 1939 году Андрей Александрович становится аспирантом А.Б. Яхина, в этом же году его принимают в члены ВКП(б). Задачей его аспирантской работы стало изучение размерной точности деталей, обрабатываемых на настроенных станках. Это полностью укладывалось в сферу научных интересов проф. А.Б. Яхина и отвечало задачам, стоящим перед производством.

Однако закончить начатую работу не удалось. В начале 1941 года А.А. Маталин был направлен в Германию (сыграло свою роль свободное знание немецкого), где с апреля по июнь работает инженером-приемщиком промышленных изделий торгпредства СССР. Там молодого человека застало начало войны. Тревожные мысли о родине, судьбе родных и близких сменялись надеждой на скорое возвращение на Родину.

Проявив заботу о своих людях, попавших в беду, наше государство сделало все для того, чтобы советские специалисты вернулись в Союз. Вместе с другими вернулся на свой завод и А.А. Маталин уже на должность заместителя начальника цеха по технической части. В то время завод был эвакуирован в Новосибирск, где в нелегких условиях продолжал выпускать продукцию, необходимую стране.

В 1944 году уже опытный производственник А.А. Маталин по воле Новосибирского обкома партии становится партийным функционером – парторгом ЦК ВКП(б) в Ленинградском институте точной механики и оптики (ЛИТМО), который тогда находился в г. Черепанове Новосибирской области.

Вместе с ЛИТМО в 1945 году он возвращается из эвакуации в Ленинград. Этот год для Андрея Александровича становится вдвойне знаменательным – в семье появляется вторая дочь Татьяна, а затем следует назначение парторгом ЦК ВКП(б) в знаменитый Государственный Оптический Институт (ГОИ). В то время в институте сложилась непростая обстановка в научном коллективе. Все руководители отделов и научных направлений были академиками, в подавляющем большинстве беспартийными, а научный руководитель института академик С.И. Вавилов, которого только что избрали президентом Академии Наук СССР, после пятнадцатилетней работы покинул институт и переехал в Москву.

В эти трудные годы служение партии не отвлекает Андрея Александровича от главной цели жизни – занятия наукой. Он продолжал работать над своей кандидатской диссертацией на тему «Вопросы базирования деталей при автоматическом получении размеров на станках». Её защита состоялась в 1946 году, это позволило год спустя перейти на работу в ЛИТМО в качестве доцента, а затем и заведующего кафедрой

«Технология приборостроения». Пять лет упорной работы, научных изысканий, сложных хоздоговорных работ не прошли даром. Андрей Александрович приобрел известность, как крупный ученый в области качества поверхности, долговечности и износостойкости деталей машин. В эти годы сложились плодотворные связи с ведущими машиностроительными предприятиями Ленинграда. В 1952 году он все еще «в обойме» обкома партии, теперь его рекомендуют на должность заведующего кафедрой «Технология машиностроения» Ленинградского инженерно-экономического института им. Молотова (ЛИЭИ) с прицелом на должность ректора.

С 1954 года А.А. Маталин ректор ЛИЭИ. Обязанности ректора и заведующего кафедрой практически не оставляли времени для научной работы. В эти годы (в 1956 году) вышла в свет в издательстве «Машгиз» фундаментальная и хорошо известная в научных кругах монография «Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин», которая окончательно утвердила авторитет автора, как большого ученого и прекрасного исследователя. В 1958 году защитил докторскую диссертацию, основой которой и стала книга «Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин». В 1959 году едет в командировку в ГДР для чтения лекций и организации издания на немецком языке упомянутой выше книги, которая выходит в том же 1959 году. Следующая командировка в Чехословакию – читает лекции в Пражском Политехникуме, затем в ГДР в 1960 и 1961 годах.

Партийные органы и министерство одобрительно относятся к такой активности молодого ученого и администратора. А.А. Маталин – депутат Ленсовета, член райкома КПСС, ежегодно получает благодарности. У него появляется четкий и аккуратный помощник – доцент Рысцова Валентина Спиридоновна. С ней в соавторстве написана книга «Точность, производительность и экономичность механической обработки». В 1960 году А.А. Маталин сдал дела ректора и стал «свободным по собственному желанию», просто заведующим кафедрой.

В 1963г. А.А. Маталин решил принять приглашение ректора Одесского Политехнического института проф. С.М. Ямпольского, занять должность заведующего кафедрой «Технология машиностроения» в славном городе-герое Одессе. Южная Пальмира – город особенный и прекрасный да и предложение было заманчивым и перспективным – создать кафедру в соответствии с собственными представлениями.

По предварительной договоренности с ректором ОПИ Андрей Александрович получил отдельное небольшое двухэтажное здание в недостроенном состоянии, которое с помощью сотрудников кафедры и студентов достроили и со временем укомплектовали помещения, создав в них исследовательскую технологическую лабораторию.

В лаборатории разместили новые шлифовальные, хонинговальный, алмазно-расточной и другие станки. Кроме того, были созданы и оснащены новейшими приборами учебные измерительная лаборатория и лаборатория

автоматизации. Омолодился и обновился состав кафедры за счет привлечения с производства бывших выпускников ОПИ, пожелавших заниматься научной работой, а также молодых аспирантов. Кафедра быстро заняла одно из ведущих мест среди родственных кафедр СССР.



Состав кафедры: слева направо сидят: Дашевский А.Б. (доцент), Маталин А.А., Волощенко А.П. (доцент), Рыцова В.С. (доцент), Поливянок В.М. (партгрупорг), стоят: Стоянов А.И. (ст.преп., зам.декана), Добровольская Г.В. (ст.преп.), Брик В.А., Гусарев В.С., (к.т.н.), Носов С.К. (ст. преп.), Стефанский Н.И. (лаборант,), Коваленко Ю.А. (лаборант).

На кафедре начинается серьезная научно-исследовательская работа. А.А. Маталин выдвигает «гипотезу о технологической наследственности», организует цикл экспериментальных исследований в лабораториях кафедры и промышленных предприятий Одессы.

Изучение напряженного состояния поверхностных слоев деталей после разнообразных технологических операций: шлифования, хонингования, накатывания, тонкого точения и растачивания потребовали создания на кафедре лаборатории физических исследований. Вскоре была развернута лаборатория рентгеноструктурного и электронно-микроскопического анализа, продолжились инструментальные метрологические исследования.

Одновременно с развертыванием исследований в области технологической наследственности А.А. Маталин организовал постоянно действующий семинар по технологии машиностроения, переросший в Институт повышения квалификации инженеров-технологов юга Украины и Молдавии.

Техническая общественность высоко оценила научный, педагогический и особенно организаторский талант Андрея Александровича, избрав его председателем Одесского правления НТО "Машпром", руководителем правления которого он был все годы пребывания в Одессе.

В 1966 году под его руководством было проведено важнейшее мероприятие – Всесоюзная конференция по новым прогрессивным направлениям технологии машиностроения. Участники представляли регионы от Владивостока до Минска, от Санкт–Петербурга до Еревана. В ее работе приняли участие более 20 докторов и около 300 кандидатов наук. С этого времени на кафедре технологии машиностроения была открыта аспирантура, а вскоре начались защиты диссертаций.

Первые диссертации под руководством профессора А.А. Маталина и при научной консультации доцента В.С. Рысцовой защитили И.П. Моисеев и Я.Д. Колкер. Расширяются научные связи кафедры с ближним и дальним зарубежьем. С обширной научной программой в рамках СЭВ А.А. Маталин посетил Болгарию, Чехословакию, Германию, Венгрию; доцент В.С. Рысцова командировалась для чтения лекций в Чехословакию и Болгарию.

В эти годы стали аспирантами, соискателями, стажерами Е.Н. Некрасов, А.П. Гавриш, В.Г. Лебедев, В.Н. Кутяков, К.В. Ломакин, Г.П. Кремнев, О.Н. Руднев, Г.Д. Григорьян, В.А. Дмитришин, П.А. Линчевский, А.А. Ильященко, В.Г. Католиченко, Р.А. Жабокрицкий, В.Н. Морозенко, граждане Болгарии Димитр Маров, Никола Цанев и др.

Практически все, начинавшие свою научную работу под руководством А.А. Маталина, защитили диссертации и продолжили вести научную работу.

В Одессе А.А. Маталин создал научную школу технологов, специализирующихся на финишных методах обработки металлов. За неполные 10 лет он подготовил 20 кандидатов наук, многие из которых стали впоследствии докторами наук и сами возглавили научные школы. Среди них необходимо отметить:

- профессора **Гавриша А.П.**, долгие годы возглавлявшего кафедру технологии машиностроения Киевского политехнического института (КПИ);
- профессора **Лебедева В.Г.**, который руководил кафедрой технологии конструкционных материалов ОНПУ и продолжает работать профессором этой кафедры;
- профессора **Линчевского П.А.**, который многие годы руководил кафедрой технологии машиностроения ОНПУ.

Огромные заслуги в научной, педагогической и организаторской деятельности были отмечены присвоением Андрею Александровичу почетного звания Заслуженного деятеля науки и техники Украины в сентябре 1968 года.

В декабре 1972 года А.А. Маталин принимает решение возвращаться в Ленинград. Коллектив кафедры после неполных десяти лет работы

профессора А.А. Маталина в Одессе стал многочисленным, это видно на фотографии приведенной ниже.

В Ленинграде А.А. Маталин становится заведующим кафедрой «Технологии машиностроения» ВТУЗа при Ленинградском Металлическом заводе им. XXII съезда КПСС, а затем в феврале 1973 года назначается ректором этого института. Ныне это Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ). Учебное заведение, где образовательный процесс студентов в аудиториях сочетался с реальной работой на самых передовых и современных предприятиях – Металлическом, Невском им. В.И. Ленина, Ижорском, станкостроительном заводе им. Я.М. Свердлова, заводах «Электросила», Кировском, ПТО им. С.М. Кирова и других.



В должности ректора Андрей Александрович работал до ноября 1978 года, а затем ушел по собственному желанию и вернулся на кафедру, где работал до последних дней жизни. В феврале 1985 года Андрея Александровича не стало. Он ушел из своего кабинета в больницу и не вернулся. Ученому шел семьдесят первый год. Похоронен он на кладбище жертв 9-го января в Санкт-Петербурге, куда на могилу глубокоуважаемого и любимого человека каждый год приходят его родные, друзья, ученики и соратники, приносят цветы и вспоминают мгновения встреч с ним.

Каждый раз, вступая в новую должность, руководя различными кафедрами, вузами, Андрей Александрович всегда быстро осваивался на новом месте, сразу вникал в суть дела и начинал совершенствовать и улучшать работу в коллективе. Целеустремленный и обаятельный, он быстро

привлекал на свою сторону единомышленников и последователей, создавая вокруг себя дружный коллектив, был всегда в нем лидером. Бездельников, халтурщиков и неумех не любил, быстро и решительно от них избавлялся и привлекал к делу новых талантливых и деятельных людей, смело выдвигал на ответственные посты молодые кадры. Работал много и самоотверженно сам, требовал того же и от других, укреплял профессорско-преподавательский состав кафедр привлечением к работе видных ученых и специалистов из промышленности.

Андрей Александрович любил преподавательскую работу. Отлично читал лекции, уделял много времени учебно-методической работе. Ежегодно пересматривал и обновлял учебные программы, внося в них новейшие достижения науки. Для чтения лекций студентам выпускных курсов, аспирантам и молодым преподавателям Андрей Александрович приглашал видных ученых из других ВУЗов, предоставлял им возможность в широкой аудитории высказывать современные гипотезы и результаты исследований в области технологии машиностроения.

Для обмена опытом работы выезжал в разные города страны и зарубежные страны (ГДР, ФРГ, Чехословакию, Польшу, Болгарию). На профильных кафедрах знакомился с научной и учебной работой этих кафедр, читал лекции для студентов старших курсов, аспирантов и преподавателей. Пропагандировал методические наработки и труды кафедры. Его научные труды печатались на болгарском, немецком, польском, китайском языках.

К науке Андрей Александрович относился бережно и очень ревностно хранил ее чистоту и достоверность. Ни у себя, ни у своих диссертантов и соискателей не допускал никаких подгонок под желаемый результат или приблизительных выводов, не доверял и случайным результатам. К чужим научным работами относился исключительно бережно, часто изучал их досконально и никогда не использовал их без ссылок на авторов. В работах своих аспирантов всегда отказывался от соавторства, если не принимал непосредственного участия в этих исследованиях, что было достаточно распространено среди ученых в те годы. Всегда помогал советом и делом авторам работ, но никогда не шел на компромисс и не давал положительных отзывов на слабые и неполноценные работы.

А.А Маталин – неперемный член специализированных Советов по присуждению ученых степеней всех ВУЗов, в которых он работал. С 1973 года – член Головного совета по станкостроению Минвуза РСФСР, член секции технологии энергетического машиностроения и научно-методического совета Минэнергомашиностроения, член редакции журнала «Известия ВУЗов. Машиностроение», член редколлегии Библиотеки Технолога издательства «Машиностроение», член специализированных советов ЦНИИТМаш (по защите докторских диссертаций) и Ленинградского политехнического института (по защите кандидатских диссертаций)

С 1979 года является членом Президиума Научно-методического Совета специальности 0501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки

и инструменты» Минвуза СССР. Он занимался совершенствованием учебных планов технологической специальности, являясь разработчиком общесоюзной модели учебного плана и программы курса «Технология машиностроения» по специальности 0501. Для реализации накопленного опыта подготовки специалистов и обеспечения преподавания в рамках нового учебного плана он пишет и издает в 1977 году учебник «Технология механической обработки» (объемом 29 печатных листов). А в 1985 году выходит в свет в издательстве «Машиностроение» учебник «Технология машиностроения» (объемом 35 печатных листов), который, по мнению преподавателей и студентов, является и сегодня одним из лучших. Таков далеко неполный перечень плодотворной деятельности неугомонного труженика и результаты работ по повышению качества обучения студентов.

Огромная научная, преподавательская, организационная, методическая работа приносила не только реальные результаты, но и огромное моральное удовлетворение, позволила маститому ученому уделять особое внимание подготовке молодых ученых и преподавателей через аспирантуру и докторантуру, которую имел персонально Андрей Александрович. Под его руководством успешно защитили диссертации 44 аспиранта, в том числе и два иностранца из Китая и Болгарии, 14 соискателей, в том числе и 8 докторантов. Среди них известные в настоящее время ученые профессора Богомолов Н.И., Гавриш А.П., Зубарев Ю.М., Лебедев В.Г., Линчевский П.А., Приёмышев А.В., Саутин Г.И., Филимонов Л.Н. и другие.

Автор более двухсот научных трудов, нескольких учебников и монографий, Андрей Александрович Маталин постоянно поддерживал личные научные контакты с профессорами, работавшими в области своей и смежных специальностей. Он близко знал профессоров Б.С. Балакшина, А.Б. Яхина, В.С. Корсакова, А.И. Исаева, Е.Н. Маслова, И.П. Третьякова (Москва), П.А. Соколовского, П.И. Буловского, С.П. Митрофанова, Ю.Г. Шнейдера (Ленинград), Б.И. Костецкого, (Киев), М.В. Касьяна (Ереван), М.Ф. Семко (Харьков), Л.В. Худобина (Ульяновск), Т.Н. Лоладзе, Г.В. Бокучаву, (Тбилиси), А.И. Клушина (Горький), И.А. Коганова (Тула) и многих других.

Отдыхать приходилось мало, но делать это надо было обязательно. Андрей Александрович, будучи жизнерадостным оптимистом, деятельным человеком, отдыхал всегда продуктивно, активно и, главным образом, со своими единомышленниками и сослуживцами. Работая в Одессе, он очень любил морские прогулки на катерах, которые ходили в те далекие годы вдоль побережья в акватории Одесского залива. Он любил водную стихию, немало удивлял коллег дальними заплывами в бурных водах Черного моря, великолепно играл в настольный теннис, умел с искристым юмором вести дружеские застолья. Андрей Александрович был тонким ценителем музыки, высокого вокала и классического танца. У него была богатая коллекция виниловых пластинок с записями опер, балетов, симфонической музыки. Когда у него появлялась новая пластинка, он приглашал послушать запись на

своём музыкальном центре со стереозвуком. Его всегда можно было увидеть на премьерах в Одесском академическом театре оперы и балета, на концертах симфонической музыки в Одесской филармонии.

Андрей Александрович Маталин родился под счастливой звездой и прожил большую яркую жизнь, тесно связанную с важнейшими интересными событиями, которые будоражили и изменяли мир, вмешивались в судьбы людей и его судьбу. Он любил жизнь, любил людей, был неисправимым оптимистом. Все его близкие, друзья и недруги уважали его за твердую гражданскую и жизненную позицию, талант, знания и трудолюбие.

Поколение учеников и соратников Андрея Александровича свято верит, что его светлое имя и добрые дела будут навечно сохранены в сердцах людей.

В статье использованы материалы из личного дела А.А.Маталина (архивный № 152-154) и статья: Зубарев Ю.М., Приёмшев А.В. Профессор Андрей Александрович Маталин – мгновения большой жизни. «Инструмент и технологии», СПб ИМ, 2004, №17-18, с.10-16.

Научное наследие профессора А.А. Маталина:

1. Маталин А.А. Конструкторские и технологические базы.- М., Машгиз, 1947.- 125 с. (2-е издание 1959 г.)
2. Технология точного приборостроения./ Яхин А.Б., Малов А.И., Маталин А.А., Кашепава М.Я. /Учебник для ВУЗов, под ред. Проф. А.Б. Яхина, М.: Оборонгиз, 1949. -- 544 с.
3. Маталин А.А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин. –М.: Машгиз, 1956. -- 252 с.
4. Маталин А.А. Рысцова В.С. Точность, производительность и экономичность механической обработки. М.-Л. Машгиз, 1963, -- 352 с.
5. Маталин А.А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов. -- Л.: Машиностроение, 1970. -318с.
6. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. -- Киев, «Техніка», 1971. -- 144 с.
7. Маталин А.А. Новые направления развития технологии чистовой обработки. -- Киев, «Техніка», 1972. -- 136 с.
8. Маталин А.А. Технология механической обработки. /Учебник для ВУЗов -- Л., Машиностроение, 1977. -- 464 с.
9. Маталин А.А. Технология машиностроения. Учебник для машиностроительных вузов. -- Л., Машиностроение, 1985. -- 496 с. (2-е изд. «Лань», 2008г. -- 512с., 3-е изд. 2010г. -- 512 с. (стереотипное).

УДК 621.923

**А.И. Грабченко,**

д.т.н., профессор,
Национальный
технический университет
«Харьковский политехниче-
ский институт»
grabchenko@kpi.kharkov.ua

**В.А. Федорович,**

д.т.н., профессор,
Национальный
технический университет
«Харьковский политехнический
институт»
fedorovich@kpi.kharkov.ua

**И.Н. Пыжов,**

д.т.н., профессор,
Национальный
технический университет
«Харьковский политехниче-
ский институт»
diamet@inbox.ru

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА
СПЕКАНИЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

А.И. Грабченко, В.А. Федорович, И.Н. Пыжов. *Оптимизация результатов 3D моделирования процесса спекания алмазно-абразивных инструментов.* Приведены результаты 3D моделирования процесса спекания алмазно-абразивного инструмента. Установлены оптимальные условия, при которых обеспечивается целостность алмазных зерен в алмазоносном слое при воздействии на них достаточно высоких значений сил и температуры.

A.I. Grabchenko, V.A. Fedorovich, I.N. Pyzhov. *Optimization of 3D simulation results for sintering process of diamond-abrasive tools.* The results of 3D simulation of sintering diamond-abrasive tools are given. The optimal conditions under which the integrity of the diamond grains in the diamond-bearing layer is provided under the influence of sufficiently high load and temperature are determined.

Вступление. Шлифование алмазными кругами на протяжении нескольких десятилетий остается одним из наиболее эффективных прецизионных методов обработки изделий из твердых сплавов, керамики, стекла, сверхтвердых и др. материалов. При этом большая часть алмазно-абразивных инструментов изготавливаются на полимерных органических связках, характерной особенностью которых является способность к самозатачиванию, простота в изготовлении и относительно невысокая стоимость. Наряду с этим, способность к повышенному самозатачиванию приводит в ряде случаев к повышенному удельному расходу алмазных зерен, а, следовательно, к удорожанию процесса шлифования. В связи с этим можно ожидать, что путем рационального выбора компонентов алмазоносного слоя и их свойств удастся полнее использовать потенциально высокий режущий ресурс дорогостоящих алмазных зерен и таким образом увеличить работоспособность алмазоносного слоя

в целом, что положительно скажется на характеристиках качества обрабатываемых изделий.

Анализ результатов уже выполненных теоретических и экспериментальных исследований в направлении повышения эффективности алмазно-абразивной обработки свидетельствуют об эффективности подхода основанного на использовании моделирования [1-4].

Однако анализ литературных источников показал, что на настоящий момент практически отсутствуют разработки по моделированию процессов спекания алмазоносных слоев кругов. А они на наш взгляд должны позволить определять рациональные условия, обуславливающие степень самозатачивания алмазных кругов при шлифовании, и таким образом до минимума сократить число длительных, трудоемких, а, следовательно, и дорогостоящих экспериментальных исследований.

В задачу настоящих исследований входило изучение влияния прочностных характеристик связки, покрытий, температуры спекания, а также качественного и количественного состава металлофазы на напряженно деформированное состояние (НДС) зоны спекания алмазоносного слоя. Целью исследования является совершенствование процесса изготовления алмазного шлифовального инструмента на органических и керамических связках путем подбора рациональной структуры и физико-механических свойств алмазоносного слоя на этапе его спекания.

Основные материалы исследований. При проведении исследований были использованы современные методы проведения модельных экспериментов. В частности в основу прогнозирования эксплуатационных характеристик был положен метод конечных элементов (МКЭ). Для решения поставленных задач в работе применялись такие известные новейшие аналитические CAD/CAE- комплексы как SolidWorks, CosmosWorks, ANSYS.

Технология изготовления алмазоносного слоя как для кругов на органической, так и керамической связках, включает этап спекания, который зачастую сопровождается высокими температурами и давлениями. Для анализа и прогнозирования НДС зоны спекания, была разработана методика трехмерного конечно-элементного моделирования системы «связка–зерно–металлофаза». Она включала в себя, в том числе и этап создания твердотельной 3D модели, которая была выполнена в программном пакете SolidWorks.

На первом этапе был теоретически исследована и проанализирована возможность реализации процесса разрушения алмазных зерен на этапе изготовления алмазоносного слоя кругов. Разработанная 3D CAD модель «связка–зерно–металлофаза», позволяла рассчитывать главные, касательные и эквивалентные напряжения в каждом элементе системы при определенных значениях температурной или силовой нагрузки (рис. 1).

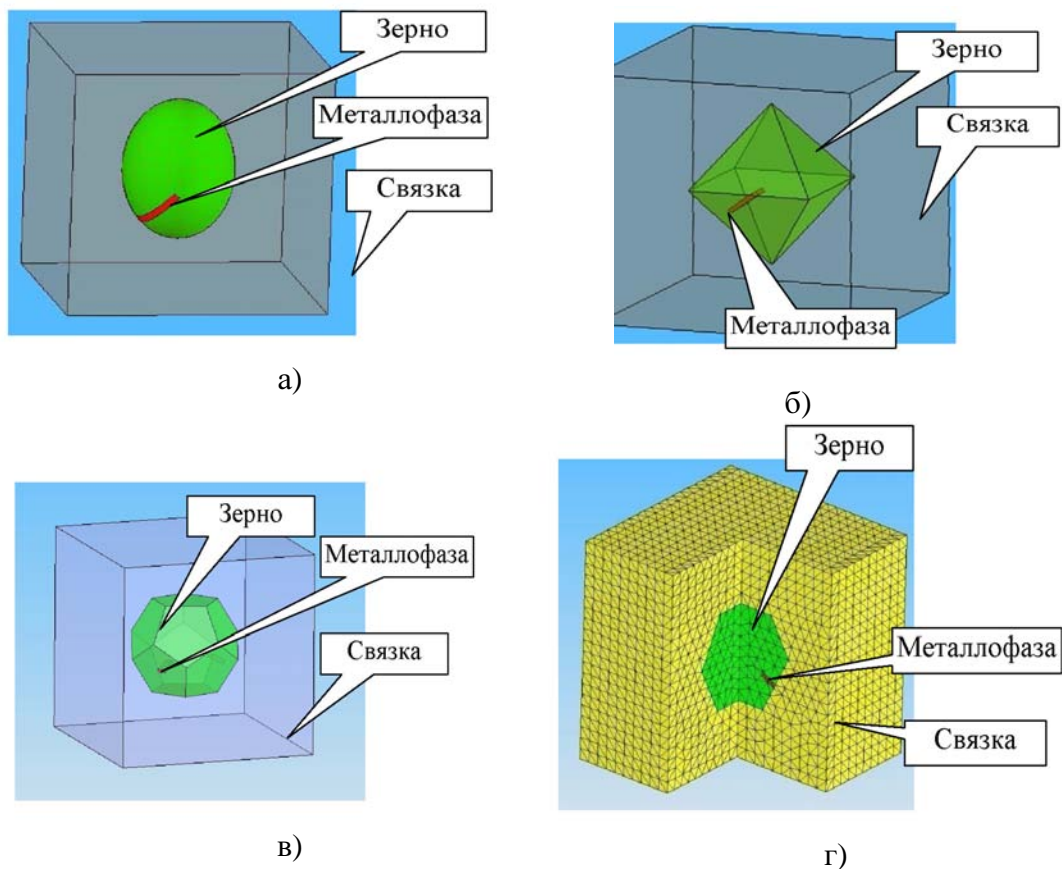


Рис. 1.-3D CAD модель системи «связка-зерно-металлофаза» с различной формой алмазных зерен

Полученные эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{экв.мах}}$ сравнивались с их допустимыми значениями для анализируемого элемента системы и на этой основе делалось заключение о возможности его разрушения.

При моделировании температурную нагрузку и давление меняли в пределах 100-900°C и 30-120 МПа соответственно (круги на керамических связках). Расчеты показали, что предельные значения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв.мах}}$ в алмазных зернах, просчитанные согласно теории Мора-Кулона, могут превышать допустимые значения, что говорит о возможности их разрушения или растрескивании во время спекания алмазносного слоя. Поэтому изучение влияния такого фактора, как наличие металла-катализатора на термостойкость зерен имеет определяющее значение ибо согласно картинам распределения напряжений в 3D-модели, именно на границе «зерно-металлофаза» возникают наибольшие значения приведенных напряжений.

Моделирование процесса спекания фрагмента алмазоносного слоя на основе керамики (система «связка–зерно–металлофаза», связка К1-01, алмазное зерно АС32 зернистостью 100/80, состав металлофазы $\text{Ni}_{48}\text{Fe}_{48}(\text{Cr}_3\text{C}_2)_4$) при различных температурных режимах и физико-механических свойствах металлофазы, показало прямую зависимость между содержанием металлофазы в зерне и максимальными значениями эквивалентных напряжений в изучаемом фрагменте алмазоносного слоя (рис. 2).

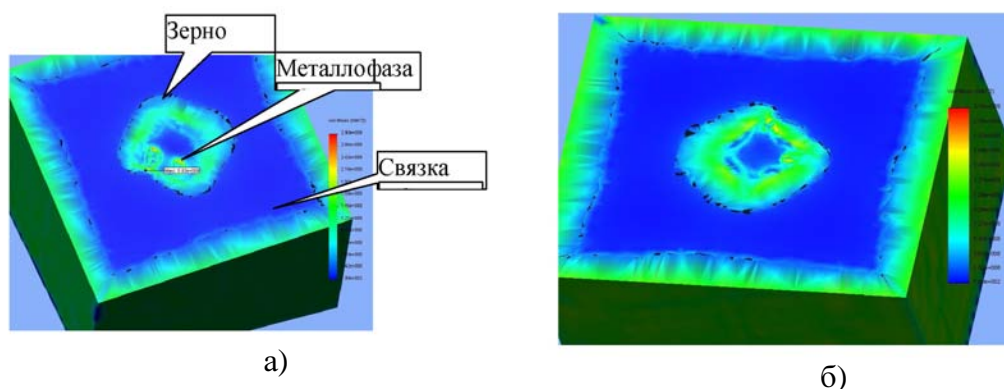


Рис. 2.-Распределение напряжений в системе «связка-зерно-металлофаза» при различных температурах спекания.
а)- $T=400^{\circ}\text{C}$; $\sigma_{\text{экв. max}}=0,29$ ГПа; б)- $T=700^{\circ}\text{C}$; $\sigma_{\text{экв. max}}=0,75$ ГПа

Для получения математической модели процесса изготовления алмазных кругов был использован метод многофакторного планируемого эксперимента (план типа В4). Общий вид математической модели имел вид:

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{i,j} X_i X_j + \sum b_{ii} X_i^2 + \dots,$$

где X –независимые переменные (факторы); Y – параметр оптимизации (отклик); b –коэффициенты, определяемые расчетным путем.

В таблице приведены значения и принятые уровни независимых факторов, влияющих на процесс изготовления алмазных кругов. В качестве таковых были приняты: коэффициент теплового расширения (КТР) металлофазы (), модуль упругости связки ($E_{\text{св.}}$), модуль упругости покрытия ($E_{\text{пок.}}$), температура спекания (T).

Таблица. Уровни варьирования факторов

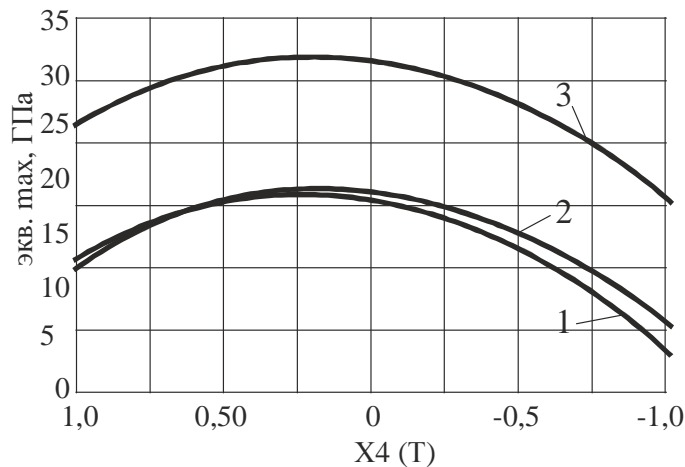
Уровни варьирования	Факторы			
	$\cdot K^{-1}$ (X1)	св., Н/м ² (X2)	покр., Н/м ² (X3)	T, °C (X4)
Верхний (+1)	1,7e-05	6,9e+011	9,00e+011	800
Основной (0)	1,1e-05	4,4e+011	5,05e+011	600
Нижний (-1)	0,5e-05	1,9e+011	1,10e+011	400

С использованием выбранных факторов была проведена серия модельных экспериментов по спеканию алмазосодержащего слоя, в результате которых получены эпюры распределения полей напряжений и деформаций в зоне спекания.

Обработка результатов планируемого эксперимента позволила получить математическую модель (в кодированном виде), адекватно описывающую процесс спекания шлифовальных кругов в представленном диапазоне варьирования независимых факторов. Она имеет вид:

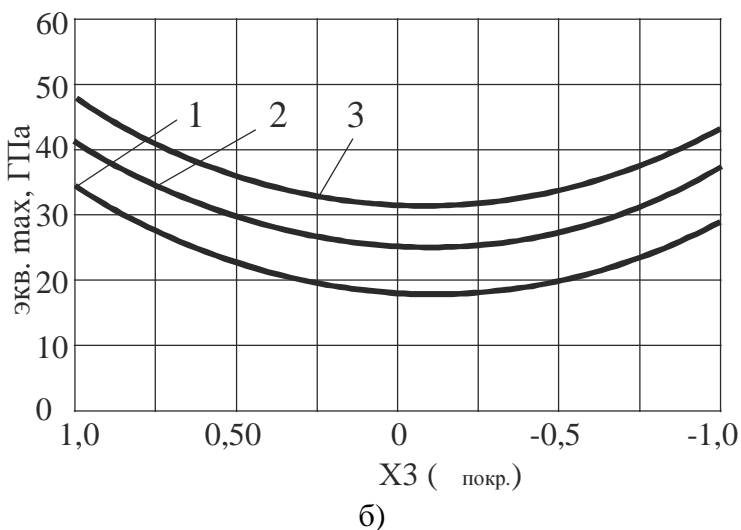
$$Y = 31,10 - 0,40 \cdot X_1 - 0,17 \cdot X_2 - 2,29 \cdot X_3 - 3,60 \cdot X_4 + 8,54 \cdot X_1 X_2 + 0,85 \cdot X_1 X_3 + 0,84 \cdot X_1 X_4 + 0,61 X_2 X_3 + 1,60 X_2 X_4 + 0,38 X_3 X_4 - 12,89 \cdot X_1^2 - 8,60 \cdot X_2^2 + 14,50 X_3^2 - 10,03 \cdot X_4^2.$$

На рисунке 3 представлены зависимости напряжений, возникающих в системе «зерно–связка–металлофаза–покрытие», от температуры спекания, КТР металлофазы, определяемой маркой алмазных зерен, и модуля упругости покрытия.



а)

$$1 - = 0,5e-05 K^{-1}; 2 = 1,1e-05 K^{-1}; 3 = 1,7e-05 K^{-1}$$



При этом максимальные напряжения будут равны $\sigma_{\text{экв. max}}=48,39$ ГПа.

Если перевести факторы в натуральные значения, то получим, что оптимальное значение КТР металлофазы должно быть равно $=1,05 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, модуля упругости связки $\text{св.}=415$ ГПа, модуля упругости покрытия $\text{покр.}=101$ ГПа, а температуры спекания $T=558^{\circ}\text{C}$.

Визуализация выполненных расчетов частично приведена на рисунке 5.

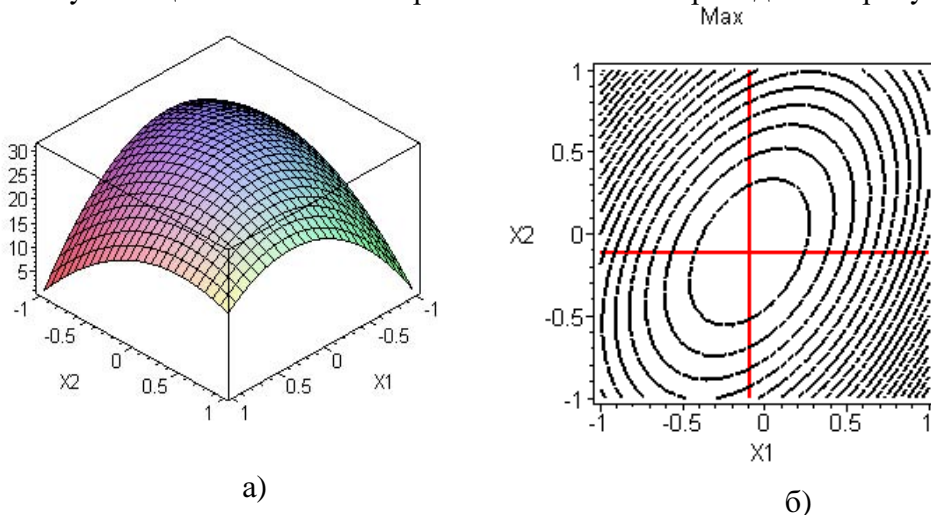


Рис. 5.-Зависимость максимальных напряжений в алмазном зерне от КТР металлофазы (X1) и модуля упругости связки (X2)
а)-поверхность отклика; б)-двумерное сечение поверхности отклика

Выводы. В целом исследования, выполненные на базе разработанной методологии трехмерного моделирования процесса изготовления алмазно-абразивного инструмента, позволили сделать следующие выводы:

1. Установлено, что в процессе спекания алмазоносного слоя на керамических связках главной причиной преждевременного разрушения алмазных зерен являются внутренние напряжения в зерне, обусловленные резко отличными значениями КТР металлофазы и алмаза. Установлена преобладающая роль температурного фактора, определяющего целостность алмазной композиции на этапе спекания алмазоносного слоя.

2. Установлена определяющая роль физико-механических свойств металла-катализатора и его процентного содержания в обеспечении сохранности исходного состояния алмазных зерен и их взаимосвязь с технологическими параметрами процесса спекания алмазоносного слоя. Выявлено, что при увеличении модуля упругости металлофазы от 180 до 250 ГПа значения приведенных напряжений в системе «связка–зерно–металлофаза» увеличиваются примерно на 36%. Снижение процентного содержания металлофазы в зерне на 5% повышает его термостойкость примерно на 20%.

Анализ полученных зависимостей напряжений, возникающих в системе «зерно–металлофаза–связка–ОМ» от модуля упругости связки позволил установить, что максимальный уровень напряжений имеет место при $\sigma_{св.}=505$ ГПа.

4. На основе модельных экспериментов и с дальнейшим использованием математического метода планирования многофакторного эксперимента получены математические модели, описывающие процессы спекания алмазных кругов и установлены оптимальные значения факторов в наибольшей степени определяющих уровень НДС системы «зерно–металлофаза–связка–ОМ».

Литература

1. Oliveira J.F.G, Silva E.J. and other. Industrial challenges in grinding // Annals of the CIRP. – v. 58. – p.663–680.
2. Jackson M.J., Barlow N., and other. Computer Aided Design of High-Performance Grinding Tools //Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers (London), Part B //Journal of Engineering Manufacture. – 2001. – v. 215. – p. 583-588.
3. Gol'din V.V. , Zhuravsky V. G. and other. CALS technologies and tolerant translators Automation and Remote Control. – v. 68. – № 4. – p. 710-726.
4. Karpuschewski B., Wehmeier M. and other. Grinding Monitoring System Based on Power and Acoustic Emission Sensors // Annals of the CIRP. – 2000. – v.49. – № 1. –p.235-240.

Надійшла до редакції 07.04.2014

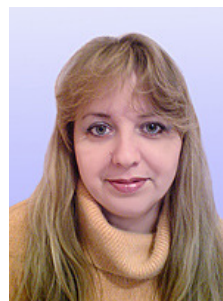
УДК 621.951

**В.М. Тонконогий,**

д.т.н., професор,
Одеський національний
політехнічний університет
e-mail: vmt47@ukr.net

**Л.М. Перпери,**

к.т.н., доцент,
Одеський національний
політехнічний університет
e-mail: lmp_mvms@mail.ua

**А.М. Голобородько,**

ст. преподаватель,
Одеський національний
політехнічний університет
e-mail: anna.mvms@yandex.ua

**РАЗМЕРНАЯ СТОЙКОСТЬ АБРАЗИВНО-ВЫГЛАЖИВАЮЩИХ
РАЗВЕРТОК**

В.М. Тонконогий, Л.М. Перпери, А.М. Голобородько. *Размерная стойкость абразивно-выглаживающих разверток.* Определено влияние износа рабочих элементов на формирование размерной точности обработки, выявлена степень размерной компенсации износа.

V.M. Tonkonogy, L.M. Perperi, A.M. Go-loborodko. *Dimensional wear endurance of abrasive-planishing reamers.* Influence of working elements wear on formation of process's dimensional accuracy is defined, extent dimensional compensation of wear is revealed.

Износ рабочих элементов абразивно-выглаживающих разверток (АВР) при отделочной обработке отверстий будет оказывать непосредственное влияние на точность их изготовления. Повышение точности обработки отверстий связано с необходимостью разработки механизма размерной самоподнастройки АВР с учетом износа абразивного элемента и упругопластических деформаций обрабатываемой поверхности, что особенно актуально при обработке отверстий диаметрами до 50 мм на универсальном металлорежущем оборудовании типа «обрабатывающий центр», которые не оснащаются устройствами автоматической размерной настройки инструмента. В этих условиях возникает потребность в повышении размерной стойкости АВР с тем, чтобы уменьшить затраты на обслуживание инструмента. Особенностью механизмов размерной самоподнастройки АВР является их встраиваемость непосредственно в корпус инструмента, что существенно упрощает использование таких инструментов в условиях отсутствия специализированного оборудования.

Метод размерной самоподнастройки АВР базируется на положениях, которые используются в механизмах самокомпенсации износа расточных инструментов одностороннего резания, и на положениях, разработанных с учетом

особенностей процесса абразивной обработки. Размерная самоподнастройка АВР осуществляется за счет кинематической связи трех направляющих элементов, однозначно определяющих диаметр обрабатываемого отверстия, с формообразующим абразивным элементом [1, 2]. Новые положения вместе с известными положениями реализованы в конструкции АВР, представленной на рис. 1 [3].

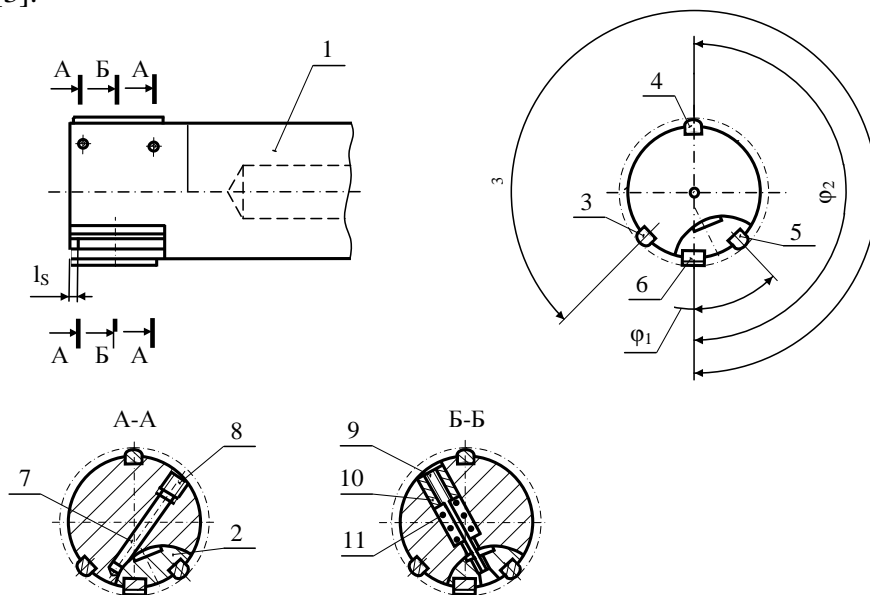


Рис. 1. Схема АВР для обработки отверстий: 1 – корпус; 2 – поворотный блок; 3 и 4 – боковой и опорный направляющие элементы; 5 и 6 – направляющий и абразивный элемент, установленные в поворотном блоке; 7 – регулировочные клинья; 8, 9 – винты; 10 – резьбовая втулка; 11 – пружина

Различия методов самокомпенсации и самоподнастройки инструмента заключаются в следующем. При размерной самокомпенсации износа расточного инструмента одностороннего резания необходимо обеспечить неравномерное радиальное выдвижение вспомогательной режущей кромки режущего элемента, с обеспечением необходимого для осуществления процесса резания вспомогательного угла в плане, то есть вершина режущего элемента должна перемещаться в радиальном направлении на большую величину по сравнению с остальными точками вспомогательной режущей кромки. В случае размерной самоподнастройки АВР эффективность процесса съема припуска обеспечивается при взаимодействии всей рабочей поверхности абразивного элемента с обрабатываемой поверхностью, что достигается только равномерным радиальным выдвижением режущей поверхности абразивного элемента.

Особенностью микроподнастройки абразивного элемента является ее непрерывность, что определяет возможность съема припуска не только при поступательном, но и при возвратном движении вращающегося инструмента.

Это позволяет осуществлять непрерывную самоподнастройку АВР также и при многократных поступательно-возвратных движениях вращающегося инструмента.

В процессе развертывания вследствие упругих деформаций обрабатываемой поверхности и износа рабочих элементов их вершины смещаются в радиальном направлении соответственно: Δ_A – радиальное смещение вершины направляющего элемента 3, Δ_B – радиальное смещение вершины направляющего элемента 4, Δ_C – радиальное смещение вершины направляющего элемента 5, Δ_P – радиальное смещение вершины абразивного элемента 6. При этом диаметр базовой окружности d_0 рабочей части АВР изменится на величину Δd и будет равен d . С учетом зависимостей между конструктивными параметрами $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ АВР, величинами радиальных смещений направляющих элементов $\Delta_A, \Delta_B, \Delta_C$ и абразивного элемента Δ_P определим величину изменения диаметра базовой окружности Δd инструмента:

$$\Delta d = \frac{2(\Delta_P + \Delta_C - B \cdot \Delta_B + C \cdot \Delta_A)}{A},$$

$$\text{где } A = \frac{\sin \alpha_2 - \sin \alpha_3 + \sin(\alpha_2 - \alpha_1) - \sin(\alpha_3 - \alpha_1)}{\sin(\alpha_3 - \alpha_2)} + 2;$$

$$B = [\sin \alpha_3 + \sin(\alpha_3 - \alpha_1)] / \sin(\alpha_3 - \alpha_2);$$

$$C = [\sin \alpha_2 + \sin(\alpha_2 - \alpha_1)] / \sin(\alpha_3 - \alpha_2).$$

Основную долю в формировании размерной обработки при абразивно-выглаживающем развертывании составляют процессы упругопластического деформирования обрабатываемой поверхности и радиального изнашивания абразивного и направляющих элементов. Однако во времени эти процессы протекают с различной интенсивностью. Износ рабочих элементов оказывает влияние на размерную точность отверстий после обработки нескольких заготовок или даже партии заготовок. Поэтому целесообразно рассмотреть влияние геометрии АВР, упругопластических деформаций обрабатываемой поверхности и радиального износа рабочих элементов на формирование размерной точности обработки.

В процессе развертывания абразивно-выглаживающим инструментом возможен съем припуска на размерную обработку за один проход. Если съем припуска на размерную обработку невозможно осуществить за один проход, то в этом случае необходимо выполнить один или несколько двойных ходов инструмента. Очевидно, что для осуществления отделочной обработки также необходимо обеспечить достаточный припуск на исправления погрешностей поверхности отверстия. Предположим, что АВР сняла часть припуска после входа в обрабатываемое отверстие и при этом отсутствует размерный износ рабочих элементов.

В этом случае для работы АВР необходимо упругопластическое деформирование обрабатываемой поверхности под действием направляющих элементов, величины которых зависят от оставшегося припуска и усилий, действующих на рабочие элементы. Однако если принять величины упругопластических деформаций равными для всех направляющих элементов, то их значения можно определить с помощью зависимости:

$$\Delta_{oi} = \frac{A(Z_{o.m} + mZ_{p.m})}{2(1 - B + C)};$$

где Δ_{oi} – упругопластические деформации обрабатываемой поверхности направляющими элементами развертки, м;

$Z_{p.ном}$ – номинальный припуск на размерную обработку, м;

m – коэффициент, определяющий съём припуска на первом проходе АВР ($m = 0,3 - 1,0$).

Рассматривая процессы средней скорости, следует оценить повышение точности абразивно-выглаживающей обработки, за счет наличия в инструменте механизма самоподнастройки. Для этого целесообразно использовать понятие степени компенсации размерного износа инструмента, под которой следует понимать отношение величины суммы радиального износа абразивного элемента и среднего значения радиального износа направляющих элементов к величине изменения диаметра базовой окружности [1]. Степень размерной компенсации износа АВР можно определить, используя выражение:

$$K_k = \frac{6(U_p + U_c - B \cdot U_B + C \cdot U_A)}{A(3U_p + U_A + U_B + U_c)};$$

где K_k – степень размерной компенсации износа развертки;

U_A, U_B – размерный износ соответственно бокового и опорного направляющих элементов корпуса АВР, мкм;

U_c – размерный износ направляющего элемента поворотного блока АВР, мкм;

U_p – размерный износ абразивного элемента, мкм.

Анализ зависимости показывает, что при $U_A = U_B = U_c = 0$ и соответствующей геометрии АВР теоретически возможно достижение степени компенсации размерного износа $K_k = 2$. Фактически параметр K_k будет несколько меньше двух, так как направляющие элементы также изнашиваются, но интенсивность их изнашивания в 3 – 8 раз меньше чем абразивных элементов вследствие применения различных по износостойкости материалов [3]. Учитывая небольшую рабочую площадь абразивного элемента инструмента по сравнению с процессом хонингования, применение в нем механизма самоподнастройки весьма актуально. Полученные зависимости целесообразно использовать при размерной настройке инструмента.

Література:

1. Джугурян Т.Г. Повышение точности обработки отверстий расточными инструментами одностороннего резания: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08 / Одес. политехн. ин-т. - Одесса, 1989. - 161 с..
2. Джугурян Т.Г. Комбинированная обработка точных координированных отверстий. – Одесса: АО БАХВА, 2003. – 108 с.
3. Джугурян Т.Г, Тонконогий В.М., Перпери Л.М. Инструмент одностороннего резания с механизмом компенсации износа для абразивного растачивания // Резание и инструмент в технологических системах. Междунар. науч.- техн. Сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003 – Вып. 65 – С. 57 – 60.

Надійшла до редакції 07.04.2014

УДК 658. 512: 621. 923



М.Л. Хейфец,
д.т.н., профессор,
Президиум НАН
Беларуси
mlk-z@mail.ru



А.С. Васильев,
д.т.н., профессор,
Московский
государственный
технический
университет им. Н.Э.
Баумана
vas@bmstu.ru



С.А. Клименко,
д.т.н., профессор,
Институт сверхтвердых
материалов им.
В.Н. Бакуля НАН
Украины
atmu@meta.ua



Л. Танович,
д.т.н., профессор,
Белградский
университет
Машиностроительный
факультет
ltanovic@mas.bg.ac.rs

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА
МАТЕРИАЛА И ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ**

М. Л. Хейфец, А. С. Васильев, С. А. Клименко, Л. Танович. Технологическое наследование комплекса эксплуатационных параметров качества материала и поверхности детали Рассмотрены методы технологического управления наследованием эксплуатационных свойств деталей, включающие: измерения параметров наиболее ответственных деталей; определение механизмов технологического наследования на основе коэффициентов передачи и взаимовлияния эксплуатационных свойств; анализ технологических барьеров при интенсивных воздействиях потоками энергии, разработку мероприятий по управлению технологическими процессами.

M. L. Kheifetz, A. Vasiliev, S. A. Klimenko, L. Tanovich. Technological inheritance of operational parameters set of the quality of material and the part surface. The methods of technological control of parts operational properties inheritance are reviewed including: measuring the most important details; identifying mechanisms of technological inheritance based on transfer coefficients and mutual influence of operational properties; analysis of technological barriers under intensive effects of flows of energy, arrangement of technological processes controlling measures.

Введение. Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем называется на эксплуатационных свойствах деталей машин [1, 2].

Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов [3, 4].

В технологической цепочке существуют своего рода «барьеры». Некоторые технологические факторы преодолеть эти «барьеры» не могут и в таком случае их влияние на конечные свойства объекта отсутствуют. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо [1, 3]. Самые существенные «барьеры» проявляются на термических операциях, а также на операциях, сопровождающиеся поверхностным деформированием и упрочнением, так как они изменяют микроструктуру обрабатываемого материала, микрогеометрию формируемой поверхности, приводят к короблению детали и искажению ее формы. В ходе этих операций различные пороки поверхности, такие как структурная неоднородность, поры, микротрещины, могут развиваться или «залечиваться». Следовательно, процессом технологического наследования можно управлять, с тем, чтобы свойства, положительно влияющие на качество детали, сохранить в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно – ликвидировать в его начале [2, 4].

Материал и результаты исследований. Технологический процесс изготовления и эксплуатации деталей двигателя внутреннего сгорания может быть представлен в виде графа, выделяющего при изготовлении заготовительные, черновые операции, чистовые и отделочные операции, а так же стадии эксплуатации [2]. Граф, как правило, является ориентированным, а параметры качества взаимосвязаны между собой (рис. 1).

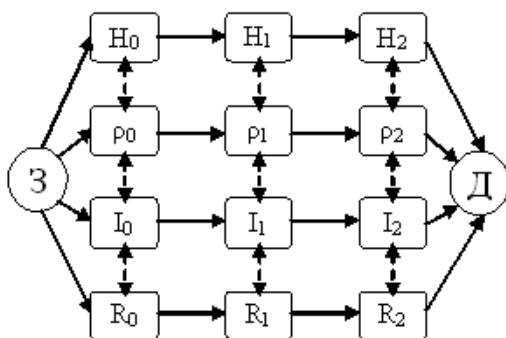


Рис. 1. Развернутый граф технологического наследования, учитывающий комплекс параметров качества

Начальная вершина графа, при описании технологического процесса и эксплуатации представляет собой заготовку (З). Конечная вершина – готовая деталь (Д) в процессе эксплуатации.

Ориентированные ребра графа показывают передачу свойств детали при обработке и в эксплуатации. Передача ребра описывается коэффициентом наследования K , показывающим количественное изменение свойства и равным отношению предыдущих S_j и последующих S_{j+1} значений свойства [4]:

$$K = S_j/S_{j+1}.$$

Помимо прямой передачи свойств (рис. 1) при технологическом наследовании целесообразно оценивать их взаимовлияние (рис. 2). Общую структуру процессов можно представить как сложную многомерную систему, в виде последовательности изменения основных параметров качества детали [2]. На вход технологической системы поступают различные характеристики заготовки $\{S_{10}, S_{20}, ..., S_{m0}\}$, а на её выходе обеспечивается соответствующий набор тех же характеристик для готовой детали $\{S_{1p}, S_{2p}, ..., S_{mp}\}$. Эти изменения определяются действием совокупности технологических $\{t_{l1}, t_{l2}, ..., t_{ln}\}$ факторов для каждой операции l рассматриваемого процесса [3].

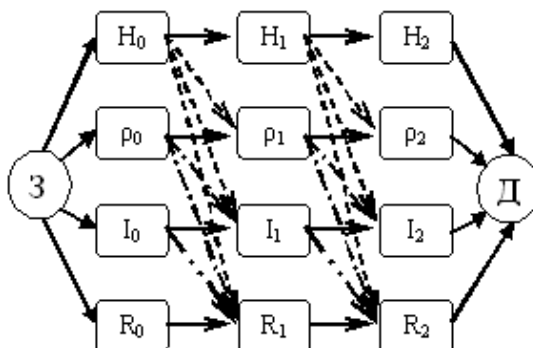


Рис. 2. Граф технологического наследования, отражающий взаимовлияние физико-механических и геометрических параметров качества

Начальная вершина графа, при описании технологического процесса и эксплуатации представляет собой заготовку (З). Конечная вершина – готовая деталь (Д) в процессе эксплуатации. Ориентированные ребра графа показывают передачу свойств детали при обработке и в эксплуатации. Передача ребра описывается коэффициентом наследования K , показывающим количественное изменение свойства и равным отношению предыдущих S_j и последующих S_{j+1} значений свойства [4]:

$$K = S_j/S_{j+1}.$$

Помимо прямой передачи свойств (рис. 1) при технологическом наследовании целесообразно оценивать их взаимовлияние (рис. 2).

Общую структуру процессов можно представить как сложную многомерную систему, в виде последовательности изменения основных параметров качества детали [2]. На вход технологической системы поступают различные характеристики заготовки $\{S_{10}, S_{20}, \dots, S_{m0}\}$, а на её выходе обеспечивается соответствующий набор тех же характеристик для готовой детали $\{S_{1p}, S_{2p}, \dots, S_{mp}\}$. Эти изменения определяются действием совокупности технологических $\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{ln}\}$ факторов для каждой операции i рассматриваемого процесса [3].

Так для параметра качества S после окончательной обработки [2]:

$$S_p = a_p S_{p-1}^{b_p}$$

Количественные связи наследственности, зависящие от выбора метода обработки, определяются коэффициентами b , а основные условия обработки внутри этого метода – коэффициентами a . Выполнив преобразования с уравнениями для предшествующих операций $p-1, p-2, \dots, 1$ получают общую математическую модель изменения параметра качества для всего процесса:

$$S_p = a_p a_{p-1}^{b_p} a_{p-2}^{(b_p b_{p-1})} \dots a_1^{(b_p b_{p-1} \dots b_2)} S_0^{(b_p b_{p-1} \dots b_1)}$$

Коэффициент наследственности a_i описывает влияние факторов $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{ln}$ на рассматриваемый параметр качества S_j для операции i и может быть представлен [3]:

$$a_i = k_{i0} t_{i1}^{k_{i1}} t_{i2}^{k_{i2}} \dots t_{in}^{k_{in}}$$

где $k_{i0}, k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{in}$ – эмпирические коэффициенты влияния технологических факторов.

Анализ зависимостей показывает, что весь процесс может быть выражен в виде суммы действия окончательной операции и некоторой доли влияния предшествующих операций на исходное состояние заготовки S_0 , которые определяются коэффициентами наследственности b_1, b_2, \dots, b_p . Если на какой-либо операции i коэффициент технологической наследственности $b_i = 0$, то это означает отсутствие влияния исходного качества состояния заготовки на окончательное состояние после данной операции, что может служить интерпретацией действия на операции i непреодолимого «технологического барьера» [2, 4].

Для выявления основных наследуемых в эксплуатации показателей качества, посредством контроля которых целесообразно управлять технологическим процессом, проводился АВС-анализ (рис. 3) изменения в процессе

эксплуатации начальных геометрических параметров поверхности и физико-механических характеристик материала [5].

АВС-анализ показал, что в большинстве случаев, уже в период приработки (I) существенно меняется шероховатость (1) и структура поверхностного рельефа (2). Волнистость (3) и структура поверхностных слоев (4) изменяются при установившемся изнашивании (II). Точность размеров (5) и геометрическая форма поверхности (6) остаются в пределах допустимых значений даже в начале стадии катастрофического изнашивания (III). Только остаточные напряжения (7) и структура основного материала (8) могут сохраняться до полного разрушения трущихся поверхностей [6].

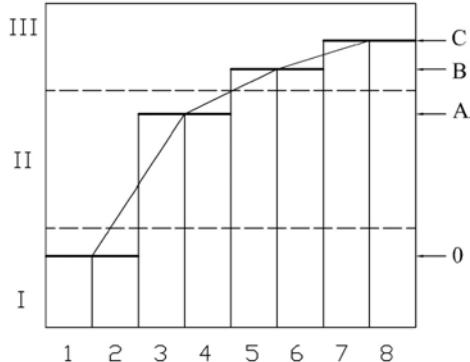


Рис. 3. АВС-анализ изменения в процессе эксплуатации (I – III) начальных показателей качества (1 – 8): 0 – формирование поверхности;

А – изменение контактных нагрузок; В – выход детали из строя;

С – полное разрушение поверхности; I – приработка; II – нормальное изнашивание; III – катастрофическое изнашивание; 1 – шероховатость поверхности; 2 – структура поверхностного рельефа; 3 – волнистость поверхности; 4 – структура поверхностных слоев; 5 – форма поверхности; 6 – точность размеров; 7 – остаточные напряжения; 8 – структура основного материала

Поэтому для изучения наследования выбирались оперативно и наименее трудоемко контролируемые физико-механические геометрические показатели качества из начальной и конечной групп (0-С). При этом особое внимание уделялось показателям (5, 6) претерпевающим существенные изменения в начале катастрофического износа (В), связанным как с физико-механическими характеристиками материала (7, 8) так и с геометрическими параметрами рельефа поверхности (1, 3).

Изучение и управление технологическим наследованием предложенным методом контроля параметров качества проводилось для деталей, отвечающих за ресурс в частности для двигателей внутреннего сгорания – гильз блока цилиндров, коленчатых и распределительных валов [7].

Рассматривались технологические процессы изготовления деталей, в том числе использующие последовательность операций комбинированной обработки.

Для описания технологического наследования свойств материала и поверхности гильзы блока цилиндров, коленчатого вала и распределительного вала двигателя рассматривалась совокупность физико-механических и геометрических свойств: твердости (H), отклонений формы (ρ), точности размеров (I) и рельефа поверхности (R). Для этого в качестве определяющего свойства рабочих поверхностей деталей принималась физико-механическая характеристика – твердость по Бринеллю (HB) или по Роквеллу (HRC), так как твердость является одним из наиболее распространенных и общедоступных интегральных критериев оценки свойств материалов, позволяющим судить о прочностных и триботехнических характеристиках материала. В качестве зависимых от твердости параметров последовательно рассматривались отклонения формы поверхностей (ρ), точность размеров (кавалитет IT) и шероховатость поверхности (среднеарифметическое отклонение профиля Ra).

Эксплуатационные параметры качества рабочих поверхностей детали (HB/HRC , IT и Ra) измерялись после технологических операций механической обработки: точения, шлифования, полирования и после приработки деталей в двигателе.

Измерения твердости HB/HRC , отклонений формы ρ , точности размеров IT и рельефа поверхности Ra проводились на партии из пятидесяти деталей. При этом партия разбивалась по размерам поверхности на десять групп, а в качестве расчетного значения принималось среднеарифметическое в группе из пяти деталей. На основании расчетных результатов определялись коэффициенты передачи наследования K^H , K^ρ , K^I , K^R и коэффициенты взаимовлияния технологического наследования K^{Hp} , K^{HI} , K^{HR} , K^{pI} , K^{pR} , K^{IR} для графа на рис. 2.

Для оценки наследования по технологическому маршруту рассчитывались результирующие коэффициенты K_p , равные произведению соответствующих коэффициентов для параметров качества по всей последовательности операций. Для определения степени влияния наследования на различных технологических операциях рассчитывались коэффициенты сравнения K_s , равные отношению коэффициентов взаимовлияния на предшествующих и последующих операциях и стадиях.

Анализ технологического наследования при обработке поверхностей деталей двигателя внутреннего сгорания позволил пересмотреть последовательность технологических переходов, регламентировать технологические воздействия и обеспечить качество рабочих поверхностей.

Изучение последовательности воздействий концентрированными потоками энергии на операциях комбинированной обработки, а также анализ формируемых параметров качества поверхностей сопровождаются исследо-

ванием технологической наследственности образующихся диссипативных структур (рис. 4).

Исследование тепловых и механических воздействий на поверхностный слой показало, что концентрированный нагрев разупрочняет поверхностный слой за счет роста зерна и растворения упрочняющих фаз (рис. 4, б). Глубина фазовых превращений определяется границей распространения теплового потока. Инструмент срезает дефектный слой и упрочняет поверхность деформированием, завальцовывая трещины, поры, измельчая зерно. Проникновение механических воздействий также происходит на определенную глубину (рис. 4, а).

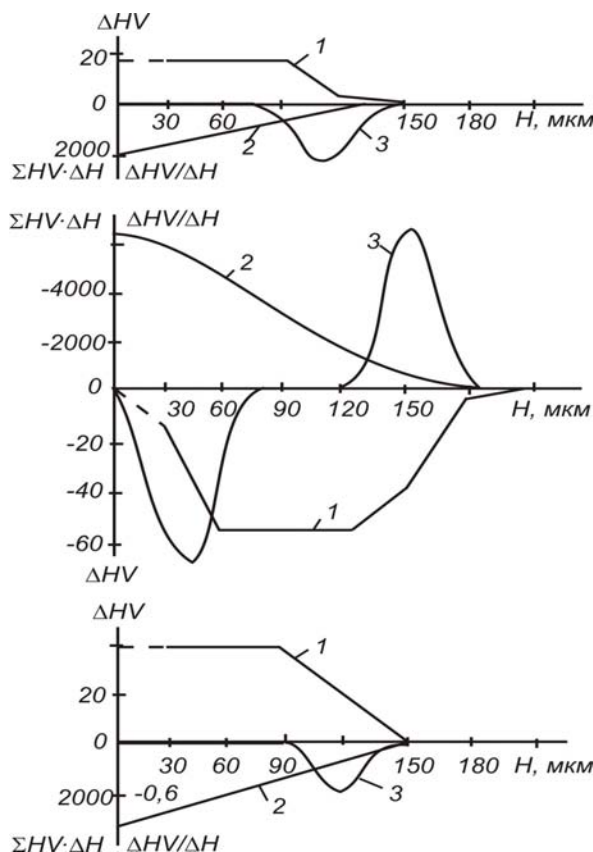


Рис. 4. Зависимости распределения по глубине поверхностного слоя материала: 1 – изменения твердости ΔHV ; 2 – общего упрочнения $\Sigma HV \Delta H$; 3 – скорости приращения упрочнения $\Delta HV / \Delta H$; после резания с нагревом недостаточной (а), избыточной (б) и рациональной (в) интенсивности

С позиций технологической наследственности, импульс энергии передается обрабатываемой поверхности, а скорость и ускорение распространения энергии отражаются на всех участках прохождения импульса.

О скорости распространения можно судить по распределению значений упрочнения по глубине поверхностного слоя (рис. 4, кривые 1). Величина энергии импульса определяется площадью, расположенной под кривой упрочнения, которую можно определить графическим интегрированием (рис. 4, кривые 2). Ускорение при прохождении импульса, т.е. первая производная от скорости или вторая от энергии импульса, определяется графическим дифференцированием кривой упрочнения (рис. 4, кривые 3).

Результаты дифференцирования описывают глубину проникновения импульса, следовательно, вторую производную от импульса энергии, характеризующую величину и положение силы, тормозящей поток энергии в поверхностном слое, можно рассматривать как технологический барьер.

Изучение технологических барьеров показывает, что они достаточно точно описываются нормальным законом распределения с различными величинами дисперсий. При упрочнении и разупрочнении барьеры располагаются по разные стороны от оси координат (рис. 4, кривые 3).

При достаточной близости технологических барьеров в результате нагрева увеличивается пластичность поверхностного слоя и деформации проникают на большую глубину. Увеличение зоны и степени деформации, сопровождающееся усилением поглощения тепла, препятствует прохождению и приближает границу распространения теплового потока к поверхности. В результате совместное действие механических и тепловых потоков приводит к совмещению технологических барьеров и по всей глубине воздействия происходят термомеханические процессы (рис. 4, в).

Выводы. Технологическое наследование эксплуатационных свойств в процессах изготовления деталей целесообразно описывать графом, отражающим коэффициенты передачи и взаимовлияния физико-механических и геометрических параметров.

Для расчета коэффициентов наследования по степени значимости влияния установлена последовательность параметров: твердость (H), отклонение формы (ρ), точность размеров (I) и шероховатость рельефа (R) поверхности детали.

Вторую производную от импульса энергии, характеризующую величину и положение силы, тормозящей поток энергии в поверхностном слое, следует рассматривать как технологический или эксплуатационный барьер.

Созданы методы технологического управления и контроля наследованием эксплуатационных свойств деталей, включающие:

- измерения физико-механических и геометрических параметров материала и поверхности для наиболее ответственных деталей;

- определение механизмов технологического наследования на основе коэффициентов передачи и взаимовлияния наиболее значимых свойств;
- анализ технологических барьеров при интенсивных воздействиях потоками энергии;
- разработку мероприятий для технологического управления процессами обработки.

Література:

1. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / П. И. Ящерицын [и др.]. – Новополоцк : ПГУ, 1996. – 136 с.
2. Васильев, А. С. Технологические основы управления качеством машин / А. С. Васильев, А. М. Дальский, С. А. Клименко и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
3. Ящерицын, П. И. Технологическая наследственность в машиностроении / П. И. Ящерицын, Э. В. Рыжов, В. И. Аверченков. – Мн. : Наука и техника, 1977. – 256 с.
4. Дальский, А. М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин / А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 1975. – 223 с.
5. Ящерицын, П. И. Технологическое и эксплуатационное наследование показателей качества при восстановлении изношенных поверхностей деталей / П. И. Ящерицын, Н. А. Кусакин, М. Л. Хейфец, Г. Б. Премент // Доклады НАН Беларуси. – 2007. – Т. 51, № 6. – С. 121–126.
6. Ящерицын, П. И. Работоспособность узлов трения машин / П. И. Ящерицын, Ю. В. Скорынин. – Мн. : Наука и техника, 1984. – 288 с.
7. Лысов, А. А. Управление наследованием показателей качества при восстановлении, обработке, сборке и эксплуатации деталей машин / А. А. Лысов, Н. А. Кусакин, М. Л. Хейфец, Г. Б. Премент // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – № 4 (105). – С. 30–35.

Надійшла до редакції 08.04.2014

УДК 621.9.06-752



Ю.Н. Внуков
д.т.н., профессор,
Запорожский
национальный
технический
университет
vnukov@zntu.edu.ua



С.И. Дядя
к.т.н., доцент,
Запорожский
национальный
технический
университет
djadja@zntu.edu.ua



М.В. Кучугуров
аспирант,
Запорожский
национальный
технический
университет
markxfx@mail.ru



Э.В. Кондратюк
к.т.н.
Запорожский
национальный
технический
университет

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Ю.Н. Внуков, С.И. Дядя, М.В. Кучугуров, Э.В. Кондратюк. Устройство для исследования физики явления автоколебаний при токарной обработке. Спроектировано устройство для всестороннего исследования автоколебаний при точении.

Y.M. Vnukov, S.I. Djadja, M.V. Kuchugurov, E.V. Kondratyuk. Device for research the physics of the phenomenon of self-oscillation at turning. Device for a comprehensive researching of self-oscillation at turning are designed.

Природа возбуждения и самоорганизации автоколебаний при обработке материалов резанием чрезвычайно сложна. До сих пор нет четкого представления о механизме данного явления. Трудность его исследования заключается в том, что процесс резания представляет собой совокупность множества физических процессов, которые реализуются в условиях упругих перемещений всей системы станок – приспособление – инструмент – заготовка. Их взаимодействие и взаимовлияние при определенных условиях может привести к возбуждению сильных вибраций, оказывающих негативное влияние на механическую обработку в целом: быстрый износ оборудования, снижение периода стойкости и поломку инструмента, ухудшение качества обработанной поверхности, высокий уровень шума и вибраций в рабочей зоне.

Автоколебания – самовозбуждающиеся колебания, возникающие при отсутствии внешних периодических возмущающих сил.

Существует ряд теорий и экспериментальных исследований, поясняющих причины их возникновения. Все их можно свести к следующим:

- первичное возбуждение автоколебаний – приводящее к начальному отклонению режущего инструмента или детали от положения равновесия при отсутствии волнистого следа на поверхности резания. Появление первичных автоколебаний могут вызывать следующие причины: падающая характеристика силы резания от скорости обработки V [1], отставание силы резания от изменения толщины срезаемого слоя a и отставание силы трения на передней поверхности относительно колебаний силы резания [2], переменная твердость обрабатываемого материала при врезании резца в деталь и отталкивании [3], случайные толчки из-за несовершенства структуры обрабатываемого материала и другие;

- вторичное возбуждение – регенеративный эффект, который заключается в резании по волнистому следу, оставленному на поверхности резания при предыдущем проходе инструмента, что приводит к постоянному изменению толщины срезаемого слоя и соответственно колебаниям силы резания, действующей на инструмент и обрабатываемую заготовку [4];

- координатная связь колебаний в различных направлениях резца или (и) детали, приводящая к тому, что последние совершают виброперемещения по замкнутой траектории, площадь очертания которой пропорциональна энергии возбуждения автоколебаний. В данном случае рассматривают связь направлений действия силы резания и главных осей жесткости парциальных систем детали или (и) инструмента [5, 6].

Регенеративный эффект и координатная связь имеют надежное экспериментальное подтверждение, другие более ранние теории, опираются, как правило, на гипотетические представления авторов. Современные исследования [7] вибрационных процессов при резании основаны в основном на моделировании, где экспериментально определяют статические и динамические характеристики доминирующих колебательных систем (инструмента и заготовки) и используют их в математических моделях без проведения процесса резания. Эти алгоритмы позволяют прогнозировать уровень вибраций при данных режимах. Основным результатом моделирования является построение лепестковой диаграммы устойчивости [8], по которой при заданной глубине резания определяют скоростные зоны возникновения недопустимых вибраций. Главным недостатком данного подхода является то, что разрабатываемые математические модели не учитывают всей сложности и многогранности процесса резания в динамике. Поэтому получаемые результаты имеют приемлемое сходство с экспериментом только в узком диапазоне моделируемых условий резания и требуют постоянных уточнений.

Математическое моделирование позволяет сократить время определения оптимальных сочетаний режимов резания, но точность полученных рас-

четов зависит от правильных представлений основных механизмов возбуждения и подавления колебаний, положенных в основу расчетной модели.

Новые знания о технологических процессах можно получать исключительно экспериментальным путем. Современное развитие сенсорной техники, возможность использования аналого-цифрового преобразования сигналов от быстропротекающих процессов, а также IT технологии сбора и запоминание неограниченного объема информации, позволяет на новом уровне проводить экспериментальные исследования колебательных процессов возникающих при обработке резанием.

На рис. 1 представлена схема взаимосвязи процессов в условиях возникновения автоколебаний при точении.

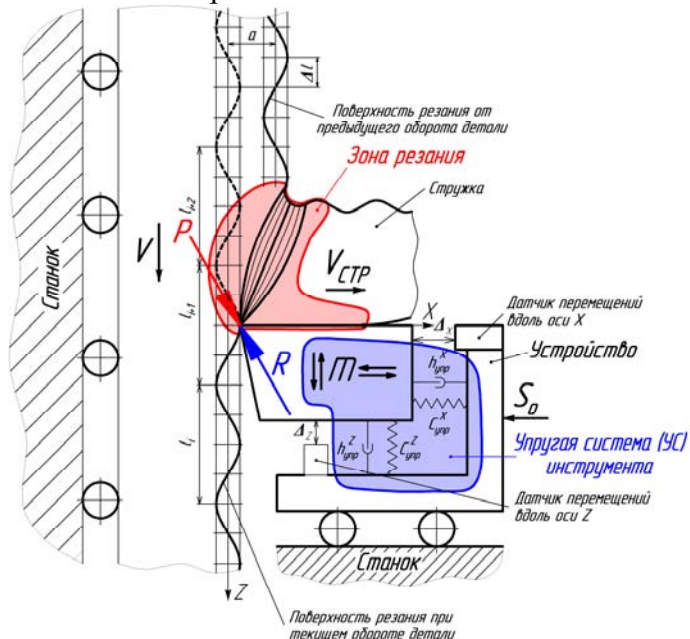


Рисунок 1 – Схема исследования процесса автоколебаний при точении (схема представлена в главной секущей плоскости $P\tau$):

$C_{упр}^x, h_{упр}^x, C_{упр}^z, h_{упр}^z$ – параметры жесткости и демпфирования резца вдоль осей X и Z ; m – приведенная масса колебательной системы резца;

S_0 – движение подачи; V – скорость резания; a – номинальная толщина срезаемого слоя; Δl – сдвиг фаз волн на поверхности резания двух соседних оборотов детали; P – сила резания; R – реакция упругой системы резца

Авторы статьи считают, что причиной отклонения инструмента от условий силового равновесия является сила резания P , играющая роль возбуждающей силы, а реакция R упругой системы (УС) инструмента играет роль восстанавливающей силы. Таким образом, необходимо одновременно рассматривать условия функционирования двух связанных между собой зон: зоны

резания, в которой происходят процессы стружкообразования и трения по контактным поверхностям резца и зоны проявления упругих свойств УС инструмента. Если создать условия, в которых жесткость УС детали будет во много раз выше чем УС инструмента, то возникновение любых колебаний инструмента в направлении оси X приведет к появлению волнистости на поверхности резания, и как следствие появлению эффекта регенерации или резания по “следу”. Поэтому, появление волнистости на поверхности резания необходимо рассматривать, как результат возникновения автоколебаний и источник их поддержания. Высота и периодичность волн на поверхности резания во всех современных экспериментальных исследованиях являются источником информации о возникающих автоколебаниях. Поверхность резания всегда формируется режущей кромкой и двумя движениями: главным движением резания Dr и движением подачи Ds . Появление волнистости на поверхности резания связано с отклонением режущей кромки на величину высоты волны – $2A$ в направлении, перпендикулярном к поверхности резания. Некоторые исследователи в связи с этим рассматривают УС инструмента только с одной степенью свободы (по направлению к оси X или Z [9]). По нашему мнению такой подход методически неверен т.к. не позволяет рассматривать физические явления в зоне резания, с учетом различной ориентации главных осей жесткости, и разных значений статических и динамических характеристик УС инструмента.

Исходя из выше сказанного, можно сформулировать ряд требований, предъявляемых к устройству для исследования автоколебаний при точении:

1. Устройство должно моделировать УС инструмента в широком диапазоне изменения ее статических и динамических характеристик.
2. В устройстве необходимо предусмотреть возможность изменения ориентации главных осей жесткости УС инструмента для установления зависимости между координатными связями и особенностями регенерации.
3. Для измерения величины отклонения режущей кромки от положения равновесия в направлении осей Z и X в устройстве необходимо предусмотреть датчики перемещений.

На рис. 2 приведена конструкция устройства для исследования автоколебаний при точении. Способ, методика измерения колебаний и расчета сдвига фаз регенеративных колебаний описаны в работе авторов [10].

Устройство состоит из корпуса 1, коробчатая форма которого удобна для установки и базирования в резцедержателе токарного станка. В корпусе 1 устанавливается режущий инструмент 2, который базируется на призме 3. Прижим режущего инструмента к направляющим призмы 3 выполняется с помощью крышки – прижима 4 и винтов 6. Крышка 5 и винты 7 предназначены для настройки длины вылета режущего инструмента 2.

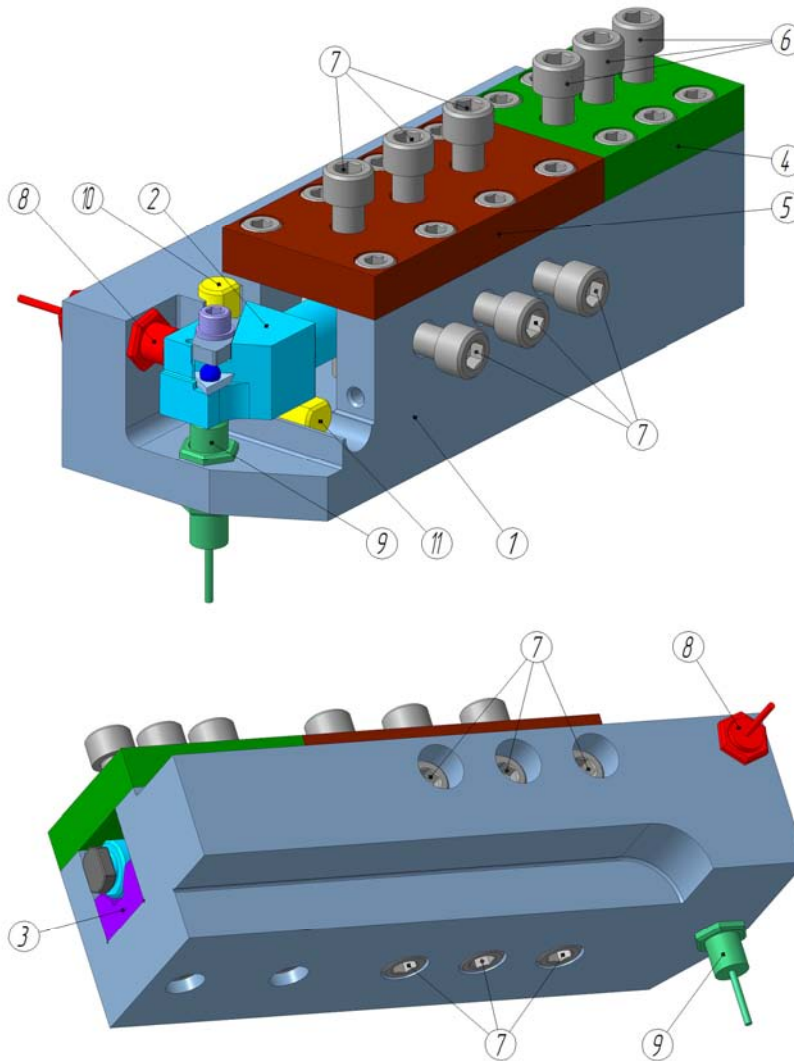


Рисунок 2 – Конструкция устройства для исследования автоколебаний при точении: 1 – корпус; 2 – режущий инструмент; 3 – призма; 4 – крышка – прижим; 5 – крышка; 6 – винты фиксации режущего инструмента; 7 – винты настройки вылета режущего инструмента; 8 – датчик горизонтальных перемещений режущего инструмента, 9 – датчик вертикальных перемещений режущего инструмента; 10, 11 – бронзовые направляющие

Измерение перемещений последнего в горизонтальном (вдоль оси X) и вертикальном (вдоль оси Z) направлениях осуществляется с помощью бесконтактных токовых датчиков перемещений 8 и 9 фирмы Schneider Electric XS4-P12AB110. Бронзовые направляющие 10 и 11, по которым режущий инструмент 2 может скользить в масляной среде, позволяют ограничить колебательное перемещение последнего в одном из указанных выше направлениях (т.е. увеличивать жесткость по одной из осей X или Z).

Режущий инструмент представляет собой сборную конструкцию (рис. 3), состоящую из головки резца, в которой крепится трехгранная пластина из твердого сплава ВК8 и упругого хвостовика 2, который выполняет роль пружины в УС инструмента. Режущая пластина 4 базируется в головке резца 1 по двум режущим кромкам и опорной поверхности. Ее закрепление выполняется с помощью шарика 5, прижима 6 и винта 7. Режущая пластина установлена таким образом, что ее режущая кромка располагается по оси упругого хвостовика. Это позволяет устранить при вертикальных перемещениях пластины подрезание вспомогательной задней поверхностью обработанной поверхности.

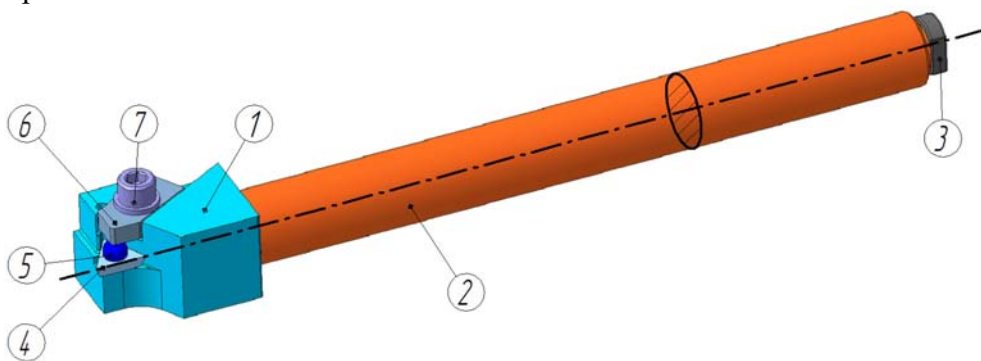


Рисунок 3 – Режущий инструмент с упругим хвостовиком:

- 1 – головка резца; 2 – упругий элемент; 3 – болт;
4 – режущая пластина; 5 – шарик; 6 – прижим; 7 – винт

Разработанное устройство применяют при продольном точении короткой заготовки, имеющей соотношение габаритных размеров $l/d \leq 1,5$. Это позволяет пренебречь ее упругими деформациями и представить режущий инструмент как доминирующую колебательную систему.

Обработку осуществляют путем продольного точения по схеме максимально близкой к свободному прямоугольному резанию (рис. 4).

Это достигается за счет использования режущих пластин с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$ и большим вспомогательным углом в плане $\varphi_1 = 30^\circ$. В этом случае горизонтальные колебания режущей кромки совпадают с продольным направлением подачи и перпендикулярны поверхности резания 7.

- непосредственно измерять регенеративную составляющую колебаний инструмента в направлении перпендикулярном поверхности резания (проекция на ось X);

- обеспечить постоянство скорости резания V при продольной подаче S_0 суппорта с инструментом, в отличие от радиального точения, широко распространенного в исследованиях вибраций по схеме свободного прямоугольного резания, где скорость резания переменная;

- формировать обработанную поверхность, которую можно использовать для исследований влияния колебаний на ее шероховатость и топографию;

- проводить стойкостные испытания инструмента при создании различных условий возбуждения его колебаний.

Разработанное устройство имеет ряд конструктивных особенностей, существенно расширяющих его возможности.

1. Так как доминирующая колебательная система режущего инструмента имеет две степени свободы, в устройстве предусмотрено установка двух датчиков (рис. 2). Каждый из них фиксирует перемещение резца вдоль осей X и Z путем измерения соответствующих зазоров Δ_X и Δ_Z между датчиком и держателем режущей пластины. Наличие двух датчиков дает возможность изучать полную траекторию движения вершины резца, рассматривая ее как суммарное перемещение, так и отдельные составляющие перемещения вдоль осей X и Z .

2. Режущая пластина располагается в держателе таким образом, чтобы вершина и режущая кромка находились на оси упругого элемента круглого сечения (рис. 3). Такая конструкция позволяет устранить появление косого изгиба при несимметричной нагрузке упругого элемента силой резания P относительно его поперечного сечения, а также устранить подрезание обработанной поверхности задней поверхностью резца при его опускании.

3. Настройка жесткости упругого элемента резца выполняется путем изменения длины его вылета (рис. 5).

На каждом вылете находится по четыре винта, которыми выполняют зажим упругого элемента, создавая новую точку защемления. Каждому сечению соответствует своя длина вылета, которая определяет жесткость УС инструмента в плоскости XZ . Конструкцией устройства предусмотрены три поперечных сечения, в которых возможно защемление упругого элемента. В соответствии с его вылетом, значения жесткости – j и частоты собственных колебаний (ЧСК) – F для круглого поперечного сечения $\varnothing 20$ указаны в табл. 1.

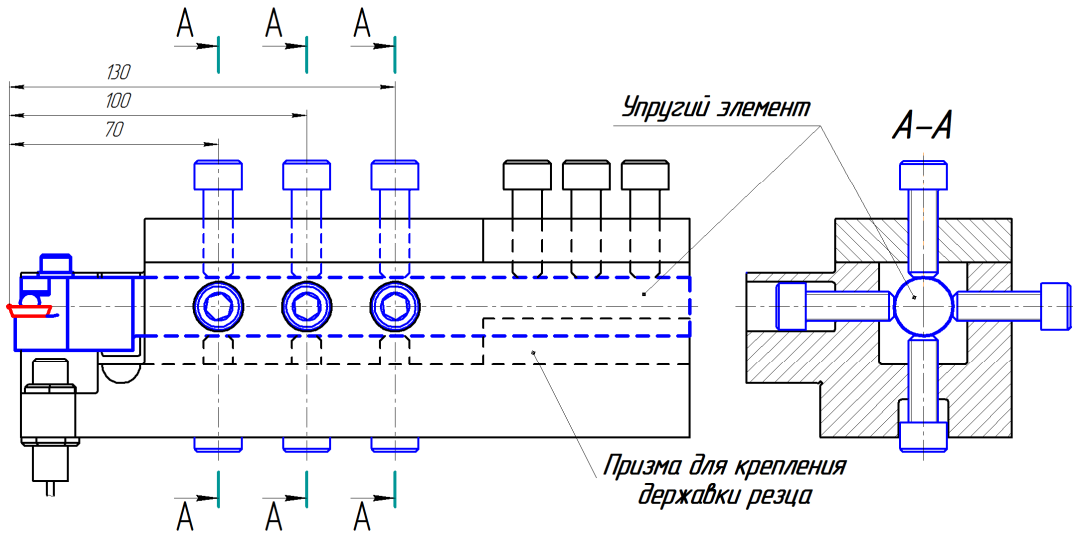
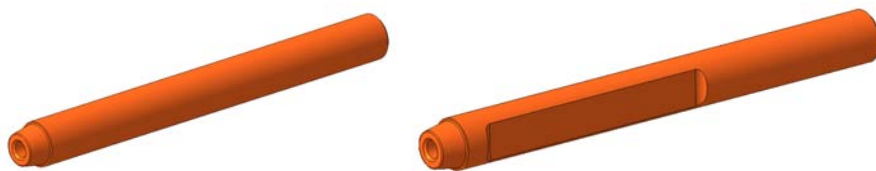


Рисунок 5 – Настройка вылета упругого элемента инструмента

Таблица 1 – Жесткость и ЧСК упругого элемента круглого сечения

Длина вылета упругого элемента L , мм	70	100	130
Жесткость упругого элемента j , Н/мм	16670	5260	2270
Частота собственных колебаний F , Гц	1855	976	585

4) В комплектации устройства предусмотрен набор упругих элементов (рис. 6). Упругий элемент с круглым сечением (рис. 6а) – цилиндрический стержень, имеющий одинаковую жесткость во всех направлениях в плоскости поперечного сечения. Его использование необходимо при исследовании вторичного возбуждения колебаний, устраняя влияние координатной связи на процесс резания.



а)

б)

Рисунок 6 – Набор упругих элементов:

а) с круглым сечением постоянной жесткости;

б) с сечением различной жесткости

Упругий елемент с сечением различной жесткости (рис. 6б) – цилиндрический стержень, имеющий две плоские симметричные выточки. При этом его упругие свойства аналогичны резцам с прямоугольным поперечным сечением державки, у которой есть оси минимальной (X_1) и максимальной (X_2) жесткости. Данный упругий элемент необходим для проведения исследований влияния координатной связи на особенности возбуждения автоколебаний при точении. Конусная посадка упругого элемента в головке режущего инструмента (рис. 3) обеспечивает его легкую настройку и фиксацию в различных положениях (рис. 7) путем изменения угла α . Известно, что в зависимости от соотношения углов α и β процесс резания может сопровождаться сильными вибрациями либо характеризоваться максимальной виброустойчивостью [5]. Поэтому роль координатной связи является исключительно важным фактором, наряду с остальными, определяющим динамику процесса резания.

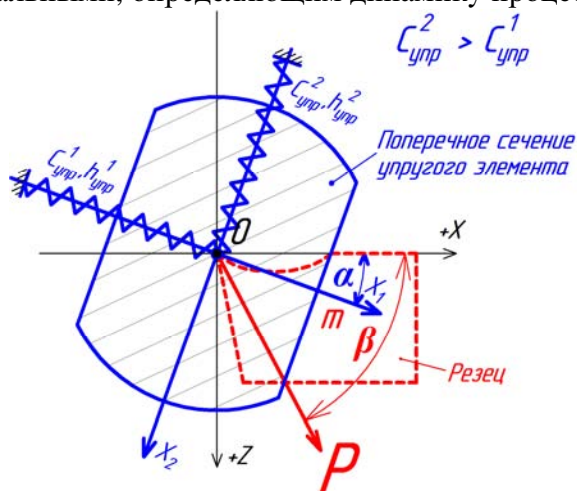


Рисунок 7 – Настройка положения поперечного сечения относительно режущей пластины: α – угол наклона оси минимальной жесткости относительно продольной оси X ; β – угол, определяющий направление силы резания P

5) Конструкцией устройства предусмотрена установка бронзовых направляющих (рис. 2, поз. 10 и 11), обеспечивающих колебательное движение режущего инструмента только в одном из направлений: горизонтальном (вдоль оси X) или в вертикальном (вдоль оси Z). Такая возможность необходима для исследования причин возбуждения и самоорганизации автоколебаний, действующих в различных направлениях.

6) Коробчатая, разборная конструкция устройства позволяет заполнять пространство между упругой державкой резца и внутренними стенками устройства различными демпфирующими средами, изменяя тем самым характеристики демпфирования УС инструмента.

Выводы.

Разработано устройство для исследования автоколебаний при точении. Оно позволяет разносторонне изучать причины возбуждения и условия самоорганизации вибраций при резании: регенеративный эффект и координатную связь перемещений доминирующей колебательной системы инструмента.

Литература

1. Каширин А.И. Исследование вибраций при резании / А.И. Каширин. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1944.-262с.
2. Эльясберг М.Е. Автоколебания металлорежущих станков. Теория и практика / М.Е. Эльясберг. – С.Птб., 1993. – 181с.
3. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения / А.П. Соколовский. – Машгиз, 1955.-514с.
4. Свинин В.М. Фрезерование с модулированной скоростью резания / Под. ред. А.И. Промтова – Иркутск: Изд-во Ир:ТТУ, 2007, -304с.
5. Тлустый И. Автоколебания в металлорежущих станках / И. Тлустый. Перевод с чешского. М. Машгиз. 1956г. 396с.
6. Лазарев Г.С. Автоколебания при резании металлов / Г.С. Лазарев. – Изд-во “Высшая школа”, Москва, 1971. -244с.
7. Kai Cheng. Machining Dynamics. Fundamental, applications and practies / Cheng Kai. – Springer Series in Advanced Manufacturing. Advanced Manufacturing & Enterprice Engineering Department School of Engineering and Design. Brunel University. Middlesex UB8 3PH. UK, 2009.
8. Altintas. Y. Identification of dynamic cutting force coefficients and chatter stability with process damping [Текст] / Y. Altintas, M. Eynian, H. Onozuka - CIRP Annals - Manufacturing Technology 57 (2008) / 371-374
9. Корендяев Г.К. Термодинамическая модель возбуждения автоколебаний при обработке материалов резанием. Автореф. канд. дисс. – Москва, 2012. -22с.
10. Внуков Ю.Н., Кучугуров М.В., Дядя С.И., Зинченко Р.Н., Гончар Е.А. Способ и устройство для исследования регенеративных автоколебаний при точении / Резание и инструмент в технических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2013. – Вып. 83. – с. 42-54.

Надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 621.923



А.Н. Михайлов,
д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой,
Донецкий национальный
технический университет
tm@mech.dgtu.donetsk.ua



А.В. Байков,
к.т.н., доцент,
Донецкий
национальный
технический
университет
tm@mech.dgtu.donetsk.
ua

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ ПРИ ТОНКОМ ШЛИФОВАНИИ

А.Н. Михайлов, А.В. Байков. Обеспечение геометрической точности деталей из природного камня при тонком шлифовании. Предложена конструкция инструмента и схема обработки плоской поверхности, обеспечивающие повышение геометрической точности изготавливаемой детали

A.N. Mikhaylov, A.V. Baykov. Providing geometric precision parts made of natural stone with fine grinding. A design of the tool and the processing circuit flat surface, providing increase the geometric accuracy of manufactured parts

Введение. В настоящее время изделия из природного камня (ПК) находят все более широкое применение в машиностроении. Вследствие таких характеристик данных материалов как термостабильность и виброустойчивость из них, в частности, из гранита, изготавливают поверочные и контрольные плиты, станины прецизионных металлорежущих станков и контрольно-измерительных машин.

Причем к изделиям машиностроительного назначения предъявляются высокие требования как к шероховатости, так и к геометрической точности, в частности, к неплоскостности поверхности. В условиях, когда ширина обрабатываемой поверхности превышает диаметр торцового шлифовального инструмента, требуемая величина отклонения от плоскостности обеспечивается за счет сочетания конструкции алмазосодержащего слоя инструмента и схемы перемещения инструмента по обрабатываемой поверхности [1, 2].

Одним из наиболее важных этапов обработки деталей из ПК является тонкое алмазное шлифование (ТАШ), т.к. качество поверхности на заданном этапе определяет трудоемкость заключительной операции обработки - полирования. На этапе тонкого алмазного шлифования деталей из природного камня в настоящее время все более активно используется инструмент на полимерном эластичном связующем [3], обладающий определенной специфической характера съема материала.

Таким образом, для обеспечения геометрической точности поверхности при тонком алмазном шлифовании изделий из природного камня необходимо определить рациональное сочетание конфигурации алмазоносного слоя торцового шлифовального инструмента и траектории относительного движения обрабатываемой детали и круга.

Материал и результаты исследований. Одной из распространенных схем обработки крупногабаритных деталей является схема «зигзаг», при которой перемещение центра инструмента по поверхности заготовки описывается ломаной линией (рис. 1).

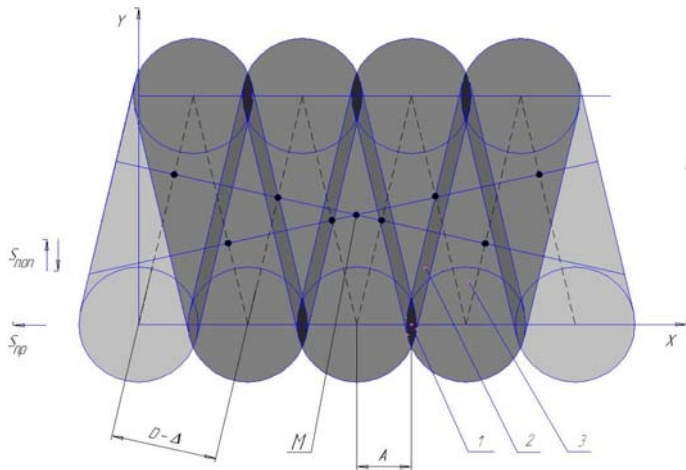


Рис. 1. Траектория перемещение центра инструмента и наложение полос обработки при движении инструмента по схеме «зигзаг».

Аналитическое представление изменения поверхности детали в процессе обработки принято представлять в матричной форме:

$$A_1 = A_0 - B,$$

где A_1, A_0 - матрицы порядка $m \times n$, отражающие текущие аппликаты, отсчитываемые от базовой поверхности детали в момент времени соответственно t_1 и t_2 ($m \times n$ - число элементарных площадок размером $\partial x \times \partial y$ на поверхности детали);

B - матрица порядка $m \times n$, определяющая величину съема материала по каждой элементарной площадке поверхности детали за время $\Delta t = t_2 - t_1$.

Величина съема (1) и время, определяющее положение начала координат шлифовального круга (2), будут определяться следующими уравнениями (для k -го прохода шлифовального круга по поверхности детали):

$$\left. \begin{aligned} z_k &= f(x_k) = z ; \\ x_k &= [x - S_{np}(k-1)t_p - S_{np}t_k] / \cos g \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$t_k = \frac{[x - S_{np}(k-1)t_p] \sin g + y \cos g}{S_{np} \sin g + S_{non} \cos g} \quad (2)$$

где g – угол между осями координат обрабатываемой детали и шлифовального круга, град., определяется из условия перекрытия полос обработки шлифовальным кругом;

$f(x_k)$ – зависимость величины съема материала от расстояния до центра шлифовального круга

x_k – координата радиуса-вектора начального репера на участке k ;

S_{np} – скорость перемещения заготовки (продольная подача), м/с;

S_{non} – скор. перемещения оси инструмента (поперечная подача), м/с;

t_k – текущее время; время перемещения оси инструмента по участку k

t_p – время реверса направления поперечной подачи шлифовального круга.

Величина съема материала в каждой точке заготовки определяется путем наложения величин съема при каждом проходе инструмента:

$$z_0 = z_1 + z_2 + \dots + z_n \quad (3)$$

Выражения (1) и (3) позволяют определить величину съема материала в любой точке детали при многократном прохождении через нее шлифовального круга. Разница между максимальной и минимальной величиной съема будет характеризовать неравномерность съема, определяемую кинематическими параметрами при данной схеме обработки.

Очевидно, что движение шлифовального круга по схеме «зигзаг» ведет к различному количеству проходов инструмента в различных зонах заготовки. Кроме того, каждая точка заготовки находится на различном расстоянии от центра перемещения инструмента, что также влияет на неравномерность съема материала.

Как показали результаты исследований [4], вследствие указанных факторов величина коэффициента неравномерности съема материала для шлифовальных кругов с различной конструкцией рабочего слоя и при различном сочетании кинематических параметров, не достигает значения менее $=2$, что не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к поверхности указанных деталей.

Для исключения многократного прохождения шлифовального круга по одной и той же элементарной площадке обрабатываемой поверхности предложена схема построения трассирования с подъемом шлифовального круга при перемещении на очередную строку (рис. 2).

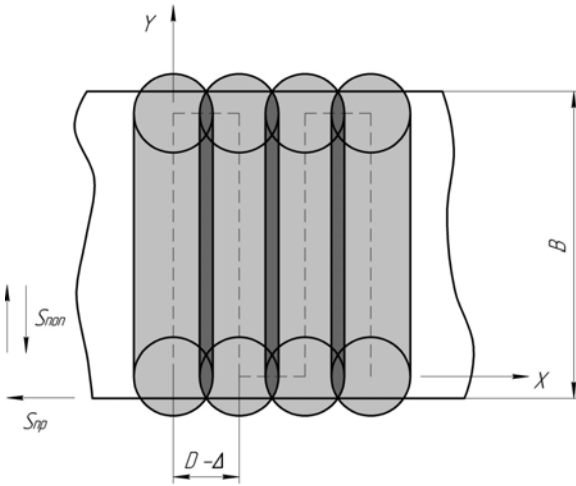


Рис. 2. Наложение полос обработки при движении шлифовального круга по схеме «ступенька с подъемом»

нениями (для k -го прохода шлифовального круга по поверхности детали):

$$\left. \begin{aligned} x_k &= x - (k-1) \cdot (D - \Delta) \\ z_k &= f(x_k) \\ z_k &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{при } |x_k| \leq R \\ &\text{при } |x_k| > R \end{aligned} \quad (4)$$

где x и x_k – абсцисса точки поверхности в системе координат соответственно обрабатываемой детали и шлифовального круга;

$f(x_k)$ – функция распределения величины съема вдоль радиуса шлифовального круга;

z_k – величина съема в данной точке поверхности при k -ом проходе;

D – диаметр шлифовального круга;

R – радиус шлифовального круга.

Для определения функция распределения величины съема вдоль радиуса шлифовального круга рассмотрим относительное движение элементарных площадок заготовки по поверхности шлифовального круга, и полагая удельное давление одинаковым по всей поверхности зоны контакта (для шлифования эластичным инструментом), величина съема материала на каждой элементарной площадке будет определяться величиной среднего значения скорости взаимодействия поверхности шлифовального с элементарной площадкой заготовки. Среднее значение скорости определено через значение величины радиус-вектора контакта в текущий момент времени [5].

Шлифовальный круг перемещается от одного края изделия к другому, приподнимается над обрабатываемой поверхностью до прекращения контакта, смещается на величину, обеспечивающую требуемое значение перекрытия полос обработки, и перемещается в обратном направлении. Далее цикл повторяется.

Предложенная схема позволяет получить регулярную картину наложения полос обработки. Величина съема материала будет постоянной вдоль направления поперечной подачи и переменной вдоль продольной подачи. Она будет определяться положением начала координат шлифовального круга и описываться урав-

Значение величины съема материала в точке, расположенной на расстоянии m от траектории движения центра инструмента:

$$Z = C_m p k \frac{4}{1000} \frac{n}{1000} \int_0^{t_1} \sqrt{R^2 - 2St\sqrt{R^2 - m^2} + (St)^2} dt, \quad (5)$$

где z - линейный съем в данной точке поверхности детали;

C_m - постоянная, характеризующая конкретные условия обработки (зернистость и твердость инструмента, свойства обрабатываемого материала и т.д.), МПа⁻¹;

p - удельное давление в зоне резания, МПа;

k - коэффициент заполнения алмазоносного слоя инструмента, [1,3];

R - наружный радиус шлифовального круга, мм;

S - величина подачи, мм/с;

t - время, с.

Используя выражение (5) и задавая закон изменения значения коэффициента заполнения алмазоносного слоя инструмента можно рассчитать величину съема материала в каждой элементарной полосе обработки, равной диаметру ширины круга и определить неравномерность съема при данных условиях обработки.

Для практического применения более интересна обратная задача – определить характер изменения коэффициента заполнения алмазоносного слоя, обеспечивающий наибольшее значение равномерности съема материала. С целью упрощения решения данной задачи и исключения необходимости интегрирования по двум переменным: скорости резания и коэффициента заполнения алмазоносного слоя шлифовального круга, поверхность шлифовального круга будем рассматривать как совокупность кольцевых зон конечной ширины. Для каждой зоны значение скорости резания и коэффициента заполнения алмазоносного слоя шлифовального круга можно рассматривать как постоянные величины.

В этом случае от интегрирования можно перейти к суммированию и система уравнений (1) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= C_m p \bar{k}_1 \bar{V}_1 t_{11} \\ z_2 &= C_m p (\bar{k}_1 \bar{V}_1 t_{21} + \bar{k}_2 \bar{V}_2 t_{22}) \\ &\dots\dots\dots \\ z_i &= C_m p (\bar{k}_1 \bar{V}_1 t_{i1} + \bar{k}_2 \bar{V}_2 t_{i2} + \dots + \bar{k}_j \bar{V}_j t_{ij}) \\ &\dots\dots\dots \\ z_q &= C_m p (\bar{k}_1 \bar{V}_1 t_{q1} + \bar{k}_2 \bar{V}_2 t_{q2} + \dots + \bar{k}_j \bar{V}_j t_{qj} + \dots + \bar{k}_q \bar{V}_q t_{qq}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где \bar{k}_j - среднее значение коэффициента заполнения алмазоносного слоя для j -ой кольцевой зоны шлифовального круга;

\bar{V}_j - среднее значение скорости резания для j -ой кольцевой зоны шлифовального круга;

q – количество элементарных кольцевых зон шлифовального круга и полос обработки обработанной поверхности;

t_{ij} – время взаимодействия i -ой элементарной площадки обрабатываемого материала с j -ой кольцевой зоной инструмента.

Для получения однозначного решения системы уравнений (6), количество кольцевых зон инструмента должно быть равно рассматриваемому количеству полос обработки.

Время взаимодействия j -й кольцевой зоны инструмента с i -й полосой обработки в общем случае определяется выражением:

$$\left. \begin{aligned} t_{ij} &= \frac{2 \left(\sqrt{[R - (j-1)l]^2 - [R - (i-0,5)l]^2} - \sqrt{[R - jl]^2 - [R - (i-0,5)l]^2} \right)}{S} & \text{при } j > i \\ t_{ij} &= \frac{2 \sqrt{[R - (j-1)l]^2 - [R - (i-0,5)l]^2}}{S} & \text{при } j = i \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где R – наружный радиус шлифовального инструмента, м;

S - величина подачи, м/мин.;

l - ширина кольцевой зоны шлифовального круга и рассматриваемой элементарной полосы обработки, м; $l = (R - r)/q$, где r – радиус центрального отверстия шлифовального круга.

Среднее значение скорости резания для j -й кольцевой зоны шлифовального круга определяется выражением:

$$\bar{V} = \frac{2 \cdot n [R - (j - 0,5) l]}{1000}. \quad (8)$$

Расчет по формуле (6) значений коэффициента заполнения для каждой кольцевой зоны, обеспечивающего наиболее возможную равномерность съема, был проведен для торцового шлифовального круга с размерами: $D=160$ мм, $d=16$ мм. Величина съема назначалась при соблюдении условия $k_j \leq 1$. Изменение коэффициента заполнения вдоль радиуса инструмента при значении коэффициента корреляции $r=0,9845$ описывается выражением:

$$y = 0.736 + 0.0499x - 0.0028x^2 + 0.000037x^3 - 0.0000002x^4$$

В полосе обработки коэффициент неравномерности съема, для полученной геометрии составляет $Y=1,10$, что является достаточно хорошим результатом.

Для шлифовального круга с данной конструкцией алмазонасного слоя исследовалось влияние степени перекрытия полос обработки для траектории перемещения инструмента по поверхности заготовки, приведенной на рис.2. Полученные результаты графически представлены на рис. 3.

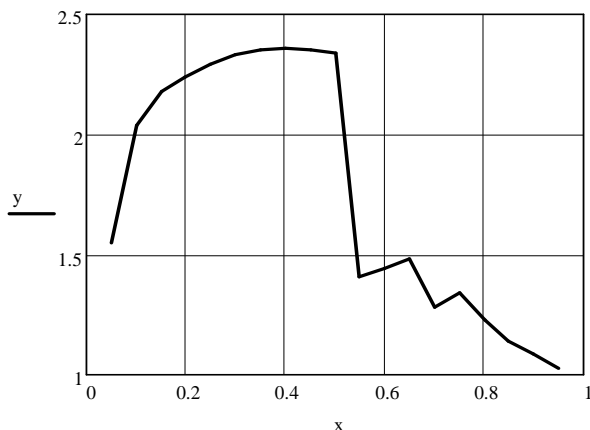


Рис. 3. Зависимость коэффициента неравномерности съема Y от степени перекрытия полос обработки X

Анализ полученной зависимости показывает, что существенное уменьшение коэффициента неравномерности съема наблюдается при превышении степени перекрытия полос величины $X=0,5$. Это обусловлено тем, что начиная с этой величины степени перекрытия рабочая поверхность шлифовального круга многократно проходит по поверхности заготовки, причем, с увеличением кратности проходов коэффициент неравномерности приближается к значению $Y \approx 1$. Аналогичная тенденция наблюдается при обработке по-

верхности по схеме, приведенной на рис.1, но численные значения коэффициента неравномерности в при обработке по предлагаемой схеме в $2 \div 2,5$ раза меньше [4].

Выводы. При торцовом шлифовании поверхностей, габариты которых превышают диаметр шлифовального круга, на обеспечение геометрической точности влияют конструкция алмазонасного слоя инструмента и схема его перемещения по поверхности заготовки. Характер влияния конструкции рабочего слоя инструмента на неравномерность съема материала определяется коэффициентом заполнения алмазонасного слоя.

Предлагаемая методика расчета коэффициента заполнения, основанная на дискретизации поверхности шлифовального круга, позволяет в зависимости от кинематических параметров обработки определить характер изменения коэффициента заполнения вдоль радиуса инструмента, что является основанием для конструирования рабочей поверхности шлифовального круга.

Расчеты неравномерности съема припуска для предложенной схемы обработки «ступенька с подъемом» позволили определить рациональную степень перекрытия полос обработки.

При удалении необходимого припуска за один проход инструмента по поверхности заготовки, необходимо выбирать минимальную величину степени перекрытия и конструировать рабочую поверхность инструмента, обеспечивающую линейное нарастание величины съема в периферийной зоне шлифовального круга.

При удалении припуска за несколько проходов, целесообразно принимать степень перекрытия более чем $X=0,5$, корректируя режимные параметры обработки. При этом коэффициент неравномерности съема материала будет в $2\div 2,5$ раза меньше, чем при обработке по схеме «зигзаг», что обеспечит повышение геометрической точности изготавливаемой детали.

Литература

1. Филатов А. Ю. Особенности формирования макро- и микрорельефа плоских поверхностей деталей из неметаллических материалов при алмазном шлифовании / А. Ю. Филатов, В. И. Сидорко, Ю. Д. Филатов // Сверхтвердые материалы. - 2007. - № 6. - С. 48-57.
2. Горобец И. А. Повышение качества шлифования заготовок из природного камня / И. А. Горобец, Н. В. Голубов, И. А. Чвала // Научный Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. - Краматорск, 2011. - № 1 - С. 29-37.
3. Курілович В. Д. Підвищення ефективності фактурної алмазно-абразивної обробки природного каменю / В. Д. Курілович, С. В. Ковальов, Ю. Д. Філатов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Машинобудування». - Київ. - 2012. - № 64 – С. 106-112.
4. Влияние конструкции рабочей поверхности торцовых шлифовальных кругов на показатели обработки крупногабаритных деталей / А.В. Байков, Е.А. Чернышев, А.Н. Михайлов, Л.Н. Феник // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XVI международной научно-технической конференции в г. Севастополе 14-19 сентября 2009 г. В 4-х томах. – Донецк : ДонНТУ, 2009. - Т. 1. – С.64-68.
5. Михайлов А.Н. Формообразование плоской поверхности при обработке эластичным шлифовальным инструментом / А.Н. Михайлов, А.В. Байков, М.С. Ковалев // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк : ДонГТУ, 2000. - Вып.10. - С.137-143.

Надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 67.02



А.А. Верещака,
к.т.н., ст. научн. сотр.
Московский
Государственный
технологический
университет СТАНКИН
ecotech@rambler.ru



А.С. Верещака,
д.т.н., проф.
Московский
Государственный
технологический
университет СТАНКИН
dr_averes@rambler.ru



А.К. Кириллов,
к.т.н., доц.
Московский
Государственный
технологический
университет СТАНКИН
akkirillov@yandex.ru



О.Ю. Хаустова,
к.т.н., ст. научн. сотр.
Московский
Государственный
технологический
университет СТАНКИН
1312344@mail.ru

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СУХОГО РЕЗАНИЯ

А.А. Верещака, А.С. Верещака, А.К. Кириллов, О.Ю. Хаустова. Система экологически безопасного сухого резания. В работе рассмотрена проблема повышения экологической безопасности процессов обработки лезвийным инструментом с применением жидких охлаждающих средств. Показана возможность полного отказа от применения жидких охлаждающих средств при использовании разработанной системы, включающей ионизированную газовую среду и режущий инструмент с покрытием, которая эффективно компенсирует повышенную тепловую напряженность технологической системы СПИД, возникающей при сухом резании.

A.A. Vereschaka, A.S. Vereschak, A.K. Kirillov, O.Ju. Khaustova. System of environmentally safe dry cutting. The paper considers the problem of improving the environmental safety of the machining by edge tools with the use of cutting fluid. It is shown the possibility to eliminate of cutting fluid for machining by using the system consisting of ionized gas media and a coated cutting tool that effectively compensates for the higher heat intensity of the technological system of dry cutting.

Введение. Резание с применением смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) существенно повышает эффективность процесса, так как положительное действие СОТС в зоне резания обеспечивает улучшение таких выходных параметров резания, как: интенсивность изнашивания инструмента, качество обработанных поверхностей деталей, производительность обработки и т.д. Вместе с тем СОТС является одной из главных причин ин-

тенсивного техногенного загрязнення окружающей среды и ухудшения экономических показателей обработки [1].

Постоянно ужесточающиеся требования природоохранных организаций к защите окружающей среде, безопасности обслуживающего персонала и экологической чистоте производственных процессов в целом выдвигают на первое место безопасность применяемой СОТС и простоту ее утилизации [2,3].

Применение различных типов СОТС, специализируемых под конкретные условия технологического процесса, регенерация в процессе эксплуатации и последующая утилизация связаны с большими финансовыми затратами. В связи с этим происходит увеличение себестоимости выходной продукции [4,5].

Таким образом, ухудшение экологических и экономических параметров обработки при использовании СОТС является весомой причиной необходимости частичного или полного отказа от использования СОТС при металлообработке.

Пути решения экологических и экономических аспектов проблем, возникающих при использовании СОТС в технологических процессах обработки, рассмотрены во многих работах [1-5]. Анализ этих работ показывает, что очевидной стратегией развития производственных процессов является создание технологий обработки без применения СОТС (сухое резание) с частичной или полной компенсацией их физических эффектов. Однако до настоящего времени практически не созданы системы сухого резания, обеспечивающие уровень термомеханических напряжений и эффективность резания, адекватную стандартным процессам резания с применением СОТС.

Анализ механизмов влияния СОТС на процесс резания. Как показывает анализ проведенных исследований, реализация экологически чистой и экономически оправданной сухой обработки за счет отказа от применения СОТС является чрезвычайно сложной и комплексной научной задачей. Эта задача требует детального и научно обоснованного анализа трансформации сложных физических процессов, протекающих при стружкообразовании, в зонах взаимодействия обрабатываемого и инструментального материалов, формирования поверхности детали, поведения технологической оснастки и узлов станка при сухом резании.

О влиянии СОТС на процессы стружкообразования и контактирования инструментального (ИМ) и обрабатываемого (ОМ) материала существует достаточно большое количество противоречивых данных. Чрезвычайно важным при исследованиях эффектов СОТС является установление достоверных механизмов их проникновения в зону резания, так как это определяет физико-химическую сущность процессов взаимодействия СОТС с обрабатываемым материалом.

мым (ОМ) и инструментальным (ИМ) материалами, оказывающих непосредственное влияние на трибологические характеристики резания.

В частности, некоторые исследователи полностью отрицают возможность проникновения СОТС на контактные площадки инструмента, другие установили эффективное их проникновение не только на участки упругого (дискретного), но и пластического (плотного) контактов обрабатываемого и инструментального материалов [3-7, 11, 14, 12-13].

Исследования, проведенные В.Н. Латышевым [6], подтвердили классическое представление о том, что основные функции СОТС связаны с сильным влиянием на трибологические процессы при резании и обусловлены достаточно эффективным проникновением СОТС в зоны контактирования ОМ и ИМ с формированием на контактных площадках инструмента механических и физико-химических пленок.

П.А. Ребиндер [7] и сотрудники (Дерягин Б.В., Щукин Е.Д., Елифанов Г.И., Вейлер С.Я.) основные эффекты СОТС связывают с уменьшением работы сдвига на поверхности металла слоем активного агента, что подтверждено исследованиями, установившими «эффект» пластифицирования материала на некоторую глубину. При этом адсорбционно-прочностной подход к эффектам СОТС не утверждает обязательное проникновение СОТС в зоны контактирования ОМ и ИМ.

Механизмы действия СОТС рассматривают с позиций внешних эффектов и полностью отрицают возможность ее проникновения в зону обработки. В частности, эффекты СОТС в работах Талантова В.Н. [16], Л. Де Шифре [15], Е. Трента [17] связываются с ее сильным влиянием на снижение длин контакта стружки с передней поверхностью инструмента, трансформацией диффузионных процессов и энергетических параметров резания. Не отрицая некоторые рациональные элементы, имеющиеся в рассматриваемом подходе, следует отметить, что большинство исследователей установили проникающую способность СОТС в зону обработки даже при форсированных скоростных режимах обработки.

В работе [12] показано, что циклический характер затормаживания и проскальзывания стружки в пределах пластической области контакта передней поверхности, особенно для пар «ОМ-ИМ» с повышенной адгезионной склонностью, создает предпосылки формирования полостей с отрицательным давлением, куда вследствие «насосного» эффекта засасывается СОТС, причем в зависимости от микрорельефа трущихся пар частота циклов может составлять до 10^{-5} - 10^{-7} Гц.

Проникающую способность СОТС связывают с размерами элементов (молекул, атомов, ионов), входящих в их состав. Так D. Williams, R. Wei и P. Wilbur [18] показали, что максимальной проникающей способностью обла-

дают СОТС, в состав которых входят элементы, имеющие минимальные размеры молекул.

Эта точка зрения фактически подтверждается исследованиями [6,7], в которых показана зависимость проникающей способности СОТС от размеров молекул ее компонентов (CCl_4 , керосин).

Латышевым В.Н. [5,11], Ребиндером П.А., Щукиным Е.В. [19] показана сильная зависимость проникающей возможности СОТС от потенциальной способности молекул, атомов и ионов в составе СОТС к поверхностной миграции, которая, в свою очередь, сильно зависит не только от размеров частиц, но и их физико-химической активности по отношению к ОМ и ИМ.

Традиционными способами управления эффективностью СОТС является изменение ее химического состава во всем объеме смазки, применением различных технологических методов, обычно называемых «методами химической активации». Однако, наибольшее повышение эффективности СОТС и управления ее действием в зонах контактирования ОМ и ИМ являются методы активации СОТС внешним энергетическим воздействием (АВЭВ). Дальнейшее повышение возможностей действия СОТС и ее эффективности для различных технологических операций обработки резанием возможно при использовании различных методов АВЭВ.

Классификация методов АВЭВ и их физико-химических механизмов представлены на рис.1. Общие закономерности механизма АВЭВ состоит в том, что физические методы усиления активности смазочной среды действуют в результате химических и механо-химических процессов, протекающих в зонах контактирования ОМ и ИМ. Передача смазочной среде в исходном состоянии извне дополнительной энергии приводит ее в некоторое промежуточное состояние. Это новое состояние характеризуется изменением свойств СОТС (вязкость, поверхностное натяжение и др.), ее химических свойств. В результате происходит ослабление или разрыв химических связей в молекулах СОТС, что стимулирует ее деструкцию с образованием активных атомов, радикалов и групп. Таким образом, приобретенный в процесс АВЭВ потенциал может быть реализован для компенсации функций СОТС за счет интенсификации химических реакций на ювенильных поверхностях стружки и инструмента (см. рис.1).

Экспериментально и теоретически установлено [1-6], что при определенных условиях в зонах контактирования ОМ и ИМ возникает электрический потенциал, формируется направленный рельеф смазочного слоя относительно поверхностей трения, резко увеличивается концентрация мезогенных компонентов в дисперсионной среде за счет интенсивного испарения и т.п. В конечном итоге происходит снижению трения, уменьшается мощность фрикционных источников тепла и работы резания в целом.



Рис.1. Классификация методов активации СОТС путем внешнего энергетического воздействия (АВЭВ) и их физико-химические механизмы (по данным В.Н. Латышева [8])

Примером может служить механизм формирования смазочного слоя в виде триглицеридов жирных кислот ($3C_{17}H_{35}COOH$), устойчиво сохраняющих свои свойства при температурах до $350^{\circ}C$ и выше, при использовании СОТС, в состав которых входят глицерин и жирные кислоты. Инициатором таких реакций может быть атомарный кислород или соединения, являющиеся его генератором, а также элементы в составе СОТС, имеющие низкие энергии активации.

Кроме того, катализатором процессов формирования устойчивого смазочного слоя могут служить вновь образованные, ювенильные поверхности металла, которые служат источников экзоэлектронов с энергиями порядка от 0,1-0,2 эВ до 100 кэВ при эмиссионном токе до 10^{-13} - 10^{-19} ампер и глубине эмитируемого слоя до 10^3 - 10^4 ангстрем (эффект экзоэлектронной эмиссии металлов Крамера-Грюнберга).

Проведенный анализ позволяет утверждать, что максимально благоприятное воздействие СОТС на систему и параметры резания проявляется только при формировании на контактных площадках инструмента устойчивых

синергетических пленок, со структурой и свойствами, адаптированными под внешнее энергетическое воздействие.

Таким образом, смазочно-химические эффекты СОТС являются основным механизмом воздействия на физические процессы при резании.

Таким образом, на основе обобщенных представлений механизмов физико-химического эффектов СОТС при резании были сформулированы рабочие гипотезы исследований по разработке системы сухого резания с компенсацией основных функций СОТС:

- компенсацию охлаждающих функций СОТС наиболее эффективно осуществлять путем применения активированных газовых сред, существенно интенсифицирующих проникающую способность реагентов своего состава в зону обработки и теплоотдачу системы резания в окружающую среду;
- компенсацию смазочных функций СОТС возможно осуществлять применением промежуточной технологической среды в виде трибоактивных слоев многофункциональных покрытий, наносимых на рабочие поверхности инструмента, содержащих в своем составе компоненты максимально адаптированные к взаимодействию с активированной газовой средой с формированием антифрикционных твердых смазок, снижающих трение и мощность фрикционных источников тепла;
- повышение сопротивляемости режущего инструмента изнашиванию и разрушению при повышенных термомеханических нагрузках, свойственных сухому резанию, возможно осуществить при использовании многофункциональных покрытий, содержащих износостойкие слои, состав и структура которых должны быть максимально адаптирована под условия повышенного термомеханического воздействия.

Исследование системы сухого резания с компенсацией физических функций СОТС. Основными элементами технологии экологически дружелюбной технологической системы обработки (ЭДТСО) являются система ионизации газовой среды (ИГС), подаваемой в зону обработки в качестве дополнительной технологической среды (например отфильтрованного воздуха), и режущий инструмент с многофункциональным покрытием, взаимодействия элементов которого с ИГС позволяет создать эффекты, компенсирующие смазочные и охлаждающие функции жидкой СОТС.

Ионизацию воздуха (газовая смесь азота и кислорода с незначительными добавками оксидов углерода) осуществили при использовании специального устройства, которое инициирует электрический газовый разряд коронного типа [1,3,5,12].

Покрyтия на основе многофункциональной системы Ti-TiN-TiCrAlN, включающей адгезионный подслои и последовательно повторяющиеся износостойкий и трибоактивный слои, наносили на твердосплавные пластины ме-

тодом фильтруемого катодно-вакуумно-дугового осаждения (процессы ФКВДО).

Методика исследований. Исследования влияния на процесс резания ионизированной газовой среды (ИГС) на параметры процесса резания проводили на специальных стендах на основе токарно-винторезного станка модели 16К20 с тиристорным приводом, обеспечивающим бесступенчатое регулирование скорости резания и вертикально фрезерного станка 6Т12, оснащенных устройствами для подачи в зону резания ионизированного воздуха, фиксирования износа инструмента и шероховатости обработанной поверхности.

На первом этапе проводили оптимизацию параметров системы ЭДТСО. Исследования проводили при продольном точении заготовок из стали 45 (НВ 180) с $t=1,0$ мм, $S=0,35$ мм/об, скоростью $v=150$ м/мин. Оптимизировали величину давления воздуха, схему расположения сопел, расстояние сопел от зоны резания, ток электрического разряда. Критерием оптимальности параметров ИГС служила величина фаски износа задней поверхности инструмента $h_3=0,4-0,5$ мм.

Результаты исследований. Получены следующие результаты:

1. При токарной обработке из возможных вариантов подвода ИГС к зоне резания (рис.2.) наилучшие показатели по износостойкости инструмента были получены при подаче ИГС под давлением со стороны передней и задней поверхностей одновременно (см. рис.2 в).

2. При установлении оптимальной величины расстояния от сопел до инструмента установлено, что максимальную износостойкость имел инструмент, расположенный от сопла на расстоянии $l=40-50$ мм.

3. Установлено, что при давлении ИГС $p = 0,3$ МПа обеспечивалась максимальная износостойкость инструмента (рис.3).

4. При проведении исследований по оценке оптимального значения тока коронного разряда устройства для ионизации газовой среды (воздуха), было установлено, что максимальное значение износостойкости обеспечивается при $I_k=50$ мкА (рис. 4.).

Для компенсации физических функций СОТС при сухом резании предлагается технологическая системы обработки, включающая три основных элемента (рис.5):

- режущий инструмент (1) с наноразмерным многослойно-композиционным покрытием (НМКП), включающим износостойкий поверхностный слой, промежуточный и адгезионный подслои;

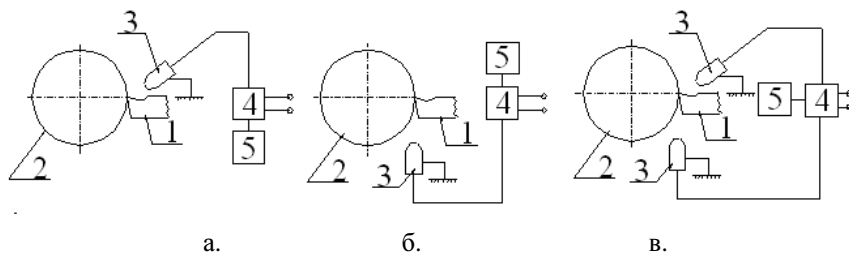


Рис.2. Возможные варианты подачи ИГС в зону резания: а – со стороны передней поверхности, б – со стороны задней поверхности, в – одновременно на переднюю и заднюю поверхность; 1 – резец, 2 – обрабатываемый материал, 3 – плазматрон, 4 – система ионизации, 5 – система подачи сжатого воздуха

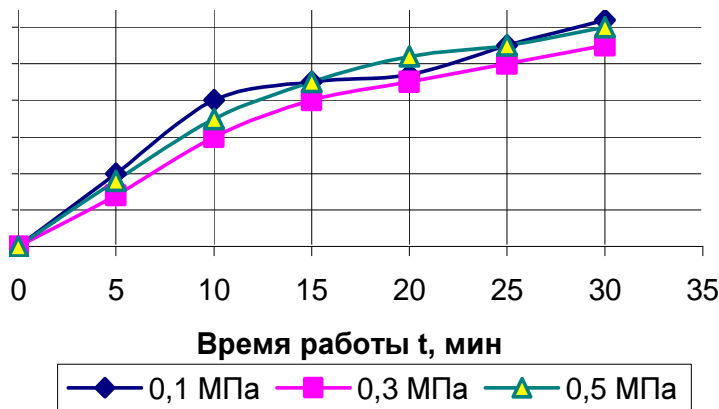


Рис. 3. Зависимость износа инструмента h_z от времени резания t при различном давлении ИГС

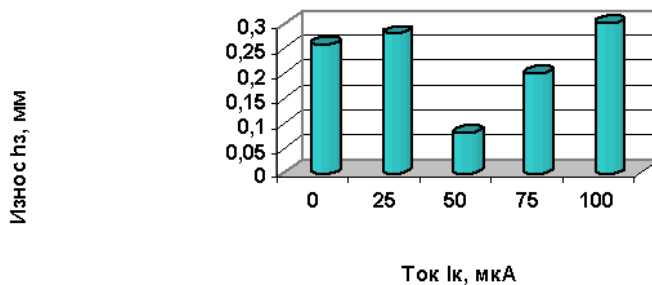


Рис. 4. Влияние тока коронарного разряда на фаску износа твердосплавного инструмента при продольном точении стали 45 с $v=150$ м/мин, $S=0,1$ мм⁻¹, $t=0,5$ мм, время резания $T=5$ мин.

- систему генерации и подачи ионизированной газовой смеси (ИГС) непосредственно в область контактирования НМКП и обрабатываемого материала (4,5,6);

- систему генерации ультразвуковых колебаний (УЗК), прикладываемых к режущему инструменту в направлении вектора скорости резания (7).

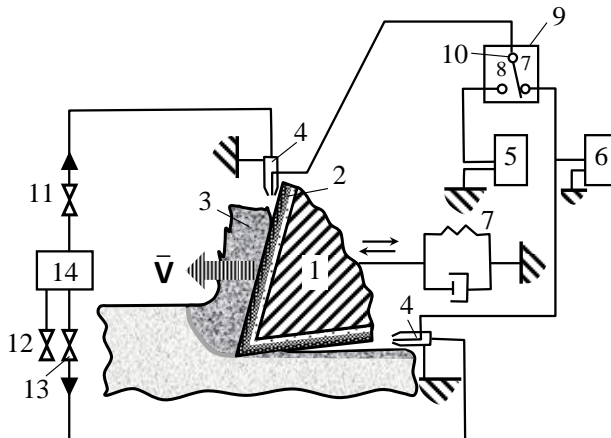


Рис.5. Принципиальная схема системы экологически безопасного резания: 1- режущий инструмент с наноразмерным многослойно-композиционным покрытием (НМКП - 2); 3 - обрабатываемый материал (стружка); 4 - система генерации ионизированной газовой среды; 5,6 – источники питания системы ионизации газовой среды. 7,8,9,10 - электрические контакторы для изменения полярности коронного разряда 11,12,13,14 - система приема газовой среды (воздуха).

При исследовании режущих свойств твердосплавных пластин ВК10Х0М без покрытия и с покрытием при продольном точении жаропрочного сплава ХН77ТЮР было установлено, что на скорости резания $V=18$ м/мин (рис. 6) применение технологии ЭДТСО (комбинированное применение ИГС и инструмента с многофункциональным покрытием) позволяет обеспечить более высокую стойкость инструмента не только по сравнению со стойкостью инструмента при сухом резании, но и при резании инструментом с покрытием, с жидкой СОТС стандартного типа и с ИГС (рис.6). Еще большее повышение эффективности обработки обеспечивала технология ЭДТСО при резании на повышенных скоростях резания ($v=35$ м/мин), что обусловлено лучшей проникающей способностью ИГС на контактные поверхности, снижением мощности фрикционных источников тепла и уменьшением тепловой нагрузки на систему резания. При этом эффективность технологии ЭДТСО практически не уступала эффективности резания с применением жидкой СОТС.

Аналогичные исследования по выявлению возможности применения технологии ЭДТСО для резания труднообрабатываемых материалов были проведены при торцовом симметричном фрезеровании однозубым инструментом (для исключения влияния таких факторов, как торцовое и осевое биение фрезы и т. д.) никелевых сплавов.

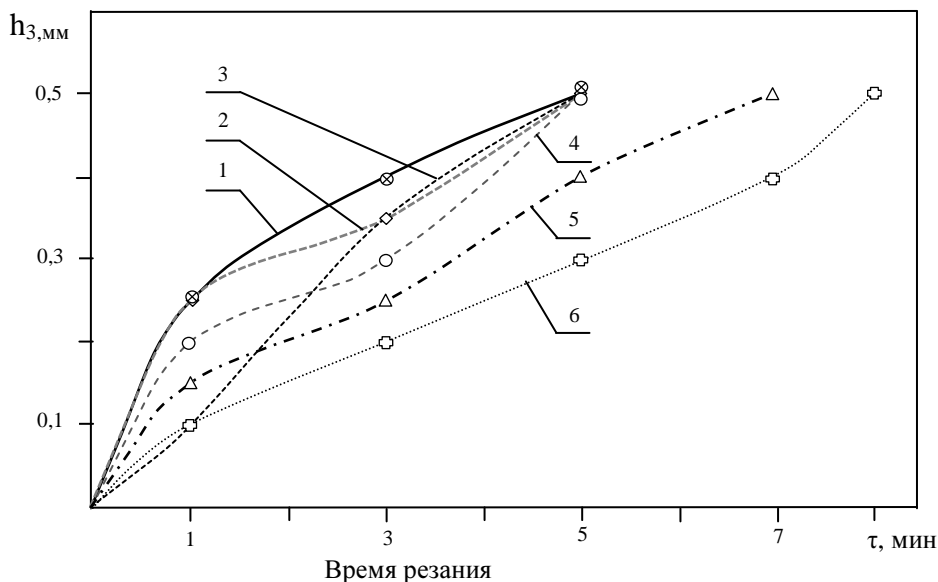


Рис. 6. Зависимость фаски износа h_3 от времени резания при точении сплава ХН77ТЮР пластинами ВК6 ($V=18$ м/мин, $S=0,15$ мм/об, $t=1$ мм): 1- ВК10ХОМ; 2 - ВК10ХОМ-TiN; 3 - ВК10ХОМ-TiN с ИГС; 4- ВК10ХОМ-TiN со стандартной СОТС; 5- ВК10ХОМ-Ti-TiN-TiCrAlN со стандартной СОТС; 6 - ВК10ХОМ-Ti-TiN-TiCrAlN с ИГС;

Результаты исследований влияния схемы подачи ИГС на износостойкость инструмента представлены на рис.7.

Анализ полученных данных позволяет отметить, что максимальную износостойкость имели фрезы при подаче ИГС на входе зуба в зону обработки.

При изучении влияния давления ИГС на эффективность резания фрезерования установлено, что зависимость «давление ИГС – износ инструмента» имеет два экстремума, причем максимальное значение износостойкости инструмента, оснащенного пластинами Т14К8 при фрезеровании стали 14ХГСН2МА (с покрытием и без покрытия) были получены при $p = 0,2$ МПа и $p = 0,5$ МПа.

Были проведены также исследования по изучению степени ионизации ИГС на ее эффективность. Так как величина тока коронного разряда особенно сильно влияет на степень ионизации ИГС, проникающей непосредственно в

зону обробки, то изучали влияние тока коронного разряда на износостойкость зуба фрезы.

На рис.8 показано влияние тока I_k на износостойкость режущего инструмента.

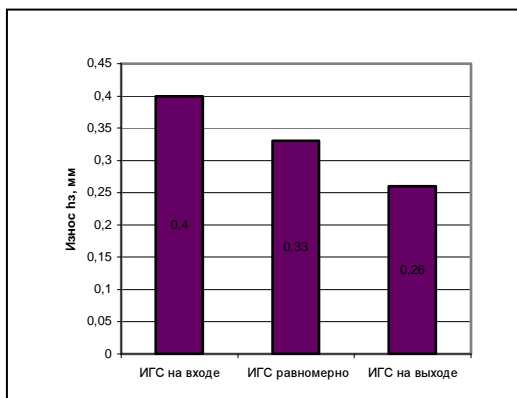


Рис.7. Влияние схемы расположения плазматронов на износостойкость инструмента фрезеровании стали 14ХГСН2МА инструментом из Т14К8 с $p=0,5$ МПа ($v = 490,6$ м/мин $S_z = 0,1$ мм/зуб $t = 1,0$ мм).

В результате проведенных исследований было установлено, что максимальной износостойкостью обладает инструмент, работающий при подаче ИГС при $I_k=100$ мкА.

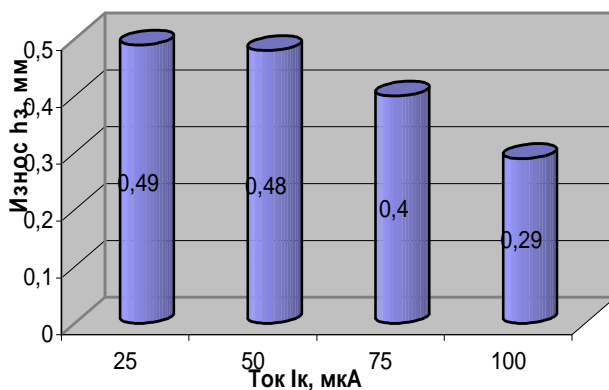


Рис.8. Влияние тока дуги коронного разряда на износостойкость фрез из Т14К8 при фрезеровании стали 14ХГСН2МА с: $v = 490,6$ м/мин, $S_z = 0,1$ мм/мин, $t = 1,0$ мм, $\tau = 10$ мин.

Максимальная эффективность ИГС при столь высоком значении тока разряда, по-видимому, можно объяснить тем, что по сравнению с непрерывным резанием (точением), при прерывистом резании поток ИГС более интенсивно

воздействует на контактные площадки инструментане, что, в свою очередь, приводит к интенсивному формирования антифрикционных пленок на основе оксидов алюминия Al_2O_3 снижающих трение и мощность фрикционных источников тепла.

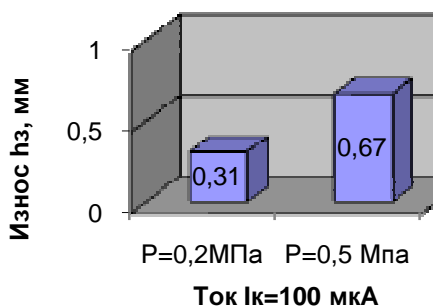


Рис.9. Сравнительные данные по влиянию давления ИГС на износ твердосплавных пластин Т14К8 при $I_k=100$ мкА (Режимы обработки см. на рис. 8).

Для проверки указанного положения были проведены дополнительные исследования по изучению влияния давления ИГС на износостойкость инструмента при $I_k=100$ мкА. Результаты этих исследований позволили получить, что максимальная эффективность ИГС была достигнута при $p = 0,2$ МПа (рис.9).

Результаты исследований режущих свойств пластин ВК6 без покрытия и покрытиями при симметричном фрезеровании заготовок из сплава ХН73МБТЮ-ВД представлены на рис. 9. Как видно из представленных данных максимальную эффективность обеспечивали фрезы, оснащенные пластинами ВК6 с многофункциональным наноструктурированным покрытием Ti-TiAlCrN-TiN и подачей в зону обработки ИГС.

Анализ основных аспектов сухого резания с повышенной термической напряженностью практически всех элементов системы резания, позволил разработать рабочие гипотезы и сформулировать научные задачи создания методологии экологически дружелюбной технологической системы обработки (ЭДТСО), в которой повышенная термическая напряжённость системы резания снижается за счёт применения элементов, компенсирующих основные физические эффекты СОТС.

Проведена оптимизация основных параметров процесса ЭДТСО. Установлено, что высокая эффективность процесса, определяемая повышением износостойкости инструмента с разработанным покрытием и повышение качества обработанных поверхностей, достигается при: - одновременной подаче ИГС со стороны передней и задней поверхности инструмента (рис.5); - дав-

лени очищенного воздуха $p=0,25 - 0,3$ МПа; - расстояний плазмотронов от зоны обработки $L=40-50$ мм; - токе коронного разряда $I= 50$ мкА.

При этом использовали следующие инструментальные системы: - для обработки стали 45 – Т14К8-(Ti-TiN-TiCrAl)N; для обработки никелевого сплава ХН77ТЮР – ВРК-13-(Ti-TiN-TiCrAlN); для обработки титанового сплава ВТ9 – ВК10ХОМ-(Zr-ZrN-ZrCrAlN).

Результате аттестационных испытаний режущих свойств инструмента, оснащёнными твёрдосплавными пластинами при обработке различных материалов представлены на рис.10 и 11.

Как видно из представленных данных, для исследованного диапазона скоростей резания зависимости $T=f(V)$, имеют немонотонный характер, что связано с изменением природы и механизмов изнашивания твёрдосплавного инструмента. В частности повышение скорости резания приводит к существенному увеличению температуры, что, в свою очередь является причиной разупрочнения и последующего разрушения адгезионных связей в системе «обрабатываемый материал - твердый сплав», роста интенсивности диффузионных процессов, что и является причиной интенсивного изнашивания инструмента (особенно без покрытия). Следует отметить, что во всем диапазоне исследованных скоростей резания хром-никелевого сплава ХН77ТЮР разработанная системы ЭДТСО наиболее эффективна в сравнении со стандартными технологиями обработки (рис.10, кривая 6). Анализ причин этого можно объяснить следующим образом.

В работе было установлено, что износостойкий слой TiCrAlN наноструктурированного многослойно-композиционного покрытия НМКП (при обработке сплава ХН77ТЮР), повышает режущие свойства твёрдосплавного инструмента вследствие снижения механического и теплового воздействия на его контактные площадки, а также за счет интенсификации трибоокислительных процессов, в результате которых на контактных площадках инструмента формируются антифрикционные пленки наноразмерной толщины типа TiO_2 и Al_2O_3 , улучшающие состояние системы резания за счет дополнительного снижения трения.

Результаты исследования возможности применения разработанной технологической системы резания ЭДТСО как в полном, так и двухэлементном варианте (НМКП и ИГС) сталей и титановых сплавов также подтверждают её высокую эффективность.

Следует также отметить существенное благоприятное влияние ультразвуковых колебаний на систему резания. В частности применение трехкомпонентной системы экологически дружелюбного резания ЭДТСО позволяет повысить стойкость инструмента при точении хромо-никелевого сплава ХН77ТЮР до 10 раз (см. рис.10), стали 45 до 9.6 раза, титанового сплава ВТ9

до 6.4 раза за счёт существенного улучшения проникающей способности ИГС.

T, min

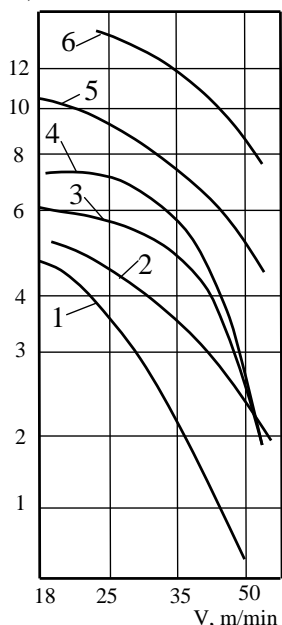


Рис.10. Зависимость стойкости инструмента T при $h_3=0,5$ мм от скорости резания v при продольном точении никелевого сплава ХН77ТЮР с $S=0,15$ мм/об; $t=1,0$ мм:

1 – сухое точение инструментом, оснащённым пластинами из твёрдого сплава ВК10ХОМ; 2- точение инструментом из ВК10ХОМ со стандартной смазочно-охлаждающей жидкостью; 3 - точение инструментом из ВК10ХОМ со стандартной смазочно-охлаждающей жидкостью; 4 - точение инструментом из ВК10ХОМ с подачей ИГС; 5- точение инструментом из ВК10ХОМ-TiN (arc-PVD); 6 – точение с применением разработанной технологии ЭДТСО без генерации ультразвуковых колебаний (инструмент из ВК10ХОМ-(Ti-TiN-TiCrAlN)).

Установлено, что при использовании системы ЭДТСО шероховатость обработанной поверхности уменьшается по мере роста скорости, что связано со способностью покрытий снижать адгезионную активность твердого сплава по отношению к обрабатываемому материалу.

Проведены также исследования влияния разработанной технологии ЭДТСО на остаточные напряжения и усталостную прочность образцов из сплава ВТ9, используемого для производства компрессорных лопаток авиационных двигателей. Результаты исследования остаточных напряжений в образцах из титанового сплава ВТ9, формируемых при использовании технологии ЭДТСО и стандартных технологий, принятых при производстве титановых лопаток при $v = 70$ м/мин; $S = 0,15$ мм/об; $t = 1,0$ мм, показаны на рис.11.

Анализ данных исследований остаточных напряжений позволяет отметить, что обработка с применением системы ЭДТСО привела к формированию в поверхности благоприятных остаточных напряжений сжатия. Это свидетельствует о достаточно эффективном охлаждении зоны обработки при снижении мощности фрикционных источников тепла.

Результаты исследований газонасыщения поверхностных слоев титановых сплавов водородом и кислородом показали, что количественное содержание кислорода и водорода для технологии ЭДТСО практически не отличается от содержания этих элементов в поверхности образцов при сухой

обработке. Результаты исследований усталостной прочности образцов из сплава ВТ9, представленные на рис.12, позволили установить следующее.

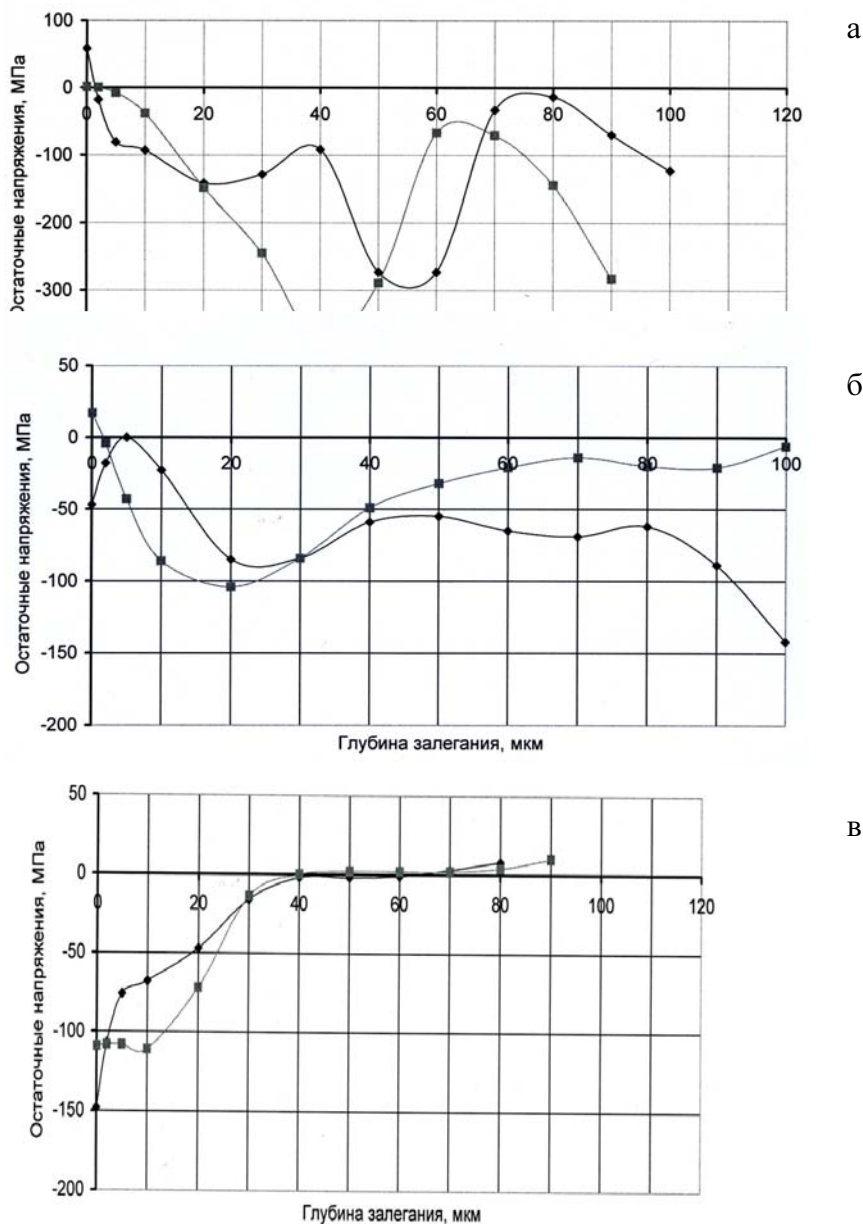


Рис.11. Эпюры остаточных напряжений в поверхностном слое образцов, полученных при продольном точении титанового сплава ВТ9 в различных условиях обработки: а – резание всухую; б – резание с охлаждением жидкой СОТС; в – резание при использовании ЭДТСО.

Образцы после сухой обработки инструментом из ВК10ХОМ, обработки с подачей в зону обработки сжатого воздуха и обработки инструментом из сплава ВК10ХОМ-ZrN имели примерно одинаковый предел выносливости на уровне $\sigma = 630 - 670$ МПа (кривые 1-3, рис. 12). Лучшие результаты имели образцы, подвергнутые обработке с использованием системы ЭДТСО и последующему дробеструйному упрочнению (обязательная финишная операция обработки), (кривая 6, рис.12). Образцы имели предел выносливости на уровне $\sigma = 760$ МПа, что вполне вписывается в нормативы этого параметра для деталей авиационного двигателестроения.

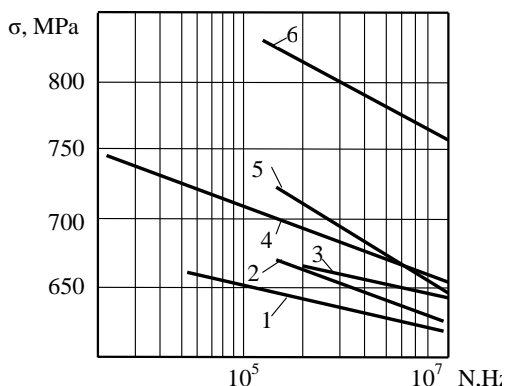


Рис.12. Кривые усталости образцов из сплава ВТ9, обработанных в различных условиях:

- 1- сухое резание; 2 – резание с подачей сжатого воздуха при $p = 0,25$ МПа ;
- 3- резание с подачей стандартной СОЖ;
- 4 – резание инструментом оснащённым пластинками ВК10ХОМ-ZrN;
- 5 – резание с использованием разработанной технологической системы ЭДТСО;
- 6 – резание с ЭДТСО и с последующим дробеструйным упрочнением.

Заключение. Разрабатываемая технология экологически дружелюбной технологической системы обработки (ЭДТСО) имеет хорошую перспективу заменить традиционные технологии обработки с использованием различных типов СОТС, которые являются одной из основных причин вредного техногенного воздействия на окружающую среду и ухудшения экономических показателей обработки.

Предлагаемая технология ЭДТСО в значительной степени может компенсировать физические функции СОТС и, таким образом, обеспечить эффективность процессов обработки на уровне традиционных процессов с применением СОТС.

Компенсация СОТС может быть обеспечена следующим образом.

Кинетическая и потенциальная энергия элементов газовой среды (например, воздуха) при их активации коронным разрядом достигает величины, при которой ослабевают или разрываются связи в молекулах с образованием весьма активных атомов и радикалов, что приводит к эффектам «химического смазывания» при резании.

Поэтому, активированную газовую среду при относительно невысокой степени ионизации, составляющей, можно рассматривать как некий активированный комплекс с высокой проникающей способностью и возможностью формирования устойчивых химических и физических пленок, адаптированных под уровень энергетического воздействия, соответствующий условиям процесса резания. *В этом отношении активированная газовая среда может компенсировать смазочные эффекты СОТС.*

Ионизированная газовая среда обладает весьма высокой конвекционной способностью. Прохождение под большим давлением воздушной массы непосредственно через зону резания увеличивает коэффициент массопередачи вследствие замены молекулярной диффузии на конвективную, что заметно повышает теплоотдачу системы резания в окружающую среду, приводит к ее охлаждению. Таким образом, *ионизированная газовая среда способна частично компенсировать охлаждающие эффекты СОТС.*

Разрабатываемая технология ЭДТСО может быть рекомендована для полусточковой и чистовой обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов.

Литература:

1. Кириллов А.К., Верещака А.С., Дюбнер Л.Г. Разработка системы экологически безопасной формообразующей обработки резанием. - Межд. Науч.-техн. Сборник. «Резание инструментом в технологических системах». – Харьков: ХГТУ, 2001. Вып. 60, 2001. - С.96 – 102.
2. Клокке Ф. Гершвилер К. Сухая обработка – основы, границы, перспективы. Сообщение VDI 1240 «На пути к сухой обработке – технологический вызов». Изд-во VDI, Дюссельдорф, 1996. - С.1-39.
3. Верещака А.С., Полоскин В.Ю., Кириллов А.К., Хаустова О.Ю. Анализ проблемы использования экологически безопасного сухого резания. Высокие технологии: тенденции развития. Материалы XII международного научно-технического семинара. Харьков-Алушта: НТУ ХПИ, 2002. С.
4. Верещака А.С. Анализ проблемы экологически безопасного резания. Труды IV международного конгресса «Конструкторско-технологическая информатика 2000. М. МГТУ «СТАНКИН», 2000. С.112-115.
5. Верещака А.С., Кириллов А.К., Хаустова О.Ю. Основные аспекты проблемы применения экологически безопасного сухого резания. Производство. Технология. Экология. «Протек-2002»: Труды международной научно-практической конференции, том 1, - М.: «Янус-К», 2002. С. 112-123.
6. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. – М., Машиностроение, 1985. 65 с.
7. Годлевский В.А. Повышение эффективности и качества обработки материалов резанием путем управления смазочным действием СОТС. Дис. на соискание ученой степени д.т.н. – Иваново. ИвГУ, 1995. 556 с.
8. Ребиндер П.А., Щукін Е.Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения // ДАН СССР. 1972. Т.108, вып. 8.
9. A.S. Vereshchaka, A.A. Vereschaka, A.K. Kirillov. Ecologically friendly dry machining by cutting tool from layered composition ceramic with nano-scale multilayered coatings. ТТр, Trans Tech Publications. Т.1. GD. JMU. 2011. Р. 68-76.

10. Vereschaka A.S., Grigoriev S. N., Sotova E.S., Vereschaka A.A. Improving the efficiency of the cutting tools made of mixed ceramics by applying modifying nano-scale multilayered coatings. Advanced Materials Research Vols. 712-715 (2013) Trans Tech Publications, Switzerland pp 391-394
11. A.A. Vereschaka, A.S. Vereschaka, S.N. Grigoriev, D.V. Sladkov. Nano-Scale Multi-Layered Coatings for Cutting Tools Generated Using Assisted Filtered Cathodic-Vacuum-Arc Deposition (AFCVAD). Applied Mechanics and Materials Vols. 325-326 (2013) pp 1454-1459 Trans Tech Publications, Switzerland, 2013.
12. A. M. Adaskin, A. A. Vereshchaka, and A. S. Vereshchaka. Study of Wear Mechanism of Hard_Alloy Tools during Machining of Refractory Alloys. Journal of Friction and Wear, 2013, Vol. 34, No. 3, pp. 208–213. Allerton Press, Inc., 2013.
13. A.A. Vereschaka, A.S. Vereschaka, S.N. Grigoriev, A.K. Kirillov, O.U. Khaustova. Development and research of environmentally friendly dry technological machining system with compensation of physical function of cutting fluids. Procedia CIRP 7 (2013) Elsevier B.V. p. 311-316.
14. A.A. Vereschaka. Improvement of working efficiency of cutting tools by modifying its surface properties by application of wear-resistant complexes. Advanced Materials Research Vols. 712-715 (2013) pp. 347-351.
15. De Chiffre, L.: Mechanics of metal cutting and cutting fluid action. Int.
16. Талантов В.Н. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента.- М.: Машиностроение, 1992. 196 с.
17. Трент Е.М. Резание материалов. Пер. с англ. М.:Машиностроение, 1980. 286 с.
18. Williams J.A. The role of the chip-tool interface in machining // Bulletin du cercle d'étude des metaux. 1980. V. 14. N 11. – P. 235-241.
19. Williamson D.L., Wei R., Wilbur P.J. Effect of Rapid Highdose Elevated Temperature Ion Implantation on the Microstructure and Tribology of Ferrous Surfaces //Nuclear Instrum. Meth. Phys. Res. 1991. P. 625-629.
20. Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения //ДАН СССР. 1972. Т.108, вып. 8.

Надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 621.923:621.90.17



С.М. Братан,
д.т.н., проф.,
Севастопольский
национальный
технический университет



Ю.К. Новоселов,
д.т.н., проф.,
Севастопольский
национальный
технический университет



Н.Н. Столяров,
аспирант,
Севастопольский
национальный
технический университет
FosgenCOC12@mail.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

С.М. Братан, Ю.К. Новоселов, Н.Н. Столяров. Разработка моделей для оценки эксплуатационных свойств абразивного инструмента. Статья посвящена разработке зависимостей, позволяющих прогнозировать изменения числа и распределения зерен по глубине инструмента за период его стойкости. Приведены результаты экспериментальных исследований по оценке адекватности предложенных моделей.

S.M. Bratan, Y.K. Novoselov, N.N. Stolyarov. Development of models for performance evaluation of properties of abrasive tools. The article proposes model of the variation of the number and distribution of the grains in the abrasive tool. Also there are the results of experimental studies for checking the adequacy of the proposed models.

Рабочая поверхность абразивного инструмента при системном анализе может рассматриваться как совокупность базовых участков, объединенных в единую конструкцию. Ее моделирование при этом сводится к определению параметров состояния базовых участков и формы инструмента.

Описание базового участка рабочей поверхности абразивного инструмента предусматривает определение геометрических размеров, числа, распределения режущих кромок. Существующие методики позволяют оценивать эти параметры по характеристике круга и режиму его правки. Экспериментальные исследования свидетельствуют о значительном изменении формы, числа, распределения кромок за период стойкости инструмента [1].

Изменение формы режущих кромок связано с их износом и разрушением. Выполненными ранее исследованиями установлено, что в плоскости, перпендикулярной вектору скорости резания, в процессе работы инструмента увеличивается радиус закругления при вершине зерна, в плоскости - параллельной на вершине появляется площадка износа.

На основании вышеизложенного целью данной статьи является разработка зависимостей позволяющих прогнозировать изменения числа и распределения зерен по глубине инструмента за период его стойкости.

Текущий радиус-вектор $R_3(\varphi, z)$ точек контура зерна при отсутствии микросколов вычисляется по его исходному значению $R_3(\varphi, 0)$ и величине износа $h_3(\varphi, z)$

$$R_3(\varphi, z) = R_3(\varphi, 0) - h_3(\varphi, z). \quad (1)$$

Исходный радиус-вектор, по данным А.В. Королева [2], является случайной функцией полярного угла φ

$$R_3(\varphi, 0) = r_3 + \sum_{k=2}^p (x_k \sin k\varphi + y_k \cos k\varphi), \quad (2)$$

где r_3 - радиус средней окружности профиля, определяемый как среднее значение функции $R_3(\varphi, 0)$;

x_k и y_k - случайные некоррелированные амплитуды, соответствующие k -той гармонике и имеющие равные дисперсии;
 k - произвольно выбранная частота.

Элементарное приращение величины износа в направлении полярного радиуса при движении вершины зерна в зоне контакта заготовки с инструментом может быть принято пропорциональным относительному износу h_0 и приращению длины пути резания L_p

$$dh_3(\varphi, z) = h_0 dL_p = h_0 (v_k \pm v_u) P_k(\varphi, z) d\varphi, \quad (3)$$

где $P_k(\varphi, z)$ - вероятность контакта точки контура с материалом заготовки.

Вершина абразивного зерна может рассматриваться в общем его профиле как один из выбросов случайного поля. Текущий радиус закругления при вершине зерна $r_3(\varphi, z)$, согласно выводам работы [8], может быть вычислен по зависимости

$$r_3(\varphi, z) = \frac{[R_3^2(\varphi, z) + R_3'^2(\varphi, z)]^{3/2}}{R_3^2(\varphi, z) + 2R_3'^2(\varphi, z) - R_3(\varphi, z)R_3''(\varphi, z)}. \quad (4)$$

При моделировании вершины зерна параболоидом вращения, зависимость (3), профиль изношенного зерна в плоскости перпендикулярной вектору скорости резания также может быть представлен в виде параболоида. Это утверждение подтверждено экспериментальными и теоретическими исследованиями, выполненными в работе [2]. Ширина режущей кромки изношенного зерна вычисляется по зависимости

$$b_3 = C_b \left(\frac{t_\phi - u}{t_\phi - u - h_3} \right)^m h^m, \quad (5)$$

где h - координата точки профиля зерна от его изношенной вершины.

Профиль вершины изношенного зерна в плоскости, перпендикулярной вектору скорости резания, однозначно определяется глубиной микрорезания и износом вершины абразивного зерна.

В плоскости, параллельной вектору скорости резания, размер площадки износа вычисляется

$$l_3 = C_b \sqrt{(h_x + h_3)^{2m} - \left(\frac{t_\phi - u}{t_\phi - u - h_3} \right)^{2m} h_x^{2m}}, \quad (6)$$

где h_x – координата точки профиля зерна от его центра в направлении, перпендикулярном вектору скорости резания.

При подстановке частных значений коэффициентов в (4) ($C_b = 2\sqrt{2}$, $m = 0,5$) вычисляется текущий радиус закругления при вершине зерна

$$r_3 = \frac{z^{(0)} t_\phi}{t_\phi - h_3}. \quad (7)$$

Величина площадки износа в направлении вектора скорости резания соответственно определяется по зависимости

$$l_3 = 2\sqrt{2} r_3^{(0)} h_3. \quad (8)$$

Для оценки адекватности полученных зависимостей выполнены экспериментальные исследования в лаборатории обработки материалов резанием Мелитопольского моторного завода. В связи с тем, что проверялась геометрическая модель формы зерна, выбор обрабатываемого материала и индентора не имел принципиального значения. В качестве инденторов использовали конуса из стали 40Х HRC 55...60, быстрорежущей стали Р6М5, твердого сплава Т15К6 с формой вершин в виде параболоида вращения. С целью получения заданной формы, вершины обрабатывались по шаблону на оптико-шлифовальном станке.

В качестве образцов применяли алюминиевые (АЛ-6) заготовки и заготовки из стали 45 (HRC 45-50) с размерами рабочей части 60мм x 120 мм. Поверхность образца с целью получения исходной шероховатости обрабатывали точением резьбовым резцом на токарном станке, затем образцы устанавливали на оптический профишлифовальный станок 395-МФ10 и на их поверхности резцом, закрепленным на диске, наносили риски до получения неравномерной нерегулярной поверхности. Таким образом, индентор работал по шероховатой поверхности. Испытания проводили при скорости перемещения индентора 33 м/с, скорости вращения образца 20 м/мин, глубине резания $t_\phi = 1,25H$, где H – слой, в котором распределена шероховатость поверхности. Профили инденторов зарисовывали и фотографировали с экрана оптического профишлифовального станка через заданные промежутки времени.

Сравнение расчетных и экспериментальных размеров профилей, в плоскости перпендикулярной скорости резания (длины площадки износа) и в плоскости параллельной скорости резания, приводятся в таблице 1.

Анализ полученных данных свидетельствует о возможности использования приближенных зависимостей (5) и (6) для расчета параметров формы абразивного зерна при его износе.

Число режущих кромок на базовом участке рабочей поверхности инструмента может быть определено экспериментально и аналитически.

При экспериментальных исследованиях применяют методы непосредственного подсчета числа кромок с помощью оптических приборов, методы, основанные на регистрации импульсов от термопар, установленных в деталь, методы подсчета числа отпечатков на фольге, бумаге, стекле и т.д. По данным А. Н. Резникова [3], наиболее близкий результат по количеству активных зерен дает метод прокатки круга по фольге, толщина которой должна быть равна глубине резания. Недостатком метода, как и других, ранее перечисленных, является высокая трудоемкость, связанная с необходимостью визуального подсчета количества отпечатков, оставшихся на фольге. Наиболее перспективными способами контроля рабочей поверхности инструмента являются способы сканирования.

Таблица 1

Расчетные (7), (8) и экспериментальные размеры профилей вершин абразивных зерен

Материал детали	Материал индентора	Время работы индентора, с	Расстояние до вершины, мкм	Ширина профиля, мкм		Размер площадки износа, мкм	
				Эксперимент	Расчет	Эксперимент	Расчет
АЛ-6	Р6М5	600 $h_3 = 50$ мкм	20	280	270	340	335
			40	360	372	340	335
			80	520	493	340	335
АЛ-6	40Х	0 $h_3 = 0$ мкм	20	220	196	0	0
			60	320	324	0	0
			80	360	370	0	0
		10 $h_3 = 60$ мкм	20	250	260	320	325
			40	340	358	320	325
			80	500	491	320	325
		20 $h_3 = 100$ мкм	20	280	384	400	410
			40	360	527	400	410

Сталь 45	T15K6	0 $h_3=0$ мкм	20	290	281	0	0
			40	400	402	0	0
			60	500	498	0	0
			80	570	578	0	0
		15 $h_3=20$ мкм	20	320	316	310	281
			40	460	453	310	281
			60	560	559	310	281
			80	630	649	310	281
		60 $h_3=50$ мкм	20	420	403	500	453
			40	580	578	500	453

Схема одного из таких способов рассмотрена на рис. 1.

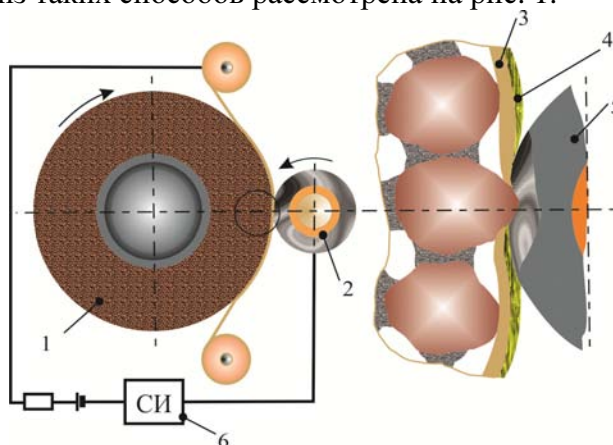


Рис. 1. – Схема экспресс-метода определения числа зерен на рабочей поверхности инструмента: 1 – абразивный инструмент, 2 – оправка, 3 – фольга, 4 – изолирующее покрытие, 5 – токопроводящий ролик, 6 – счетчик импульсов

Сущность способа заключается в автоматическом подсчете числа электрических импульсов, возникающих при прокатывании фольги 3 с изолирующим покрытием 4 между рабочей поверхностью инструмента 1 и специальным роликом 2. Фольга и пластина 5 ролика подключаются к источнику тока. В момент прохождения вершины зерна зоны контакта, она, вдавливаясь в материал фольги, разрывает изолирующую пленку и замыкает электрическую цепь. В момент выхода вершины зерна из зоны электрическая цепь разрывается. Новый электрический импульс возникает при прохождении зоны следующим абразивным зерном. Импульсы регистрируются либо электронным счетчиком импульсов, либо ЭВМ.

Число абразивных зерен на единицу поверхности инструмента вычисляется по числу зафиксированных импульсов и площади участка сканирования.

Точность определения числа режущих кромок по рассмотренному способу зависит от возможности наложения отдельных электрических импульсов и обеспечивается за счет выбора конструктивных параметров регистрирующей пластины ролика.

Таблица 2

Число режущих кромок на рабочей поверхности шлифовального круга 1
300x40x127 24A25HSM2K

Способ определения числа кромок	№ замера	Длина трассы сканирования, мм	Количество импульсов, отпечатков	Расчетное число кромок мм ² поверхности круга
По количеству электрических импульсов	1	200	68	3.4
	2	200	64	3.2
	3	200	72	3.6
	Ср.	200	68	3.4
По количеству отпечатков на фольге	1	200	71	3.5
	2	200	69	3.4
	3	200	74	3.7
	Ср.	200	71	3.5

Вероятность наложения импульсов будет совпадать с вероятностью события, заключающегося в том, что расстояние между двумя соседними кромками по длине участка сканирования будет меньше или равно длине контакта. При диаметре ролика 30 мм, толщине пластины 0,1 мм вероятность наложения импульсов для абразивных инструментов зернистостью 25 равна 0,052, т. е. погрешность измерения числа зерен составляет около 5%.

Результаты экспериментального определения числа кромок на рабочей поверхности шлифовальных кругов 1 300x40x127 24A25HSM2K по предложенному способу и по отпечаткам на фольге приведены в таблице 2.

Аналитические зависимости для расчета числа зерен на рабочей поверхности инструмента приводятся в работах [1,4]. В основе вычислений лежит определение числа зерен, содержащихся в единице объема, по размерам зерен и структуре инструмента. В работе [1], кроме того, учитывается режим правки инструмента. В процессе шлифования число режущих кромок на рабочей поверхности инструмента не остается постоянным. При каждом контакте с заготовкой часть зерен будет разрушаться, а часть вырываться из связки круга.

Одновременно в работу будут вступать новые кромки, лежащие в более глубоких слоях инструмента, так как диаметр инструмента уменьшается за счет износа. Учитывая эти процессы, вычислим число активных режущих кромок рабочей поверхности инструмента после i -го контакта

$$n_{zi} = n_{zi-1} + z_{zi} - n_{zi-1} \cdot P_{pi}, \quad (9)$$

где n_{zi-1} и n_{zi} - число зерен после $i-1$ -го и i -го контактов; z_{zi} - число зерен, появляющихся на поверхности при износе круга; P_{pi} - вероятность разрушения и вырывания зерна при i -ом контакте.

В общем случае n_{zi} зависит от числа зерен на поверхности после правки n_{z0} , закона распределения зерен по глубине инструмента, радиального износа круга, прочности закрепления зерен, сил резания, возникающих в зоне контакта, которые являются случайными величинами. Если принять z_{zi} и P_{pi} постоянными, то решение зависимости (9) приводит к следующему соотношению:

$$n_{zi} = n_{z1} + \left(n_{z1} - \frac{z_3}{P_p} \right) \left\{ -1 + \left[1 - iP_p + \frac{i(i-1)}{2!} P_p^2 + \dots + (-1)^j \frac{i(i-1)\dots(i+1-j)}{j!} P_p^j + \dots + (-1)^{i-1} P_p^{i-1} \right] \right\}. \quad (10)$$

Члены квадратной скобки являются биномом с положительным показателем, на основании этого

$$n_z = \frac{z_3}{P_p} + \left(n_{z0} - \frac{z_3}{P_p} \right) (1 - P_p)^{i-1}. \quad (11)$$

Уравнение (11) справедливо для дискретного процесса, когда поверхность круга контактирует с заготовкой периодически, например один раз за оборот круга. При постоянном контакте заготовки с инструментом (суперфиниширование, хонингование и т. д.) рассмотрим непрерывный процесс $n_z(\cdot)$. Для этого в уравнении (9) заменим n_{zi-1} на $n_{zi} - \Delta n_{zi}$, после преобразований получим

$$(1 - P_p) \Delta n_{zi} + n_{zi} P_p - z_3 = 0. \quad (12)$$

Полагая $\Delta n_z = n'_z \cdot \Delta t_k$, где Δt_k - время контакта поверхности с заготовкой, получим дифференциальное уравнение

$$n'_z + \frac{P_p}{k(1 - P_p)} n_z - \frac{z_3}{k(1 - P_p)} = 0. \quad (13)$$

Решение уравнения (13) при начальных условиях $n_z(0^+)$ и $i = k$ имеет вид

$$n_z(\cdot) = \frac{z_3}{P_p} + \left(n_{z0} - \frac{z_3}{P_p} \right) e^{-P_p \cdot k \cdot \cdot}, \quad (14)$$

где k - частота вращения круга.

В таблиці 3 приводиться сравнение значений $n_3()$, рассчитанных по зависимостям (11) и (14) при $n_{30} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ 1/м}^2$; $P_p = 0,1$ и $0,01$; $\kappa = 32 \text{ 1/с}$; $z_3/P_p = 2 \cdot 10^6 \text{ 1/м}^2$.

Таблица 3

Значения $n_3()$, полученные по зависимостям (11) и (14)

Время работы инструмента, с	Число контактов, i	Расчетные значения $n_3()$			
		Зависимость (11)		Зависимость (14)	
		$P_p = 0.1$	$P_p = 0.01$	$P_p = 0.1$	$P_p = 0.01$
0.25	8	4.3725	4.9526	4.4388	4.9539
0.50	16	2.5930	4.7247	2.6461	4.7267
1.00	32	2.1100	4.3199	2.1306	4.3235
2.00	64	2.0038	3.6819	2.0054	3.6877
4.00	128	2.0000	2.8840	2.0000	2.8896
8.00	256	2.0000	2.2442	2.0000	2.2474
16.00	512	2.0000	2.0186	2.0000	2.0191

Рассмотренные данные указывают на существенное изменение числа зерен на рабочей поверхности инструмента в процессе шлифования. Для рассмотренного примера оно составляет до 250%, что вызывает необходимость учета этих изменений при расчете параметров процесса. Отклонения увеличиваются с повышением интенсивности процесса шлифования.

При выводе зависимости (11) предполагалось, что плотность распределения режущих кромок по глубине инструмента постоянна. В действительности же она может меняться по сложному закону, поэтому с каждым оборотом круга будет меняться не только число разрушающихся кромок, но и число кромок, вступающих в работу.

Допустим, что в результате правки была сформирована рабочая поверхность с распределением кромок по глубине по нормальному закону. В этом случае при первом контакте круга с заготовкой будет участвовать только небольшая часть кромок:

$$n_{31} = z_{31} = \frac{n_3}{\sqrt{2}} \int_{-\infty}^{u_1} e^{-\frac{(u-u)^2}{2}} du, \quad (15)$$

где u - среднее значение расстояний от условной наружной поверхности инструмента до вершин режущих кромок; u - среднее квадратичное отклонение u .

При каждом последующем контакте круга с заготовкой в работу будут вступать новые режущие кромки. Число таких кромок на i -ом контакте будет определяться по уравнению (15) при замене нижнего предела интегрирования на u_{i-1} , верхнего предела на u_i , где u_{i-1} и u_i - расстояния до вершин абразивных зерен, наиболее удаленных от условной наружной поверхности круга, которые проходят через зону контакта заготовки с инструментом при выполнении $i-1$ -го и i -го оборотов круга.

При первых контактах круга с заготовкой число режущих кромок, вступающих в работу, будет больше числа разрушающихся. Вследствие этого число кромок на рабочей поверхности круга будет увеличиваться. После некоторого числа контактов число режущих кромок, вступающих в работу, будет уравниваться с числом разрушающихся, а затем становится меньше. Соответственно число режущих кромок в рабочем слое инструмента будет достигать максимума, а затем уменьшаться. Шероховатость шлифованной поверхности соответственно будет сначала уменьшаться, а затем увеличиваться.

Для экспериментальной проверки уравнений (9) и (15) были выполнены расчеты по изменению числа режущих кромок и шероховатости поверхности для случая шлифования образцов из стали 45, диаметром 50 мм, кругами 1600x67x305 24A40HSM1K со скоростью круга – 30 м/с, скоростью детали – 0,78 м/с, продольной подачей – $16 \cdot 10^{-3}$ м/с, поперечной подачей – 0,01 мм на ход стола. При расчетах принято, что тонкая правка круга выполнялась алмазом с продольной подачей – 0,01 мм/об. Шероховатость поверхности вычислялась для каждого образца в порядке их обработки по приближенному уравнению работы [6].

При анализе расчетные значения шероховатости поверхности, рис. 2, кривая 2, сравнивались с экспериментальными, полученными А. А. Маталиным и В. С. Рысцовой [4], рис. 2, кривые 1. Сопоставление свидетельствует не только о хорошем соответствии экспериментальных и расчетных данных по абсолютной величине, но и о почти полной идентичности формы кривых.

Параметры распределения режущих кромок по глубине рабочего слоя инструмента входят практически во все зависимости по моделированию процессов съема материала и износа абразивного инструмента. В выполненных теоретических и экспериментальных исследованиях нет единого мнения о виде распределения. Для моделирования предлагают применять нормальный закон распределения, бета и гамма распределения. Из разнообразия рекомендаций по форме распределения режущих кромок по глубине можно сделать заключение, что в процессе обработки оно может существенно изменяться. Теоретическое обоснование этому выводу выполнено в работах В. А. Носенко [9].

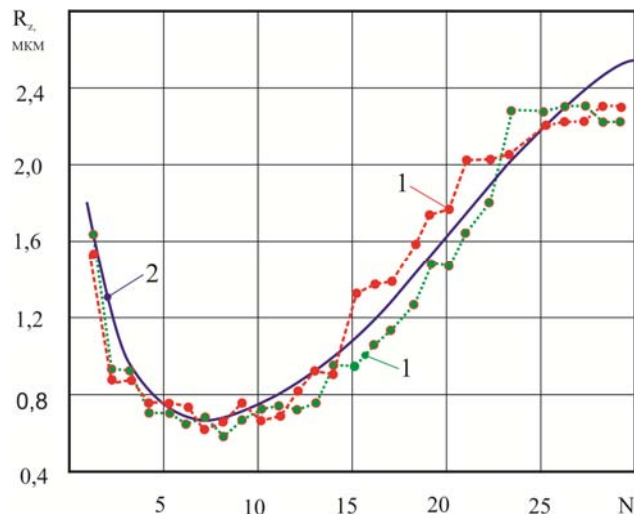


Рис.2. – Изменение шероховатости шлифованных поверхностей за период стойкости инструмента при шлифовании с тонкой правкой круга: 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные; N – номер обработанной детали

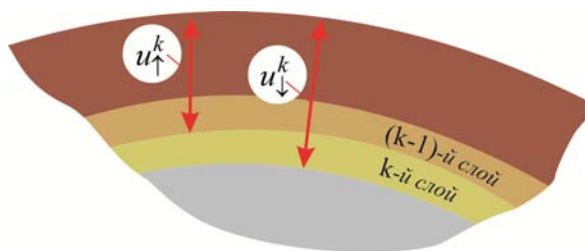


Рис. 3. – Схема к расчету параметров состояния базового участка рабочей поверхности абразивного инструмента

Для выполнения анализа выделим в рабочем объеме круга слой, толщина которого, соизмерима с радиальным износом круга при одном контакте, рис. 3. При необходимости повышения точности расчетов он, может быть, подвергнут разбиению на более элементарные составляющие. К основным параметрам состояния выделенного слоя могут быть отнесены: число, величина износа и форма вершин абразивных зерен. Износ вершин зерен рассчитывается по уравнениям (3) и (4), форма вершин – по уравнениям (5) и (6). Для расчета числа вершин зерен в каждом из слоев, уравнение (9) должно быть дополнено рядом составляющих [7]. Число вершин в слое, может как уменьшаться, так и увеличиваться.

Часть режущих кромок исчезнет по причине вырывания зерен из связки круга, некоторое количество кромок покинет слой в результате скалывания.

Увеличение числа кромок происходит за счет попадания в слой кромок, появившихся в результате скола вершин в вышележащих слоях, и за счет перемещения кромок из вышележащих слоев при их износе. С учетом указанных процессов число кромок в k -ом слое после i -го контакта круга с заготовкой определится

$$n_i^k = n_{i-1}^k - \Delta n_{-ci}^k - \Delta n_{-pi}^k - \Delta n_{-ui}^k + \Delta n_{+ci}^k + \Delta n_{+ui}^k, \quad (16)$$

где n_i^k и n_{i-1}^k - количество вершин абразивных зерен в k -ом слое после i -го и $i-1$ -го контактов; Δn_{-ci}^k - количество скалывающихся вершин зерен при i -ом контакте в k -ом слое инструмента; Δn_{-pi}^k - число абразивных зерен, вырванных из связки круга при выполнении i -го контакта; Δn_{-ui}^k - число вершин абразивных зерен, убывающих из k -го слоя инструмента при выполнении i -го контакта вследствие износа.

Индексами + в уравнении (16) обозначены соответствующие величины числа вершин зерен, поступающих в слой при i -ом контакте с инструментом.

Определим каждую из составляющих уравнения (16). Для любого уровня инструмента (расстояние от условной наружной поверхности инструмента до вершины) справедливо утверждение, что зерно разрушится в том случае, если равнодействующая сил резания превысит прочность зерна. Аналогично можно сформулировать и условие вырывания зерна из связки инструмента. Вероятности событий разрушения $P(P)$ и вырывания $P(B)$ могут быть определены соотношениями

$$P(P) = P(R_3 \geq G_3), \quad (17)$$

$$P(B) = P(R_3 \geq G_{cв}), \quad (18)$$

где R_3 - сила, действующая на зерно при микрорезании; G_3 и $G_{cв}$ - прочность абразивного зерна и прочность его закрепления в инструменте соответственно.

Учитывая, что как прочность зерна, так и сила, действующая на зерно, являются величинами случайными, вероятность $P(P)$ определится

$$P(P) = \int_{-\infty}^{\infty} f_g(G_3) \int_{G_3}^{\infty} f_r(R_3) dR_3 dG_3, \quad (19)$$

где $f_g(G_3)$ и $f_r(R_3)$ - плотности вероятностей распределений прочности абразивного зерна и сил, действующих на зерно.

Аналогичная зависимость может быть получена и для вероятности вырывания зерен из связки круга. Силы, действующие на абразивные зерна, плотность вероятностей распределения прочности зерна и прочности их закрепления в связке круга могут быть определены по зависимостям работы [9]. При i -ом контакте из рабочего слоя вырываются и подвергаются разрушению наиболее слабо закрепленные зерна.

В связи с этим для анализа последующих контактов необходима коррекция законов распределения G_3 и $G_{св}$. Число вершин зерен, появляющихся в слое Δn_{+ci}^k , определяется по общему числу разрушившихся при i -ом контакте зерен n_{cui} и плотности вероятности распределения по глубине вновь образовавшихся вершин $f_{nc}(u)$

$$\Delta n_{+ci}^k = \int_{u_{\uparrow}^k}^{u_{\downarrow}^k} n_{cui} f_{nc}(u) du, \quad (20)$$

где u_{\uparrow}^k и u_{\downarrow}^k - координата верхней (ближней) и нижней (дальней) границ рассматриваемого слоя относительно условной наружной поверхности инструмента, см. рис. 3.

Число вершин абразивных зерен, покидающих и приходящих в рассматриваемый слой вследствие износа, определяется интегрированием соответственно записанных зависимостей. Если износ инструмента при одном контакте намного меньше глубины резания, то можно считать, что в пределах рассматриваемого слоя режущие кромки распределены равномерно. В этом случае число кромок Δn_{-ui}^k и Δn_{+ui}^k приближенно определяются

$$\Delta n_{-ui}^k = \frac{\Delta h_{\downarrow i}^k}{u_{\downarrow}^k - u_{\uparrow}^k} n_{zi-1}^k, \quad (21)$$

$$\Delta n_{+ui}^k = \frac{\Delta h_{\downarrow i}^{k-1}}{u_{\downarrow}^{k-1} - u_{\uparrow}^{k-1}} n_{zi-1}^{k-1}, \quad (22)$$

где Δh_{\downarrow}^k и $\Delta h_{\downarrow}^{k-1}$ - износ вершин нижних границ k -того и $k-1$ -го слоев.

Подставляя в зависимость (16) выражения всех составляющих, получим рекуррентное соотношение

$$n_i^k = n_{i-1}^k (1 - P_i(P) - P_i(B)) + \int_{u_{\uparrow}^k}^{u_{\downarrow}^k} n_{cui} f_{nc}(u) du - \frac{n_{zi-1}^k \Delta h_{\downarrow i}^k}{u_{\downarrow}^k - u_{\uparrow}^k} + \frac{n_{zi-1}^{k-1} \Delta h_{\downarrow i}^{k-1}}{u_{\downarrow}^{k-1} - u_{\uparrow}^{k-1}}. \quad (23)$$

При известном числе режущих кромок в каждом из слоев инструмента закон их распределения по глубине устанавливается по известным методикам.

Вычисление параметров состояния рабочей поверхности абразивного инструмента по зависимости (23) выполняется в следующей последовательности:

- устанавливаются параметры состояния рабочей поверхности после правки;
- рассчитываются параметры зоны контакта заготовки с инструментом при первом контакте и силы, действующие на абразивные зерна;
- рассчитываются число режущих кромок в первом, втором и т.д. слоях инструмента и их геометрия после первого контакта;

д) уточняются законы распределения режущих кромок по глубине инструмента, законы распределения прочности абразивных зерен и прочности закрепления их в инструменте;

е) после расчета всех перечисленных параметров переходят последовательно к анализу второго, третьего и т. д. контактов инструмента с заготовкой.

В качестве примера в таблице 4 приводятся расчетные данные по изменению числа режущих кромок в рабочем слое инструмента для двух вариантов: а) износ инструмента происходит за счет износа режущих кромок без разрушения и вырывания зерен; б) при работе инструмента - кроме износа наблюдается разрушение режущих кромок и вырывание зерен из связки круга. Для анализа в рабочем слое инструмента выделен слой толщиной 1 мкм на расстоянии $u = t_{\phi}$ от его наружной поверхности. Расчеты выполнены для процесса круглого наружного врезного шлифования закаленных образцов диаметром 50 мм кругами диаметром 300 мм с фактической глубиной микрорезания $t_{\phi} = 20 \cdot 10^{-6}$ м. Радиальный износ круга принят равным $\Delta R = 1 \cdot 10^{-6}$ м, число режущих кромок в выделенном слое - $n_{zo} = 70$ ($1/\text{м}^2\text{мкм}$). При вычислении координат слоя по глубине учтено, что при каждом контакте условная наружная поверхность смещается к центру круга на величину радиального износа.

Таблица 4

Изменение числа режущих кромок в рабочем слое инструмента

Число контактов поверхности круга с заготовкой	Координата слоя от текущей условной наружности поверхности, мкм	Число режущих кромок в слое, $1/\text{м}^2\text{мкм}$	
		При износе с разрушением кромок	При износе без разрушения
0	20	70	70
3	17	72	73
6	14	73	79
9	11	70	87
12	8	61	97
15	5	37	112
18	2	12	129

Сопоставление полученных результатов подтверждают высказанную гипотезу о существенном изменении законов распределения режущих кромок по глубине инструмента в процессе шлифования. При работе круга в режиме самозатачивания наблюдается уменьшение их числа в слоях близлежащих к условной поверхности инструмента, при работе в режиме затупления, наоборот - их увеличение.

Рассмотренные зависимости позволяют прогнозировать изменения распределений, что повышает точность моделей взаимодействия инструмента и заготовки.

Однако данные модели не учитывают воздействия возмущающих факторов, которые могут оказывать существенное влияние на выходные показатели процесса шлифования. Учет вышеуказанных факторов представляет собой дальнейшие перспективы развития решения задачи прогнозирования изменения числа и распределения зерен по глубине инструмента за период его стойкости.

Литература:

1. Новоселов Ю. К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. - Из-во СевНТУ, 2012. – 304 с.
2. Королев А. В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. - Из-во Саратов. ун-та: Саратов, 1975. – 202 с.
3. Резников А. Н., Федосеев О. Б. Выбор режимов шлифования синтетическими сверхтвёрдыми материалами при заданной шероховатости поверхности // Вестник машиностроения. – 1976. - № 6. – С. 69.
4. Маталин А. А., Рысцова В. С. Точность, производительность и экономичность механической обработки. – М.: Машгиз, 1963. – 352 с.
5. Узунян М. Д. Управление качеством – путь развития высоких технологий // Высокие технологии в машиностроении: тенденции развития, менеджмент, маркетинг: труды VII международного научно-технического семинара, 24-28 сентября 1997 г. – с. 246-248.
6. Абразивная и алмазная обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 392 с.
7. Новоселов Ю.К. Влияние состояния рабочей поверхности инструмента на оценку параметров формирующего фильтра /Ю.К. Новоселов, С.М. Братан, Д. А. Каинов, //Резание и инструмент в технологических системах.- Межд. научн.-техн. сборник. - Харьков: ХГПУ, 2002. - Вып.- 62.-С.84-88 .
8. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. Пособие / А. В. Якимов, Ф. В. Новиков, Г. В. Новиков, Б. С. Серов, А. А. Якимов – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.
9. Носенко В. А. Шлифование адгезионно-активных металлов. – М.: Машиностроение, 2000. – 262 с.

Надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 621.9



V.P. Larshin,

Doctor of
Sciences,
Professor,
Odessa National
Polytechnic
University
vplar-
shin@rambler.ru



N.V. Lishchenko,

Ph. D.,
docent,
Odessa National
Polytechnic
University
odmnv@rambler.ru

A CUTTING TOOL VIBRATION MECANISM ON METALWORKING MACHINES

В.П. Ларшин, Н.В. Ліщенко. Механізм вібрацій ріжучого інструмента на металорізальних верстатах. Представлено механізм виникнення вібрацій ріжучого інструменту на верстатах з ЧПК на основі існуючих фізичних уявлень про примусові, вільні і самозбудні коливання в технологічній системі різання, яка складається з взаємодіючих підсистем інструменту і заготовки.

V.P. Larshin, N.V. Lishchenko. Cutting tool vibration mecanism on metalworking machines. A cutting tool vibration mechanism on CNC machines characteristic based on existing physical representations of the forced, free and self-excited oscillations occurrence in the technological cutting system consisting of interacting tool and workpiece subsystems is given.

Introduction. To ensure reliable operation of advanced high-speed CNC machine a control system should provide not only precision programmable tool displacement relative to a workpiece, but also diagnosis of the cutting technological system. The weakest link in the system is the cutting tool (CT) life which should be sufficient for reliable operation of the CNC machine for the desired cutting time.

The industrial cutting systems vibration problem is generally known, starting with the F. Taylor's works. Domestic researchers in this field, for example, A.I. Kashyrin, V.I. Dikushin, V.A. Kudinov and many others are also known. They paid much attention in their works to the physical principles of vibration when cutting hard and easily workable materials, because an insight in the mechanism of vibration allows identifying appropriate ways to deal with this phenomenon.

Modern construction materials (stainless and heat resistant steels as well as alloys, titanium and its alloys, etc.) have high performance, but also they have a low machinability, which leads (because of the unpredictable influence on the process of cutting force and temperature factors) to low CT life. On the other hand for easily workable workpiece materials such as aluminum and its alloys a high cutting speed is currently using in high speed machining with increased feed and depth of cut. In both cases (i.e. hard and easily workable materials) a cutting vibration problem refers to the number of actual one in mechanical engineering, since

the appearance of vibration is usually associated with a CT life as well as a premature failure of the machine spindle unit. There are some exceptions connected with the controlled vibrations which improve the CT work, such as these in vibrodrilling.

It is well known a necessity to increase the metal removal rate as well as machining production on the CNC machines. In order, however, to do this the so-called “chatter” arises and does this phenomenon a far more significant concern. That is why a manufacturer faces not only features of a machine and tool, but also the dynamic characteristic of the spindle and work subsystems.

To avoid as the chatter as the other significant dynamic oscillations the most promising for use on modern CNC machines is small vibration sensors, such as AP2019 type. These sensors can be embedded in the various directions of the machine coordinate system. However, so far no reliable methods the CT state technological vibrodiagnostics, which can be implemented on the basis of these sensors and available CNC system computational resources.

The purpose of this research is to develop a CT state vibrodiagnostics automated system based on a USB type modular system NI CompactDAQ followed by programming the diagnostic algorithm (without any additional hardware) in modern CNC system having available computing resources.

The main material. There are known technological methods of diagnosis by different estimating criteria for the CT state needed to solve a technological management task. They vary depending on the nature of selected physical parameters i.e. sources of information about the CT state: power, torque, cutting temperature, cutting vibrations (displacement, velocity, and acceleration), acoustic emission (sonic and ultrasonic), the parameters of quality of processing parts etc. [1].

In the physical dynamics there are two kinds of vibration: forced vibration and self-excited one. Forced vibrations are generated by the action of a periodic force, for example, due to an imbalance of the rotating spindle or CT edges interrupted operation (e.g. drill or mill edges). In this case, the vibration source (a spindle or CT edges) vibrates interacting with the technological system elements. As a result, the vibration frequency spectrum consist of the spindle and associated with it structural elements speed components as well as the rate of introduction into the machining material of the cutting edges.

In order to understand the vibration self-excitation mechanism it is necessary to consider the nature of free vibrations in cutting [2] which arise, for example, when the cutting forces suddenly released, i.e. when the next CT edge is exited from the contact area. In this case sudden elimination of the impact of cutting forces on the machine takes place. These vibrations are characterized by their own or natural frequency, which is known to be determined by the elastic system stiffness and its reduced (i.e. inherent) mass [2].

When a CT tooth enters into the machining material, the CT subsystem "spindle - tool holder - tool" will be deformed by the cutting forces. When these forces are released by the tooth exiting the material, the CT subsystem will vibrate with its own natural frequency. It is assumed that the workpiece subsystem "table - device - storage" stiffness is more than CT subsystem one and can be ignored. The vibration mentioned results a small waviness on the workpiece surface. If the following that is after the first tool tooth impact does not match the natural frequency of the CT subsystem, the chip thickness increases as well as the cutting force. This in turn causes a notable deformation of the system, which leads to a larger oscillation amplitude. The most disadvantageous condition is when the current vibration phase angle will be equal to 180° with respect to the surface waviness previously obtained. Thus, the self-excited vibration in the cutting zone (in domestic literature – auto oscillations) is the result of the unpredictable interaction of several factors. For example, it is so when the vibration phase from the CT edges is late 180° (π radians) from the previous track phase and a cutting power is sufficient to overcome the damping of oscillations. Such vibrations are called self-excited or chatter. Under these conditions the CT subsystem vibrates at its natural frequency (without an externally applied driving force), the cutting force is increased significantly, negatively affects the machining accuracy, CT life, and machine spindle unit longevity. This implies parametric and kinematic nature of self-excited oscillations in a system with positive feedback, which has a reserve of potential energy (spindle motor) and the way to deal with vibrations: either the gain coefficient to reduce or the oscillation phase to output of the positive feedback (180°) condition, or both mentioned simultaneously.

It is possible to avoid auto-oscillations in cutting as well as the chatter if the CT tooth exposure frequency is consistent with the natural frequency of the CT subsystem "spindle - tool holder - tool ". In other words, it is so when the surface waviness and the cutting vibrations are in phase (0°). By the way, the waviness may not be clearly visible, but appears to change the physical and mechanical properties of the surface layer. At this spindle speed, the chip thickness remains constant, cutting goes smoothly (quietly) and the cutter may go to a great depth without causing defects. This phenomenon is called "sweet spot» [2] .

There are two basic approaches to determine spindle speed at which there is no vibration such as chatter or the like [2]. According to the first one the CT subsystem own frequency is found with the aid of using a vibrosensor (accelerometer) and an impact hammer. Then the system transfer function is determined for analytical forecasting oscillations by calculating the sweet spots. It is necessary for this to have a mathematical model of the cutting dynamic system. The second approach for determining the sweet spots is to perform cutting tests. This approach allows obtaining more accurate information but requires a large number of experiments that are carried out with different combinations of spindle speed and depth of cut.

Experimentally determined cutting modes with the sweet spots is then programmed to provide a stable high-performance machine work for a certain combination of machine tool as well as the CT and workpiece subsystems. The best is to use both of these techniques to obtain more accurate information about the vibrations in the machine elastic system.

Described mechanism of self-excited vibrations during cutting may have features depending on the cutting process kind in mechanical engineering technology. For example, a processing on the lathe by a single turning cutter differs from a multiple edge milling by monolithic CT or assembled one. Vibration during drilling (core-drilling, reaming, counter-sinking etc.) depends on the torsional corresponding axial tools oscillations, especially for small diameter drills which change their length under the machining.

Technical systems modeling methods in the cutting dynamics as well as in the cutting thermophysics are divided into two broad classes depending on the adopted methodological concept: distributed or lumped system. In the first case (distributed system) processes are described by partial differential equations, in the second (lumped systems) – by ordinary differential equations. The cutting dynamics usually uses the lumped system concept in which various assumptions are made and simplifying techniques are used (e.g. reduced and general parameters) to substitute a real distributed system by corresponding lumped one.

Conclusion

1. Over a long historical period (more than a hundred years) in the theoretical study of vibrations in the cutting systems the lumped systems concept is used, while the real technological cutting system is distributed one.

2. The emergence of chatter is a manifestation of mechanical resonance in the elastic damping system, but differs by its mechanism of the influence of the previous machining trails, for example, the influence of pre-formed waveness.

3. For the occurrence of oscillations in a machine elastic system it is necessary to create two conditions: antiphase with the previous trails and the required processing gain which is sufficient for the occurrence of positive feedback.

References

1. Григорьев С.Н. Диагностика автоматизированного производства / С.Н. Григорьев, В.Д. Гурин, М.П. Козочкин и др.; под. ред. С.Н. Григорьева. – М.: Машиностроение, 2011. – 600 с.
2. Badrawy Sinan. Cutting Dynamics of High Speed Machining / / Technology Update. - Volume 8. - Issue 1, 2001. - P. 24-26.

Надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 378.147:044.4'24(477)



В.И. Лавриненко,
д.т.н., професор,
Институт сверхтвер-
дых материалов им.
В.Н.Бакуля НАН
Украины
ceramic@ism.kiev.ua



И.В. Лещук,
к.т.н., с.н.с.,
Институт сверхтвердых
материалов им. В.Н.Бакуля
НАН Украины
ceramic@ism.kiev.ua

ТЕХНОЛОГИЯ ФИНИШНОГО ДВУСТОРОННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН

*В.И. Лавріненко, І.В. Лещук. Технологія
фінішного двостороннього шліфування опор-
них поверхонь багатограних пластин.* Наве-
дені відомості з розробки технології двосто-
роннього шліфування опорних поверхонь різ-
альних пластин з твердих сплавів та кераміки.
Розроблені спеціальні круги форми 6A2 діамет-
ром 500 мм, які пройшли виробничі випробу-
вання.

*Lavrinenko V.I., Leshchuk I.V. Tech
bilateral finish grinding bearing surfaces of
polygonal plates.* The data on the develop-
ment of bilateral grinding technology support
surfaces cutting plates with hard alloys and
ceramics. Developed a special wheels form
6A2 diameter of 500 mm, which passed in-
dustrial tests.

Введение. Шлифование опорных поверхностей РСМП является ос-
новной базовой операцией, определяющей в дальнейшем качество самих
пластин и показатели обработки боковых поверхностей. Поэтому важен вы-
бор такой технологии шлифования, которая при максимальной производи-
тельности обеспечивала бы качественную обработку пластин.

В настоящее время возможны глубинное шлифование опорных поверх-
ностей РСМП из различных инструментальных материалов на станках
мод. WFM 10\12 и упругое на станках мод. WBM20 и ТШ 8805. Эта техноло-
гия позволяет достичь удовлетворительной производительности (1000-1200
мм³/мин) и шероховатости обработанной поверхности $Ra=0,07-0,48$ мкм. Од-
нако современный уровень применения РСМП требует более высокой про-
изводительности их шлифования при соблюдении условий, предъявляемых к
качеству обработки. Это можно достичь, используя процесс двустороннего
шлифования на станках мод. МШ310 или WBM 300\21

Материал и результаты исследования. Для реализации потенциа-
льных технологических возможностей указанных станков и обеспечения за-
данных производительности и качества пластин важно определить опти-
мальные характеристики серийных кругов или при необходимости создать

© В.И. Лавриненко, И.В. Лещук, 2014

специальный инструмент и выработать рекомендации по их эффективно-му применению при шлифовании пластин из твердых сплавов серии MC и режущей оксидно-карбидной керамики марок ВОК60, ВОК65, ВОК 71. Шероховатость обработанной поверхности Ra определялась на профилографе-профилометре мод. 252, тип А1. Коэффициент абразивного резания, удельная интенсивность, эффективная мощность и удельная работа шлифования рассчитывались по разработанной методике в ИСМ НАН Украины. Пластины шлифовали алмазными кругами на металлических (М1-01 и М020-2) и полимерных (В1-01, В1-03) связках.

Как показали исследования значительная доля диспергированной керамики адсорбируется на поверхности алмазоносного слоя кругов, вызывая их засаливание. Для снижения интенсивности засаливания и повышения работоспособности инструмента применяется термореактивная полимерная связка В1-13, отличающаяся низкой адсорбиционной способностью по отношению к тонкодиспергированной при шлифовании керамике.

Важным вопросом является влияние покрытия алмазов на силовые закономерности процесса, так как при двустороннем шлифовании один из кругов закреплен жестко, а другой упруго и нагрузки они воспринимают по-разному. Определение износостойкости АС4 100\80 В1-13 100% и аналогичных кругов на серийных связках В2-01 и В1-01 при шлифовании режущей керамики ВОК 60 с производительностью 650 мм³/мин дало следующие результаты:

Связка круга	Покрытие алмазов	Относительный расход алмазов, мг/г	Эффективная мощность шлифования, кВт
В2-01	—	1,97	0,44
В2-01	С19	6,20	0,43
В1-01	—	1,80	0,35
В1-13	—	1,24	0,42
В1-13	МА	0,81	0,55

Из приведенных данных видно, что связка ВС8 и композиционное металлопокрытие (МА) алмазов позволяет почти в 1,5 раза снизить износ кругов.

Для реализации процесса двустороннего шлифования с учетом выявленных его особенностей в ИСМ НАН Украины разработаны и изготовлены алмазные круги формы 6А2 диаметром 500мм, которые используют на Кировградском заводе твердых сплавов (Россия). При этом кругами формы 500х40х4х380 АС4МА 100\80 (125\100, 160\125) В1-13–100 шлифовали опор-

ные поверхности пластин из режущей керамики ВОК 60 и ВОК 71 на станке WBM 300\21. Результаты испытаний сравнивались с данными, полученными при обработке РСМП кругами формы 6А2 500х40х4х380 D151–B75–B28 производства фирмы «Вендт» (ФРГ). Пластины из керамики – четырехгранные размером 5,5х13,8х13,8 мм и трехгранные с диаметром вписанной окружности 10,3 и толщиной 5,5 мм. Скорость круга составляла 18 м\с, скорость врезания (подача круга на пластины или вертикальная подача) 2–3 мм/мин, осцилляция 29 дв.ходов\мин. Круги в процессе работы правились на станке абразивными кругами. Испытания показали, что круги из алмазов зернистостью 125\100 и 160\125 на связке В1-13 позволяют достичь хороших показателей работоспособности данного инструмента:

Круг	Количество пластин, обработанных между правками, шт.	Производительность двустороннего шлифования пластин, мм ³ /мин			Шероховатость обработанной поверхности <i>Ra</i> , мкм
		Трех-гранных	Четырех-гранных	Пяти-гранных	
Керамика ВОК60					
Д151-В75В28	8000–10000	4977	6856	–	0,15–0,29
АС4МА 100/80-В1-13-100	8000–10000	4977	6856	–	0,12–0,21
АС4МА 125/100-В1-13-100	4000–6000	5700	7940	–	0,22–0,35
АС4МА 160/125-В1-13-100	4000–6000	5700	7940	–	0,16–0,24
АС4МА 100/80-В2-01-100	1200–3000	4977	6856	–	0,18–0,32
Твердый сплав МС-111					
АС4МА 160/125-В1-13-100	3000–3200	–	–	9100	0,052–0,060

Установлено, что после правки шероховатость обработанной поверхности из керамики увеличивается. Это характерно как для импортных так и нами разработанных кругов. Аналогичные закономерности отмечены при

двустороннем шлифовании твердого сплава МС-111. Если до правки шероховатость обработанной поверхности Ra составляла 0,041-0,060 мкм, то после правки – 0,14-0,20 мкм

В процессе двустороннего шлифования нижний круг обеспечивает меньшую шероховатость обработанной поверхности, чем верхний, причем такой эффект хорошо наблюдается сразу после правки. В течение обработки данная разница сглаживается.

Выводы. Разработаны эффективные шлифовальные круги и отработана технология двустороннего шлифования многогранных пластин из твердых сплавов и режущей керамики. Выявлено, что для достижения одинаковой шероховатости поверхностей пластин верхний круг необходимо выполнять с зернитостью алмазов на один пункт меньшей.

УДК 621.914.1



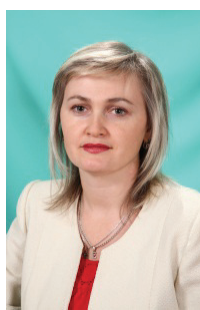
Ю.Н. Внуков
д.т.н., профессор,
Запорожский
национальный
технический
университет
yvnukov@zntu.edu.ua



А.И. Гермашев
аспирант,
Запорожский
национальный
технический
университет
germashevanton@mail.ru



П.А. Каморкин
к.т.н., доцент,
Запорожский
национальный
технический
университет
kamorkin@mail.ru



Е.Б. Козлова
ст. преподаватель,
Запорожский
национальный
технический
университет
kozlova@zntu.edu.ua

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ
ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ**

Ю.Н. Внуков, А.И. Гермашев, П.А. Каморкин, Е.Б. Козлова. Оценка эффективности и качества обработки тонкостенных деталей при концевом фрезеровании. Рассмотрена методология экспериментального измерения условий срезания припуска и формирования параметров качества обработки тонкостенных деталей при концевом фрезеровании. Показано влияние условий концевой финишной фрезеровки тонкостенных деталей на эффективность и размерную точность удаления назначенного припуска.

Y.N. Vnukov, A.I. Germashev, P.A. Kamorkin, E.B. Kozlova. Efficiency and surface condition assessment of thin wall end milling. This article presents experimental methodology of measurement cutting conditions and surface finish formation in thin wall end milling. Also thin walls end milling influence on efficiency and dimensional accuracy is shown.

В авиакосмической отрасли широко применяются детали, имеющие тонкостенные элементы, которые получают путем фрезерования на современных станках с ЧПУ. Обработка таких деталей, ввиду их невысокой жесткости, приводит не только к появлению вибраций, ухудшающих

Технології, матеріали, транспорт і логістика

шероховатость обработанной поверхности, но и к значительному снижению размерной точности.

Из-за упругой деформации детали, установленный припуск снимается не полностью, приводя к отклонениям формы и расположения номинального профиля.

Целью настоящей статьи является установление закономерностей влияния условий конечного финишного фрезерования тонкостенных деталей на эффективность и размерную точность удаления назначенного припуска. На рис. 1 приведена схема исследования процессов конечного фрезерования тонкостенной детали.

Принципиальной особенностью этой схемы является возможность разделения зоны обработки и упругой системы (УС) тонкостенной детали. Такой подход позволяет раздельно рассматривать процессы силового воздействия в зоне обработки – 4 от различных условий резания, при одинаковых статических и динамических характеристиках УС детали. И наоборот, оценивать влияние изменения статических и динамических характеристик УС детали при неизменных условиях резания. На рис.1 показан образец из обрабатываемого материала – 3, который жестко крепится на торце прямоугольной пластины – 1, моделирующей УС тонкостенной детали. Упругая пластина 1 установлена в специальном приспособлении – 6, которое жестко закреплено на рабочем столе фрезерного станка [1].

Изменением размеров пластины ($L \times B \times h$) можно моделировать различные статические и динамические свойства тонкостенной детали. Более того, возможна установка дополнительной массы на пластине, а также окружение ее демпфирующей средой, что позволяет исследовать условия обработки тонкостенных деталей в широком диапазоне изменения их характеристик.

При фрезеровании, в результате действия силы отжима $P_{от}$ со стороны фрезы, происходит перемещение образца – 3, величину которого измеряют датчиком перемещения – 2 по изменению зазора - Δ .

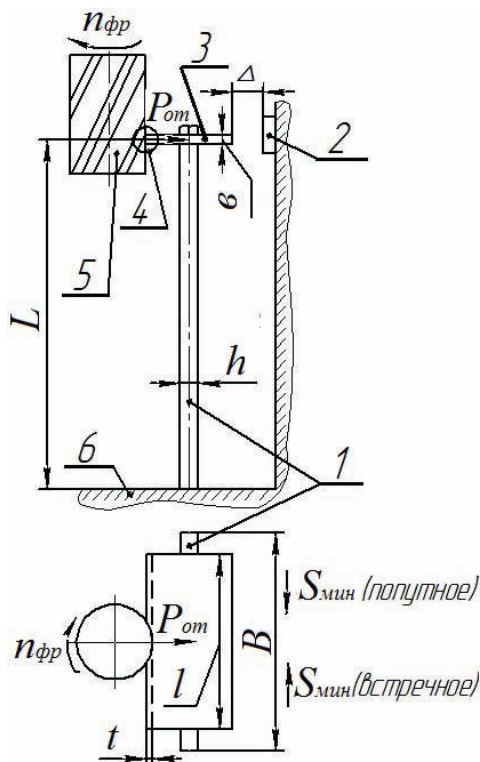
Режим обработки задается изменением числа оборотов шпинделя n [об/мин], величиной снимаемого припуска – t [мм], шириной фрезерования b [мм], а также величиной и направлением (встречное и попутное) подачи $S_{мин}$ [мм/мин].

Для измерения фактического объема удаленного припуска и профиля обработанной поверхности образца, разработано устройство, показанное на рисунке 2. Основание устройства – 1 жестко закреплено на вертикальной стойке фрезерного станка недалеко от зоны фрезерования.

На основании 1 жестко закреплены индикаторные часы (ИЧ-10), у которых имеется наконечник с радиусом $r=0,05$ мм – 3 для контакта с обрабатываемой и обработанной поверхностью и пяточка - 2. Индуктивный

датчик жорстко закріплен на основанні 1, он дозволяє з високою точністю записувати профіль обробленої поверхні зразка (при продольному переміщенні стола) і визначати фактичний об'єм удаленого при фрезеруванні припуску.

На рис. 3в приведена методика оцінки розмірної точності обробки (в відповідності з ГОСТ 24642-81).

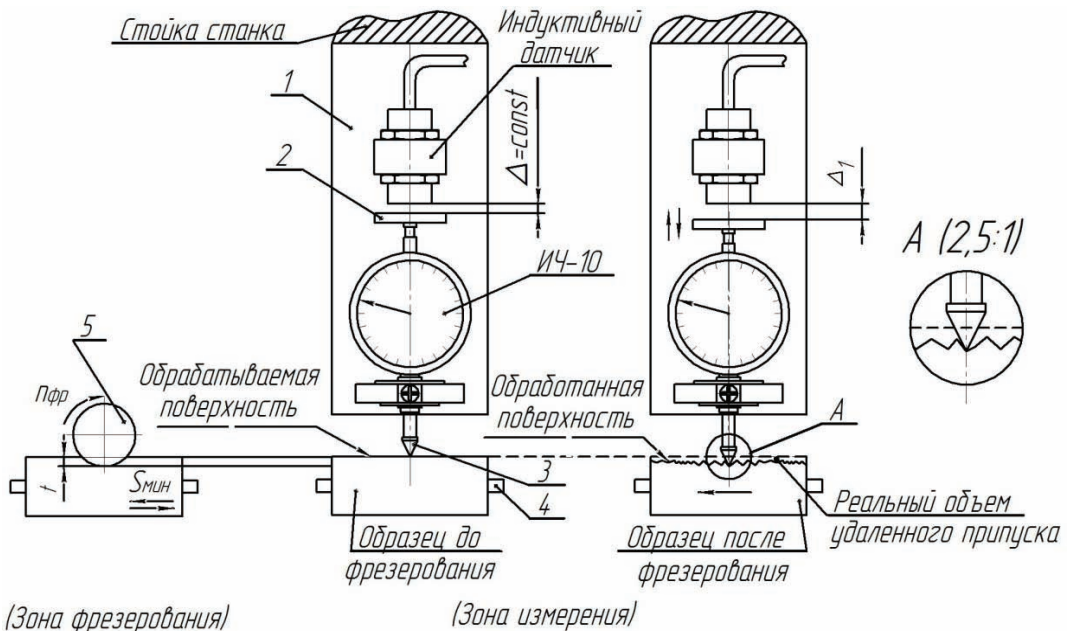


- 1 – Упругая система (УС) тонкостенной детали (пластина); 2 – Датчик перемещения обрабатываемого образца; 3 – Обрабатываемый образец; 4 – Зона обработки фрезерованием; 5 – Концевая фреза; 6 – Приспособление для крепления пластины

Рис. 1 Схема экспериментальной установки для исследования концевой фрезерования тонкостенной детали

В основу нормирования положен принцип **прилегающей прямой**, которая имеет форму номинального профиля (прямой), расположена вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Оценку точности проводят по двум критериям: отклонение от прямолинейности в плоскости EFL и отклонению формы заданного профиля ECL.

• Отклонение от прямолинейности в плоскости EFL – это наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка.



1 – Основание устройства; 2 – Пяточка; 3 – Наконечник; 4 – УС тонкостенной детали (пластина); 5 – фреза; t – припуск на обработку

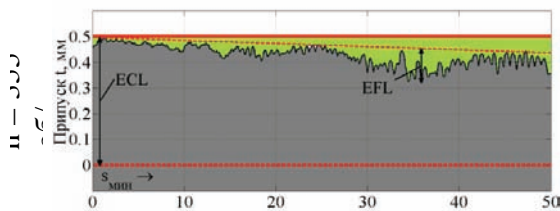
Рис. 2 Схема устройства для измерения удаленного припуска и профиля обработанной поверхности

• Отклонение формы заданного профиля ECL – это наибольшее отклонение точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка.

Объем фактического удаленного припуска отличается от его теоретического значения, т.к. тонкостенная деталь имеет невысокую жесткость и под действием силы резания упруго отклоняется.

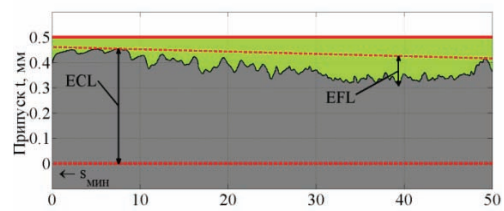
Встречное фрезерование

Попутное фрезерование



Длина обработки l , мм

а)



Длина обработки l , мм

б)

Технології, матеріали, транспорт і логістика

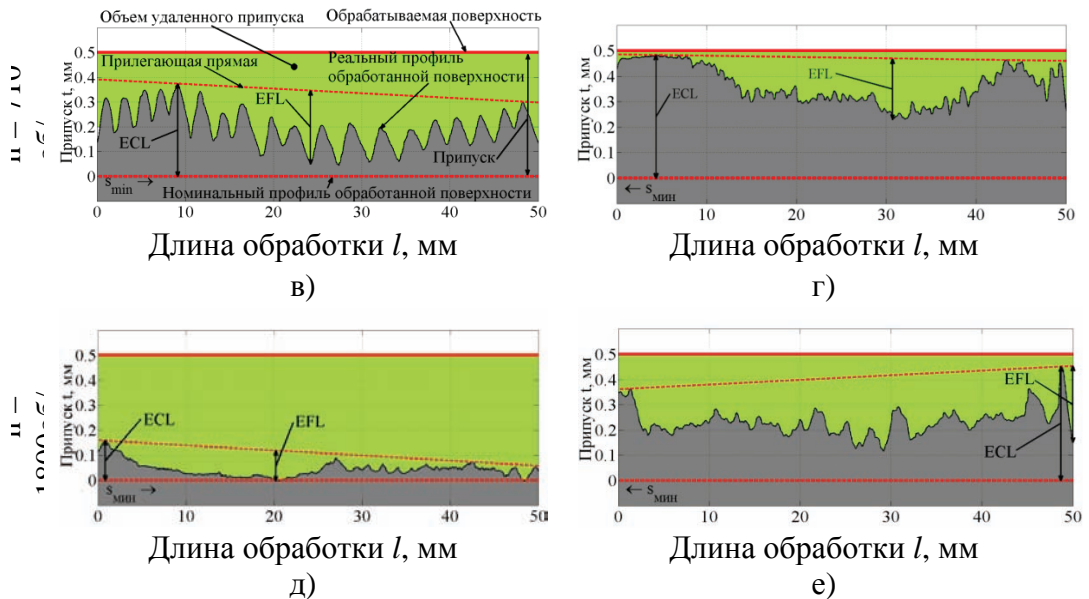


Рис. 3 Измерение объема удаленного припуска и профиля обработанной поверхности для расчета размерной точности по ГОСТ 24642-81

Теоретическую производительность обработки Q_T равную удалению всего объема установленного припуска в единицу времени можно определить по формуле (1):

$$Q_T = b \cdot t \cdot S_{\min} \quad (1)$$

где: b – ширина образца, мм;

t – припуск, мм;

S_{\min} – минутная подача, мм/мин.

Измерив фактический объем удаленного припуска можно определить фактическую производительность Q_ϕ . Отношение (2) показывает эффективность удаления припуска при фрезеровании тонкостенной детали в процентах(%):

$$\eta_\phi = \frac{Q_\phi \cdot 100}{Q_T} \quad (2)$$

Экспериментальные исследования процесса финишного концевоего фрезерования тонкостенной детали проводили при следующих условиях:

а) **Оборудование** - универсально фрезерный станок модели FWD – 32J;

б) **Инструмент** - концевая 3х зубая фреза CANELAD20 Z3 со сменными многогранными неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава APKT100305PDERJC8050 фирмы Dijet. В эксперименте устанавливался 1 режущий зуб. Вместо двух других зубьев устанавливались равные по весу свинцовые грузики, обеспечивающие балансировку фрезы. Геометрия режущего зуба: $\gamma=6^\circ$, $\alpha=11^\circ$, $\lambda^\circ=-10^\circ$.

в) **Образец из обрабатываемого материала** размером 50×20×2 (Ст. 3кп ГОСТ 380-2005).

г) **Упругая система тонкостенной детали.** Пластина с размерами вылета $L=80\text{мм}$, $B=60\text{мм}$, $h=4\text{мм}$. Материал Сталь 65Г (HRC 60). Вместе с закрепленным образцом УС тонкостенной детали имеет следующие характеристики: жесткость $j=228,1\text{ Н/мм}$, частота собственных колебаний $f=264\text{ Гц}$, логарифмический декремент затухания колебаний – 0,091.

д) **Режимы фрезерования:**

- скорость вращения шпинделя от $n=224$ до 1800 об/мин;
- продольная подача стола от $S_{\min}=11,2$ до 90мм/мин;
- подача на зуб $S_z=0,05\text{ мм/зуб}$;
- ширина среза $b=2\text{мм}$;
- глубина фрезерования (припуск) $t=0,5\text{мм}$;
- направление подачи – встречное и попутное;
- условие резания – свободное, косоугольное.

Результаты измерения эффективности удаления припуска, размерной точности и шероховатости приведены в таблице 1 и на рис. 4-8. Сравнение фактической производительности удаления припуска (Q_ϕ) при различных скоростях вращения шпинделя показывает (рис. 4), что направление подачи существенно влияет на этот показатель, который значительно ниже, чем теоретическая производительность. Эффективность удаления припуска (рис. 5) почти в два раза выше при встречном фрезеровании, по сравнению с попутным.

Это в первую очередь связано с особенностями срезания стружки переменной толщины от максимальной к минимальной при попутном и наоборот при встречном.

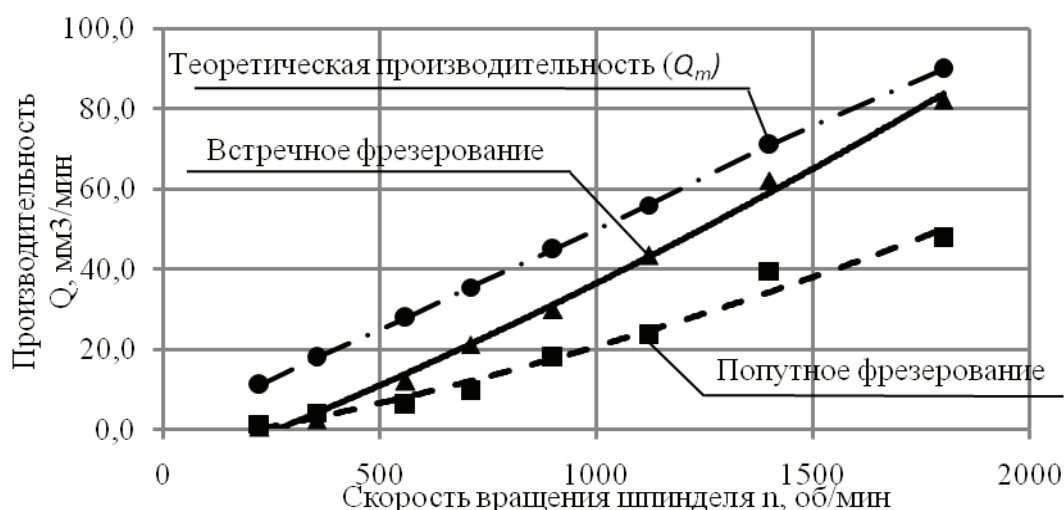


Рис. 4 Фактическая производительность удаления припуска (Q_f) при встречном и попутном фрезеровании тонкостенной детали

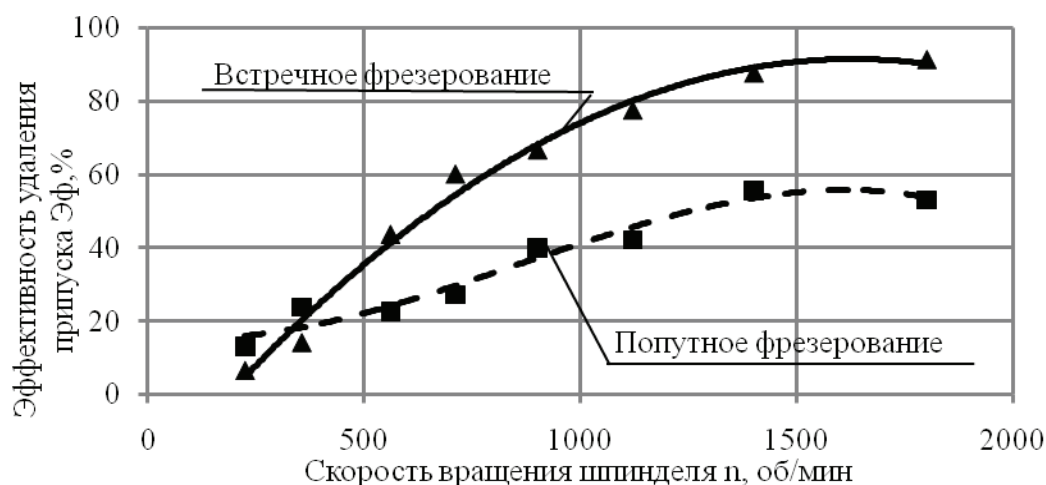


Рис. 5 Эффективность удаления припуска при встречном и попутном фрезеровании тонкостенной детали

Таблица 1 - Результаты измерения эффективности удаления припуска, размерной точности и шероховатости

Показатели		Скорость вращения шпинделя n , об/мин							
		224	355	560	710	900	1120	1400	1800
Подача $S_{мин}$, мм/мин		11,2	18	28	35,5	45	56	71	90
Теоретическая производительность обработки Q_m , мм ³ /мин		11,2	18	28	35,5	45	56	71	90
Встречное фрезерование	Фактическая производительность Q_f , мм ³ /мин	0,7	2,6	12,2	21,3	30,0	43,4	62,2	82,2
	Эффективность удаления припуска \mathcal{E}_f , %	6,6	14,2	43,7	60,1	66,7	77,5	87,6	91,3
	Отклонение от прямолинейности в плоскости EFL, мм	0,06	0,13	0,27	0,3	0,3	0,22	0,19	0,12
	Отклонение формы заданного профиля ECL, мм	0,49	0,5	0,42	0,37	0,36	0,27	0,27	0,16
	Шероховатость R_a , мкм	4,6	16	31,3	37,7	37,2	14,1	2,7	4,2
Попутное фрезерование	Фактическая производительность Q_f , мм ³ /мин	1,4	4,3	6,3	9,6	18,0	23,6	39,6	47,8
	Эффективность удаления припуска \mathcal{E}_f , %	12,9	23,7	22,6	27,1	40	42,2	55,8	53,1
	Отклонение от прямолинейности в плоскости EFL, мм	0,06	0,12	0,2	0,24	0,32	0,29	0,36	0,3
	Отклонение формы заданного профиля ECL, мм	0,5	0,46	0,47	0,48	0,47	0,45	0,44	0,45
	Шероховатость R_a , мкм	5	9,4	11,4	10,8	21,2	24,9	34	21,9

Технології, матеріали, транспорт і логістика

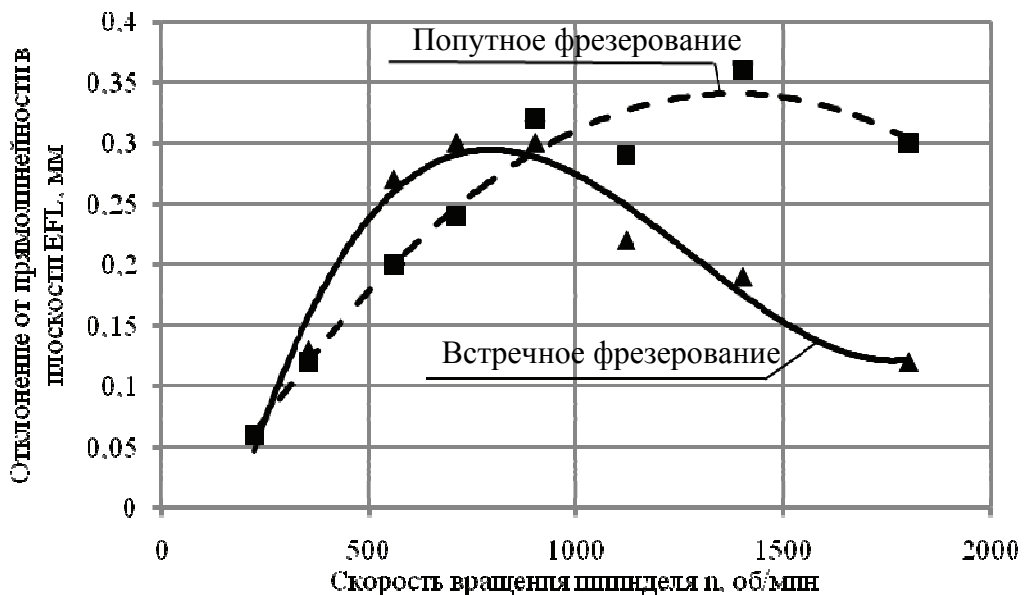


Рис. 6 Влияние направления фрезерования (встречное, попутное) на величину отклонения от прямолинейности в плоскости EFL

Влияние направления подачи на характеристику отклонения от прямолинейности в плоскости EFL (рис. 6) показывает, что до скорости вращения шпинделя $n < 900$ об/мин при встречном фрезеровании этот показатель выше, а с увеличением скорости $n \geq 900$ об/мин наблюдается его значительное снижение. Это явление подробно изучено в работе [2], где показано, что при концевом фрезеровании тонкостенных деталей, помимо вынужденных колебаний, связанных с входом и выходом зуба фрезы в припуск, в определенном скоростном диапазоне возникают автоколебания. Природа этих колебаний связана с появлением волнистости на поверхности резания. Поэтому к переменной толщине среза, характерной для цилиндрического фрезерования, добавляется дополнительное изменение толщины среза, связанное с регенерацией, т.е. резанием по вибрационному следу от предыдущего прохода зуба. Скоростной диапазон и интенсивность регенеративных колебаний при встречном и попутном фрезеровании неодинакова. Датчик перемещений – 2 (рис. 1) позволяет получать осциллограммы регенеративных колебаний при срезании припуска каждым зубом фрезы и определять скоростные зоны и интенсивность их появления. Для рассматриваемых условий при встречном фрезеровании регенеративные колебания появляются в зоне скоростей от $n=560$ об/мин до $n=1120$ об/мин, а при попутном от $n=710$ об/мин до $n=1400$ об/мин. Регенеративные колебания приводят к появлению регулярной волнистости на профилограммах обработанной поверхности (рис. 3 в,г).

Поэтому, показатель отклонения от прямолинейности в плоскости EFL с увеличением скорости вращения шпинделя выше $n=900$ об/мин для встречного фрезерования значительно меньше, чем для попутного.

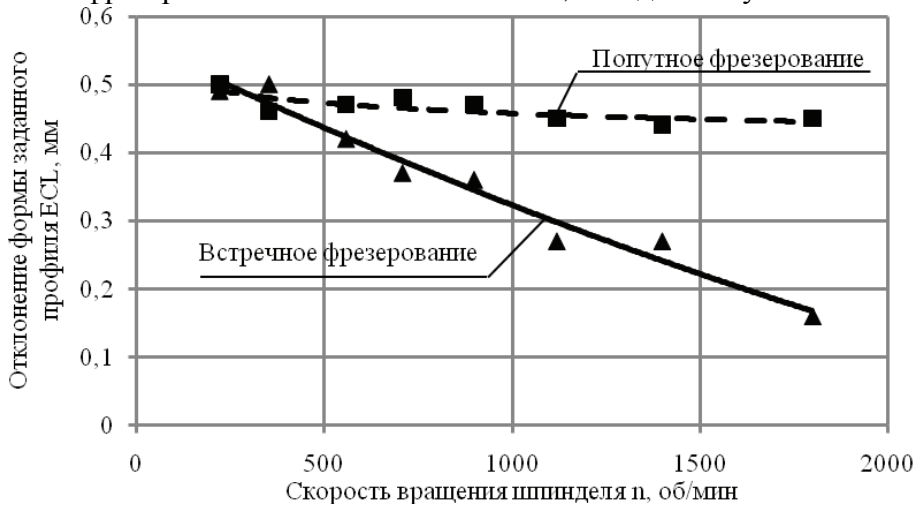


Рис. 7 Влияние направления фрезерования (встречное, попутное) на величину отклонение формы заданного профиля ECL

Отклонение формы заданного профиля ECL реального рельефа обработанной поверхности от его номинального уровня (рис. 7) для встречного фрезерования значительно ниже, чем для попутного. Это связано в первую очередь с эффективностью удаления припуска.

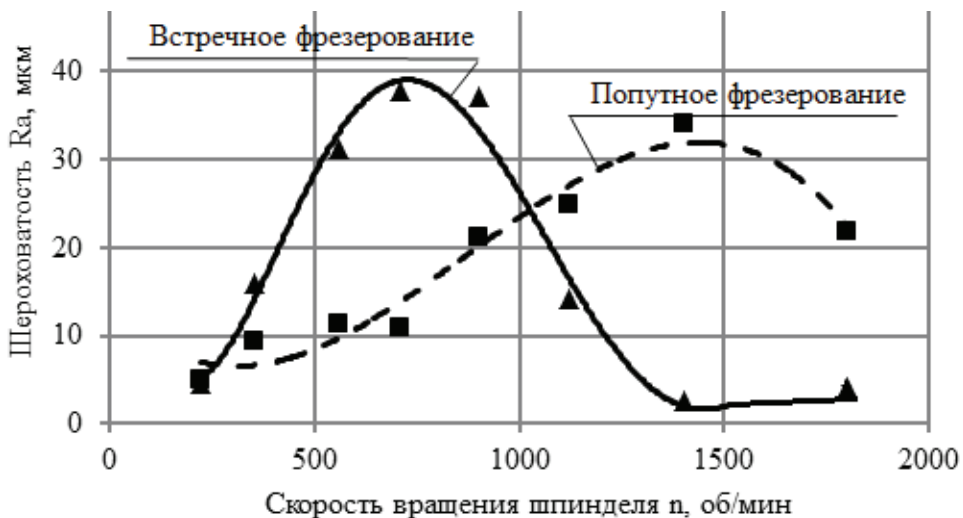


Рис. 8 Влияние направления фрезерования (встречное, попутное) на величину параметра шероховатости Ra

Сравнение значений параметра шероховатости Ra (рис. 8) для различных условий фрезерования показывает, что в зоне интенсивных регенеративных колебаний при встречном фрезеровании шероховатость выше, чем при попутном. Это связано с тем, что амплитуда регенеративных колебаний при встречном фрезеровании выше, чем при попутном до двух раз и более [2]. С увеличением скорости вращения шпинделя процесс обработки при встречном фрезеровании раньше выходит из зоны регенеративных колебаний и поэтому параметр шероховатости Ra обработанной поверхности при встречном фрезеровании при более высоких скоростях ниже, чем для попутного.

Выводы:

1. Закономерности удаления припуска, формирование точности и шероховатости обработанной поверхности при концевом фрезеровании тонкостенных деталей существенно отличается от обработки массивных деталей. Эти отличия обусловлены недостаточной жесткостью тонкостенных деталей, приводящие к ее упругимотжатиам и появлению вынужденных и автоколебаний.
2. Рассмотрена методология экспериментального измерения условий срезания припуска и формирования параметров качества обработки тонкостенных деталей при концевом фрезеровании. Применение современных датчиков перемещений позволяет с высокой точностью определять особенности срезания припуска, формирование рельефа обработанной поверхности и параметры колебаний детали при обработке.
3. Результаты исследований показывают, что эффективность удаления припуска при встречном фрезеровании значительно выше, чем при попутном и с увеличением скорости вращения шпинделя до $n=1800$ об/мин достигает более 90% от теоретической производительности (т.е. фрезерование абсолютно жесткой детали). При попутном фрезеровании в аналогичных условиях эффективность снятия припуска достигает 54%.
4. Параметры отклонения от прямолинейности в плоскости EFL и шероховатости Ra обработанной поверхности в первую очередь связаны с появлением регенеративных колебаний, причем скоростные зоны их возникновения для встречного и попутного фрезерования различны. При встречном фрезеровании автоколебания возникают в диапазоне от $n=560$ об/мин до $n=1120$ об/мин, а при попутном от $n=710$ об/мин до $n=1400$ об/мин. Поэтому с увеличением скорости резания показатели качества для встречного фрезерования улучшаются и становятся значительно выше, чем для попутного.

5. Отклонение формы заданного профиля ECL для встречного фрезерования значительно меньше, чем для попутного и это в первую очередь определяется большей эффективностью удаления припуска при встречном фрезеровании.
6. В целом результаты исследования показали, что применение встречного фрезерования, при условии выхода из скоростной зоны возбуждения регенеративных колебаний, является более эффективным и может быть рекомендовано для промышленного применения на скоростном современном оборудовании.

Литература

1. Внуков Ю.Н. Стенд для исследования механических колебаний при фрезеровании маложестких деталей концевыми фрезами. / Ю.Н. Внуков, В.А. Логоминов, П.А. Каморкин // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011 – вып. 79 – с.32-37.

2. Логоминов В.А. Формирование шероховатости обработанной поверхности при концевом цилиндрическом фрезеровании тонкостенных элементов деталей: дис. канд. техн. наук / В.А. Логоминов. – Запорожье, 2013., 226с.

Надійшла до редакції 09.04.2014

УДК 67.02



А.А. Верещака,
к.т.н., ст.н. сотр.
Московский
Государственный
технологический
университет
СТАНКИН
ecotech@rambler.ru



А.С. Верещака,
д.т.н., проф.
Московский
Государственный
технологический
университет
СТАНКИН
dr_averes@rambler.ru

НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

А.А.Верещака. Некоторые тенденции совершенствования функциональных покрытий для режущих инструментов. В работе рассмотрена методология проектирования функциональных покрытий для режущего инструмента. Для формирования покрытий использовали процессы ассистированного вакуумно-дугового осаждения с фильтрацией конденсата, позволяющие увеличивать эффективность различных типов режущего инструмента за счет совершенствования структуры покрытия, развитости межзеренных и межслойных границ покрытия за счет наноструктуры, повышения прочности адгезии покрытия с субстратом.

A.A.Vereschaka. Some trends in improvement of functional coatings for cutting tools. The paper considers the design methodology of functional coatings for cutting tools. For the formation of coatings used the process of assisted cathodic-vacuum arc deposition with filtration of a condensate, allowing to increase the effectiveness of different types of cutting tools by improving the coating structure, development of interfaces of crystal and sublayers boundary of coating by means of creation of nanostructures and improving the adhesion strength between coating and the substrate

Введение. Среди существующих принципов создания функциональных покрытий различного назначения наиболее перспективной является концепция многослойной архитектуры покрытий, так как подобные покрытия способны удовлетворять гамме зачастую противоречивых требований. Например, при использовании данной концепции можно создать конструкцию покрытия, состоящую из отдельных слоев различного функционального назначения, обеспечивающих максимальное снижение интенсивности изнашивания инструмента в различных условиях обработки. Многослойные покрытия могут интегрировать гамму строго функциональных свойств, связанных с:

- необходимостью обеспечения надлежащих по уровню и знаку остаточных напряжений;
- торможением тепловых потоков от фрикционных источников тепла, возникающих при резании;

- и обрабатываемым материалами; барьерными функциями для интердиффузионных процессов между инструментальным повышением прочности адгезионной связи покрытия с субстратом
- обеспечением сбалансированности свойств композиции «субстрат-покрытие» по твердости и вязкости;
- снижением физико-химической активности инструментального материала по отношению к обрабатываемому и т.д.

Кроме того, многослойная архитектура позволяет создавать покрытия, одновременно включающие метастабильные и многокомпонентные материалы в едином геометрическом теле и, таким образом, дает возможность сочетать различные концепции отдельных слоев в многослойном покрытии.

Таким образом, создание многослойных покрытий для режущего инструмента, исходя из выбора функций каждого отдельного слоя при оптимизации их последовательности и толщин, позволяет конструировать свойства и эксплуатационные характеристики инструмента с покрытием в целом.

В представленной работе рассмотрены современные тенденции и некоторые принципы методологии создания архитектуры многослойно-композиционных покрытий для режущего инструмента, исходя из функциональности каждого отдельного слоя при использовании модифицированных процессов ассистированного катодно-вакуумно-дугового синтеза с фильтрацией конденсата. Катодно-вакуумно-дуговые процессы получили наименование в практике производства режущего инструмента процессы КИБ или Metal Vapor Vacuum Arc (MeVVA).

Основные тенденции совершенствования покрытий для режущего инструмента. За последние десятилетия проведен большой объем исследований по разработке инновационных типов покрытий, которые по архитектуре, составу и свойствам в максимальной степени удовлетворяют условиям функционирования режущего инструмента.

Анализ функциональной роли покрытия на контактных площадках режущего инструмента (рис.1) позволяет отметить следующее.

Покрытие можно рассматривать как некую «промежуточную технологическую среду» (ПТС) между инструментальным и обрабатываемым материалами, которая выполняет двойственную роль. С одной стороны, покрытие может повышать такие свойства инструментального материала как твердость, теплостойкость, износостойкость, физико-химическая пассивность по отношению к обрабатываемому материалу. С другой стороны, с помощью покрытия можно благоприятно влиять на контактные процессы и параметры резания. В частности, покрытие может способствовать снижению трения в областях фрикционного контакта и уменьшать мощность фрикционных источников тепла, повышать температурный порог начала адгезии, снижать актив-

ность диффузионных процессов, что позволяет уменьшить интенсивность изнашивания инструмента.

Кроме того, покрытие способно выполнять «барьерные функции» между инструментальным и обрабатываемым материалами, т.е. способствовать снижению интенсивности теплового потока в инструмент, тормозить диффузию между инструментальным и обрабатываемым материалами и т.д.

Анализ систематизированных требований к покрытию позволяет отметить, что однослойные (монослойные, однокомпонентные) покрытия не удовлетворяют всем функциональным требованиям к покрытиям для режущего инструмента. В наибольшей степени таким требованиям отвечают многослойно-композиционные покрытия со слоями различного функционального назначения, что хорошо объясняет тенденцию создания покрытий последнего поколения для режущего инструмента на основе многослойно-композиционной архитектуры. Покрытия подобной архитектуры формируют в соответствии с вышеизложенными принципами функциональности каждого из слоев, включая верхний и нижний слои, контактирующие с обрабатываемым и инструментальным материалами. Оптимизацию структуры ИК обычно выполняют путем варьирования расположением слоев, их составами (физическими свойствами) и параметрами (толщина), а также на основе специальных исследований параметров инструмента с покрытием при резании. Архитектура подобных покрытий, которую обычно называют износостойким комплексом (ИК), содержит несколько слоев, имеющих строго функциональное назначение (рис.2).

Таким образом, покрытие является уникальной технологической средой способной повышать сопротивляемость инструментального материала изнашиванию при одновременном снижении факторов внешнего воздействия, приводящих к такому изнашиванию.

На основе анализа функций покрытия, как ПТС между инструментальным и обрабатываемым материалами, можно сформулировать функциональные требования к основным элементам многослойного покрытия (рис.2):

- *адгезионный подслой* (3) должен обладать максимальным кристаллохимическим подобием по отношению к материалу субстрата (инструментальному материалу) и обеспечивать прочную адгезию между ними (4);
- *промежуточный слой* (2) должен выполнять различные функции по снижению трения (антифрикционные функции), повышению сопротивляемости инструментального материала высокотемпературной коррозии (антикоррозионные функции), уменьшению передаваемого тепла от фрикционных источников, или интенсивность диффузии между инструментальным и обрабатываемым материалами (барьерные функции);

· *износостойкий слой* (1) должен обладать максимальной физико-химической пассивностью по отношению к обрабатываемому материалу и повышать сопротивляемость изнашиванию контактных площадок инструмента.

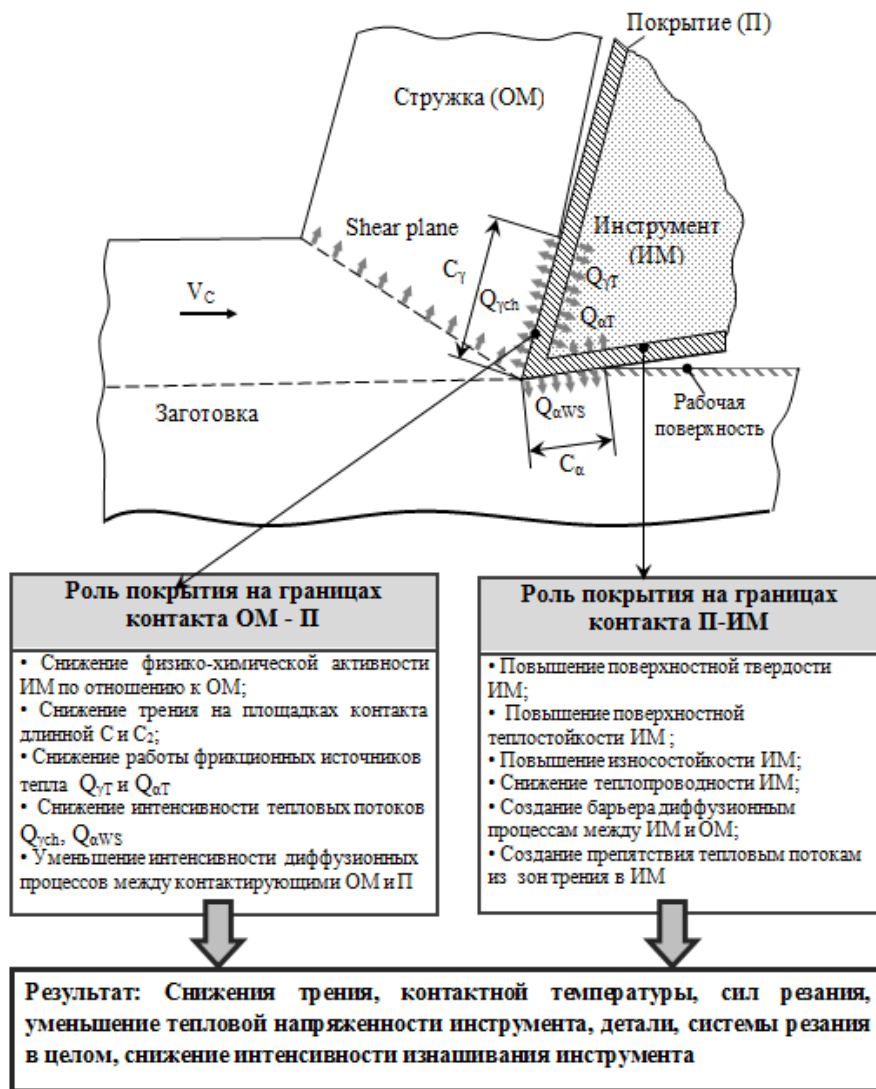


Рис.1 - Обобщенное представление о двойственной природе покрытий на рабочих поверхностях инструмента: Q_n , Q_3 , Q_{m3} - тепловые потоки в инструмент и деталь от фрикционных источников тепла; C_1 и C_2 - длины контакта по передней и задней поверхностям инструмента. ИМ - инструментальный материал; ОМ - обрабатываемый материал; П - покрытие.

Каждый из слоев многослойно-композиционного покрытия может иметь как монослойную (микроструктурирование), так и многослойную (наноструктурирование) архитектуру.

Проанализируем основные направления создания инновационных покрытий последнего поколения.

В настоящее время разработка современных покрытий композиционного и многослойного типов ведется при использовании следующих основных концепций:

- покрытия на основе упрочняющих твердых растворов;
- покрытия со слоями, градуированными по типам связи;
- покрытия на основе метастабильных систем с гомогенной металлоидной структурой;
- покрытия с наноструктурированными многофазными слоями;
- супермногослойные покрытия со слоями наноразмерной толщины.

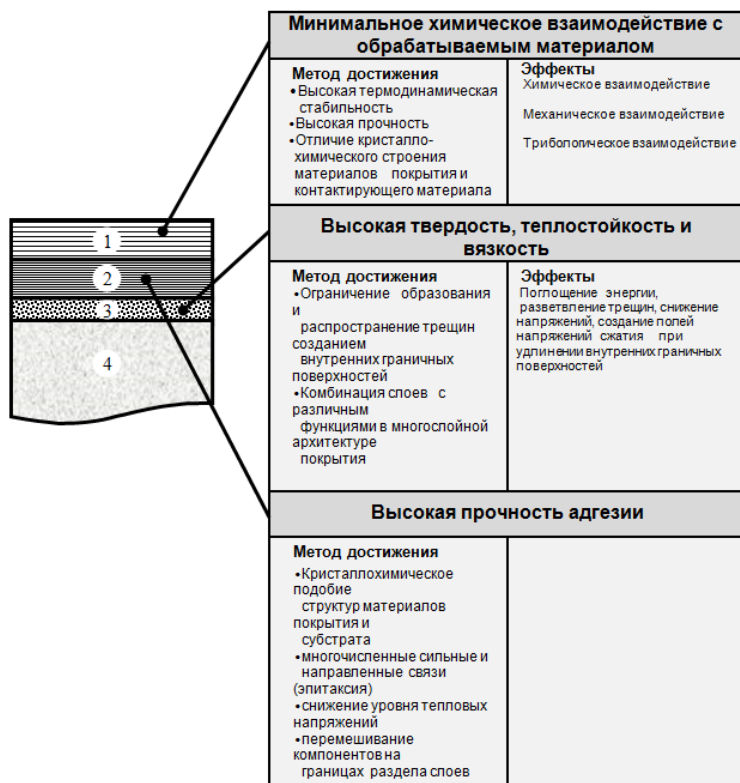


Рис.2 - Систематизация требований общих требований к покрытию для режущего инструмента, исходя из его двойственной природы: 1 – износостойкий слой; 2 – барьерный слой; 3 – адгезионный подслой; 4 – субстрат (инструментальный материал); ИК – износостойкий комплекс.

© А.А. Верещака, АС. Верещака, 2014

Основная тенденция совершенствования и развития архитектуры износостойких покрытий для инструмента связана с переходом от однокомпонентных покрытий (типа TiC, TiN, TiCN) к многокомпонентным композиционным покрытиям на основе систем двойных соединений нитридов (Ti,Al)N [1-4], (Ti,Zr)N [5,6-10], (Ti,Nb)N [11,12,13], (Ti,Hf)N, (Ti,Mo)N [1], а также тройных соединений нитридов (Ti,Al,V)N, (Ti,Zr,C)N [1,2,15-16,19-26]). Все большее применение получают многофункциональные покрытия для высокоскоростного сухого резания, включающие антифрикционные слои на основе алмазоподобного аморфного графита (DLC, α -WC:H) [9], которые используют для сокращения количества СОТС или полного отказа от ее применения при лезвийной высокоскоростной обработке.

Ведущими производителями режущего инструмента разработаны износостойкие покрытия последнего поколения на основе концепции многослойно-композиционной архитектуры со слоями функционального назначения для нанесения на сменные многогранные пластины (СМП) из твердых сплавов. В последние годы проводится большой объем исследований по разработке инновационных типов покрытий, которые по составу, структуре, архитектуре и свойствам способны выполнять многоцелевые задачи по повышению эксплуатационных свойств режущего инструмента различного назначения. Все большее применение для решения данных задач получают многослойно-композиционные наноструктурированные покрытия. Рассмотрим более подробно основные особенности таких покрытий.

Наноструктурированные покрытия. Анализ основных типов многослойных покрытий, используемых в машиностроении, позволяет классифицировать покрытия на основные группы по толщине отдельных слоев:

- макрометрические с толщиной $10^{-1,5} \dots 10^{-3,5}$ мм;
- микрометрические с толщиной $10^{-4,8} \dots 10^{-6,8}$ мм;
- нанометрические с толщиной $10^{-7,8} \dots 10^{-9,7}$ мм.

При этом все типы покрытий, имеющие структуру с размерами зерен менее 100 нм, получили наименование «наноструктурированные» [9]. При использовании вакуумно-дуговых процессов осаждения покрытий КИБ-MeVVA наноструктурированные многослойные покрытия со слоями наноразмерной толщины обычно синтезируют при следующих условиях:

- путем бомбардировки осаждаемого конденсата (импульсной или постоянной) металлическими или газовыми ионами, имеющими различные энергии, причем с повышением энергий ионов от 1,0 - 10 до 100 - 200 КэВ существенно увеличивается вероятность формирования наноразмерных структур покрытий;
- методом «смешивания» осаждаемого конденсата воздействием высокоэнергетических ионов;

- имплантацией в осаждаемый конденсат элементов внедрения (ионов металла или газа), сдерживающих рост зерен при температурах синтеза покрытия;
- понижением температуры формирования покрытий за счет увеличения степени ионизации конденсируемого ионного потока, что позволяет тормозить рост размеров зерен.

Рассмотрим преимущества, которые обеспечивают инструменты с наноструктурированными покрытиями.

Прочностные свойства материала т.е. его поведение под нагрузкой в условиях воздействия повышенных температур сильно зависят от микроскопического механизма зарождения, движения и взаимодействия дефектов кристаллического материала. Подобные дефекты классифицируют на четыре группы: точечные, линейные, поверхностные (линейные) и объемные дефекты. Точечные дефекты (вакансии - узлы кристаллической решетки, не занятые атомами) при достижении теплового равновесия являются основным дефектом материала при максимальной концентрации вакансий порядка 10^{-4} - 10^{-5} . Линейные дефекты (дефекты дислокационного типа) играют важную роль в образовании реальной кристаллической структуры материала, так как дислокации создают в кристалле характерное смещение из узлов идеальной кристаллической решетки, а ее упругие искажения существенно влияют на свойства кристалла и материала в целом.

Согласно современным физическим представлениям, разрушение материала происходит в результате предшествующей пластической деформации, приводящей к зарождению и росту трещин на основе дислокационного механизма (путем разрыва атомных связей в вершине трещины или объединения большого числа трещин) [17-18]. В частности, для поликристаллических материалов хрупкому разрушению предшествует раскрытие зародышевой трещины перед скоплением дислокаций у любого препятствия (чаще на межзеренных границах) [18]. Интеркристаллитное разрушение происходит чаще всего при повышенных температурах в условиях ползучести за счет образования сегрегации на поверхности зерен поликристалла и выделения избыточных фаз на границах зерен.

Поведение наноструктурированных материалов с размерами зерен менее 80 нм при разрушении определяется, главным образом, процессами на границах зерен, поскольку атомов в зернах меньше, чем на границах. Поэтому при деформации материала вероятность зарождения дислокаций, их движение и концентрация у препятствий, предшествующего формированию зародышевых трещин, в зернах практически отсутствует и концентрируется на их границах, приводя к упрочнению [18]. Действуют новые механизмы формирования и разрушения, связанные со скольжением по границам зерен. Это позволяет прогнозировать новые, уникальные свойства наноструктурированных материалов.

Наноструктурированые многослойные покрытия можно классифицировать на три группы (рис.3):

- а - стандартные износостойкие покрытия, имеющие многослойную архитектуру, из материалов с одинаковыми химическими связями и структурой;
- б - многослойные покрытия из материалов с сильным отличием химических связей и структуры;
- в - многослойные покрытия, имеющие слои с внутренними граничными промежуточными подслоями нанометрической толщины.

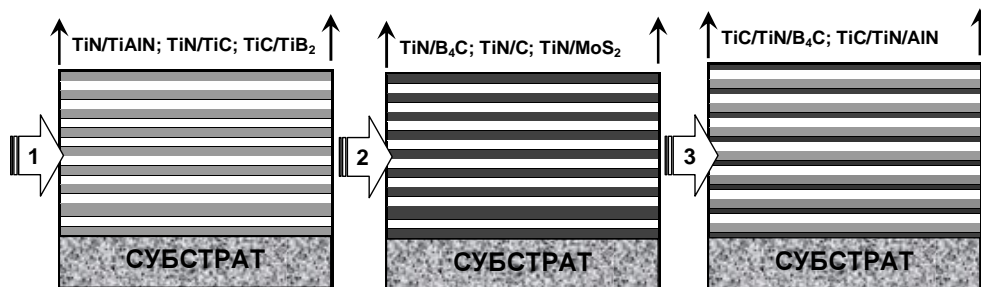


Рис.3 – Классификация многослойно-композиционных наноструктурированных покрытий по архитектуре: 1 – со слоями с одинаковыми химическими связями (а); 2 – из материалов с сильным отличием химических связей и структуры (б); 3 – с внутренними подслоями нанометрической толщины (в) [10].

Многослойные покрытия, имеющие слои с одинаковым характером химических связей, наиболее широко применяются для нанесения на режущие и штамповые инструменты и различные детали. Чаще всего в подобных покрытиях комбинируют слои из нитридов, карбидов, карбонитридов и боридов переходных тугоплавких металлов IV – VI групп Периодической таблицы и алюминия - TiN, TiC, Ti(CN), TiB₂, AlN [1-4] .

Кроме того, необходимо обеспечение максимально благоприятного соотношения таких важнейших характеристик покрытия как «твердость/вязкость». Для покрытий из соединений тугоплавких металлов с высокой твердостью и достаточно большой хрупкостью, одни и те же механизмы могут привести как к повышению вязкости и прочности, (например, у хрупких керамических материалов, имеющих плотноупакованную кубическую решетку), так и ее снижению (материалы с гексагональными решетками).

С помощью многослойных покрытий с наноразмерной толщиной каждого из его слоев можно активизировать различные виды процессов погло-

плення енергії, що при оптимальних архітектурі і структурі покриття приводить до підвищенню вязкості і прочності матеріала покриття лише при незначительному зниженні твердості (обеспечение сбалансированного соотношения «твердость/вязкость»). Некоторые способы управления свойствами покрытий схематично представлены на рис.4.

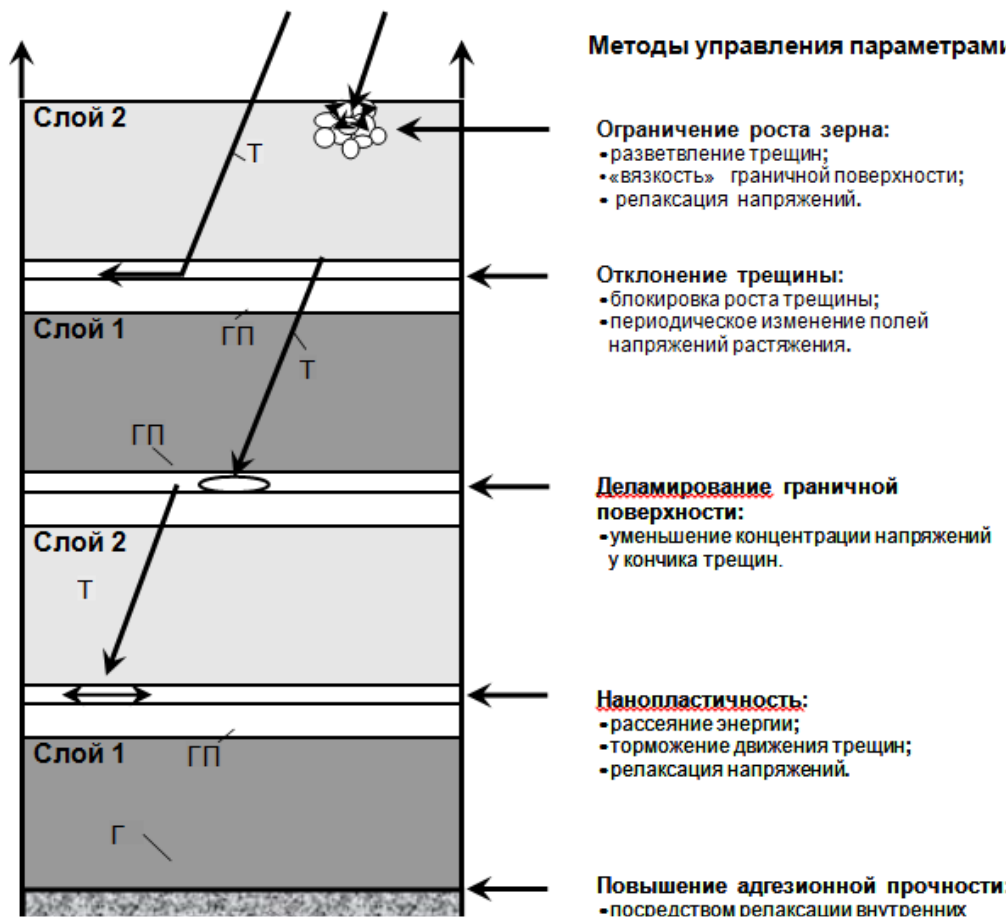


Рис.4 - Факторы, влияющие на управление свойствами покрытий: ГП – граничные поверхности, Т – трещина, Слой 1, Слой 2 – слои покрытия из различных материалов

Многослойные покрытия с супер-решетчатой структурой (Superlattice). Относительно новым, перспективным направлением совершенствования являются покрытия разработки так называемых покрытий с «супер-решетчатой» структурой. На практике очень часто не проводят четкого деления между многослойными покрытиями с наноразмерной толщиной слоев и супер-

решетчатими покриттями [9,10]. Необхідно различать монокристаллические и поликристаллические супер-решетчатые покрытия. В обоих случаях речь идет о защитных покрытиях с экстремальными значениями некоторых свойств, что предопределяет перспективность их применения для режущего инструмента.

Например, такие комбинации, как TiN/VN или TiN/NbN обладают высокими значениями твердости и модуля упругости при параметрах решетки от 5 до 10 нм.

Следует отметить, что, как правило, при очень высокой твердости подобных покрытий установлено небольшое значение критический нагрузки разрушения покрытия (мера прочности адгезии покрытия по отношению к субстрату), что сдерживает широкое практическое применение покрытий с супер-решетчатой структурой. В этой связи необходимо заметить, что не все типы супер решетчатых покрытий могут иметь высокие значения основных свойств. Например, комбинации TiC/TiN, TiC/TiN и TiN/TiAlN синтезировали с толщиной слоя в диапазоне 1-500 нм. Максимальная твердость покрытия была получена для варианта с многослойной архитектурой, имеющего от 100 до 200 слоев при общей толщине покрытия 5 мкм, что соответствует толщине слоя от 25 до 50 нм.

Эффекты супер-решетчатой структуры проявляются также при изменении и других параметров, например модуля упругости отдельных слоев покрытия. В настоящее время основные модели, устанавливающие механизмы связи параметров супер-решетки с особыми свойствами покрытий строятся на положении, согласно которому изменение свойств связано с ограничением перемещения дислокаций на граничных поверхностях. Однако следует признать, что эти модели являются дискуссионными и носят гипотетический характер.

Многослойные покрытия с наномоделированной структурой. Слоистая архитектура покрытий со слоями наноразмерной толщины позволяет стабилизировать (фиксировать) определенную текстуру каждого слоя покрытия и создать материалы для покрытий нового типа. Существует множество примеров такого моделирования структуры покрытия. Примером подобного «конструирования» покрытия могут служить многослойные покрытия TiC/TiB₂, у которых наблюдают рост плоскостей с текстурой (III) TiC на плоскостях с текстурой (001) TiB₂ [4,9,10].

Минимизация энергии граничных поверхностей является еще одним направлением создания свойств материалов для покрытий нового поколения [9]. Так, наблюдается стабилизация кубической гранецентрированной решетки слоя AlN в многослойной архитектуре покрытия TiN/AlN и кубической гранецентрированной решетки SiC в многослойной архитектуре покрытия TiC/SiC.

Отмеченный эффект стабилизации той или иной структуры многослойного покрытия возможен только для очень тонких (наноразмерных) слоев с толщиной менее 80 нм, тем не менее, такая архитектура покрытий создает большие перспективы для материалов нового типа. Например, подобным путем можно теоретически стабилизировать также решетку соединения C_3N_4 посредством встраивания в слоистую структуру решетки Si_3N_4 , как это гипотетически продемонстрировано на рис. 5. Твердость такого соединения, исходя из теоретических соображений, должна быть больше, чем у алмаза [9].

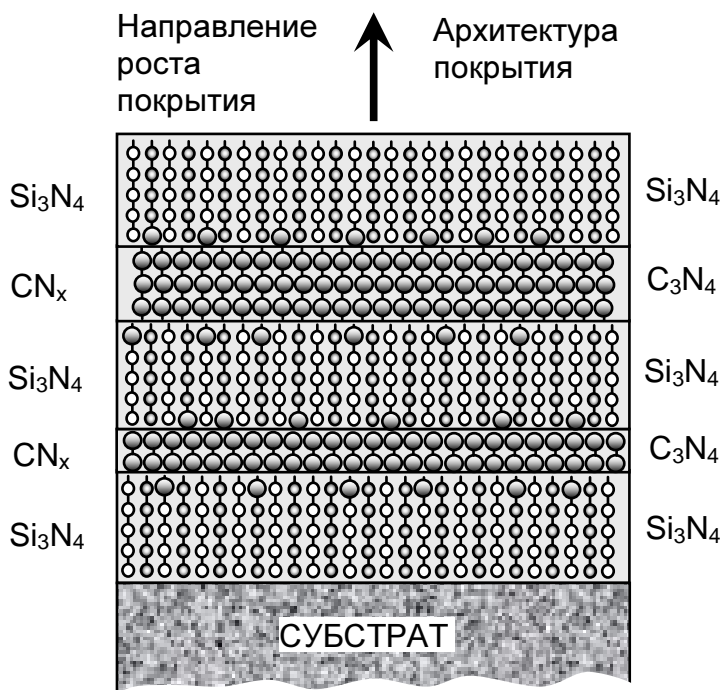


Рис.5 - Гипотетическая модель многослойно-композиционного покрытия с наноразмерными слоями, включающего супертвердые слои C_3N_4 встроенные в слоистую структуру Si_3N_4 [16]

Требования к покрытиям для инструмента и условия выбора их состава и свойств. Как было показано выше, покрытие можно рассматривать как некоторую промежуточную технологическую среду (ПТС) между инструментальным и обрабатываемым материалами (см. рис.1). На основе этого положения были систематизированы общие требования к защитным покрытиям (см. рис.2), которые являются основой несколько специфичных требований к покрытиям для режущего инструмента. Такие требования можно классифи-

цировать на три основные группы исходя из положения о том, что покрытие должно:

1. По времени стабильно функционировать на контактных площадках инструмента без преждевременного разрушения (роль покрытия, как сплошного твердого тела);

2. Обеспечивать благоприятную трансформацию контактных процессов при резании (служебное назначение покрытия).

3. Иметь прочную адгезионную связь с материалом субстрата (материалы инструмента и покрытия должны функционировать как единое твердое тело).

Эти требования, формулируются, исходя из различных позиций и могут быть достаточно противоречивыми. Рассмотрим эти требования более подробно.

1. Общие функциональные требования к покрытию (группа требований 1):

- покрытие должно быть устойчивым против коррозии и окисления;
- сохранять свои свойства при высоких температурах;
- обладать минимальным количеством дефектов (поры, включения, искажения кристаллической структуры и т.д.);
- обладать высоким пределом выносливости.

2. Требования, связанные со служебным назначением покрытия, которое должно иметь (группа требований 2):

- максимальное отличие кристаллохимических структур покрытия и обрабатываемого материала;
- максимально высокий температурный порог начала адгезии и низкую склонность к адгезии с обрабатываемым материалом;
- минимальную способность к диффузионному растворению в обрабатываемом материале;
- твердость, не менее чем в 1,5–2,0 раза превышающая твердость инструментального материала.

3. Требования, связанные с необходимостью обеспечения высокой прочности адгезии покрытия с субстратом (группа требований 3), что предусматривает:

- максимальное подобие кристаллохимических параметров материалов покрытия и инструмента;
- минимальное отличие физико-механических и теплофизических свойств материалов покрытия и инструмента;
- минимальную вероятность возникновения твердофазных диффузионных реакций при температурах резания между материалами покрытия и инструмента.

Для выполнения указанных условий при разработке инструментального материала с покрытием необходимо решать следующие научные задачи [1]:

1. Выбор состава покрытия должен осуществляться, исходя из условия максимального снижения вероятности схватывания между обрабатываемым материалом и покрытием. Мерой снижения склонности к адгезии может служить термодинамический критерий, в соответствии с которым изобарный потенциал реакции ΔG^{\bullet}_T , протекающей в двухмерном моноатомном пространстве пограничного слоя между покрытием и обрабатываемым материалом, должен иметь положительное значение. Теоретическую оценку адгезии между покрытием и обрабатываемым материалом можно осуществить также с помощью энергетического критерия, согласно которому минимизация прочности адгезии может произойти при минимальном значении величин средних значений энергии единичных связей пары «покрытие – инструментальный материал».

2. При выборе состава покрытия необходимо обеспечивать достаточно большую прочность адгезии между материалами покрытия и инструмента.

Максимальную прочность адгезии пары «покрытие – инструментальный материал» можно обеспечить при отрицательном значении изобарного потенциала ΔG^{\bullet}_T реакции в двухмерном моноатомном пограничном слое между ними или при максимальном значении величин средних энергий единичных связей пары «покрытие – инструментальный материал». При этом материалы покрытия и инструмента не должны образовывать хрупких интерметаллидов при термомеханических нагрузках, возникающих при резании.

3. Удовлетворительная работоспособность инструмента с покрытием может быть обеспечена при оптимальных значениях основных параметров покрытия (толщина, соотношение толщин слоев, микротвердость, фазовый состав, структура и т.д.). Поэтому при разработке инструмента с покрытием необходимо решить задачи оптимизации параметров покрытия в зависимости от условий процесса резания.

Наиболее эффективно свойствами композиционного инструментального материала с покрытием можно управлять за счет варьирования химическим составом покрытия, его структурой и типом связи с инструментальным материалом. В свою очередь, указанные параметры сильно зависят от метода нанесения покрытия и технологических условий формирования исходных свойств инструментального материала. В частности, сильное влияние на структуру и дефектность покрытия, тип связи с инструментальной матрицей может оказать субструктура, загрязненность и дефекты приповерхностных слоев инструментального материала.

4. Некоторые результаты реализации разработанной методологии проектирования покрытий для режущего инструмента.

Реализацию методологических положений по формированию наноструктурированных многослойно-композиционных покрытий производили применительно к сменным многогранным платинам (СМП) из различных типов твердых сплавов. Покрытия многослойно-композиционной архитектуры формировали в соответствии с вышеизложенными принципами функциональности каждого из слоев. Оптимизацию архитектуры покрытия выполняли путем варьирования расположения слоев, их составов и физических свойств, а также на основе специальных исследований износостойкости инструмента с покрытием при резании [5,15,16,19-27] рис.6, таблица 1.

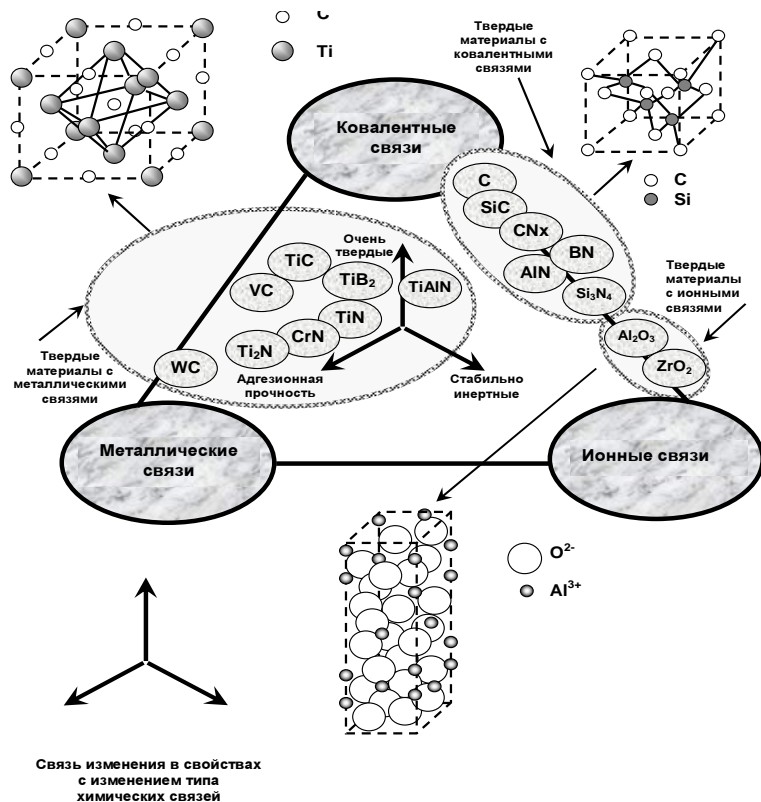


Рис.6. Систематизация соединений, наиболее пригодных для использования при проектировании покрытий для режущего инструмента [4].

Для улучшения адгезии между покрытием и основой использовали очень тонкие слои металла (например, Ti, Cr, Al) или слои нитрида металла (TiN, CrN, ZrN), которые вводили между материалами покрытия и субстрата. Более толстые промежуточные слои различного функционального назначения (трибопассивные, износостойкие и т.д.), например на основе систем Ti-N, Cr-N, Ti-Al-N, Ti-Cr-

N, Ti-Al-Cr-N и др., наносили для получения композиционных покрытий с общей толщиной, соответствующей условиям применения покрытия в целом.

В верхней части композиционного покрытия, как правило, располагали твердые коррозионно-стойкие слои, позволяющие уменьшить трение, блокировать тепловые потоки и диффузию элементов из обрабатываемого материала в инструментальный и наоборот. Установлено, что слои TiCrN и TiAlN имеют собственную субструктуру, которая формируется как за счет изменения параметров процесса синтеза (ток дуги, давление реакционного газа, напряжение смещения) и планетарного перемещения инструмента между Ti, Cr, Al -испарителями в процессе осаждения покрытия, так и в результате импульсного воздействия бомбардирующих ионов Cr на осаждаемый конденсат с энергиями до 50 кэВ и частотой импульса 20...100 Гц.

Таблица 1. Рекомендации по выбору предпочтительных составов элементов многослойно-композиционных покрытий и основные требования к ним.

	Износостойкий слой «1»	Адгезионный подслой «3»	Трибоактивный слой «2»
Рекомендуемые составы	CrN>CrC>CrB>VN>ZrN>ZrC>ZrB>TiN>TiC>TiB ₂ >HfB ₂ ; Карбиды, итриды, карбонитриды, бориды: (Ti, Cr) > (Ti, Mo) > (Ti, Al) > (Ti, Zr) > (Zr, Nb) > (Ti, Nb, Cr) > (Ti, Cr, Al) > (Ti, Zr, Al)	Металлические подслои: Zr > Cr > V > Ti ; Металлические композиции: Zr-Cr > Ti-Cr > Ti-V Соединения: ZrN > (Ti, Cr)N > TiN > (Ti, V)N	-C> MoS ₂ > (Mo, Ti)S _x > Me _x (JO ₃) _y > AlN-(Ti, Al)N> AlN-CrN
Важнейшие требования	1. $\Delta G_T^{\circ} > 0$ для пары ОМ-«а» 2. $M_a \rightarrow \min$ 3. Мах. значения: HV, γ , K _{1C}	1. $\Delta G_T^{\circ} < 0$ для пар «d»-ИМ, 2. «d»-«с», 3. Необходимость соблюдения правила «Юм-Розери» для пар: «d»-ИМ”, «d» -«с»”	1. $\Delta G_T^{\circ} > 0$ для пар «b»-ОМ 2. $\Delta G_T^{\circ} < 0$ для пар «b»-«а»; «b»-«с»; 3. Необходимость соблюдения правила «Юм-Розери» для пар: «b»-«а», «b»- «с»

* Примечание. ΔG_T° - изобарный потенциал реакции при температуре эксплуатации режущего инструмента; Юм-Розери – правило растворимости двух элементов друг в друге (разница их атомных диаметров не должна превышать 15%); TiB₂ > HfB₂ > TiC > – предпочтительный ряд соединений для различных элементов МФП (по мере возрастания).

Анализируют особенности строения и структуру наружного слоя трехслойного покрытия Ti-TiN-TiAlN, представленного на рис. 7.

Исследование морфологии поверхности TiAlN-слоя показало, что использование разработанных процессов вакуумно-дугового осаждения с фильтрацией микрокапель позволяет существенно улучшить качество покрытия за счет практически полного их исключения.

Количественный анализ TiAlN-слоя покрытия показал, что соотношение Ti/Al в слое покрытия сильно изменяется при соответствующем изменении условий синтеза – тока дуги I_{Ti} , давления азота P_N и напряжения смещения при осаждении покрытия U_k .

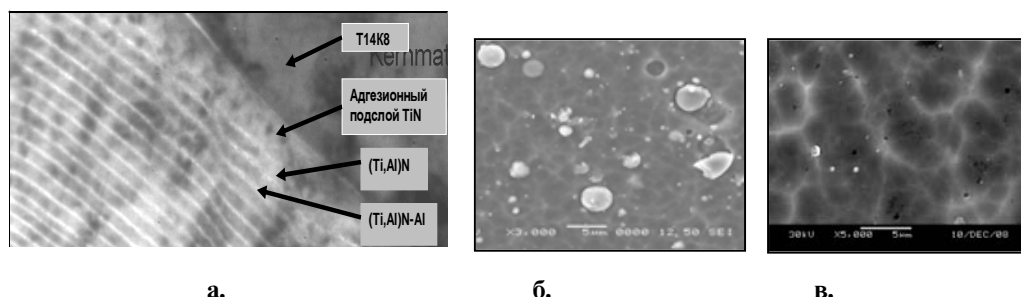


Рис.7. Структура TiAlN-слоя с наноразмерными субслоями (а) и морфология его поверхности, полученная при использовании стандартного (б) и модернизированного (ассистированный с фильтрацией капель) (в) процессов КИБ-MeVVA .

Изменение I_{Ti} от 40 до 80 А приводит к изменению массовой доли Ti в покрытии от 21,3 до 38,3 % при соответствующем изменении массовой доли Al от 44,7 до 33,0 %, что полностью подтверждает положения работ [5]. Очевидно, что изменение соотношения элементов слоев многослойно-композиционных покрытий (например, TiAlN-слоя) оказывает сильное влияние и на режущие свойства инструмента.

Для оценки режущих свойств различных типов инструмента с разработанными ИК были проведены широкие лабораторные и промышленные исследования различных типов режущего инструмента с разработанными покрытиями. Полученные данные испытаний инструмента, оснащенных твердосплавными пластинами с разработанными составами покрытий, показали их высокую эффективность не только при продольном точении стали 45, но и при точении и фрезеровании труднообрабатываемого хромоникелевого сплава ХН77ТЮР. В частности, применение разработанных составов покрытий с наноразмерными субслоями как при сухом резании, так и при резании с жидкими СОТС позволяет повысить стойкость инструмента в 2...5 раз при точении конструкционных сталей (на примере стали 45) и труднообрабатываемых мате-

риалов (на примере хромоникелевого сплава ХН77ТЮР) по сравненію со стойкостью инструмента со стандартными типами покрытий. Результаты сравнительных испытаний стойкости инструмента, оснащённого СМП тангенциальной формы LNMХ из сплава Т14К8 с покрытием Ti-TiN-TiCrAlN толщиной $h_n = 3,5 \dots 4,0$ мкм со стойкостью СМП формы LNMХ с коммерческими покрытиями последнего поколения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты сравнительных стойкостных исследований СМП формы LNMХ

Производитель	Состав и архитектура покрытия	Толщина покрытия	Стойкость, мин	Коэффициент вариации, v	Коэффициент стойкости $K_{TL} = T_C / T^*$
Производитель 1	TiN-TiCN-TiN	9.0	45,6	0,448	1,18
Производитель 2	TiCN-Al ₂ O ₃ -TiN	10.0	26,4	0,452	1,05
Производитель 3	TiC-TiCN-TiN	10.0	25,0	0,46	0,64
Разработанные ИК	Ti-TiN-TiCrAlN	4.0	88,1	0,355	2,19

* T_C – среднее значение стойкости инструмента с покрытием; T – среднее значение стойкости контрольного инструмента без покрытия.

Установлена высокая эффективность СМП формы LNMХ из твердого сплава Т14К8 с разработанным ИК по сравнению с коммерческими аналогами при тяжелой восстановительной обточке катальной поверхности колесных пар. В частности, отмечено не только более высокое среднее значение стойкости (88,1 мин) и коэффициента стойкости K_{CT} (2,19), но и снижение коэффициента вариации стойкости ($v = 0,355$). Последнее свидетельствует о существенном повышении надежности тангенциальных СМП формы LNMХ из сплава Т14К8 с разработанными ИК для высокоэффективной тяжелой восстановительной обточки дефектной поверхности железнодорожных колесных пар.

Результаты исследований стойкости токарных резцов, оснащенных СМП из сплавов ТТ10К8Б (обработка стали) и ВРК-13 (обработка жаропрочного сплава ХН77ТЮР) с различными вариантами покрытий представлены на рис.8 и 9. В таблице 3 показаны результаты испытаний торцовых фрез $\varnothing 63$ мм, оснащённых пластинами из быстрорежущей стали Р6М5 с $v = 89$ м/мин, $S_Z = 0,28$ мм/зуб, $t = 1,5$ мм при сухом симметричном фрезеровании легированной стали 20MnCr5.

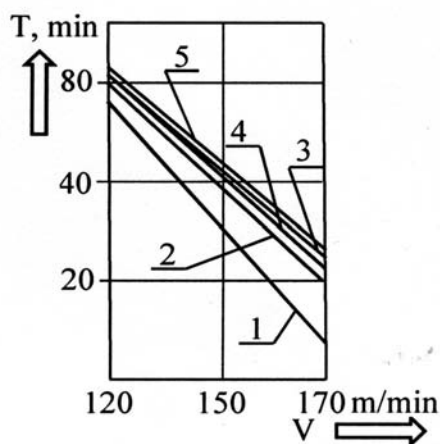


Рис.8. Влияние скорости резания на стойкость инструмента, оснащённого СМП из твёрдого сплава ТТ10К8Б с различными покрытиями при точении стали 20MnCr5 с $t=1,5$ мм; $S=0,2$ мм/об:

1 - ТТ10К8Б; 2 - ТТ10К8Б - TiN; 3 - ТТ10К8Б - TiAlSiN; 4 - ТТ10К8Б - (TiCN-Al₂O₃-TiN); 5 - ТТ10К8Б - (Ti-TiN-TiCrAlN).

Полученные данные испытаний инструмента из быстрорежущей стали и инструмента оснащенного твердосплавными СМП с разработанными ИК, показали их высокую эффективность при точении легированной стали 20MnCr5 (рис.8), хромоникелевого сплава ХН77ТЮР (рис.9), а также при симметричном торцовом фрезеровании стали 20MnCr5 (таблица 3). В частности, применение разработанных ИК как при сухом резании, так и при резании с жидкими СОТС, позволяет повысить стойкость инструмента в 2...5 раз при точении конструкционных сталей (на примере стали 20MnCr5) и труднообрабатываемых материалов (на примере хромоникелевого сплава ХН77ТЮР).

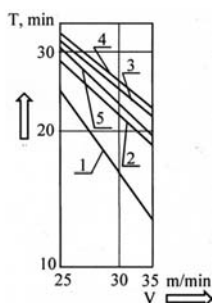


Рис.9. Влияние скорости резания на стойкость инструмента, оснащённого СМП из твердого сплава ВРК-13 с различными покрытиями при точении жаропрочного сплава ХН77ТЮР с $t=1,0$ мм; $S=0,15$ мм/об:

1 - ВРК-13; 2 - ВРК-13-TiN; 3 - ВРК-13-(TiCN-Al₂O₃-TiN); 4 - ВРК-13-(Ti-TiN-TiCrAlN); 5 - ВРК-13-TiAlSiN.

Таблица 3. Результаты стойкостных испытаний торцовых фрез

Покрытие	Период стойкости T, мин, при h ₃ , мм	
	0,2	0,3
Контрольные фрезы	19	36
Стандартное TiN arc PVD	43	60
Стандартное TiCN arc PVD	43	54
Стандартное TiAlN arc PVD	62	66
Стандартное TiCrN arc PVD	44	58
Стандартное TiMoN arc PVD	76	92
A*-Zr-ZrN-ZrCrAl	82	118
A*-Ti-TiN-TiCrAlN**	112	158
* - азотированный термостабилизирующий слой; ** - наноструктурированное покрытие		

В частности, при оснащении торцовых фрез СМП из быстрорежущей стали Р6М5, подвергнутых комбинированной обработке, включающей предварительное азотирование в плазме несамостоятельного тлеющего разряда пластин на глубину до 25-30 мкм (термостабилизирующий слой) и последующее нанесение наноструктурированного многослойно-композиционного покрытия А-Ti-TiN-(TiAlCr)N, период стойкости фрез при симметричном фрезеровании увеличился до 4 раз по сравнению с периодом стойкости фрез без покрытия и в 2...2,5 раза по сравнению с аналогичным показателем для фрез с различными вариантами стандартных покрытий. Аналогичные результаты были получены при сверлении отверстий в легированной стали быстрорежущими свёрлами из стали Р6М5, подвергнутыми комбинированной обработке, аналогичной обработке СМП из стали Р6М5 для оснащения торцовых фрез.

Заключение. Слабым звеном интенсивно развивающихся технологических производственных процессов обработки является режущий инструмент, что свидетельствует о необходимости серьезных усилий по разработке инновационных инструментальных материалов и режущего инструмента нового поколения.

В мировой практике производства режущего инструмента все большее применение находят инструменты с многослойно-композиционными нанослойными и наноструктурированными функциональными покрытиями, которые позволяют решать гамму технологических задач по повышению эффективности, точности и качеству обработки.

В работе рассмотрена методология проектирования функциональных покрытий для режущего инструмента, а также процессы ассистированного вакуумно-дугового осаждения с фильтрацией конденсата позволяющие увеличивать эффективность различных типов режущего инструмента за счет совершенствования структуры покрытия, развитости межзеренных и межслойных границ по-

крытия, повышения прочности адгезии покрытия с субстратом. Различные типы разработанных функциональных покрытий, наносимых на инструменты из быстрорежущей стали, твердого сплава и керамики обеспечивают повышение стойкости инструмента до 1,5...5 раз по сравнению с соответствующим показателем инструмента со стандартным покрытием и позволяют увеличить производительность обработки за счет роста скорости резания на 20...60 %.

Список литературы.

1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями - М.: Машиностроение, 1993. 336 с.
2. Vetter J., Burgmer W., Dederichs H., Perry A. The architecture and performance of compositionally gradient and multi-layer PVD coating. Material Science Forum Vols. 163 - 165 (1994) pp.527 - 532.
3. Moll E., Bergmann E.. Hard coatings by plasma-assisted PVD technologies: industrial practice. Surface and Coating Technology, 37 (1989) 483- 509.
4. Holleck H. 1990. «Basic principles of specific application of ceramic materials as protective layers». Surface and Coatings Technology, 43/44 245 - 258.
5. Верещака А.А., Верещака А.С., Лапин В.Ф. Управление структурой и свойствами износостойких покрытий как метод повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента - процессы, оборудование, технология. Сборник научных трудов «Высокие технологии в машиностроении» НТУ «ХПИ».- Харьков, 2001-Вып.1 (4). С.46-50.
6. Верещака А.С. Основные аспекты применения и совершенствования режущих инструментов с износостойкими покрытиями //СТИН.2000.- № 9. С.33-40
7. Верещака А.С. Анализ основных аспектов проблемы совершенствования инструментальных материалов путем модификации их поверхностных свойств. Вопросы механики и физики процессов резания и холодного пластического деформирования: Сб. науч. труд. Института сверхтвердых материалов им. В.Н Бакуля НАН Украины. Серия Г: Процессы механической обработки, станки и инструменты. -Киев, 2002. С.301-315.
8. Vereshchaka A., / Lee W.Y. High Precision/High Speed Machining Technologies. Edition of HRDI, S.Korea, Cheonan. 2002. 393 p. (In English).
9. Cselle T. Nanostructurierte Schichten in der Werkstoff. Platit AG. Werkzeugtagung 2002. (In German).
10. Byrne G., Dornfeld D., Denkena B. Advancing Cutting Technology. CIRP Annals. Vol 52/2/2003.268 (1995) 64-71.
11. Верещака А. С., Обрезков О. И., Дюбнер Л. Г. Разработка и исследование процесса синтеза вакуумно-дуговых покрытий с ассистированием высокоэнергетическими ионами. Материалы XIII международного научно-технического семинара. Харьков-Алушта: НТУ «ХПИ», 2003. С. 28-40.
12. Додонов А.И. Силаев В.А. Эксплуатационные свойства ультрамелкозернистых покрытий. М.: ИТО, № 1, 2000. С. 23-27.
13. Rauscheudach B., Sienz S, Six S., Gerlach J. Synthesis of metal nitrides by low-energy ion assisted film growth. Surface and Coating Technology.142-144, 2001. P. 371-375. (In English).
14. Panckow A., Sladkov D., Pawan K. Singh, Genzel C. Low-temperature metal ion implantation assisted deposition of hard coatings. Surface & Coatings Technology 188-189 (2004).
15. Lierat F, Vereschaka A et al. DE Patent N 19733517A1. 04.02.1999.
16. Верещака А.А. и др. Патент РФ № 2198243. Многослойно-композиционное износостойкое покрытие. 10.02. 2003 с приоритетом от 05.08.1998.

17. Трефилов В.И., Мильман Ю.В. Фирстов С.А. Физические основы прочности тугоплавких металлов. Киев: «Наукова думка» 1975. 315 с.
18. Финкель В.М. Физические основы торможения разрушения. М., Металлургия, 1977, с. 360.
19. Vereshchaka, A.A., Vereshchaka, A.S., Mgaloblishvili, O., Morgan, M.N., Batako, A.D. Nano-scale multilayered-composite coatings for the cutting tools. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer-Verlag, 2014, p. 1-15.
20. Vereschaka, A.A., Volosova, M.A., Grigoriev, S.N., Vereschaka, A.S. Development of wear-resistant complex for high-speed steel tool when using process of combined cathodic vacuum arc deposition (2013) Procedia CIRP 9 PP. 8 - 12
21. Vereschaka Alexey. Improvement of working efficiency of cutting tools by modifying its surface properties by application of wear-resistant complexes. Advanced Materials Research, Vols.712-715 (2013) Trans Tech Publications, p.347-351.
22. Panckow A.N, Steffenhagen J., Wegener D., Dubner L., Lierath F. Application of novel vacuum-arc ion-plating technologies for the design of advanced wear resistant coatings. Surface and Coating Technologies 138 (2001). p. 71-76.
23. Grigoriev S.N., Vereschaka A.A., Vereschaka, A.S., Kutin A.A. Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings. Procedia CIRP 1 (2012), p.318–323.
24. Konstantinos-Dionysios Bouzakis, Nikolaos Michailidis, Georgios Skordaris and others. Cutting with coated tools: Coating technologies, characterization methods and performance optimization. CIRP Annals [10] Manufacturing Technology 61 (2012) p.703–723.
25. Vereschaka, A.A., Vereschaka, A.S., Grigoriev, S.N., Sladkov, D.V. Nano-scale multi-layered coatings for cutting tools generated using assisted filtered cathodic-vacuum-arc deposition (AFCVAD) (2013) Applied Mechanics and Materials 327 PP. 1454 – 1459
26. Vereschaka, A.A., Vereschaka, A.S., Grigoriev, S.N., Kirillov, A.K., Khaustova, O.U. Development and research of environmentally friendly dry technological machining system with compensation of physical function of cutting fluids. (2013) Procedia CIRP 7 PP. 311 - 316

Надійшла до редакції 14.04.2014

УДК 621.9



V.P. Larshin,
Doctor of
Sciences,
Professor,
Odessa National
Polytechnic
University
vplar-
shin@rambler.ru



N.V. Lishchenko,
Ph. D.,
docent,
Odessa National
Polytechnic
University
odmnv@rambler.ru

CUTTING TOOL VIBRODIAGNOSTICS ON CNC MACHINES

В.П. Ларшин, Н.В. Ліщенко. Вібродіагностика ріжучого інструмента на верстатах з ЧПК. Представлено характеристику способу технологічної вібродіагностики ріжучого інструмента на верстатах з ЧПК, та результати експериментальних досліджень вібродіагностичної системи на основі вимірювального комплексу NI CompactDAQ при свердлінні отворів малого діаметра (до 5 мм).

V.P. Larshin, N.V. Lishchenko. Cutting tool vibrodiagnostics on CNC machines. Characteristic of the cutting tools technological vibrodiagnostics way on CNC machines and results of experimental studies of the vibrodiagnostic system in drilling small holes (up to 5 mm in diameter) on the basis of measuring complex NI CompactDAQ are given.

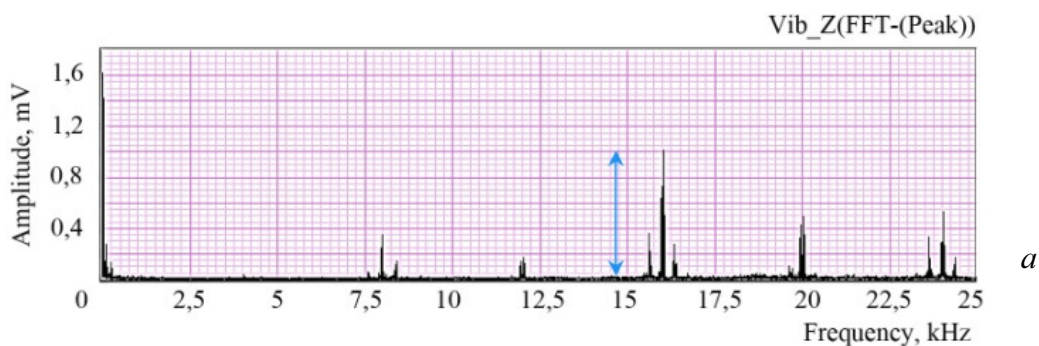
Introduction. This work is a continuation of experimental studies [1] for drilling small holes on the machining center 500V/5 type with SIEMENS SINUMERIC 840D CNC (nominal and maximum spindle speed is 1500 and 8000 min⁻¹).

The aim of research is to develop a method of cutting tool (CT) vibration diagnostics and a cutting diagnostical system for CNC machining center 500V/5 type.

The main material. Experimental conditions are the following: twist drill 2.85 mm and 4.7 mm in diameter of high-speed steel P18, drilling depth 8 mm, prismatic workpiece 298 x 110 x 10 mm of stainless steel 14H17N2, HSK 63-2/20-100 mandrel with a collet. Drilling modes: the frequency of spindle rotation n : 250, 500 and 600 rpm; axial feed 0.06 mm per revolution. This axial feed is provided by software i.e. by setting the minute feed with the rate of 15, 30 and 36 mm per minute, respectively, on CNC system mentioned above. To reduce testing time, drilling is produced without applying technological lubricant to the cutting zone. Each drilling experiment was performed at least 3 times, and the number of repetitions of the experiments was depended on the comparability of the obtaining results.

Scientific research measuring complex is a USB modular system NI CompactDAQ, which comprises an analog-to-digital synchronization unit, multi-chassis NI cDAQ-9172 connected to an industrial PC. Needed measurement system filter settings and gain coefficients were made with the help of the PC and LabVIEW 8.5 software environment for the AP2019 vibrosensor. There were three vibrosensors with the following characteristics: size of $\varnothing 3 \times 3.6$ mm, frequency range 0.5 ... 30 000 Hz, sensitivity 0.5 mV/ g ($g = 9.8$ m/s²), or 0,051 mV/(m/s²). All steps for setting up and operation of the measurement complex including the signal sampling frequency selection are controlled by the LabVIEW 8.5 applications, which are pre-drawn up in the block diagram form on the basis of independent functional programmable blocks. Feature of this complex is the ability to create and configure a measurement system for acquisition, processing, and displaying signals of vibrosensors mounted on the Z axis immovable face of the spindle unit and its immovable sides along the X and Y coordinates. Previously found spindle unit stiffness along the X, Y and Z axis is, respectively, 16.3, 21.6 and 48.5 N/m [2].

The measuring system allows not only to capture temporal changes of the X, Y and Z signals, but also display the signal spectrum (a signal form that is like an amplitude-frequency characteristic) of these signals, which is a more informative indicator of changes in the drill bit such as its bluntness and failure. As an example, Fig. 1 shows a spectrogram of axial vibration drill (i.e. Z axis): after switching on the motor spindle (a), in the middle of the time interval of the drill work (b), at time points up to (c) and after (d) the drill bit breakage.



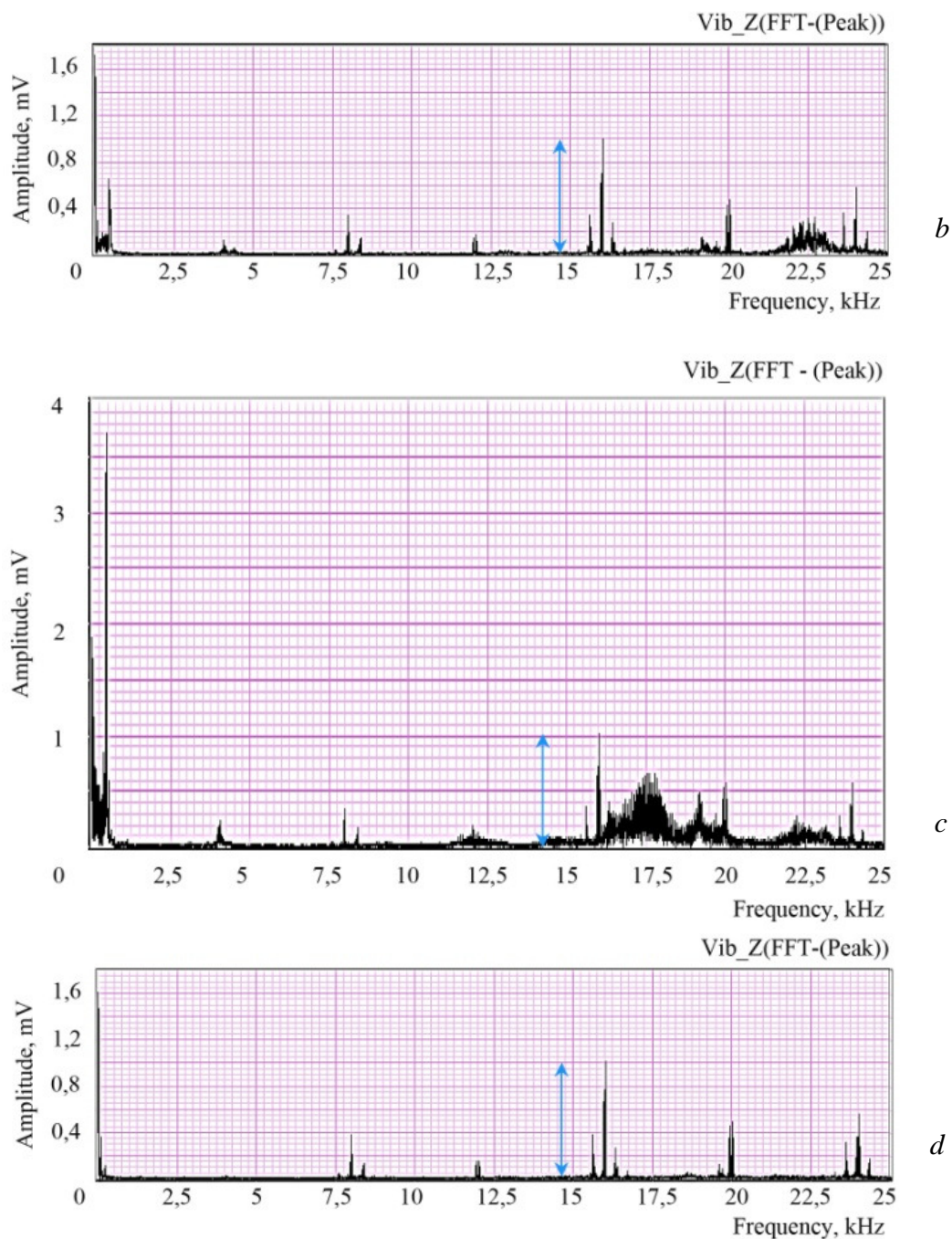


Fig.1. Spindle Z axis vibration spectrogram at drilling different times for the drill bit 2.85 mm in diameter and $n = 500$ rpm.

Figure 2 shows some of these spectrograms in a more narrow frequency range.

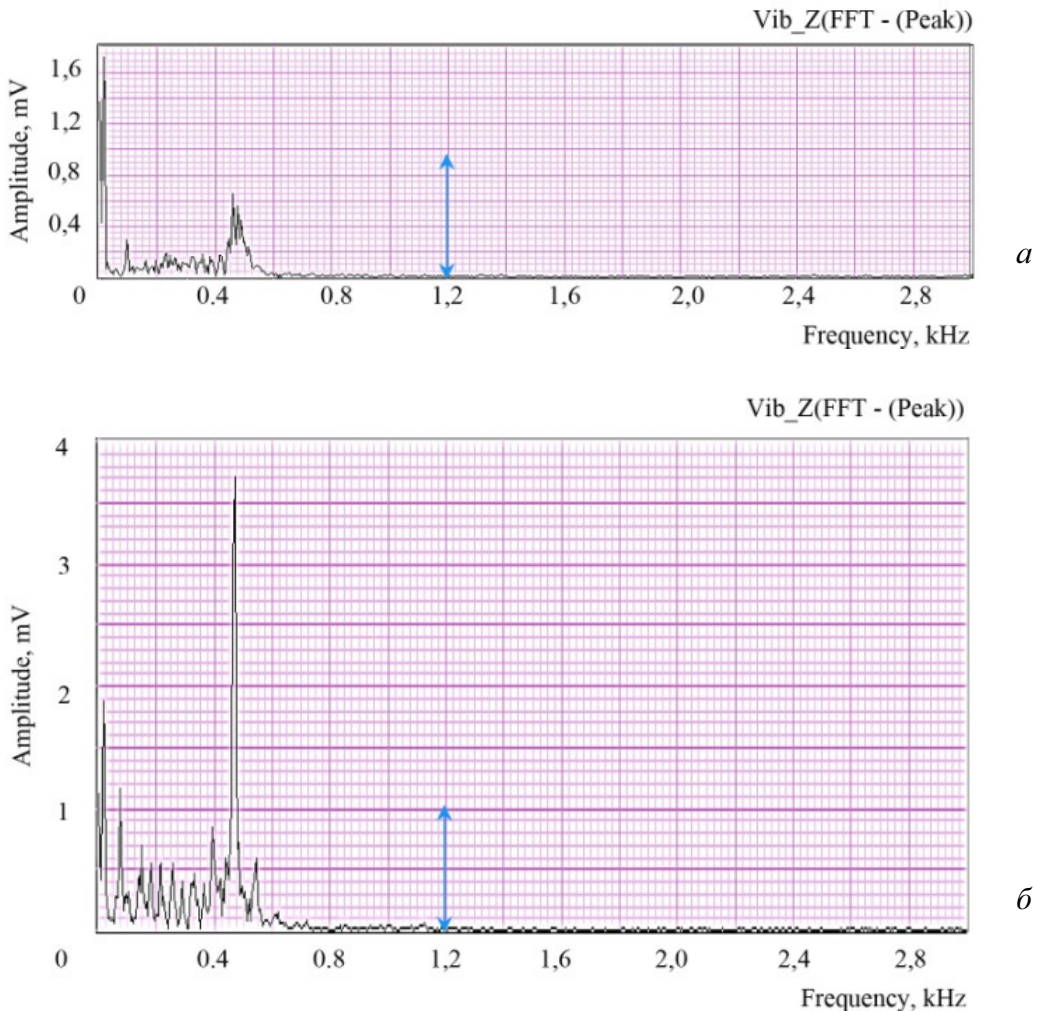


Fig.2. Spectrogram in Fig.1, *b* (a) and Fig.1, *c* (b), but in a more narrow frequency range, that is, 0 ... 3 kHz (the arrow in Fig. 1 and Fig. 2 shows the same vertical scale unit).

Fig. 1 and Fig. 2 spectrograms analysis shows that as the drill works the some spectrum harmonic components are most sensitive in amplitude to wear of the drill bit. Besides it takes place for both individual spectrum frequencies and for individual spectrum bands. This is reflected in the increased harmonic amplitudes as the drill bit works and its wear appears.

It is found that for the drill 2.85 mm and 4.7mm in diameter a characteristic frequency f_{wi} reflecting the drill bit wear is that of $f_{wi} = 500$ Hz, as well as close-fitting to this frequency adjacent frequencies in the band of 450 ... 550 Hz.

Maximum vibration amplitudes are measured at frequency of $f_{wi} = 500$ Hz (Table 1). Additionally, the processing time was determined at which the amplitude of the corresponding harmonic becomes maximal, i.e. $A_{wi}(500, \omega_{max}) = A_{wi}$. Table 1 also shows the mean values of these parameters (i.e. A_{wmax}^{ave} and ω_{wmax}^{ave}) as the results obtained by averaging 3 times repeated experiments for each of the three of spindle speeds: 250, 500 and 600 rpm.

Table 1 – Results of experimental determination of A_{wmax}^{ave} and ω_{wmax}^{ave} at the vibration frequency of 500 Hz along the Z axis of the machine

n , rpm	Number of experience	ω_{\max} , s	ω_{\max}^{ave} , s	$A_{\omega_{\max}}$, mV	$A_{\omega_{\max}}^{ave}$, mV/(m/s ²)
1	2	3	4	5	6
250	1	183,8	187,1	2,25	1,95 /39,0
	2	124,8		1,50	
	3	252,6		2,10	
500	1	204,0	229,3	3,60	2,03 / 40,6
	2	206,6		1,30	
	3	277,4		1,20	
600	1	246,8	221,8	3,90	3,16 /63,2
	2	274,2		3,10	
	3	144,4		2,50	

The table shows that with increasing speed drill bit from 250 to 500 rpm the time value averaged over the three experiments increases slightly (from 187 s to 229 s). With further increasing speed up to 600 rpm, the value of ω_{wmax}^{ave} decreases slightly up to 222 s.

At the same time as the speed n increases from 250 to 600 rpm, the maximum vibroacceleration amplitude A_{wmax}^{ave} averaged for the three experiments increases regularly from 39.0 to 63.2 m/s².

X, Y and Z vibration frequency spectrograms (spectrograms for X and Y coordinates on Fig. 1 and Fig.2 are not shown) other than characteristic frequencies, consist of harmonic components caused by the rotation of the machine spindle.

For the spindle rotation frequencies 250, 500 and 600 rpm in all spectrograms regardless of the X, Y, and Z coordinates and the drill bit diameter (2.85 or

4.7 mm) there are frequencies caused by the main spindle rotation frequency and other structural elements of the spindle unit, to wit 8 kHz, 16 kHz and 24 kHz. Furthermore, there are three additional low frequencies along Z axis, the numerical values of which depend on the main spindle rotation frequency (Table 2).

Table 2 – Additional spectrum vibration frequencies along the Z axis

The main spindle (or drill bit) rotation frequency, rpm		
250	500	600
Additional frequencies caused by the main spindle rotation frequency, Hz		
10, 50, 120	20, 100, 250	20, 120, 290
Note: additional frequencies are identified in the Z vibration spectrogram by zooming the LabVIEW 8.5 program frequency axis.		

Conclusion

1. A cutting diagnostics system is developed to investigate the cutting vibration on a CNC machine in the online machining. The system consists of hardware and software which is represented by research automated system on the basis of NI CompactDAQ measuring complex (National Instruments Company).

2. AP2019 type vibration sensors are used in this research automated system. These sensors are characterized by both a small size ($\varnothing 3 \times 3.6$ mm) and an easiness of embedding into the 500V/5 CNC machining center.

3. To increase the vibration sensor signal sensitivity to the tool cutting ability change when the tool works and wears, a time-frequency signal transformation is included into the diagnostic system functioning algorithm.

4. In the drilling small holes (2.85 and 4.7 mm in diameter) in the workpiece of stainless steel, the harmonic components of the time signal with the highest sensitivity to changes in the cutting ability of the drill bit are founded, to wit the harmonic of 500 Hz (a characteristic frequency) and the adjacent harmonics in the band of 450-550 Hz.

5. It is found that as a small-diameter drill bit blunting appears the signal amplitude of vibration acceleration significantly increases and the more, the higher the spindle speed. For example, if the spindle speeds range is 250 ... 600 rpm, the acceleration signal amplitude increases in the range of 39.0 ... 63.2 m/s². After reaching the maximum value of the signal amplitude (at a characteristic frequency) a drill bit breaks down. This phenomenon can be used to diagnose a drill bit state.

6. The time during which the drill bit operates to its full wear and breakage does not depend essentially on the rotational speed of the drill bit. For example, this time is equal to 187.1 ... 229.3 s as rotational speed of the drill bit changes in the range of 250 ... 600 rpm.

References

1. Ларшин В.П. Исследование виброустойчивости инструмента при сверлении отверстий малого диаметра / В.П. Ларшин, Н.В. Лищенко, Р.Р. Башаров // Межвузовский научный сборник «Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий». – Уфа: УГАТУ, 2013. – С.20-25.
2. Кудояров Р.Г. Исследование жесткости многоцелевого станка 500V/5 / Р.Г. Кудояров, Р.Р. Башаров // Межвузовский научный сборник «Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий». – Уфа, УГАТУ, 2011. – с.234-240.

Надійшла до редакції 14.04.2014

УДК 621.9.048.6



А.Б. Таровик,
аспірант,
Донецький
національний техніч-
ний
університет
art-tarovik@yandex.ru



О.М. Михайлов,
д.т.н., професор, зав. каф.,
Донецький національний
технічний
університет
tm@mech.dgtu.donetsk.ua

ЗНИЖЕННЯ РАДІАЛЬНОЇ І ТАНГЕНЦІАЛЬНОЇ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ КОМБІНОВАНІЙ ОБРОБЦІ ТОНКОСТІННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ

А.Б. Таровик, О.М. Михайлов. Зниження радіальної і тангенціальної сили різання при комбінованій обробці тонкостінних циліндричних виробів. У роботі наведені розроблені експериментальні установки, завдяки яким вдалося знизити тангенціальну силу різання на 25%, радіальну силу різання на 17%. При цьому найбільш раціональними режимами різання були глибина різання 1,5 мм і швидкість різання 40 м/хв.

A. Tarovik, A. Mikhaylov. Reduction of the radial and tangential cutting force in a combined processing of thin-walled cylindrical products. In the work presents the developed experimental equipments, which made it possible to reduce the tangential cutting force by 25%, the radial cutting force by 17%. The most rational cutting conditions were cutting depth of 1.5 mm and a cutting speed of 40 m/min.

Введення. Зниження сил різання при обробці тонкостінних циліндричних виробів є актуальним завданням сучасного машинобудування. Рішення даної задачі реалізується за рахунок застосування радіального і тангенціального накладення частотних коливань на інструмент.

Постійний розвиток техніки на сучасному етапі вимагає використання деталей, які мають тонкі стінки (з метою економії матеріалу і полегшення конструкції в цілому). Рішення проблеми зниження металоємності виробів у поєднанні, як правило, з вимогами поліпшення точностних характеристик і функціональних параметрів, призвело до появи все зростаючого числа, які входять у ці вироби деталей, що характеризуються як нежорсткі, одну з основних груп яких складають тонкостінні циліндричні деталі, одержувані, переважно, гострінням [1].

В даний час у всіх провідних галузях промисловості все в більших масштабах застосовують високоенергетичні і комбіновані методи обробки матеріалів, в тому числі і ультразвуковий метод обробки [2].

З появою тонкостінних виробів виникає необхідність створення нових методів і технологій для їх обробки. Ультразвукове різання є одним з таких перспективних методів обробки. При ультразвуковому різанні створюються передумови для зменшення впливу складових сили різання на формоутворення деталей, особливо нежорстких [3,4].

Проведені експериментальні дослідження повинні підтвердити або спростувати теорії, які говорять про те, що при накладенні ультразвукових коливань на інструмент при обробці тонкостінних виробів можливе істотне зниження сил різання [1,3,4,5].

Таким чином, метою даної роботи є зниження сил різання при точінні тонкостінних циліндричних виробів із застосуванням ультразвукових коливань інструменту. Для цього необхідно розробити пристосування для радіального і тангенціального напрямку коливань; провести експериментальні дослідження; проаналізувати зміну радіальної і тангенціальної сили різання при звичайному точінні і при точінні з застосуванням ультразвукових коливань на інструмент.

Матеріал і результати дослідження. Для обробки тонкостінних циліндричних виробів розроблена експериментальна установка для радіального накладення частотних коливань (рис. 1).

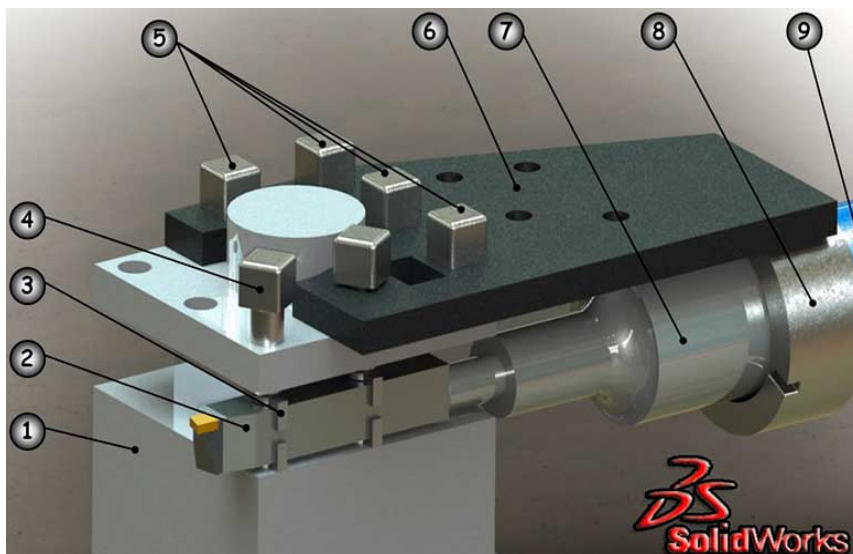


Рис. 1. Експериментальна установка для радіального напрямку коливань: 1 – різцетримач; 2 – різець; 3 – напрямні опори; 4,5 – гвинти М14; 6 – сталевий лист; 7 – концентратор ступеневий; 8 – кільце; 9 – перетворювач магнітострикційний

Установка складалася із ступеневого концентратора 7, до якого через шпильку прикріплювався різець 2. До сталевому листу 6 приварювалося кільце 8, на якому кріпився по зовнішній різьбі магнітострикційний перетворювач 9. Ступеневий концентратор 7 з різцем 2 кріпився по внутрішній різьбі до магнітострикційного перетворювача 9. Зібраний вузол встановлювався на різцетримач 1 верстата і закріплювався гвинтами 5. Різець 2 встановлювався в робоче положення між напрямними опорами 3 і підтискався гвинтами 4.

На рис. 2 представлена експериментальна установка для тангенціального накладення частотних коливань.

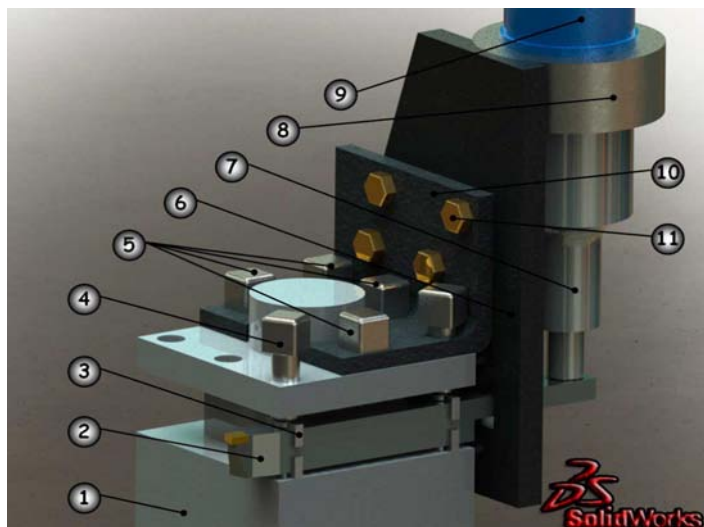


Рис. 2. Експериментальна установка для тангенціального напрямку коливань: 1 – різцетримач; 2 – різець; 3 – напрямні опори; 4,5 – гвинти М14; 6 – сталевий лист; 7 – концентратор ступеневий; 8 – кільце; 9 – перетворювач магнітострикційний; 10 – сталевий кутник; 11 – гвинт М12

Установку, що складається з магнітострикційного перетворювача 9, кільця 8, ступеневого концентратора 7 і сталевого листа 6, встановлювали вертикально і закріплювали гвинтами 11 до сталевого кутника 10, який, у свою чергу, кріпився до різцетримача 1 за допомогою гвинтів 5. Різець 2, що має подовжену хвостову частину, встановлювався в робоче положення між напрямними опорами 3 і закріплювався гвинтами 4. Різець до концентратора кріпився за допомогою шпильки.

Ультразвукова обробка здійснювалася на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М61.

Джерелом високочастотних коливань служив магнітострикційний перетворювач моделі ПМС-1-1. Джерелом живлення ультразвукової установки був ультразвуковий генератор моделі УЗГ-1-1.

Як ріжучий інструмент був узятий різець прохідний (кут $\varphi=45^\circ$) з механічним кріпленням квадратної твердосплавної пластини Т5К10.

Для експерименту була взята заготовка у вигляді тонкостінної циліндричної гільзи з габаритними розмірами $\varnothing 100 \times 200$, товщина стінки 6 мм, матеріал заготовки – сталь 45.

Для подальшого дослідження були виділені наступні фактори:

- глибина різання $t = 0,5; 1,0; 1,5$ мм;
- швидкість різання $v = 40; 60; 80$ м/хв;
- подача $s = 0,5$ мм/об;
- частота коливань $f = 20$ кГц;
- амплітуда коливань $a = 15$ мкм.

Вимірюваним параметром була радіальна і тангенціальна складові сили різання. Виміри проводилися за допомогою датчиків на основі тензорезисторів і видавалися на екран комп'ютера за допомогою програмного продукту «PicoLog Recorder».

На рис. 3, 4 і 5 зображені графіки зміни середнього значення радіальної і тангенціальної сили різання від швидкості різання для звичайного і ультразвукового різання при глибині різання 1,5; 1,0 і 0,5 мм.

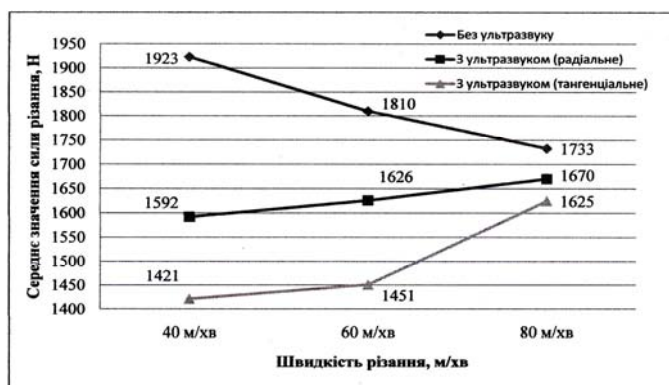


Рис. 3. Графік зміни середнього значення сили різання від швидкості різання для звичайного і ультразвукового різання при глибині 1,5 мм

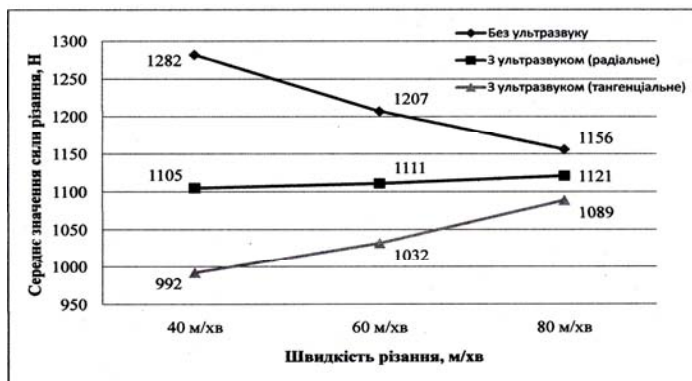


Рис. 4. Графік зміни середнього значення сили різання від швидкості різання для звичайного і ультразвукового різання при глибині 1,0 мм

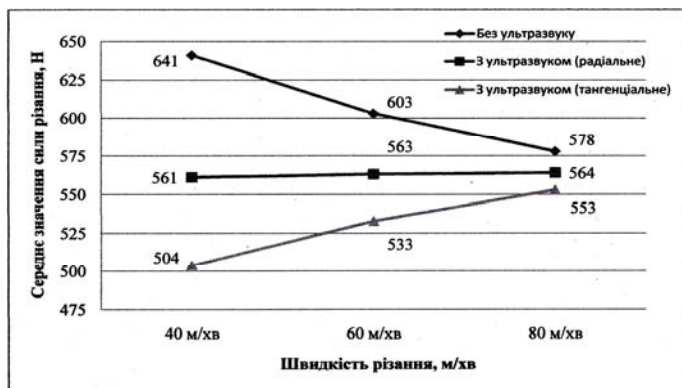


Рис. 5. Графік зміни середнього значення сили різання від швидкості різання для звичайного і ультразвукового різання при глибині 0,5 мм

З даних графіків видно, що для звичайного різання з підвищенням швидкості середня складова сили різання зменшується. Для різання з ультразвуком спостерігається зворотна залежність, а саме з підвищенням швидкості різання середнє значення складової сили різання підвищується.

При використанні ультразвукового різання, фактор швидкості різання більшою мірою впливає на зниження сили різання, ніж глибина різання. Але вплив глибини різання також значимо, особливо при обробці тонкостінних циліндричних виробів, де воно може зіграти вирішальну роль.

Найменш ефективним виявилося ультразвукове різання при швидкості 80 м/хв, про що говорить незначне зниження сили різання від 2,31 до 3,67% при радіальному напрямку коливань та від 4,33 до 6,23% при тангенціальному напрямку коливань. При швидкості 60 м/хв спостерігалось зниження сили

різання від 6,63 до 10,13% при радіальному напрямку коливань та від 11,57 до 19,85% при тангенціальному напрямку коливань.

Але найбільш ефективним виявилось ультразвукове різання при швидкості 40 м/хв, відсоткове зниження сили різання склало від 12,55 до 17,21% при радіальному напрямку коливань та від 21,39 до 26,11% при тангенціальному напрямку коливань. Причому найбільший відносний ефект дало різання при швидкості 40 м/хв і глибині різання 1,5 мм.

З наведеного вище матеріалу випливає, що ефект від застосування ультразвукового різання тонкостінних циліндричних деталей спостерігається, причому застосування даного виду обробки дозволило знизити радіальну силу різання на 17%, а тангенціальну силу різання на 25%, що безсумнівно може вважатися позитивним результатом.

Висновки. Таким чином, дослідження показали, що найбільш раціональними умовами обробки на прикладі тонкостінної циліндричної гільзи є глибина різання 1,5 мм і швидкість різання 40 м/хв, що призвело до зниження радіальної складової сили різання на 17,21% і тангенціальної складової сили різання на 26,11%.

Серед завдань для подальшого вивчення слід відзначити необхідність дослідження впливу товщини стінки, амплітуди і частоти коливань на ультразвукове різання тонкостінних циліндричних виробів.

Література

1. Пашков Е.В. Технологические основы обработки точением тонкостенных цилиндрических деталей: учеб. пособие для студ. машиноприборостроит. спец. / Е.В. Пашков; Севастоп. гос. техн. ун-т. – Севастополь: СевГТУ, 2000. – 425 с.: ил.
2. Аверьянова И.О. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки: учеб. пособие / И.О. Аверьянова, В.В. Клепиков. – М.: ФОРУМ, 2008. – 304 с.: ил.
3. Кумабэ Д. Вибрационное резание: пер. с яп. С.Л. Масленникова / Д. Кумабэ; под ред. И.И. Портнова, В.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.: ил.
4. Солис Пинарготе Н.В. Разработка направлений повышения качества токарной обработки с применением тангенциального вибрационного резания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07: защищена 31.05.2011 / Солис Пинарготе Нестор Вашингтон; Инженерный факультет Российского ун-та дружбы народов. – М., 2011. – 20 с.
5. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов / А.И. Марков. – М.: Машиностроение, 1980. – 237 с.: ил.

Надійшла до редакції 15.04.2014

УДК628.91



І.В. Луців,
д.т.н., професор,
Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя
e-mail:
lootsiv@tu.edu.te.ua



І.І. Брошчак,
к.т.н., доцент,
Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя
e-mail:
statty_ternopil@mail.ru

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО МОДУЛЬНОЇ ПОБУДОВИ ОБМЕЖУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ

І.В. Луців, І.І. Брошчак. Основні підходи до модульної побудови обмежувальних механізмів. Виділено основні функції складових елементів технічної системи "обмежувальний механізм" та подано опис принципів забезпечення їх виконання. Запропоновано модульну структуру побудови обмежувальних механізмів, яка базується на основі забезпечення виконання головної та основних функцій обмежувального механізму як технічної системи.

I. Lutsiv, I.I. Broshchak. Main approaches of limited mechanisms modular design. The a technical system are selected. The main functions of limited mechanism as operation principles of this system are derived. The modular design structure of limited mechanisms is proposed. It is based on the operation providing of main and basic functions of limited mechanism as a technical system

Вступ. З розвитком технічного прогресу машинобудування та широким розповсюдженням інформаційних та комп'ютерних технологій точність функціонування механізмів виходить на передній план серед основних експлуатаційних вимог, що ставляться до технічних об'єктів. Одним із напрямків забезпечення високої точності функціонування тих чи інших механізмів є підвищення точності обладнання, за допомогою якого дані механізми виготовляються, наприклад, металорізальних верстатів, до складу яких входять різного роду запобіжні та регулюючі механізми (обмежувальні механізми (ОМ)). Їх експлуатаційні характеристики у кінцевому результаті визначають показники функціонування відповідних надсистем. Забезпечення точності роботи ОМ на сьогоднішній день є проблемним питанням, що вимагає проведення ряду наукових досліджень.

В даний час існує багато ефективних методик проектування ОМ, оптимізації їх основних експлуатаційних характеристик. Дані дослідження об'єднують певний класичний підхід до забезпечення якісних характеристик ОМ: об'єкт проектування розглядається як наперед конструктивно і функціонально визначений елемент: запобіжна муфта, патрон для нарізання різи, тощо. На нашу думку з розвитком комп'ютерної техніки і технологій виробництва, на

базі існуючих досліджень необхідно формувати новий підхід до проектування, який повинен ґрунтуватись модульному принципів побудови.

З метою визначення модульної ієрархії ОМ доцільно представити ОМ у вигляді ієрархії технічної системи (ТС). На базі такої технічної системи необхідно визначити основні її елементи, виділити головні, основні і допоміжні функції. На основі функціонального співвідношення елементів технічної системи ОМ потрібно визначити її функціонально-конструктивні модулі

Матеріал і результати дослідження. В основу функціонування обмежувального механізму (ОМ) (на прикладі роликової запобіжної муфти) (рис.1) покладено принцип обмеження величини крутного моменту за допомогою кінематичної пари ролик-лунка та пружного елемента. В свою чергу пружний елемент виконує роль регулятора величини крутного моменту, що передається через ОМ.

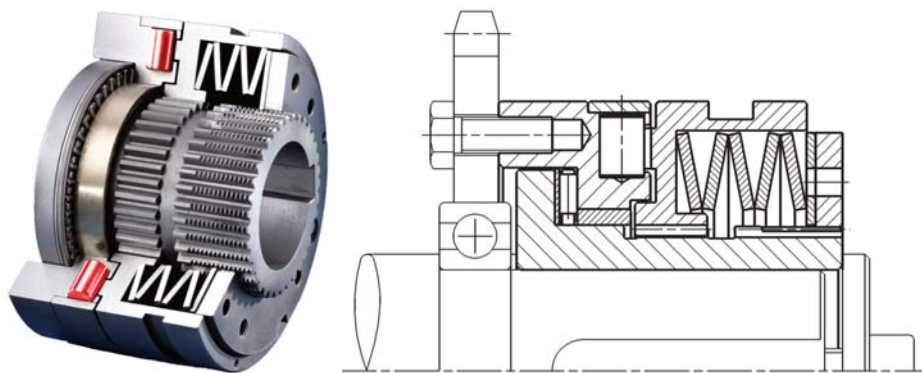


Рис.1. Роликова запобіжна муфта "SIKUMAT SN" німецької фірми RINGSPANN GmbH

Якщо даний ОМ розглянути як технічну систему можна виділити основні її елементи, які в системній ієрархії виступають надсистемами, системами і підсистемами. Так як кожна технічна система створюється для забезпечення виконання її головної функції, кожен із елементів ТС ОМ також характеризується визначеним призначенням і володіє основними функціями для технічної системи "обмежувальний механізм". Дані функції, при розгляді елементів ОМ як технічних систем, є головними, від ефективності виконання яких залежить якість функціонування надсистеми у вигляді ОМ.

Представимо модель функціонування ТС ОМ відповідним графом (рис.2). До основних елементів ОМ можна віднести розподільчий (робочий) елемент (Е1), елемент передачі енергії (Е2) та елемент поглинання і акумулювання енергії (Е3).

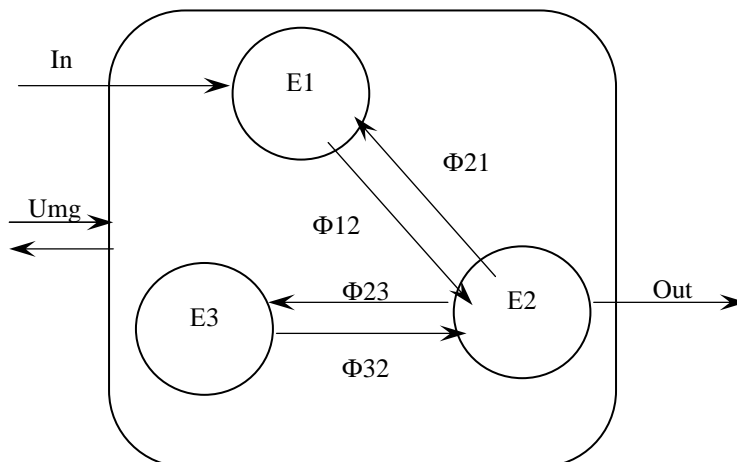


Рис. 2. Модель функціонування ТС ОМ

Принцип дії ОМ роlikової запобіжної муфти із заданими нами елементами можна описати наступним чином: енергія від приводу поступає в систему до розподільчого елемента. Даний елемент (E1) у роlikовій запобіжній муфті виступає у вигляді ролика та двох лунок, з якими він контактує. За допомогою даного елемента проходить розподіл енергії на два потоки. Одним із них передається корисна енергія, а іншим надлишкова. Уже для передачі енергії служить наступний елемент E2, який передає корисну і надлишкову енергію відповідно на вихід технічної системи до надсистеми (машини, вузла, тощо) та до поглинаючого або накопичувального елемента E3. Відповідно до завдань, які ставляться для основних елементів ТС ОМ, існують їх основні функції, що забезпечують виконання головної функції ОМ. Основною функцією розподільчого елемента є розподіл енергії на корисну та надлишкову. Основною функцією елемента для передачі енергії є відповідно її передача і накопичувального – накопичення або поглинання.

Таким чином, ТС ОМ може бути представлена модульною структурою, у вигляді розподільчого модуля (E1), трансмісійного модуля (E2) та акумулюючого модуля (E3). Входом системи (In) є потік енергії від приводу надсистеми у вигляді машини, де використовується ОМ, до розподільчого модуля (E1). Виходом (Out) ТС ОМ є потік енергії від ОМ, а саме від трансмісійного модуля до надсистеми. Взаємодія ТС ОМ з оточуючим середовищем відбувається через потік U_{mg} . Всередині ТС ОМ елементи взаємодіють між собою через потік енергії (Φ_{12}) від розподільчого модуля до трансмісійного, через потік енергії (Φ_{21}) від трансмісійного E2 до розподільчого модуля E1 та потік (Φ_{23}) надлишкової енергії від трансмісійного модуля E2 до пружного E3.

Також в даній технічній системі існує потік енергії (Φ_{32}) пружного елемента (попередній натяг пружини) та надлишкової (закумульованої) енергії

(що надійшла від розподільчого модуля E1 через трансмісійний модуль) від акумулюючого модуля E3 до трансмісійного модуля E2.

Конструктивно основні модулі ТС ОМ представлені на прикладі роликової запобіжної муфти "SIKUMAT SN" німецької фірми RINGSPANN GmbH (рис.3).

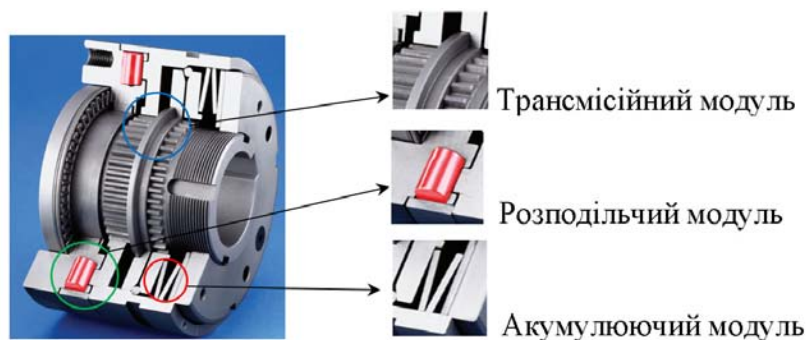


Рис.3. Конструкція основних модулів ОМ на прикладі роликової запобіжної муфти "SIKUMAT SN" німецької фірми RINGSPANN GmbH

Виділення основних функцій ТС ОМ співпадає з виділенням головних функцій ТС "Розподільчий модуль", "Трансмісійний модуль" та "Акумулюючий модуль", що відповідно представлено на рисунках 4, 5, 6.

Зокрема, для ТС "Розподільчий модуль" (рис. 4) виділяється головна функція - розподіл енергії, яка реалізується через принцип дії, що передбачає використання кінематичного зв'язку. При цьому він базується на використанні поверхонь розподілу енергії відповідних робочих елементів (ролики, лунки).

Відповідно для ТС "Трансмісійний модуль" виділяється головна функція - передача енергії, яка реалізується через принцип дії, що передбачає використання кінематичного зв'язку. При цьому він базується на використанні поверхонь передачі енергії відповідних робочих елементів (шліци).

Для ТС "Акумулюючий модуль" виділяється головна функція акумулювання і віддача енергії, яка реалізується через принцип дії, що передбачає використання пружних сил. При цьому, він базується на міжмолекулярному зв'язку. Основним виконавчим елементом даної ТС виступає пружний елемент (пакет тарілчастих пружин).

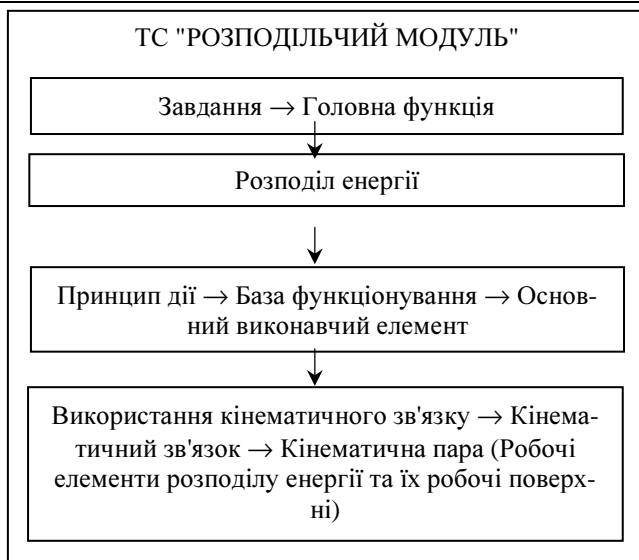


Рис. 4. Виділення головної функції та принципу забезпечення її виконання у ТС "Розподільчий модуль"

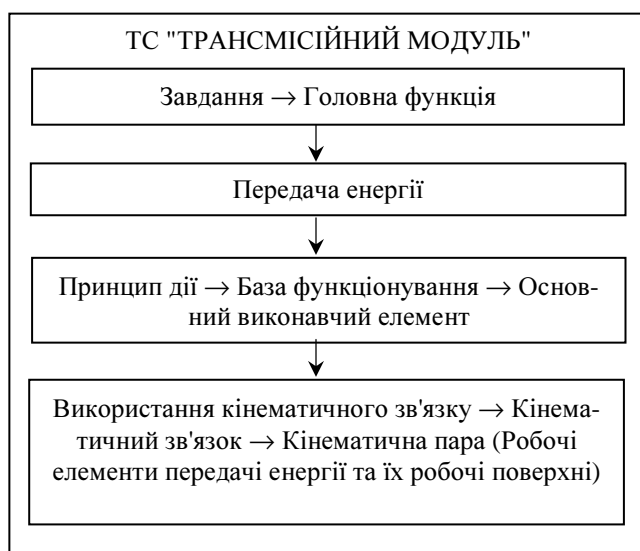


Рис. 5. Виділення головної функції та принципу забезпечення її виконання у ТС "Трансмісійний модуль"

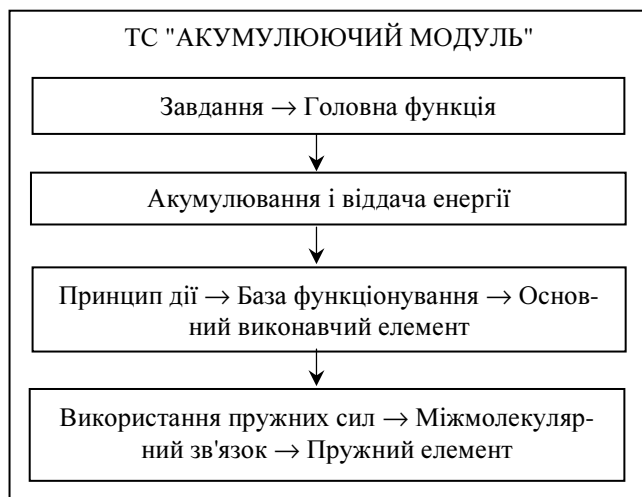


Рис. 6. Виділення головної функції та принципу забезпечення її виконання у ТС "Акумуляуючий модуль"

Послідовність системного взаємозв'язку параметрів основних структурних модулів ОМ є визначальною для забезпечення їх високих (кваліметричних) експлуатаційних показників.

Подана послідовність модульної ієрархії ОМ і власне системного взаємозв'язку параметрів основних системних модулів базується на послідовності передачі та розподілі енергії: після розподілу енергії на першому етапі, кількість відібраної поглинаючим модулем і кількість переданої корисної у механічну систему перш за все залежить від трансмісійного другого модуля.

Таким чином, процес проектування і процес покращення основних експлуатаційних характеристик ОМ необхідно розглядати в єдиній системі, тобто у системному підході до створення нових ТС. При цьому основні експлуатаційні характеристики ОМ повинні визначатись основними критеріями якості ОМ як технічної системи.

Висновки. 1. За конструктивними характеристиками типових представників ОМ визначено їх структуру, на базі якої виділено основні їх конструктивні складові у вигляді розподільчого, трансмісійного та акумуляуючого модулів. Відповідно визначено їхні головні функції, як технічних систем.

2. Представлена системна модель конструювання ТС ОМ залежно від експлуатаційних вимог.

Література

- 1.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. - К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
- 2.Малашенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунку. Навчальний посібник – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 196 с.
3. Кузнецов Ю.М., Теорія технічних систем / Кузнецов Ю.М., Новосолов Ю.К., Луців І.В. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.

УДК 69.057.7.621.873



О.Т. Озернюк

к.т.н., доц.,
Одеський національний
політехнічний
університет
e-mail: Ozernyuk@ya.ru



Логінова Е.А.

магістрант,
Одеський національ-
ний політехнічний
університет
e-mail:
loginova-sugar@mail.ru

ЛИФТОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В УКРАИНЕ

О.Т. Озернюк, Е.А. Логінова. Лифтовые проблемы в Украине. Показано, что повышение аварийности лифтов в жилых домах и административных зданиях связано с отсутствием системы планово-предупредительных и капитально-восстановительных ремонтов.

O.T. Ozernyuk, E.A. Loginova. Elevator problem in Ukraine. Shown to increase the accident elevators in residential buildings and office buildings due to the lack of regular preventive and overhaul reconditioning.

Застрававшему в лифте человеку нет дела до ситуации с лифтами в других домах, городах и в стране в целом. Поэтому так важно найти решение назревающих годами лифтовых проблем. В докризисный период при выполнении поручений Кабинета Министров Украины, направленных на разработку и реализацию региональных программ по модернизации и замене лифтов, финансируемых в основном из местных бюджетов, Одесса лидировала в отношении доли замененных и модернизированных лифтов, а в абсолютном значении уступала только г. Киеву.

Цель статьи - изучить основные лифтовые проблемы и обратить внимание пользователей лифтов на их безопасную эксплуатацию.

Городская громада должна знать и понимать эти обстоятельства, в которых приходится принимать те или иные решения в сфере лифтового хозяйства. Особенно важно подчеркнуть, что в Украине, в соответствии с европейской практикой, лифты относятся к частным владениям собственников жилья, являясь при этом источником особых условий техногенной, социальной и, в целом, национальной безопасности в силу особых условий подверженности износу и истощения назначенного срока службы. Для подавляющего большинства пользователей-собственников лифтов в жилом фонде характерна низкая покупательная способность лифтовых услуг, невозможность реально решить жилищные и бытовые проблемы, что рассматривается в качестве одной из основных угроз внутренней безопасности страны.

Анализ последних исследований. В ряду множества проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности [1 - 8] задача поддержания должного уровня безопасности лифтового хозяйства является достаточно важной. Основными причинами, породившими лифтовую проблему в стране, являются несовершенство законодательной и нормативной базы, отсутствие системы планово-предупредительных и капитально-восстановительных ремонтов, распад крупных специализированных организаций и распыление материальной базы. Происходит разрушение структуры эксплуатирующих организаций, вандализм и разграбление лифтового оборудования со стороны населения, дефицит кадров обслуживающего, ремонтного и монтажного персонала, низкий уровень диспетчеризации лифтового парка, снижение уровня производственной и технологической дисциплины в эксплуатации и ремонте лифтов, отсутствие научно-технической поддержки в решении лифтовых проблем.

Специалисты готовят ряд инициатив, требующих решения на законодательном уровне. Эти инициативы будут способствовать решению следующих проблем:

- Установленный нормативными документами ограниченный 25-летний срок эксплуатации лифтов не является обоснованным и не отражает реальное техническое состояние лифта. Такое положение дел не стимулирует собственника лифта к экономному расходованию его ресурса, проведению текущих ремонтов и модернизации лифта в пределах установленного срока эксплуатации лифта, так как после истечения 25-летнего срока эти работы необходимо будет повторить и, как следствие, в течении этого срока не проводится накопление средств для ремонта и модернизации лифта.

- Действующие правила, порядки и регламенты по техническому обслуживанию лифтов не устанавливают периодичность выполнения регламентных и ремонтных работ, не дают рекомендации собственникам по пакетам и срокам модернизации лифтов. В результате не проводятся регламентные работы, текущие ремонты лифтов, направленные на продление сроков службы лифтового оборудования.

- Действующее законодательство не предусматривает обязанности собственника лифта накапливать средства для его ремонта и модернизации. Отсутствие обязанности, закрепленной законом, не позволяет балансодержателю дома производить начисления на эти работы и, как следствие, обеспечить источники финансирования ремонтов и модернизации лифтов.

- Государство как бывший балансодержатель и собственник лифтов по Закону Украины «О приватизации государственного жилого фонда» обязано участвовать в финансировании ремонта лифтов.

- Действующие нормативно-правовые акты, регулирующие правоотношения собственника лифта и организаций, производящих техническое обслуживание, не предусматривают право этих субъектов заключать договора о передаче всех прав и обязанностей по эксплуатации лифтов обслуживающим

організаціям.

Особо следует остановиться ещё на одной проблеме и предлагаемом пути её решения. Ориентировочная стоимость полной замены лифтов в жилом фонде г. Одессы на сегодня оценивается не менее чем в 800-900 млн. грн. Таких средств в городском бюджете нет, а необходимых в масштабах всей Украины порядка 18 млрд. грн (учитывая аналогичную ситуацию с лифтами в других городах) нет и в государственном бюджете. Поэтому замена лифтов — не путь к решению проблемы, и это связано не только с отсутствием денег, но и с отсутствием отечественных производителей лифтов. И потребители вынуждены будут устанавливать импортные лифты, финансируя, таким образом, иностранные фирмы. Путь решения проблемы видится в изменении процедуры технического обслуживания лифтов и введения постоянной модернизации.

Причины снижения надежности лифтов. Лифты, которые отработают 25-летний срок в соответствии с действующими нормативами, нуждаются в проведении обследования и ремонтных работ. С каждым годом их количество увеличивается. Выполнить работы по их полной замене невозможно по вышеперечисленным причинам, да и нецелесообразно. А действующая система плановых ремонтов пока финансируется только из одного источника — городского бюджета.

В настоящее время в Европе эксплуатируется более 3,3 млн. лифтов. Большинство европейских лифтов используются в соответствии с Lift Directive 95/16/CE. Согласно статистике, около 50 % эксплуатирующихся в Европе лифтов установлены более 20 лет назад.

Монопольное право некогда мощной лифтовой организации "Укрлифт" было разрушено с появлением на украинском лифтовом рынке СП "УкрОТИС". На техническом обслуживании этих двух мощных специализированных предприятий находилось 55 % лифтового парка. Одновременно стали появляться мелкие государственные и частные предприятия по обслуживанию лифтового хозяйства. Более привычным путем пошли владельцы части административных зданий и домов коммунальной собственности, решая проблемы собственными силами, утверждая, что так дешевле. Но жизнь показала: дешевле — совсем не значит лучше, надежнее, качественнее. Почему?

Во-первых, сложные системы, а лифты относятся к таковым, должны обслуживать профессионалы, и чем больше у специалиста опыта, тем выше качество обслуживания. Во-вторых, оплатить сервисные услуги проще, нежели постоянно содержать полуграмотных "спецов". В-третьих, возникает необходимость иметь склад с большим количеством запасных частей и агрегатов: если их нет — лифт стоит, если они есть — тоже невыгодно, по сути, это "замороженные" средства. В-четвертых, все малые предприятия оказались оторваны от необходимой информационной и материально-технической базы. В-пятых, в результате такой "деятельности" в стране отсутствует единая техни-

ческая политика. И, в-шестых, сегодня в Украине нет базы для подготовки лифтовых специалистов.

Кроме ЗАО "ОТИС", ЧП "Лифтмаркет", предприятий "Укрлифтсервис" и ОАО "Карат", практически никто не готов к производству лифтового оборудования.

За последние годы мы практически полностью прекратили планово-предупредительные ремонты. Надо согласиться, что многие требования, которые предъявлялись системой планово-предупредительных ремонтов, были искусственно завышены и надуманы. Необходимо поставить вопрос о разработке новой системы ППР и ее обязательном внедрении в повседневную практику.

Раньше в обязанности электромехаников по лифтам входили осмотры и ППР ремонты лифтов. За каждым из них закреплялось от 10 до 15 лифтов в зависимости от их сложности и дислокации. Сегодня это количество увеличилось до 100 лифтов и более. При такой нагрузке электромеханик превратился в работника аварийной службы, т. е., образно говоря, в "толкача" лифтов. При этом появились еще и "временщики", которые принимают за обслуживание лифтов по более низким ценам, а через год-два бросают добытое оборудование своему владельцу, оставляя его один на один с разбитыми лифтами. Если сегодня не повернуться лицом к поставленной проблеме, то завтра придется вкладывать в нее еще больше средств и усилий.

Эта трагическая, душераздирающая история произошла в Кировограде около половины шестого утра в 9-этажном доме в результате аварии пассажирского лифта погиб 6-месячный ребенок. Что же случилось? В МЧС позвонил мужчина и взволнованным голосом сообщил об остановке лифта на одном из этажей. Внутри кричала женщина. Прибывшие на место спасатели увидели, что между кабиной лифта и шахтой была зажата детская коляска с малышом, мать оказалась вообще вниз головой под кабиной лифта. Видно, она пыталась остановить ногой закрывающуюся дверь лифта, которая зажала ее ногу, а кабина потащила ее вверх. Третий пассажир, отец ребенка, был в шоковом состоянии. Не успел улететь общественный резонанс кировоградской трагедии, как в середине мая ситуация повторилась в Харькове — молодая мама, младенец в коляске, двери лифта начали закрываться внезапно, когда мама еще не успела войти, и лифт с коляской и ребеночком поехал вниз. В этом случае 6-месячный малыш остался жив, но с серьезными травмами и в тяжелом состоянии был сразу же отправлен в больницу. Экспертная комиссия в своих выводах указала, что движение кабины при открытых дверях кабины и шахты было вызвано «залипанием» реле РДК, вследствие чего контакты реле РДК 35-45 и 269-515 оказались замкнутыми, и вся цепь управления лифтом была подготовлена к включению. События развивались так: по вызову молодой женщины кабина прибыла на 10 этаж, двери кабины и шахты открылись. Автоматическое закрытие дверей этого лифта происходит после ис-

течения выдержки времени, примерно 5 секунд, которое обеспечивается с помощью реле РЗ(35-123). По-видимому, пассажирке не хватило 5 секунд, чтобы зайти с коляской в кабину. В результате, коляска в момент автоматического закрытия дверей оказалась между посадочной площадкой и полом кабины. Так как вес части коляски, находившейся в кабине, менее 15 кг, подвижный пол кабины не был приведен в действие, и отключения реле контроля наличия пассажира в кабине РПК не произошло. Началось закрытие дверей и одновременно движение кабины вниз по вызову или в режиме автоматического спуска...

Итак, две серьезных аварии в достаточно короткий промежуток времени. Ситуации, похожие, как две капли воды. Более того, как сообщил один из украинских информационных сайтов, подобные аварии с лифтами такого типа, как в этой многоэтажке, в Харькове уже были четыре раза. Причины не установлены до сих пор. Кроме того, несколько лет назад такой же несчастный случай произошел в Киеве, и опять все тоже: молодая мама, ребенок в коляске, лифт, в который мама завезла коляску, внезапно тронулся с места прямо с открытой дверью. Такие ситуации случаются не только у нас, но и в России, где уровень старения лифтового парка в муниципальном жилом фонде, особенно в провинции, приблизительно такой же, как в Украине.

Нельзя забывать, что лифт — это единственный вид транспорта, которым управляют дилетанты. А дилетантов надо, если не учить, то хотя бы предупреждать.

Мы считаем, что необходимо всеми доступными способами информировать людей о потенциальной опасности, которую несут старые лифты, и о том, каких правил необходимо придерживаться при их эксплуатации.

Есть еще один путь. В каждом городе местные власти имеют такой рычаг пропаганды, как социальная реклама. Например, в Одессе на специальных щитах в разных точках города размещена реклама здорового образа жизни — против наркотиков, алкоголя и табака.

На основании рекомендаций Служб, ответственных за эксплуатацию лифтов, в Одессе появились рекламные щиты, а также блиц-заставки на некоторых одесских каналах с разъяснением Правил эксплуатации лифтов для родителей с детьми.

Чаще всего пользователи лифтами не обладают знаниями об устройстве лифта и принципе его работы (лебедка, кабина, противовес, ограничитель скорости, ловители, канаты, блокировки дверей и др.). Многие люди, войдя в кабину лифта, боятся обрыва каната, не зная о том, что канатов в устройстве лифта как минимум 3 шт и запас прочности у них десятикратный. Анализ случаев с «падением» или «обрывом» кабины показывает, что при движении кабины с увеличенной на 10% скоростью должен сработать ограничитель скорости, который приводит в действие ловители, останавливающие кабину. Если ограничитель скорости и механизм ловителей исправны, то происходит

мгновенная остановка кабины и тормозной путь кабины составит не более 1 метра. Двигатель лебедки при этом отключается.

Периодичность проведения испытаний ловителей, предусмотренная Правилами Устройства и безопасной эксплуатации лифтов (ПУБЭЛ), должна проходить не реже 1 раза в год. К сожалению, многие лифты у нас не проверяются годами.

Так почему же кабина лифта движется с увеличенной скоростью? Ограничитель скорости кабины лифта настроен на срабатывание при превышении скорости на 10% от номинала. Канатоведущий шкив вращаться быстрее не может, т.к. в устройстве лебедки имеется червячный редуктор. А это означает, что канаты скользят в канавках шкива и в случае перегрузки кабины происходит увеличение ее скорости движения.

Причины скольжения канатов:

- уменьшение диаметра каната за счет износа проволок;
- изменение (увеличение) профиля клинообразных канавок в результате их износа;
- наличие на канате консервирующей смазки, которая перед навеской канатов должна быть тщательно удалена.



Рис. 1. Деформация дверей шахты лифта

Любая из этих причин приводит к снижению коэффициента трения каната о канавки канатоведущего шкива, что приводит к скольжению каната.

Несколько советов для дилетантов. Категорически запрещается прыгать и раскачивать кабину лифта, т.к. при сотрясении кабины срабатывают ловители.

Нельзя блокировать закрытие дверей шахты и кабины лифта, подставив ногу внизу дверей. Двери могут перекоситься, образовав щель внизу, а сверху двери сомкнутся и закроются на защелку. (рис. 1). Т.е. лифт готов к вызову и может потянуть зажатую ногу.

При остановке кабины по различным причинам (отключили электроэнергию, разомкнулась блокировка и пр.) постарайтесь не паниковать. Вызовите дежурного диспетчера кнопкой вызова, позовите людей, попросите вызвать лифтера. Не допускайте открывания дверей шахты с помощью кувалды, лома и прочих инструментов.

Выводы. Лифт – серьезный механизм, требующий особенного отношения к нему пользователей, которые не всегда получают исчерпывающую информацию о безопасной эксплуатации лифтов.

Ежедневно в Европе пользуются лифтами 0,5 миллиарда человек. Ежегодно в Европе устанавливается около 70 000 новых лифтов.

К сожалению, из-за нехватки денежных средств, лифтам в Украине не уделяется должного внимания, что приводит к авариям с тяжелыми последствиями. Освещение в средствах массовой информации аварий лифтов, часто искажает истинное положение дел, превращаясь в «страшилки» для населения (лифт упал, свалился, оборвались тросы, отказали тормоза, сам включился и поехал и т.п.). А компетентные службы часто скрывают информацию под видом: «ведется следствие».

Возникла тревожная информация о катастрофической нехватке специалистов среднего и высшего звена. Эту проблему могут решить кафедры ПТМ технических ВУЗов.

Литература

1. Гогунский, В.Д. Марковская модель риска в проектах безопасности жизнедеятельности [Текст] / В.Д. Гогунский, Ю.С. Чернега, Е.С. Руденко // Труды Одесского политехнического университета. – 2013. – Вып. 2(41). – С. 271 – 276.
2. Гогунский, В.Д. Управління ризиками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці [Текст] / В.Д. Гогунский, Ю.С. Чернега // Вост.-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/10 (61). – С. 83 – 85.
3. Гогунский, В.Д. Управление комплексными рисками программы сопровождения систем аварийной защиты объектов ответственного назначения [Текст] / В.Д. Гогунский, Т.В. Бабик, И.И. Становская // Сб. научных трудов НУК. – 2012. – № 2. – С. 104 – 108.
4. Гогунский, В.Д. Основные законы проектного менеджмента / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко // IV міжнар. конф.: «Управління проектами: стан та перспективи». — Миколаїв : НУК, 2008. — С. 37 – 40.
5. Запорожець, О. І. Сучасні умови наскрізної освіти у сфері гуманітарної безпеки [Електронний ресурс] // Всеукр. наук.-метод. конф. – Безпечна життєдіяльність – майбутнє людства. – Миколаїв : НУК, 2011. – <http://conference.nuos.edu.ua/catalog/files/lectures/9217.pdf> - 02.02.2013.
6. Запорожець, О.І. Завдання наукових досліджень з охорони праці / О.І. Запорожець, В.Д. Гогунський // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві : зб. наук. праць. – Вип. 4 (5). – Одеса - Херсон: АО Бахва, 2013. – С. 19 – 23.
7. ISO 26000:2010 – «Настанова по соціальній відповідальності». Міжнародний стандарт [ISO 26000: 2010 (Draft) Guidance on Social Responsibility].
8. Гогунский, В.Д. Практические задачи измерения качества в проектах / В.Д. Гогунский, Т.М. Олех, А.Г. Оборская // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. — Харьков : Технолог. центр, 2012. — № 1/11 (55). — С. 6 — 8.

Надійшла до редакції 16.04.2014

УДК 621.941



А.А. Оргиян,
д.т.н., професор,
Одесский
национальный
политехнический
университет
e-mail:
alexorgiyan@gmail.com



А.В. Баланюк,
аспирант,
Одесский
национальный
политехнический
университет
e-mail:
anna.balanyuk@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАНИЙ КОНСОЛЬНЫХ БОРШТАНГ ДЛЯ ТОНКОГО РАСТАЧИВАНИЯ

А.А. Оргиян, А.В. Баланюк. Особенности колебаний консольных борштанг для тонкого растачивания. В статье изучены и уточнены параметры упругой системы шпиндель-борштанга отделочно-расточных станков. Приведены экспериментальные результаты исследований изгибных колебаний борштанги при холостом ходе и резании. На основе изучения колебаний длинных борштанг проанализирована их виброустойчивость при увеличении демпфирования и жесткости, а также при изменении массы. Обсуждены условия возникновения параметрических резонансов в зависимости от собственной частоты борштанги и варьирования скорости резания.

A.A. Orgiyan, A.V. Balanyuk. Features of the oscillations of a thin cantilever boring bar for boring. In this paper we study and specification parameters of elastic system spindle boring bar finishing and borers. The experimental results of studies of flexural vibrations of the boring bar at idle and cutting. Based on the study of long boring bar vibrations analyzed by increasing their vibration damping and stiffness, as well as weight change. Discussed the conditions of parametric resonance depending on the natural frequency of the boring bar and varying cutting speeds.

Введение. Консольные борштанги, обеспечивая высокую производительность при растачивании на специальных и универсальных станках, обладают малой жесткостью, понижающей виброустойчивость.

Вследствие этого исследования колебаний консольных борштанг занимают одно из ведущих мест в динамике станков, по крайней мере, по числу опубликованных работ [1]. Анализируя содержание известных работ, приведем основные результаты динамических исследований:

1. Условия возникновения "внутреннего резонанса" при совпадении первых собственных частот изгибных и крутильных колебаний борштанги не отражают влияния податливости других элементов упругой системы станка, а

также характеристик обрабатываемого материала, геометрии резца и режимов резания.

2. Установлено существенное влияние шпиндельного узла и других элементов упругой системы на изгибные и крутильные колебания. Показано, что крутильные колебания, обнаруживаемые преимущественно у коротких и тонких борштанг, зависит от изменения характеристик системы при варьировании скорости резания, а также от вылета резца.

3. Установлено, что пространственная форма изгибных колебаний борштанги практически совпадает с формой статического изгиба при нагружении радиальной силой у резца. Связь между изгибными и крутильными колебаниями слабая, а амплитуды изгибных колебаний примерно на порядок больше, чем крутильных, причем отношение этих величин растет с увеличением диаметра борштанги.

4. При заданных режимах резания и обрабатываемом материале можно определить предельную податливость у резца, обеспечивающую виброустойчивость, но эта величина несколько уменьшается с ростом диаметра борштанги. Расчет податливости рекомендуется выполнять для системы шпиндель-борштанга, как для балки переменного сечения на упруго - податливых опорах.

5. Установлен стесненный характер стружкообразования при тонком растачивании. Поэтому сила резания значительно превышает величину, рассчитываемую по общепринятым формулам для наружного точения. При этом сила резания возрастает с уменьшением диаметра растачиваемого отверстия.

Материалы и результаты исследований. В настоящей работе приведены исследования динамических характеристик консольных борштанг, в том числе длинных борштанг.

Назовем "длинными" борштанги, для которых отношение длины консоли к диаметру $l_1/d_1 > 3$. Такие борштанги являются удобным объектом модельного эксперимента, так как при их применении упругую систему можно считать одномерной, а замкнутая динамическая система станка в зависимости от условий обработки либо обладает малым запасом устойчивости, либо переходит в режим автоколебаний. Важность исследования длинных борштанг определяется также и тем, что устанавливаются предельные условия обработки без применения виброгасящих устройств. Данные о борштангах в эксперименте, и о шпиндельных узлах, на которые они устанавливались, сведены в таблицу 1.

Полученные экспериментальные данные зависимостей параметров УС от длины борштанги представлены на рисунке 1, а на рисунке 2 приведены конструктивная и статическая схемы шпиндельного узла с борштангой.

Радиальная податливость в сечении, где установлен резец, определяется выражением (1)

$$K = \frac{l^3}{3EI} \left[\sum_{i=1}^n \frac{S_i^3 - S_{i-1}^3}{j_i} + QS_n^2 + \alpha(1 + 2\xi_n + 2\xi_n^2) \right]. \quad (1)$$

Таблица 1

Пределы варьирования конструктивных параметров

Борштанга		Шпиндельный узел	Борштанга		Шпиндельный Узел
$d_1, мм$	$l_1, мм$		$d_1, мм$	$l_1, мм$	
15	30...75	УАР2	50	150...350	УАР4
25	50...175	УАР2	70	250..410	УАР4

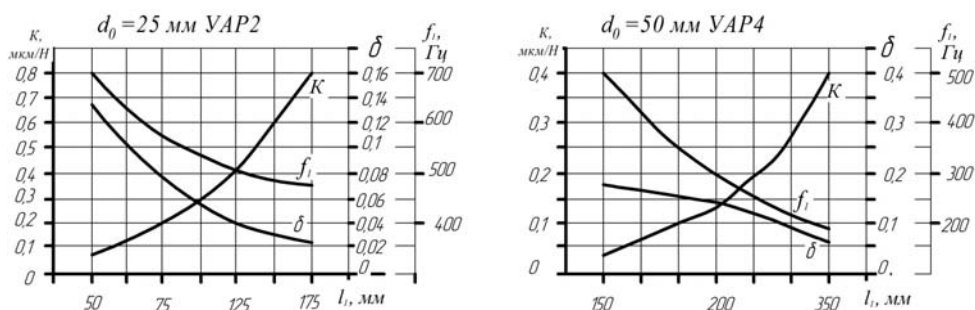


Рис. 1. Параметры системы шпиндель-борштанга

f – первая собственная частота;

Δ – логарифмический декремент колебаний

Таблица 2

Значения параметров для, расчета податливости по формуле (1)

Модель шпиндель- ной головки	$l^3 / 3EI,$ $\text{мкм} / \text{Н}$	Q	
УАР1	0,4185	0,43	0,023
УАР2	0,1105	0,55	0,063
УАР3	0,02956	0,73	0,29
УАР6	0,004422	0,96	1,95

Таблица 3

Конструктивные параметры шпиндельных головок
отделочно–расточных станков

Параметры шпиндельных головок отделочно–расточных станков	для моделей			
	УАР1	УАР2	УАР3	УАР4
Приделы диаметров растачиваемых отверстий, мм	8...32	20...65	50..125	100..200
Наибольшее число оборотов шпинделя в минуту	6500	4000	2000	1600
Диаметр шпинделя в пролете d , мм	40	55	75	120
Диаметр консоли шпинделя d_n , мм	50	64	88	135
Диаметр фланца шпинделя d_{n-1} , мм	120	140	170	200
Длина пролета l , мм	316	310	302	300
Расстояние от середины передней опоры до фланца шпинделя $l_{\text{конс}}$, мм	44	47	49	64
Толщина фланца шпинделя, мм	20	20	20	24
Условное обозначение подшипника и его размеры	36208	36211	46215	46124
D , мм	80	100	130	180
d , мм	40	55	75	120
B , мм	18	21	25	28
Высота распорного кольца в дуплексе H , мм	10	10	10	10

где приняты обозначения рисунка 3, а также

$$I = \frac{\cdot d^4}{64}, \quad = \frac{l_i}{l}, \quad j_i = \frac{\cdot d_i^4}{64 \cdot I}, \quad = \frac{3 \cdot EI}{l^3 \cdot C_p}, \quad = \frac{3 \cdot EI}{l^3 \cdot C_n}, \quad Q = \frac{(4 \cdot + 3) \cdot}{[4 \cdot (+ 1)^2 - 1]},$$

где C_p – радиальная жесткость дублицированной подшипниковой опоры, а C_n – ее поворотная жесткость. Отметим, что расчет C_p и C_n на основе рекомендаций приводит к расхождению с данные эксперимента, достигающему для отдельных объектов 30-40%. Уменьшение этого расхождения до величины, не превышающей 10%, достигается уточнением значений Q и

, являющихся параметрами, зависящими от конструктивных особенностей шпиндельного узла. Эти значения приведены в таблице 2.

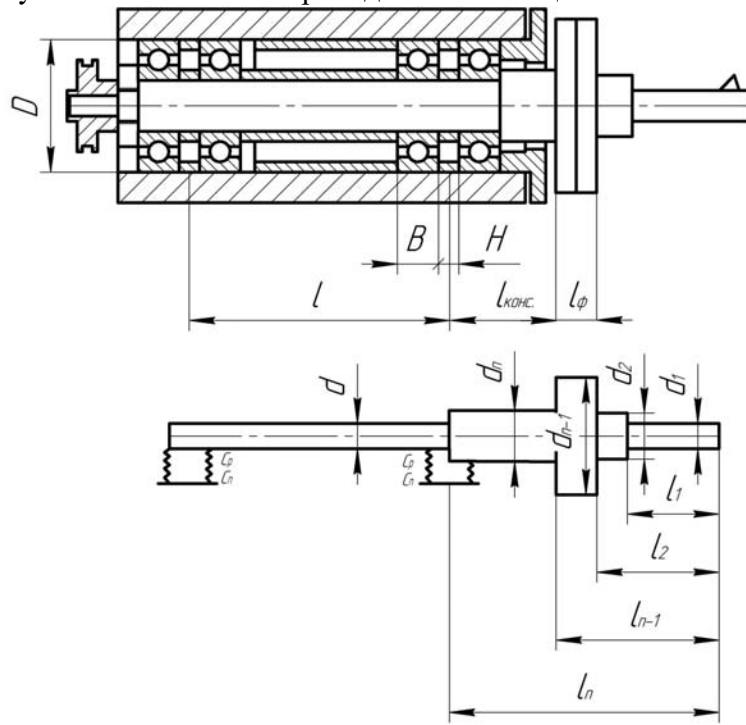


Рис. 2. Конструктивная и статическая расчетная схемы системы шпиндель-борштанга

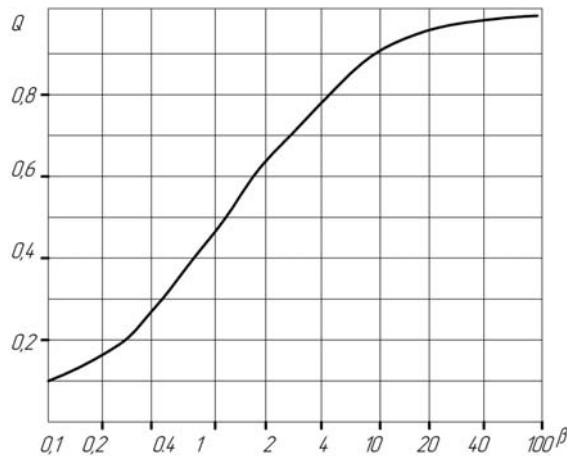


Рис. 3. Влияние поворотной жесткости опоры на податливость у резца.

Параметр Q , определяющий влияние на податливость сопротивления опоры повороту сечения, слабо зависит от β (на рисунке 3 шкала

логарифмическая). Поэтому значительные изменения Q могут возникнуть при изменении диаметра шпинделя, но не при конструктивно осуществимых изменениях l и H . Вид формулы (1) позволяет установить условия, при которых сопротивление опоры повороту сечения слабо влияет на податливость у резца. Это происходит в случае весьма коротких консолей ($\eta \ll 1$), а также при $Q \ll 2$. Из данных таблицы 3 видно, что к последнему условию система шпинделя приближается с увеличением диаметра.

Значительно менее точными оказываются оценки демпфирующей способности системы. Ошибка в определении логарифмического декремента колебаний может достигать 50%. Причиной этого является сильная зависимость демпфирования от качества изготовления и сборки, от амплитуды возбуждаемых колебаний, а также от скорости вращения шпинделя. Отметим при этом, что влияние скорости вращения на демпфирование колебаний в системах, содержащих консольные борштанги, значительно слабее, чем в системах с гильзой. Эта экспериментально установленная закономерность подтверждает представления о влиянии на скоростную зависимость демпфирования вращения плоскости колебаний, так как в системах с консольными борштангами упругие перемещения не вращающихся элементов малы. В таких системах зависимость демпфирования от скорости вращения определяется, в основном, физическими явлениями в опорах качения.

Экспериментальное исследование колебаний выполнялось при растачивании образцов из стали 45 и чугуна (НВ 180), устанавливаемых в жестком приспособлении. Условия обработки: борштанга диаметром $d_1 = 15, 25, 50, 70$ мм; материал режущей части и углы заточки для стали: Т30К4, $\alpha = 60^\circ$, $\alpha_1 = 15^\circ$, $\alpha_2 = 15^\circ$, $\alpha_3 = 7^\circ$; для чугуна: ВК3, $\alpha = 45^\circ$, $\alpha_1 = 45^\circ$, $\alpha_2 = 0^\circ$, $\alpha_3 = 7^\circ$; радиус закругления вершины 0,3 – 0,5 мм; режимы резания для стали: глубина резания $t = 0,05 \dots 0,2$ мм, скорость резания $v = 2,25$ м/с, подача $s = 0,05$ мм/об; для чугуна – глубина резания $t = 0,05 \dots 0,3$ мм, скорость резания $v = 2$ м/с, подача $s = 0,05$ мм/об [2].

Качественное описание результатов исследования изгибных колебаний борштанг сводится к тому, что при приближении к границе устойчивости развиваются узкополосные колебания с нарастающими средними значениями и вариациями амплитуд, а при дальнейшем увеличении длины борштанги наблюдаются устойчивые колебания высокого уровня. Частота колебаний при всех значениях длины борштанги мало отличается от ее собственной частоты. Амплитуда устойчивых интенсивных колебаний остается постоянной либо периодически изменяется в зависимости от характеристик стационарности системы.

В результате измерения уровня колебаний можно установить предельное значение длины борштанги для каждого значения ее диаметра, глубины резания и для заданного обрабатываемого материала. При этом обнаруживается, что податливость борштанги является достаточно представительным крите-

риальним показателем віброустійчивості. При тонком растачивании стальных образцов граничное значение податливости лежит в пределах от 0,1 до 0,15 мкм/Н, а при растачивании чугуна – от 0,2 до 0,25 мкм/Н, несколько уменьшаясь с увеличением диаметра.

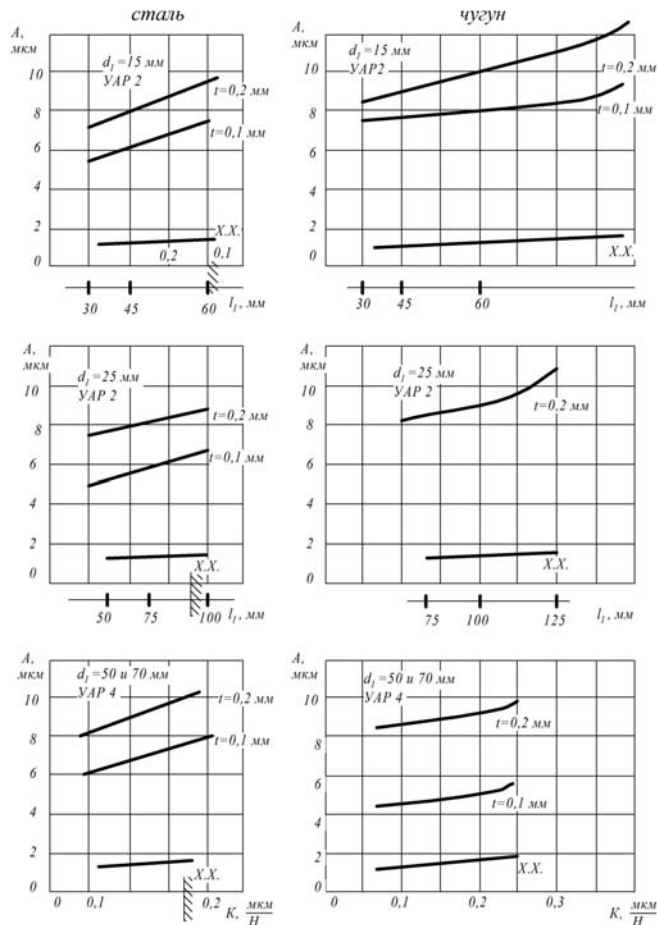


Рис. 4. Колебания длинных борштанг при растачивании;
 X.X. – холостой ход

Возможность использования податливости в качестве критериальной характеристики виброустойчивости определяется характерными соотношениями между параметрами упругой системы отделочно-расточных станков с консольными борштангами и вовсе не означает, что динамический расчет станка может быть вообще заменен статическим расчетом. На рисунке 4 приведены средние значения податливости системы, однако, шпиндельные головки, использованные в эксперименте, характеризуются

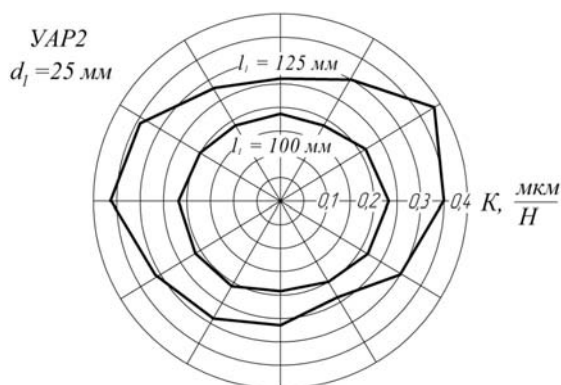


Рис. 5. Угловая эпюра радиальной податливости у резца

заметной неравномерности податливости по углу поворота шпинделя (рис. 5). При испытаниях шпиндельных головок установлено, что овализация угловой эпюры радиальной податливости является типичной. На осциллограмме изгибных колебаний борштанги при растачивании отчетливо видна амплитудная модуляция с частотой, равной удвоенной частоте вращения шпинделя.

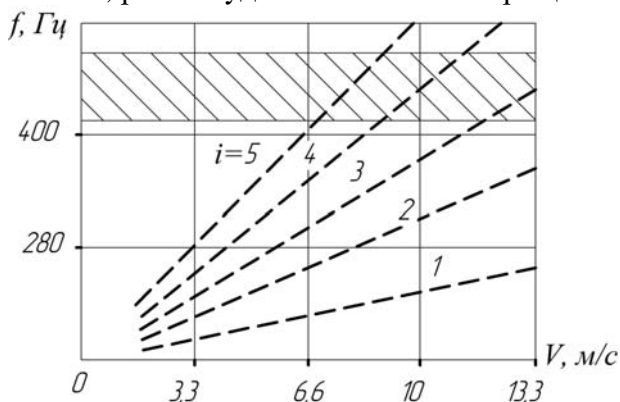


Рис. 6. Условия возникновения параметрических колебаний

В проведенных опытах с длинными борштангами явление параметрической неустойчивости не обнаружено. Причиной этого является невыполнение условий возбуждения параметрических резонансов при выбранных скоростях резания. На рисунке 6 сопоставлены значения собственных частот, при которых возбуждается i -ый параметрический резонанс, $f_{i1} = \frac{1000 \cdot i \cdot V}{60 \cdot d}$ (штриховые линии) с измеренными значениями частот свободных колебаний борштанг длиной от 75 до 125 мм (заштрихованная область). Видно, что три всех значения i от 1 до 5 параметрические резонансы не может возникнуть при скорости резания, меньшей 6,6 м/с.

Консольное закрепление расточных борштанг на шпиндельных головках, предотвращающих "увод" оси отверстия, применяется при финишной

обработке высокоточных отверстий. Вместе с тем известно, что консольный инструмент обладает большой изгибной податливостью, что приводит к увеличению погрешностей обработки, вызванных статическими отжимами и колебаниями. Поэтому на практике применяют разные способы повышения изгибной жесткости и виброустойчивости, например, изготавливают борштанги из твердых сплавов с повышенным модулем Юнга или применяют составные борштанги с повышенным рассеиванием энергии. Известно, что увеличение жесткости и демпфирования, консольных борштангах благоприятно сказывается на точность обработки. Иначе обстоит дело с изменением массы консольного инструмента, в некоторых случаях изменение массы приводит к увеличению виброустойчивости, а в других – к нарастанию колебаний [3]. Для разграничения этих случаев рассмотрим условие устойчивости одномассовой замкнутой динамической системы. Уравнение движения упругой системы замкнутой на процесс резания имеет вид (2)

$$\begin{cases} m \frac{d^2 y}{dt^2} + b \frac{dy}{dt} + cy = k_1 P, \\ T_p \frac{dP}{dt} + P = -k_p k_2 y, \end{cases} \quad (2)$$

где $T_p = \frac{a}{V}$ – постоянная времени стружкообразования, a – толщина стружки; V – скорость резания;
 m – приведенная масса;
 b – коэффициент демпфирования;
 c – жесткость упругой системы;
 P – главная составляющая силы резания;
 k_1, k_2 – коэффициенты, зависящие от ориентации силы резания относительно главных осей жесткости упругой системы;
 k_p – коэффициент резания.

Используя обозначения $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$ (первая собственная частота упругой системы) и $\tau_0 = \frac{1}{\omega_0}$ (безразмерное время) уравнения (2) примут вид

$$\begin{cases} m \cdot \tau_0^2 \frac{d^2 y}{d\tau^2} + b \cdot \tau_0 \frac{dy}{d\tau} + cy = k_1 P, \\ T_p \cdot \tau_0 \frac{dP}{d\tau} + P = -k_p k_2 y. \end{cases} \quad (3)$$

Разделив первое уравнение на $m \cdot \tau_0^2$, получим

$$\begin{cases} \ddot{y} + \frac{b}{m \cdot \frac{2}{0}} \dot{y} + \frac{c}{m \cdot \frac{2}{0}} y = \frac{k_1}{m \cdot \frac{2}{0}} P, \\ T_p \cdot \frac{dP}{d} + P = -k_p k_2 y, \end{cases} \quad (4)$$

где точками обозначено дифференцирование по времени.

Введем обозначения для безразмерных параметров: диссипации $k = \frac{b}{m \cdot \frac{2}{0}}$; постоянная времени стружкообразования $= \frac{1}{T_p \cdot \frac{2}{0}}$. С учетом этих параметров и так как $m \cdot \frac{2}{0} = c$, систему уравнений (4) представим в виде

$$\begin{cases} \ddot{y} + k \dot{y} + y = \frac{k_1}{c} P, \\ \dot{P} + P = -k_p k_2 y. \end{cases} \quad (5)$$

Приведя систему уравнений (5) к одному дифференциальному уравнению собирая коэффициенты при y , получим (6)

$$\ddot{y} + (1 + \frac{k}{c}) \cdot \dot{y} + (1 + k) \cdot y = 0 \quad (6)$$

где $\frac{k}{c} = \frac{k_1 k_2 k_p}{c}$ – коэффициент связанности.

Для определения устойчивости воспользуемся критерием Рауса–Гурвица:

$$a_0 = 1; a_1 = 1 + \frac{k}{c}; a_2 = 1 + k; a_3 = 1 + \frac{k}{c}.$$

Характеристическое уравнение имеет вид:

$$a_0 \cdot z^3 + a_1 \cdot z^2 + a_2 \cdot z + a_3 = 0$$

Устойчивость решений этого уравнения будет при:

$$a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0 \text{ и } a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0, \text{ т.е.}$$

$(1 + \frac{k}{c})(1 + k) - (1 + \frac{k}{c}) > 0$, тогда устойчивость решений определяется выражением

$$< k(\frac{1}{c} + 1 + k) \quad (7)$$

Правую часть (7) обозначим через $\frac{1}{c} -$ граничное значение коэффициентов связанности УС станка с процессом резания

$$< \frac{1}{c} = k(\frac{1}{c} + 1 + k)$$

Далее найдем зависимость $\frac{1}{c}$ от T_p .

$$= \frac{1}{c} \cdot T_p$$

Учитывая, что логарифмический декремент колебаний для отделочно-расточных станков находится в пределах $\Delta = 0,05 - 0,2$, и что $\Delta = \frac{1}{c} \cdot k$, примем в расчетах среднее значение $k = 0,04$, $T_p = 4 \cdot 10^{-4}, c$.

Зависимость $\frac{1}{c}$ от T_p представлена на рисунке 7.

Таблица 4

Расчет параметра устойчивости – γ_0

f_0 Γu	100	200	300	350	400	450	500	600	700	800	900
ω_0 $\frac{1}{c}$	628	1256	1884	2198	2512	2826	3140	3768	4396	5024	5338
θ	0,251	0,50	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	1,50	1,75	2,01	2,14
γ_0	0,171	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11

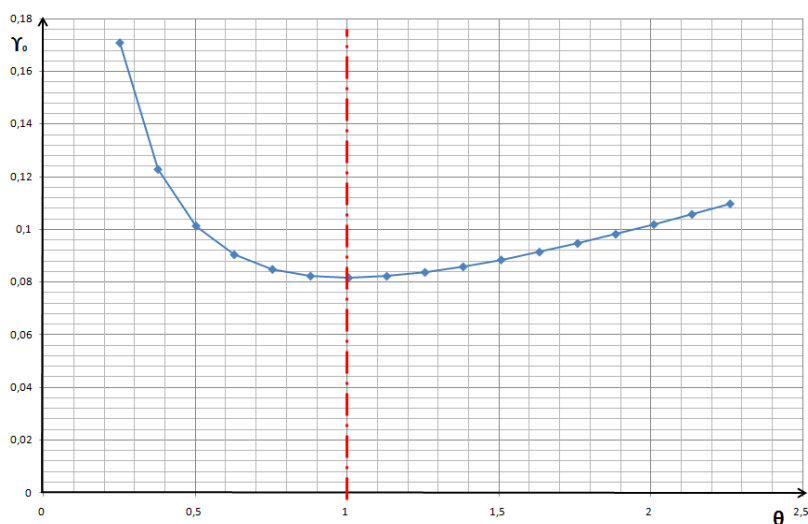


Рис. 7. Зависимость γ_0 от θ

Из рисунка 7 видно и таблице 4, что для борштанг с собственной частотой меньше 400 Γu для повышения устойчивости системы при обработке борштангами большого диаметра необходимо увеличить массу, что приводит к уменьшению γ_0 и увеличению θ , и, наоборот, для борштанг, работающих с частотой более 400 Γu , для повышения устойчивости необходимо массу уменьшать, что приводит к увеличению собственной частоты борштанги.

Выводы

1. Изучены и уточнены параметры упругой системы шпиндель-борштанга, отделочно-расточных станков.
2. Приведены экспериментальные результаты исследований изгибных колебаний борштанги при холостом ходе и резании.
3. Установлено, что при приближении к границе устойчивости развиваются узкополосные колебания с нарастанием среднего значения и вариациями амплитуды, а при дальнейшем увеличении длины борштанги наблюдаются устойчивые колебания высокого уровня. Частота колебаний при всех значениях длины борштанги мало отличается от ее собственной частоты.

4. Изучено влияние увеличения демпфирования и жесткости, а также изменения массы борштанги на виброустойчивость.

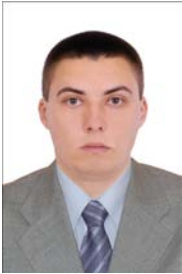
5. Изучены условия возникновения параметрических резонансов в зависимости от собственной частоты борштанги и варьирования скорости резания.

Литература

1. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8
2. Нормативы режимов резания и геометрия резцов для тонкого растачивания. Обработка на отделочно-расточных станках. Крупное и массовое производство. НИИмаш., Москва 1979. – 93с.
3. Кудинов В.А. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1967. 359 с.

Надійшла до редакції 16.04.2014

УДК 621.825.6



А.М. Саньоцький,
здобувач,
Тернопільський
національний технічний
університет
e-mail:
san.andry@gmail.com

КЛАСИФІКАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ, ОСНОВИ ТЕОРІЇ І ЕЛЕМЕНТИ РОЗРАХУНКУ СИНХРОННИХ КАРДАННИХ ШАРНІРІВ РІВНИХ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ

А.М. Саньоцький. Класифікаційний аналіз, основи теорії і елементи розрахунку синхронних карданних шарнірів рівних кутових швидкостей. Проведено класифікаційний аналіз, описано основи теорії і елементи розрахунку синхронних карданних шарнірів, що використовуються в авто-тракторних трансмісіях транспортних засобів. Наведені основні вимоги щодо розробки і проектування нових конструкцій.

A.M. San'otskiy. Classification analysis, the basic theory and elements of calculation of synchronous cardan hinge equal angular velocities. A classification analysis describes the basic theory and elements of calculation of synchronous universal joint used in automotive transmissions vehicles. The basic requirements for the development and design of new structures.

Вступ. Синхронні карданні шарніри рівних кутових швидкостей є невід'ємною частиною переважної більшості сучасних автотракторних транспортних засобів. Вони широко використовуються для передачі обертового руху і потужності ведучих і одночасно керованих коліс в трансмісіях різноманітних транспортних засобів при залежній, або незалежній конструкції підвіски. Також слугують для з'єднання і компенсації не співвісності ведучого і веденого валів з осями, що перетинаються під постійним, або змінним кутами в просторі.

Великий вклад в дослідження існуючих конструкцій синхронних карданних шарнірів рівних кутових швидкостей, а також їх конструювання, кінематичного і динамічного аналізу і синтезу, узагальнені дані з розрахунку і проектування шарнірних механізмів на нагрів, знос і міцність, конструкції стендів для їх випробувань, методи випробувань внесли такі науковці, як акад. Чудаков Е. А., і Кожевников С. Н., а також Лысов М. И., Малаховский Я. Э, Перфильев П. Д, Антонов А. С., Коротоношко Н. И., Гольд Б. В., Тверсков Б. М., Гришкевич А. И., Осепчугов В. В., Гаспарянц Г. А., Лукин П. П, Решетов Л. Н., Бочаров Н.Ф., Цитович И. С. та ін. Також іноземні науковці Fischer I. S., Remington P. M., Valentini P. P., Pezzuti E., Freudenstein F., Haug

Технології, матеріали, транспорт і логістика

E. J., Schmelz F., Myard F. E., Pennestri E., Stefanelli R., Seherr-Thoss H., Aucktor E., Wagner E. R. та інші [1–12].

Матеріал і результати дослідження. Синхронні карданні шарніри поділяють, перш за все, на конструктивні ряди за величиною передаваного крутного моменту, що визначає навантаження на елементи кінематичних пар. Можливість використання того або іншого типу карданного шарніра залежить від величини кутової швидкості з'єднаних шарніром валів, так як не завжди представляється можливим зрівноважити відцентрові сили інерції, що обумовлюють динамічні процеси в шарнірному механізмі.

Карданні шарніри являють собою пристрої, які здатні передавати крутий момент або обертовий рух від одного вала до іншого при фіксованих або змінних кутах перетину їх осей. З точки зору структури, карданний шарнір необхідно розглядати як кінематичне з'єднання, еквівалентне дворухомому сферичному шарніру.

За кінематичними властивостями карданний шарнір може бути синхронним або асинхронним. Синхронність карданного шарніра забезпечується або відповідним встановленням двох асинхронних карданних шарнірів, або використанням спеціальних типів карданних шарнірів, так званих синхронних з рівними кутовими швидкостями.

За механічними властивостями карданні шарніри поділяються на жорсткі і пружні. Тип карданного шарніра визначає основні параметри шарнірної передачі, її кінематику, максимально допустимі кути нахилу валів, впливає на частоти крутильних коливань (пружні шарніри), а при встановленні універсальних карданних шарнірів забезпечує і компенсацію осьових переміщень.

Розрізняють також карданні шарніри прості і універсальні. За наявності в механізмі простого кардана можливе лише кутове переміщення двох валів, а за наявності універсального – можливе як кутове, так і осьове переміщення привідних валів, причому осьове переміщення реалізується всередині самого шарніра. Універсальні карданні шарніри в даний час використовуються рідко. Їх конструктивні ознаки не відображені в класифікації.

Існує велика кількість типів карданних шарнірів. В основу їх класифікації закладені найбільш важливі технічні характеристики. За основну класифікаційну ознаку карданних шарнірів прийнята їх кінематика та характеристика руху, яка може бути із рівномірною (синхронною) або нерівномірною (змінною) кутовою швидкістю. Відповідно карданні шарніри поділяються на дві основні групи: асинхронні (зі змінною) і синхронні (із постійною) кутовою швидкістю (частотою обертання). Карданний шарнір, призначений для роботи зі змінною частотою обертання (асинхронний), передає обертовий рух із змінними відношеннями миттєвих значень частоти обертання між вхідними (ведучими) і вихідними (веденими) елементами при робочому значенні кута карданного шарніра, відмінного від нуля, із забезпеченням середнього передавального відношення рівним одиниці. Синхронний карданний шарнір постійної частоти обертання має передавальне відношення, рівне одиниці.

Існує ще й третя категорія карданних шарнірів, які працюють на частотах обертання, близьких до постійного. Їх передавальне відношення дорівнює одиниці при нульовому, або номінальному для даного механізму кутовому значенні. При інших кутових значеннях передавальне відношення близьке до одиниці. Оскільки відхилення передавального відношення від одиниці відносно невелике в порівнянні з відхиленнями у шарнірних механізмах змінної частоти обертання, механізми, що працюють на частотах, близьких до постійного, зазвичай відносять до тієї ж категорії, що й механізми постійної частоти обертання.

Класифікація карданних шарнірів представлена на рис. 1.



Рис. 1. Класифікація карданних шарнірів

Синхронні карданні шарніри можуть бути виконані з елементів жорстких шарнірів з хрестовиною або представляти собою оригінальну конструкцію. Карданні шарніри першої групи віднесені до так званих подвійних, а другої групи – до спеціальних. Подвійний карданний шарнір представляє собою сукупність двох одинарних шарнірів, у яких проміжний вал може бути замінений сполучною ланкою. Деякі конструкції синхронних карданних шарнірів виконуються з компенсуючим пристроєм всередині механізму, тобто являються універсальними.

За класифікаційну ознаку спеціальних типів синхронних карданних шарнірів прийнятий тип ланки, що передає зусилля карданам. Якщо такою ланкою є сухар, то відповідна група карданних шарнірів відноситься до сухарних, якщо кульки – до кулькових.

Класифікація синхронних карданних шарнірів рівних кутових швидкостей представлена на рис. 2.

Карданні шарніри класифікують також за конструкцією їх опор. Самопідтримуючий шарнір утримується за допомогою внутрішніх засобів і для нього, таким чином, потрібно встановлюючий вузол лише на одному з валів, тобто на веденому або ведучому. Карданному шарніру, який не являється самопідтримуючим, необхідні зовнішні підтримуючі засоби на обох (веденому і ведучому) валах, щоб забезпечити відповідне встановлення всього шарнірного механізму.

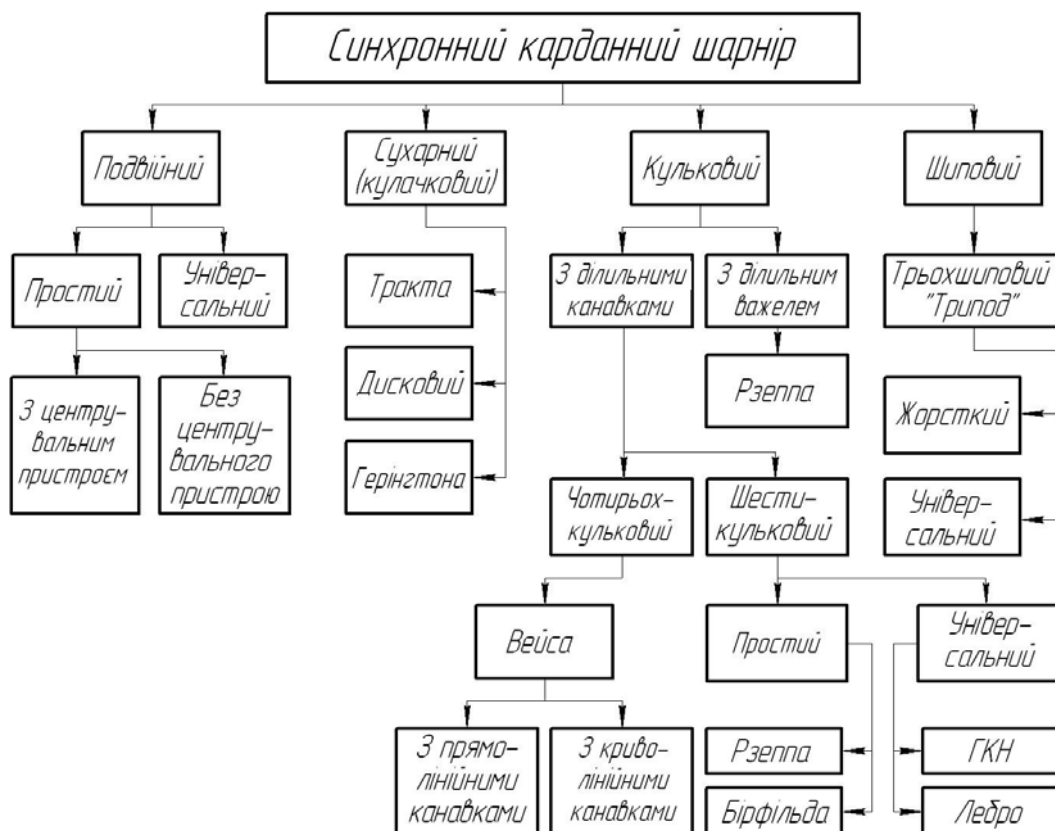


Рис. 2. Класифікація синхронних карданних шарнірів рівних кутових швидкостей

Карданні шарніри розрізняють з фіксованими і рухомими центрами. Перші здатні сприймати осьові зусилля, а другі допускають відносні осьові переміщення вхідних і вихідних ланок.

Ще однією характеристикою карданних механізмів є можливість зміни їх робочого кутового значення між валами. За цією ознакою вони поділяються на механізми з великими і малими робочими кутами. До перших, як правило, відносяться механізми з фіксованими центрами, а до других – механізми з рухомими центрами.

Карданні шарніри можна також класифікувати в залежності від напрямку їх руху. Більшість карданів є реверсивними (двосторонньої дії) і, отже, передають обертовий момент від однієї ланки до іншої з однаковими ККД, потужністю та іншими робочими характеристиками.

Синхронні карданні шарніри при обертанні з деяким кутовим значенням між вхідною і вихідною ланками передають обертовий рух з рівною кутовою швидкістю (постійною частотою обертання) при наступних умовах:

- площа контакту між ведучим і веденим ланками повинна займати постійне просторове положення (у карданного шарніра із змінною час-

Технології, матеріали, транспорт і логістика

- площина контакту повинна бути нормальною до площин, що описується осями обертання ведучої і веденої ланок карданного шарніра;
- площина контакту повинна утворювати деякий кут відносно ведучої і веденої ланок, який еквівалентний половині результуючого кута карданного шарніра.

Площина постійної частоти обертання описується всіма точками контакту карданного шарніра і в неї відношення частот обертання вхідних і вихідних ланок дорівнює одиниці. Дана площина ділить навпіл тупий кут, утворений осями обертання вхідної і вихідної ланок, залишаючись нормальною до площини, якій належать дані осі.

Вимога до стабільності частоти обертання означає, що всі точки контакту вхідної і вихідної ланок у будь-який момент часу повинні лежати в площині, що поділяє навпіл будь-який кут в межах всього діапазону зміни кута карданного шарніра. В деяких конструкціях шарнірних механізмів постійна частота обертання забезпечується лише при конкретних кутових значеннях між вхідною і вихідною ланками або при таких значеннях, що лежать за межами діапазону зміни кута карданного шарніра; при інших кутових значеннях вони передають обертання лише з близькою до постійної частоти. Для задоволення вимоги до постійності частоти обертання ні одна точка, що належить площині частоти обертання, не може бути пов'язана ні з одним із елементів веденого або ведучого карданного шарніра.

Схема та основний принцип роботи карданного шарніра рівних кутових швидкостей у вигляді простої моделі представлена на рис. 3.

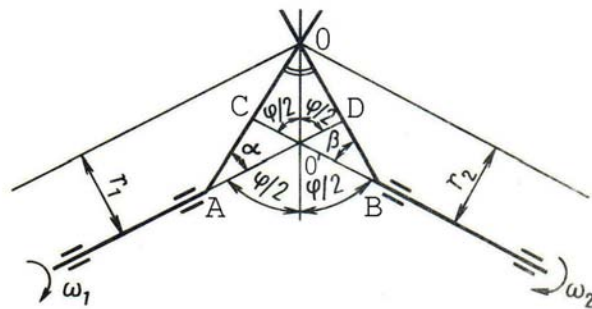


Рис. 3. Кінематична схема роботи карданного шарніра рівних кутових швидкостей

В синхронному карданному шарнірі рівних кутових швидкостей (рис. 3) відсутній фіксований шарнірний зв'язок між карданными вилками. Вали мають плечі, кожне з яких розташоване під одним і тим же кутом α і β . Коли осеві лінії вхідного і вихідного валів утворюють кут шарніра γ , точка їх кон-

такту O лежить у площині креслення і в площині постійної частоти обертання, або в площині, що поділяє навпіл тупі кути. Точка контакту O може розміщатися по карданних вилках. Якщо у них передбачити ділильні канавки або інше конструктивне рішення, що забезпечує рух точки O в бісекторній площині, коли при будь-якому положенні вилок $a=b$, то можна одержати рівність кутових швидкостей вхідного і вихідного валів. В карданних шарнірах з ділильним важелем для більш точного встановлення проміжної ланки в бісекторній площині застосовують спеціальний ділильний механізм, що забезпечує її встановлення.

Кругова швидкість точки контакту O становить:

$$V_O = {}_1r_1; V_O = {}_2r_2. \quad (1)$$

Звідки ${}_1r_1 = {}_2r_2$.

Підставивши в цю рівність значення

$$r_1 = AO \sin \alpha \quad \text{і} \quad r_2 = BO \sin \beta,$$

отримаємо:

$${}_1AO \sin \alpha = {}_2BO \sin \beta. \quad (2)$$

Кутові швидкості ведучого і веденого валів рівні, якщо $AO=BO$; $\alpha=\beta$.

Внаслідок симетрії точка контакту O буде розташована в бісекторній площині, що поділяє кут навпіл між осями обертання, і при всіх інших положеннях, що очевидно, зокрема, із рівності трикутників $OO'C$ і $OO'D$. Радіус точки контакту в обох ланках однаковий, і, відповідно, частоти обертання двох валів постійно являються рівними.

Різноманітні конструкції синхронних карданних шарнірів є найбільш поширеними засобами забезпечення сталості частоти обертання шляхом використання принципу площини контакту, точки якої мають однакову кутову швидкість. Дана площина проходить через миттєвий центр шарніра і в будь-який момент ділить навпіл кут між осями обертання веденого і ведучого валів. Під миттєвим центром тіла вважаємо вісь, що проходить через деяку точку, рух тіла навколо якої в будь-який момент часу являється лише обертовим, і, відповідно, в його істинному русі відсутня переносна складова. Осі обертання, що перетинаються, визначають положення геометричного центру шарніра. Таким чином, миттєвий центр обертання синхронного карданного шарніра збігається з його географічним центром тоді, коли площина контакту лежить у площині, що розділяє кут φ навпіл.

Для передачі рівної кутової швидкості в синхронному карданному шарнірі необхідно наявність проміжної ланки в площині постійної частоти обертання, яка повинні викликати відносне кутове зміщення карданних вилок і при відповідному напрямку руху утворювати контакт у площині, що поділяє кут навпіл. Якщо карданний шарнір передає обертання з постійною частотою, то частота обертання всіх основних ланок також буде постійною. Таким чином, основна проблема проектування синхронного карданного шарніра

постійної частоти обертання зводиться до розробки пристрою, яке забезпечувало б контакт між веденими і ведучими ланками в бісекторній площині, що поділяє тупий кут ϕ навпіл.

Коли синхронний карданний шарнір повертається на деякий кут, то для збереження сталості частоти обертання проміжна ланка повинна самостійно переміститися в площину, що ділить кут навпіл. Теоретично ідеальне обертання можливе лише навколо того ж центру, який слугує для утворення кута шарніра. Отже, в залежності від геометричних характеристик канавок ковзання в конкретній конструкції шарніра відстань від центру або до центру радіальної площини, відстань по перпендикуляра до неї, а також результуюча траєкторія, по якій повинна рухатися проміжна ланка, являється функцією відносного ковзання.

Відносний обертний рух кулачків відбувається з використанням значних сил тертя і в результаті утворюється інтенсивний контакт між кулею і канавкою проміжної ланки. Співвідношення обертання і осьового переміщення в карданному шарнірі є важливим параметром, що визначає допустимі швидкості і навантаження. Великі осьові переміщення обмежують екстремальні значення робочих параметрів. При цьому не тільки зменшується допустиме навантаження, але і різко обмежуються робочі швидкості внаслідок підвищення температури за рахунок тертя.

У конструкціях карданних шарнірів постійної частоти обертання замість куль можна використовувати й інші деталі: ролики, півсфери, конуси і т. д. Ці деталі нерідко здатні забезпечувати кращий контакт по канавці спряжених ведучої і веденої ланок і, відповідно, більш широкий діапазон допустимих навантажень. Проте при їх використанні виникає проблема забезпечення певного положення осі обертання деталей кочення в площині постійної частоти обертання. Вони мають більш високу складову ковзання в порівнянні з кулями.

Постійну частоту обертання можуть забезпечувати і карданні шарніри, в конструкції яких не передбачені елементи кочення однієї або обох ланок ведучого вала. Найбільш характерним прикладом такої конструкції є вал з подвійним карданним шарніром, в якому два звичайних карданних шарніра з'єднані за допомогою вилки та відповідний пристрій забезпечує опору і поділ результуючого кута між ведучою і веденою ланками. Вісь обертання сполучної вилки лежить у площині кута шарніра. Коли загальний кут шарніра ділиться навпіл, вилка розташовується симетрично площині, що поділяє кут навпіл, а її вісь обертання перпендикулярна цій площині. Вилка і забезпечує той контакт, який є необхідною умовою сталості частоти обертання. Проте, необхідно відзначити, що вилка разом із приєднаними до неї деталями не обертається за тим же законом, що і шарнір. Подвійний карданний шарнір розрахований на те, щоб забезпечувати сталість частоти обертання тільки при одному певному кутовому значенні, що знаходиться за межами деякого об-

меженого діапазону зміни кута шарніра або виходить взагалі за межі повного діапазону можливих змін цього кута.

Різновидом карданного шарніра постійної частоти обертання є шарнір Тракта, який складається з двох вилок, з'єднаних двома проміжними ланками. При відповідній опорі і центруванні за допомогою зовнішніх засобів проміжні ланки ділять загальний кут шарніра порівну. Крім того, ці дві проміжних ланки завжди симетрично розташовані відносно площини, що ділить кут шарніра на дві частини, і лежать у площині його кута. При цьому передається обертання з постійною частотою. Функція, що полягає в поділі навпіл кута шарніра, в цьому випадку повністю аналогічна функції, що виконує сполучна вилка вала з подвійним карданним шарніром.

Згідно з викладеними раніше вимогами, виконання яких необхідне для забезпечення сталості частоти обертання, конструкція карданного шарніра повинна бути такою, щоб завжди був контакт між ведучою і веденою ланками в площині, що поділяє навпіл кут шарніра.

Функції, що виконуються синхронним карданним шарніром істотно змінюються в залежності від області його застосування. Можна виділити чотири основні параметри, що характеризують будь-який шарнірний механізм:

1. Обертовий момент. Першою і основною задачею синхронного карданного шарніра являється забезпечення передачі обертового моменту від джерела енергії до привідного механізму, що обертається, в умовах, коли існує певний кут між їх осями.
2. Частота обертання. Синхронний карданний шарнір дозволяє працювати при найбільш оптимальній частоті обертання.
3. Кутові положення. Синхронні карданні шарніри, що використовуються в привідних механізмах, повинні забезпечувати нормальне функціонування як при постійних, так і при змінних кутах між осями валів, що обертаються.
4. Осьова компенсація. В деяких конструкціях синхронних карданних шарнірах передбачена осьова компенсація, або зміна довжини валів. У типовому двошарнірному кардані компенсаційні зміни довжини (осьові переміщення) можуть відбуватися: 1) між центрами універсальних шарнірів; 2) з одного або з обох кінців із зовнішньої сторони від їх центрів; 3) всередині одного або обох універсальних шарнірів, які допускають можливість переміщення їх валів.

Оскільки синхронний карданний шарнір є необхідним елементом системи передачі обертання, його робота багато в чому визначається ведучими і веденими ланками, що входять в його конструкцію, а також ланками, що забезпечують його підвіску і опору. Динамічні характеристики останніх суттєво впливають на плавність роботи шарнірного механізму при будь-якій специфіці його використання. Функції карданного шарніра визначають діапазон зміни його характеристик, що в кінцевому рахунку виявляє вирішальний вплив на роботу трансмісії. При цьому важливо правильно визначити ці функції, що

впливають з мети використання системи, з тим, щоб оптимально сконструювати синхронний карданний шарнір.

Необхідно зазначити, що разом з чотирма основними параметрами синхронних карданних шарнірів – обертовий момент, частота обертання, кутове положення і осьова компенсація великий вплив на їх працездатність також виявляють параметри підтримуючих елементів.

При конструюванні синхронного карданного шарніра необхідно провести ретельний аналіз його основних параметрів з урахуванням специфічних експлуатаційних характеристик, що впливають з конкретної галузі використання шарнірного механізму. У процесі визначення основних і експлуатаційних параметрів приводу необхідно розглянути обмеження, що накладаються на обертовий момент, а також на ресурс або надійність системи загалом. Зазначені обмеження визначаються або шляхом аналізу досвіду експлуатації, або методом розрахунку на ЕОМ з використанням відповідної математичної моделі. Найкращі результати можна отримати співставленням розрахункових параметрів зі значеннями, отриманими під час лабораторних або натурних випробувань. Значення експлуатаційних параметрів та їх обмеження являються необхідною інформацією при проектуванні і конструюванні, знаючи які, можна спроектувати задовільний синхронний карданний шарнір практично для будь-яких умов експлуатації.

Висновки. В опублікованих у вітчизняних і за кордоном дослідженнях щодо структури, кінематики і динаміки механізмів з карданими шарнірами не всі аспекти проблеми надійності освітлені настільки, щоб вважати задачу про вибір раціональних параметрів приводів з карданими передачами вирішеною. Нерівномірність передавального відношення шарнірних механізмів істотно впливає на процес збудження крутих коливань в елементах приводу трансмісії. При певних параметрах карданного шарніра і його приводу динамічні навантаження можуть швидко зростати. Це призводить до зменшення довговічності, а часто і до виходу з ладу деталей шарнірного механізму. Втрати енергії внаслідок сил тертя обумовлюють дещо менший ККД класичних сухарних (кулачкових) синхронних карданних шарнірів в порівнянні з кульковими аналогами, однак довговічність і термін служби останніх, зокрема шарнірного механізму «Вейс» незначний, що є незадовільним та обмежує його використання при диференціальному (постійному) приводі трансмісії транспортного засобу.

Для розробки ефективних конструкцій синхронних карданних шарнірів надзвичайно важливим є визначення гранично допустимих умов роботи (граничних значень кута нахилу валів півосей, їх частоти обертання, величини передаваного крутного моменту карданним шарніром, його коефіцієнт корисної дії при різному кутовому положенні валів). Такі дані можна отримати лише при лабораторних випробуваннях.

Тому, актуальним є завдання вдосконалення і розробки нових конструкцій синхронних сухарних карданних шарнірів рівних кутових швидкостей, зокрема сфероглобoidного типу та обґрунтування їх раціональних кінематичних, конструктивних, параметричних і динамічних параметрів, що забезпечать підвищення ККД, надійності і довговічності ресурсних показників сухарних синхронних карданних шарнірів.

Література

1. *Кожевников С. Н.* Карданные передачи / С. Н. Кожевников, П. Д. Перфильев. – Киев: «Техніка», 1978. – 264 с.
2. *Малаховский Я. Е.* Карданные передачи / Я. Е. Малаховский, А. А. Лапин, Н. К. Веденев. – М.: Машгиз, 1962. – 155 с.
3. *Шарипов В. М.* Конструирование и расчет тракторов: Учебник для студентов вузов. 2-е изд. перераб. и доп. / В. М. Шарипов. – М. Машиностроение, 2009. – 752 с.
4. *Проектирование полноприводных колесных машин: В 2 т. Учеб. для вузов / Б. А. Афанасьев, Н. Ф. Бочаров, Л. Ф. Жеглов и др.; Под общ. ред. А. А. Полунгяна.* – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 488 с.
5. *Гаспарянц Г. А.* Конструкция, основы теории и расчета автомобиля / Г. А. Гаспарянц. – М.: Машиностроение, 1978. – 351 с.
6. *Гольд Б. В.* Карданы равных угловых скоростей: Обзор / Б. В. Гольд, Б. М. Тверсков. – М.: НИИНавтопром, 1967. – 40 с. – (Серия Автомобилестроение).
7. *Гришкевич А. И.* Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия / А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, А. В. Карпов и др. – Мн.: Выш. шк., 1985. – 240 с.
8. *Проектирование универсальных шарниров и ведущих валов / [Беркер А. Х., Вагнер И. Р., Вебстер Н. В., и др.]; пер. с англ. Ю. В. Попова.* – Л.: Машиностроение, 1984. – 463 с.
9. *Chen C. K.* The kinematic and static analysis of constant velocity coupling / C. K. Chen // Master thesis, Department of mechanical and mechatronic engineering. – National Taiwan ocean university. – 2004.
10. *Schmelz F.* Universal joints and driveshafts / F. Schmelz, H.-Ch. Count Scherr-Thoss, E. Aucktor // Springer-Verlag. – Berlin, 1992.
11. *Universal joint and driveshafts: analysis, design, applications / F. Schmels, H. Chr. Sehher-Thoss, E. Auckor.* – Redditch, 2005. – 351 S.
12. *Wagner E. R.* Universal joint and driveshaft design manual / E. R. Wagner // The Society of Automotive Engineers, 1991.

Надійшла до редакції 17.04.2014

УДК 005.8



Г.О. Оборський,
д.т.н., професор, ректор,
Одеський національний
політехнічний університет,
oborsky@ukr.net



В.Д. Гогунський,
д.т.н., професор,
Одеський національний
політехнічний університет
victor@3g.ua



В.А. Волобоєв,
магістрант,
Одеський національний
політехнічний університет
voloboev@gmail.com

SCOPUS: ДОСТОВІРНІСТЬ ДАНИХ ЗА ЗАПИТАМИ ЩОДО ЧИСЛА ПУБЛІКАЦІЙ УНІВЕРСИТЕТІВ

Г.О. Оборський, В.Д. Гогунський, В.А. Волобоєв. Scopus: достовірність даних за запитами щодо числа публікацій університетів. Показано, що світові лідери у наданні наукометричних послуг, такі як Scopus, представляють дані у формі: «as is» (як є). Для підвищення достовірності визначення числа статей для університетів і організацій треба авторам публікацій уточнити метадані своїх статей.

G.A. Oborsky, V.D. Gogunsky, V.A. Voloboev. Scopus: reliability of data on the number of requests for publications of universities. It is shown that the world's leaders in the provision of scientometric services such as Scopus, representing data in the form: «as is». To improve the reliability of determining the number of items for universities and organizations need to specify metadata writer his articles.

Вступ. Одним з результатів діяльності науковців є відображення наукових досягнень у публікаціях, які віддзеркалюють теоретичні, функціональні та структурні зміни в різних областях знань і певним чином становлять основу комунікацій між науковцями різних країн [1]. Наявність доступу до множини публікацій у світовій павутині створила умови для розвитку досліджень з наукометрії – наукового напрямку щодо обґрунтування і застосування вимірювань у такій слабо структурованій галузі як наукові дослідження [2]. Світовий досвід комунікації спільноти науковців через наукові публікації у інформаційному просторі всесвітньої Web-павутини свідчить про доцільність застосування деяких показників продуктивності наукової діяльності [2 – 4].

Управління проектами та якістю

Мета статті. Оцінка достовірності відображення публікацій у наукометричній базі Scopus на прикладі індексування статей науковців Одеського національного політехнічного університету на основі створення різних форм запитів.

Актуальність дослідження. Для активізації науковців ВНЗ щодо публікацій результатів своїх досліджень у зарубіжних журналах, або у виданнях України, що включені до зарубіжних наукометричних баз, Міністерство освіти і науки України запроваджує низку заходів [2].

Перший крок. За наказом МОНмолодьспорту України (від 17 жовтня 2012 р. № 1111) змінені вимоги до видань щодо включення в перелік фахових для створення умов відповідності міжнародним вимогам.

Другий крок. Конкурс щодо фінансування проектів наукових досліджень і розробок з 2013 р. проводиться з урахуванням числа публікацій, які індексовані у Scopus та в інших міжнародних наукометричних базах (Наказ МОНмолодьспорт України від 30.08.2012 р. № 956).

Третій крок. Посилені вимоги «до планування дисертаційних досліджень, формулювання їх тематики, зокрема щодо формулювання теми, новизни, предмету та об'єкту дослідження» (Лист МОНмолодьспорту України від 14.02.2013 № 1/9-116).

Четвертий крок. Суттєвою складовою дисертаційних досліджень є публікації у спеціалізованих фахових виданнях, а також у електронних виданнях [3]. Нові вимоги до публікації встановлюють: для докторської дисертації загалом не менше 20 фахових публікацій, з них «не менше чотирьох публікацій у наукових періодичних виданнях інших держав з напряду, з якого підготовлено дисертацію»; для кандидатської дисертації, відповідно, не менше 5 фахових публікацій та однієї статті у виданнях інших держав. До публікацій у виданнях інших держав можуть прирівнюватися публікації у фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз». (Наказ МОН України від 03.12.2013 № 1380).

П'ятий крок. До критеріїв оцінювання діяльності вищих навчальних закладів включений показник: «чисельність науково-педагогічних працівників, які мають публікацію у виданнях іноземних держав або у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз у звітному навчальному році» (Наказ МОН України від 20.06.2013 р. № 809.).

Шостий крок. Створення робочої групи МОН щодо розробки і підготовки пропозицій для включення показників цитування у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, до державних вимог з акредитації спеціальностей і ВНЗ (Наказ МОН № 1461 від 22.10.2013 р.)

Вказані вимоги до наукових публікацій за результатами дисертацій-

Управління проектами та якістю

них досліджень, безпосереднє оцінювання ВНЗ за кількістю публікацій у виданнях іноземних держав і наукових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз, а також формування нових державних вимог з акредитації, трансформують публікаційну активність науковців вищих навчальних закладів з особистої зацікавленості професорсько-викладацького складу у один з найсуттєвіших показників діяльності ВНЗ. Це означає, що планування набору абітурієнтів, вибори викладачів, фінансування наукових досліджень будуть базуватись на даних про публікації та показники цитування. Тому, вочевидь, для управління цим проектом слід створити інформаційно-аналітичну систему моніторингу публікаційної активності науковців ВНЗ України [5, 6]. Саме ця діяльність має стати *сьомим кроком* активізації виходу на міжнародний рівень: «кожний науковець має знати число та індекс Гірша своїх публікацій».

Доступ до множини публікацій світової спільноти науковців формує нове ставлення до такої слабо структурованої галузі як бази даних наукових публікацій [1 - 2]. Особливу увагу слід приділити якості наукових публікацій – не тільки з точки зору новизни та практичної значимості досліджень, але й в плані оформлення та представлення тексту статей прийнятною науковою англійською мовою.

Урахування публікацій у світових рейтингах університетів.

Найвпливовіший рейтинг найкращих університетів світу (QS World University Rankings) визначається за методикою британської консалтингової компанії Quacquarelli Symonds (QS) [7]. Запропонований в 2004 році спільно з британським виданням Times Higher Education він вважається одним з найбільш впливових глобальних рейтингів університетів. З 2010 року єдиний рейтинг розділився на два: видання Times Higher Education випускає рейтинг кращих університетів світу The World Reputation Rankings спільно з агентством Thomson Reuters, а Quacquarelli Symonds продовжує випускати рейтинг під назвою QS World University Rankings.

Рейтинг оцінює університети за наступними показниками: активність і якість науково-дослідної діяльності, висновки роботодавців і кар'єрний потенціал, якість навчання та інтернаціоналізація. Ці показники охоплюють ключові стратегічні місії університетів світового значення, за які вони відповідають перед учасниками процесу: академічною спільнотою, роботодавцями, учнями та їх батьками. Щорічно в дослідженні оцінюються понад 2,5 тисячі вищих навчальних закладів по всьому світу. За його підсумками складається рейтинг 500 найкращих університетів світу, а також рейтинги університетів з окремих дисциплін. Рівень досягнень університетів оцінюється на підставі результатів комбінації статистичного аналізу

Управління проектами та якістю

діяльності навчальних закладів, аудійованих даних (включаючи інформацію щодо індексів цитування з бази даних Scopus), а також даних глобального експертного опитування представників міжнародної академічної спільноти і роботодавців.

До опитування залучаються представники міжнародної академічної спільноти (QS Global Academic Survey). Серед них провідні вчені та ректори більше 500 університетів. Респондент може назвати до 30 університетів, не називаючи ВНЗ, в якому він працює. Опитування проводиться в п'яти предметних областях: природничі науки, соціальні науки, гуманітарні науки і мистецтво, науки про життя, інженерні науки і технології. В опитуванні представників роботодавців (QS Global Employer Survey) беруть участь кілька тисяч компаній із понад 90 країн світу. Нижче представлені показники, за якими проводиться оцінка діяльності університетів за QS рейтингом (рис. 1).

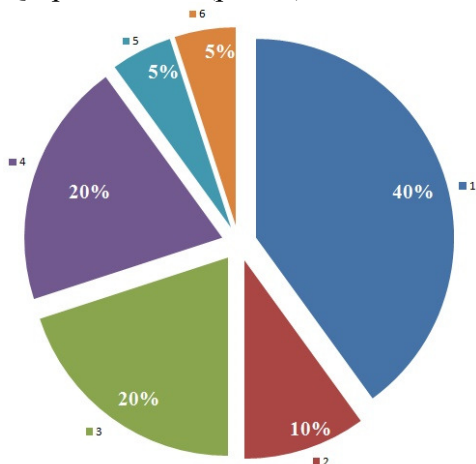


Рис. 1. Співвідношення складових QS рейтингу:

1 - Індекс академічної репутації (опитування); 2 - Індекс репутації серед роботодавців (опитування); 3 - Співвідношення професорсько-викладацького складу по відношенню до чисельності учнів; 4 - Індекс цитування наукових статей викладацького складу по відношенню до чисельності викладачів (Scopus); 5 - Частка іноземних викладачів по відношенню до чисельності викладацького складу (за еквівалентом повної ставки); 6 - Частка іноземних студентів відносно до чисельності учнів (програми повного циклу навчання).

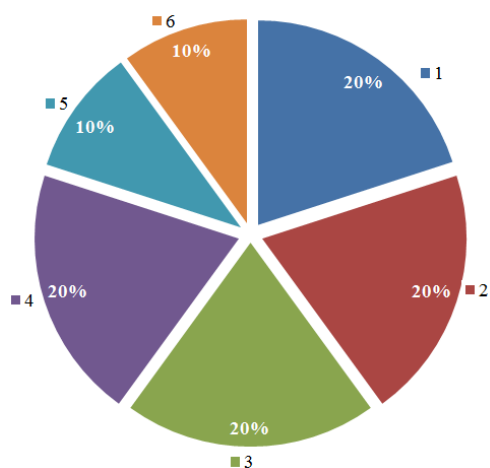


Рис. 2. Показники за Шанхайським рейтингом:

1 - Кількість статей, опублікованих в Nature або Science; 2 - Число часто цитованих публікацій (показник цитованості SCIE - Science Citation Index - Expanded і SSCI - Social Science Citation Index); 3 - Число викладачів, які отримали Нобелівську або Філдсівську премії; 4 - Число часто цитованих у наукових виданнях публікацій; 5 - Число випускників вузу, які одержали Нобелівську або Філдсівську премію. 6 - Співвідношення п'яти вищевикладених показників до чисельності персоналу ВНЗ.

Управління проектами та якістю

Інший впливовий рейтинг найкращих вузів світу ARWU (Академічний рейтинг університетів світу) складається Інститутом вищої освіти Шанхайського університету Цзяо Тун [8]. Тому його називають Шанхайським рейтингом. Результати рейтингу у вигляді списку 500 кращих вузів світу публікуються з 2003 року. У цьому рейтингу питома вага публікаційної активності університетів становить 60 % (рис. 2). Рейтинг кращих вузів світу складається тільки для тих університетів, викладачі або випускники яких мають Нобелівську чи Філдсівську премію, публікують у наукових виданнях цитовані наукові дослідження, індексовані в Science Citation Index Expanded та Social Science Citation Index. Таких вузів виходить всього 1000 в світі, 500 кращих з них потрапляють до Шанхайського рейтингу.

На жаль, українські університети у цих рейтингах значно відстають від провідних університетів США, Канади, Англії і Німеччини.

Вказані вимоги до наукових публікацій та безпосереднє оцінювання ВНЗ за числом публікацій, які індексовані у іноземних наукометричних базах даних (у першу чергу Scopus!) трансформують публікаційну активність з особистої зацікавленості науковців у справу державного значення щодо формування іміджу України у царині міжнародних наукових зв'язків і створення сприятливих умов фінансування наукових досліджень за міжнародними грантами за участю науковців ВНЗ України [1].

Наукометричні бази. Міжнародна практика наукометричних досліджень сьогодні найбільш часто базується на використанні двох баз даних: Web of Science і Scopus. Широко відомі також міжнародні наукометричні бази даних: Thomson Reuters (ISI) Web of Knowledge, Springer, Begell House Inc., Pleiades Publishing, Kluwer і ін. Всі вони є комерційними базами.

Серед некомерційних наукометричних баз з технічних наук можна назвати наступні [2]: Science Direct, Copernicus, Science Index, DOAJ, BASE, Driver, MLibrary, WorldCat, FreeFullPDF, arXiv, Google Serch та ін.

Заслуговує на увагу також відома програма *Publish or Perish*, яка є пошуковою системою і дозволяє виконувати пошук публікацій за прізвищем автора [9]. Результатом роботи системи є повний комплект наукометричних показників по публікаціям автора – від індекса Гірша до числа співавторів у знайдених статтях. Можна також через сполучник OR {або} заповнити строку запиту прізвищами всіх викладачів кафедри – отримаємо всі доступні в Intrentet статті викладачів кафедри.

Крім того можна визначити *h*-індекси для наукових журналів. У табл. 1, на прикладі видання «Праці Одеського політехнічного університету», приведені ці дані з урахуванням того, що автори у своїх пристатейних

Управління проектами та якістю

списках використаних джерел не завжди дотримуються загальноприйнятих правил щодо написання назви видання.

Як слідує з приведених у табл. 1, множина публікацій у виданні «Праці Одеського політехнічного університету» є слабо структурованою множиною даних. Тільки один атрибут – назва видання – має 11 значень. Якщо додати до цього ще й різні варіанти написання (перекладу) прізвищ, оскільки зазначене видання містить статі на трьох мовах (російською, українською та англійською), то невизначеність і варіабельність атрибутів статей може збільшитись на порядок.

Таблиця 1 - Показники цитування для видання «Праці Одеського політехнічного університету» за даними пошукової системи *Publish or Perish*

№	Варіанти назви видання у публікаціях	Статей	Цитат	<i>h</i> -індекс
1	Тр. Одес. политехн. ун-та	174	458	7
2	Труды Одесского политехнического университета	95	281	7
3	Праці Одеського політехнічного університету	17	31	2
4	Труды Одес. политехн. ун-та	15	47	4
5	Труды ОНПУ	9	17	2
6	Праці Одес. політехн. ун-ту	2	3	1
7	Odes'kyi politechnichniy universytet. Pratsi	2	4	2
8	Пр. ОНПУ	1	2	2
9	Труды ОГПУ	43	14	2
10	Тр. ОГПУ	1	4	4
11	Праці Одес. держ. політехн. ун-ту	1	2	2

Наукометричні показники. Останнім часом найчастіше застосовуються: індекс цитування, *h*-індекс та імпакт-фактор [10].

Індекс Гірша або *h*-індекс – наукометричний показник, запропонований американським фізиком Хорхе Гіршем [10]. Індекс Гірша є кількісною характеристикою продуктивності одного автора, групи вчених, університету або країни в цілому, що визначається на основі кількості публікацій і числа цитувань цих публікацій. Для визначення індексу Гірша наявні статті ранжують по спадній числа посилань на них. Далі, визначають ту статтю, ранг якої збігається з числом її цитувань. Це число і є *h*-індекс. Індекс Гірша не має фізичного тлумачення. Цей показник розділяє статті на дві частини. Статті з першої частини мають число цитувань, що перевищує ранг статті. Друга частини включає решту статей.

Індекс Гірша може обчислюватися з використанням як загальнодоступних наукометричних баз даних в Інтернеті, (наприклад, Google Scholar,

Управління проектами та якістю

Science Index(eLIBRARY.ru), ADS NASA), так і баз даних з платною підпискою (наприклад, Scopus або Web of Science). Слід зазначити, що індекс

Гірша, підрахований для одного і того ж науковця з використанням різних баз даних, буде, взагалі кажучи, різний – як і інші наукометричні характеристики, оскільки він залежить від області охоплення обраної бази даних.

Індекс цитування має подвійне тлумачення. В Україні і Росії це поняття визначає число цитувань публікацій або відношення числа цитувань до базових показників публікацій – числа журналів, авторів і ін. Сучасне тлумачення індекса цитування пов'язане з англomовною калькою цього поняття. Під індексом цитування розуміється реферативна база даних наукових публікацій, що індексує посилання, зазначені в пристатейний списках цих публікацій і яка надає кількісні показники цих посилань (такі як сумарний обсяг цитування, індекс Гірша та ін).

Імпакт-фактор (ІФ або IF) – чисельний показник наукового рівня журналу. З 1960-х років він щорічно розраховується Інститутом наукової інформації (англ. Institute for Scientific Information, ISI) і публікується в журналі «Journal Citation Report». Розрахунок імпакт-фактора заснований на трирічному періоді. Наприклад, імпакт-фактор журналу в 2013 році I_{2013} обчислюється за формулою:

$$I_{2013} = A / B,$$

де А – число цитувань упродовж 2013 року в журналах, що відслідковуються Інститутом наукової інформації, статей, опублікованих в даному журналі в 2011-2012 роках;

В – число статей, опублікованих в даному журналі в 2011-2012 роках.

Відповідно до ІФ (в основному в інших країнах, але останнім часом все більше і в Україні) оцінюють рівень журналів, якість статей, опублікованих у них, дають фінансову підтримку дослідникам і приймають співробітників на роботу. Імпакт-фактор має хоча і великий, але неоднозначно оцінюваний вплив на оцінку результатів наукових досліджень.

Пошук статей, що індексовані в Scopus, на прикладі Одеського національного політехнічного університету.

Загальне число статей, які представлені у світовому WEB-просторі перевищує один мільярд одиниць. Частка охоплення світових публікацій у БД Scopus становить біля 4 %. Які особливі послуги надає Scopus, яких немає в інших БД? Екранний інтерфейс: дійсно на перший погляд все передбачено. Але дуже багато статей не мають атрибутів країни або організації, у якій працює автор. До того ж прізвища деяких авторів мають різне написання. Реєстраційна форма не кореспондується з публікаціями кож-

Управління проектами та якістю

ного автора, тому завжди виникають проблеми у авторів з однаковими прізвищами. Все чарез те, що команда супроводу проекту Scopus, тільки як виключення, після тривалого листування вносить часткові зміни у атрибути статей. Яка може бути віра до результатів запитів, коли Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ), як слідує з отриманих результатів в роботі [11], у наслідок переходу до форми пошукових запитів за прізвищем авторів число публікацій змінилось від 572 до 720. І це за умови, як вказують автори [11], що не всі прізвища науковців університету включені у пошуковий запит.

Виконаємо уточнення числа публікацій ОНПУ, що опубліковані у виданнях, які індексуються в БД Scopus. Робота в режимі оплаченого доступу. Вхід в систему <http://www.scopus.com/>. Запуск пошуку для даних: Affiliation "odessa", - дозволяє знайти організацію "Odessa State Polytechnic University". Форма результатів пошуку містить такі параметри: назва організації, число статей та інші додаткові дані. Загальне число публікацій вчених Одеського політехнічного університету у часовому інтервалі 1961-2014 р. становить 581 одиницю станом на 30.04.2014 р.

Новий запит, який включає персональні дані науковців ОНПУ, Scopus ID номер авторів, має такий вигляд.

(AF-ID("Odessa State Polytechnic University" 60008605) OR AU-ID("Azhogin, V. V." 6603489948) OR AU-ID("Alekseeva, L. A." 7102418729) OR AU-ID("Andreev, L. P." 7006239144) OR AU-ID("Anelchik, D. E." 7801374512) OR AU-ID("Astahov, V. P." 6505932606) OR AU-ID("Balan, S. A." 6603878491) OR AU-ID("Balashov, K. K." 7003286914) OR AU-ID("Baranenko, V. I." 7003316498) OR AU-ID("Baranov, P. E." 8383592500) OR AU-ID("Belikov, V. T." 7102372966) OR AU-ID("Belyaev, M. S." 7003903531) OR AU-ID("Berezin, V. T." 24486046000) OR AU-ID("Bilei, D. V." 55813415600) OR AU-ID("Biryukov, B. N." 6701491691) OR AU-ID("Bogatova, O.A." 52363095600) OR AU-ID("Bogdanova, L.A." 36869327600) OR AU-ID("Bolshakov, A. G." 7003875508) OR AU-ID("Bondarev, V.V." 7102900135) OR AU-ID("Borisenko, V.A." 7103097798) OR AU-ID("Burmakov, A. I." 24512982000) OR AU-ID("Burov, A. I." 16512716900) OR AU-ID("Butenko, A. I." 24578927300) OR AU-ID("Butko, A. I." 6701800776) OR AU-ID("Vaganov, Yu A." 6507292908) OR AU-ID("Varlamov, M. L." 6508279905) OR AU-ID("Verkhivker, G. P." 55925566300) OR AU-ID("Vlasenko, V. A." 7102138175) OR AU-ID("Voinov, A. P." 7005950065) OR AU-ID("Voinov, A. P." 36765495200) OR AU-ID("Voronitsyn, I. S." 16511585600) OR AU-ID("Vostrov, G. N." 16511746600) OR AU-ID("Vostrov, G.N." 15063627800) OR AU-ID("Vykhvaten', L. F." 6505836991) OR AU-ID("Gavrilyuk, Yu N." 6602715342) OR AU-ID("Gantmakher, F.R." 24593479200) OR AU-ID("Gerasimovskii, V.I." 16545892700) OR AU-ID("Gerasimyak, R.P." 6602512191) OR AU-ID("Gerliga, V.A." 6701508430) OR AU-ID("Glushko, M.F." 6506377031) OR AU-ID("Gogunskii, V.D." 56054256000) OR AU-ID("Golovanov, Yu N." 16524215400) OR AU-ID("Grabovskii, A.M." 6602694484) OR AU-ID("Gramenitskii, V.A." 6508039700) OR AU-ID("Grechko, N. F." 6603215531) OR AU-ID("Grigoryan, G. D." 7005291284) OR AU-ID("Gutenmacher, L.I." 6507216994) OR AU-ID("Dashevskii, M.M." 6603564926) OR AU-ID("Denisov,

Управління проектами та якістю

V.E."16439253200) OR AU-ID("DZHAGUPOV, R.G."6602940459) OR AU-ID("Dobrinskii, G. K." 6506728245) OR AU-ID("Erasov, F. N." 6506761940) OR AU-ID("Zablonskii, K. I."6507519184) OR AU-ID("Zablonskii, K. I." 36962805800) OR AU-ID("Zavriev, K. S." 6506842983) OR AU-ID("Zaitseva, L.S." 16519059800) OR AU-ID("Zelentsova, T.N." 6603069014) OR AU-ID("Zemskov, G. V." 6602186885) OR AU-ID("Zubarev, V. V." 7005058390) OR AU-ID("Zubkov, V. A." 7103014583) OR AU-ID("Ivanov, N. F." 16503323400) OR AU-ID("Kazakov, A.I."7102915834) OR AU-ID("Kishnevskii, V. A."6506713946) OR AU-ID("Klimenko, A. A." 7101772735) OR AU-ID("Kozlov, V. P." 7402207579) OR AU-ID("Komlev, A.I." 6601973421) OR AU-ID("KOROBov, A. P." 7005348562) OR AU-ID("Korotetskii, Yu L."6507584285) OR AU-ID("KORTNEV, A.V." 35438735400) OR AU-ID("Korytin, A. M." 6602520040) OR AU-ID("Kostandi, G. V." 6506207375) OR AU-ID("Kostrova, G. V." 6506553469) OR AU-ID("Kostyukov, A. A." 7004135756) OR AU-ID("Kostyukov, V.A."16413244500) OR AU-ID("Koshevoi, V. M." 6701716205) OR AU-ID("Kravchenko, S. V." 8858570500) OR AU-ID("Kravchuk, V. S." 16525547200) OR AU-ID("Kravchuk, V. S." 7004166689) OR AU-ID("Krisilov, Yu D." 6602552045) OR AU-ID("Krylov, A.N." 16476853600) OR AU-ID("[No Author ID found]" 6463915200) OR AU-ID("Kukuruznyak, A. P."6507912489) OR AU-ID("Kunshenko, B.V." 6505958998) OR AU-ID("Kutsenko, A. N." 7006647891) OR AU-ID("Kutsenko, A. N." 7006647895) OR AU-ID("Kutsenko, A. N." 7006647875) OR AU-ID("Lenkov, S. V." 6505683868) OR AU-ID("Liptuga, I. V." 6505899742) OR AU-ID("Lugovskoi, A. L." 7004058922) OR AU-ID("Lugovskoi, A.L."36828007200) OR AU-ID("Mazurkov, M.I." 6603665803) OR AU-ID("Makarov, V. K." 7401690142) OR AU-ID("Maksimenko, V. S." 7005172062) OR AU-ID("Markovskii, V. F." 6602122833) OR AU-ID("Matalin, A.A." 6603376944) OR AU-ID("Matveenko, A.A."16525235700) OR AU-ID("Mashkov, A. K." 7004709251) OR AU-ID("Mashkov, A. K." 16496429500) OR AU-ID("Merkachev, V. N." 7801671015) OR AU-ID("Mokritskii, V. A." 6507009182) OR AU-ID("Moldavanov, V. P." 6505772961) OR AU-ID("Nagornyi, I. M." 6506532639) OR AU-ID("Nazarenko, A. F." 7102029428) OR AU-ID("Nikolaenko, V. M."7005552034) OR AU-ID("Novokhatskiy, I.A." 6505777147) OR AU-ID("Obolentsev, F. D." 6602236469) OR AU-ID("Oleynik, V. N." 6602389610) OR AU-ID("Olesevich, K. V." 6506668552) OR AU-ID("Panov, L. I." 6603390744) OR AU-ID("Parasochkin, V. A." 6508079800) OR AU-ID("Perlov, A. V." 7005056086) OR AU-ID("Petrov, L. P." 7103004431) OR AU-ID("Plotnikova, Liliya I." 7005222686) OR AU-ID("Pogosov, A. Yu" 36925355700) OR AU-ID("Ponomareva, T. N." 7005065789) OR AU-ID("Popovenko, N. S." 36069756900) OR AU-ID("Potapov, N. P." 7004294205) OR AU-ID("Potapov, N. P." 16547427200) OR AU-ID("Prister, Boris S." 6603814743) OR AU-ID("Prodius, I. P." 6504570328) OR AU-ID("RABINOVICH, D. I." 35246730900) OR AU-ID("Rabinovich, D. I." 7006428918) OR AU-ID("Radimov, S. N." 6506278166) OR AU-ID("Radchik, A. S."16531560700) OR AU-ID("Rzhepishevskii, I.K." 24750558900) OR AU-ID("Rodin, P. R." 7004504149) OR AU-ID("Rudenko, I. I." 7004004264) OR AU-ID("Rusov, V. D." 55195090400) OR AU-ID("Savvin, N. N." 6505757632) OR AU-ID("Savilov, Yu V." 6504460320) OR AU-ID("Sagura, A. N." 6507946128) OR AU-ID("Samkov, E. Ya" 6507277337) OR AU-ID("Sverdlik, Meshulim B." 6701509526) OR AU-ID("Selivanov, Yu A." 24527196800) OR AU-ID("Semenyuk, V. F." 6603902318) OR AU-ID("Sergeev, S. T." 7101928541) OR AU-ID("Skalevoi, V. V." 16532408300) OR AU-ID("Skalozubov, V.I."6602922929) OR AU-ID("Snezhnoy, R.L." 6506285574) OR AU-ID("Sokolenko, V.N." 36938373300) OR AU-ID("Sokolov, V.N."7402729463) OR AU-ID("Stepurenko, V. T." 6508088154) OR AU-ID("Tarasenko, V. I." 7103302586) OR AU-

Управління проектами та якістю

ID("Taubman, E.I." 6602616330) OR AU-ID("Timchenko, P. M." 16515541500) OR AU-ID("Titar', S. S." 6505733521) OR AU-ID("Tikhonchuk, S. T." 6507421698) OR AU-ID("Tkachenko, V.B."12801934700) OR AU-ID("Trofimenko, G.A." 16528058600) OR AU-ID("Usov, A. V." 7005526741) OR AU-ID("Filipskiy, Yu K." 6506940954) OR AU-ID("Filonenko, S. N." 6602742192) OR AU-ID("Fomichev, E.P." 6603617361) OR AU-ID("Kharichkov, S.K." 16517026100) OR AU-ID("Tsabiev, O.N." 6504597242) OR AU-ID("Chernienko, V.V." 6603205102) OR AU-ID("Chizh, A. A." 16522959600) OR AU-ID("Shaparev, N. K." 6602155255) OR AU-ID("Eraizer, L. N." 6505717040) OR AU-ID("Yakimov, A.V." 7004269180) OR AU-ID("Yakovlev, D. P." 7103294250) OR AU-ID("Oleinik, N. V." 7004704090) OR AU-ID("P'yankov, V. A." 36730450300) OR AU-ID("Grigor'yan, G.D."6602152170) OR AU-ID("Denisov, Yu S." 7005447806) OR AU-ID("Obolentsev, F. D."6602236469) OR AU-ID("Shchekin, B.M." 6507457668)) AND (PUBYEAR AFT 1960)

У запиті використані такі команди:

AF-ID – вибрати публікації для організації за Scopus ID номером;

AU-ID - вибрати публікації автора за його Scopus ID номером;

OR{або} – об'єднати запити і вибрати статті за признаком {або};

AND{i} - об'єднати запити і вибрати тільки статті, які є у всіх запитах, що об'єднані;

PUBYEAR – рік публікації; AFT – має значення {більше}, на вибір статей накладається умова, що треба вибрати тільки статті після вказаного року (1960).

Загальне число публікацій вчених ОНПУ за новим запитом у часовому інтервалі 1961-2014 р.р. становить 1312, а не 581 одиниць, як було вказано у запиті за назвою університету:

AF-ID("Odessa State Polytechnic University" 60008605).

Зіставлення результатів щодо визначення числа публікацій ОНПУ за запитом для організації за Scopus ID номером і за запитом для авторів за Scopus ID номером кожного автора показує, що отримані дані суттєво відрізняються (рис. 3).

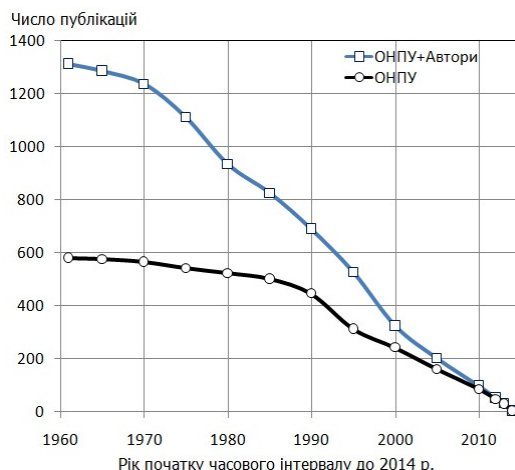


Рис. 3. Зіставлення запитів для статей ОНПУ

Причина розбіжностей між результатами запитів криється у тому, що значна кількість публікацій ОНПУ у запиті за Scopus ID номером організації не врахована у наслідок відсутності у бібліографічному описі публікацій атрибутів організації. Слід враховувати, що, як правило, у Scopus прив'язка автора до організації здійснюється за першою публікацією. Крім того в Scopus існують публікації, які не мають прив'язки до організацій, оскільки в журналах до 1995 р. не завжди вказувалась приналежність авторів до певної організації (affiliation), інституту, університету.

Зіставлення результатів щодо визначення числа публікацій ОНПУ за різними запитами показує, що розбіжність даних тим більша, чим більший часовий інтервал публікацій (рис. 3).

Висновки. Доступ до множини публікацій світової спільноти науковців формує нове відношення до такої слабо структурованої галузі, як наукометричні бази даних публікацій. Навіть світові лідери у наданні наукометричних послуг, такі як Scopus, представляють дані у формі: «as is» (як є). Такий підхід не є креативним через відсутність зворотнього зв'язку між авторами і командою супроводу наукометричної бази Scopus. Для підвищення достовірності визначення числа статей для університетів і організацій треба авторам публікацій уточнити метадані своїх статей.

Література

1. Бурков, В. Н. Параметры цитируемости научных публикаций в наукометрических базах данных [Текст] / В. Н. Бурков, А. А. Белошицкий, В. Д. Гогунский // Управление развитием сложных систем. — 2013. — № 15. — С. 134 — 139.

Управління проектами та якістю

2. Буй, Д.Б. Scopus та інші наукометричні бази: прості питання та нечіткі відповіді [Текст] / Д.Б. Буй, А.О. Білощицький, В.Д. Гогунський // Вища школа. – 2014. - № 4. – С. 37 -40.
3. Оборський, Г.О. Нові тенденції і завдання щодо підготовки науковців вищої кваліфікації [Текст] / Г.О. Оборський, В.Д. Гогунський // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві : зб. наук. праць. – Вип. 2. – Одеса : АО Бахва, 2013 - С. 15 – 22.
4. Бушуев, С.Д. Наукометричні бази: характеристика, можливості і завдання [Текст] / С.Д. Бушуев, А.О. Білощицький, В.Д. Гогунський // Управління розвитком складних систем. – 2014. - № 18.
5. Коляда, А. С. Автоматизация извлечения информации из наукометрических баз данных [Текст] / А. С. Коляда, В. Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. – 2013. - № 16. – С. 96 – 99.
6. Негри, А. А. Концепция проекта агрегирующей аналитической информационной системы для работы с наукометрическими базами данных / А. А. Негри, Е. В. Колесникова, Ю.С. Барчанова // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2013. - № 4(5). – – Одеса : АО Бахва, 2013 - С. 52 – 56.
7. Рейтинг лучших университетов мира по версии QS [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/qs-world-university-rankings/info>
8. Шанхайский рейтинг лучших вузов мира: ARWU [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.education-medelle.com/articles/schankhajskij-rejting-luchschikh-vuzov-mira-arwu.html>
9. Harzing, Anne-Wil. The Publish or Perish Book. - Tarma Software Research Pty Ltd, Мельбурн, Австралия. - 2010. - 266 с.
10. Hirsch, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output [Текст] // arXiv: physics/0508025. - v5. - 29 Sep. 2005. – 5 p.
11. Яковенко, В.А. Scopus: поиск информации о публикациях ученых Одесского национального политехнического университета [Текст] / В.А. Яковенко, А.А. Негри, Ю.С. Борчанова // Шляхи реалізації кредитно -модульної системи організації навчального процесу і тестових форм контролю знань студентів: наук.-метод. семінар. - № 8. - Одеса : Наука і техніка, 2014. – С. 67 – 77.

Надійшла до редакції 17.04.2014

УДК 065.012



В.Д. Гогунський,
д.т.н., професор,
Одеський
національний
політехнічний
університет
victor@3g.ua



А.С. Коляда,
аспірант,
Одеський
національний
політехнічний
університет
akolyada@gmail.com

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ИЗ НАУКОМЕТРИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ

А.С. Коляда, В.Д. Гогунський. Разработка программного проекта для извлечения и обработки информации из наукометрических баз данных. Рассматриваются требования и архитектура проекта по извлечению публикаций из наиболее известных наукометрических баз данных. Описаны внешние и внутренние интерфейсы системы, приведен пример последовательности работы пользователя с программным продуктом.

A.S. Kolyada, V.D. Gogunsky. *Development of software project for information extraction and processing from scientometric databases. The requirements and architecture of the project for extracting publications from the most prominent scientometric databases are shown. Described the external and internal interfaces of a system, also an example of the user interaction sequence with the software product is presented.*

Введение. В связи с приказом Министерства образования, науки, молодежи и спорта Украины от 17.10.2012 № 1112 “Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук” возникает задача проверки наличия публикаций соискателя в международных наукометрических базах данных. Для решения этой проблемы в [1] разработан способ извлечения данных о публикациях по параметру «Автор» из наиболее известных наукометрических баз данных. Данная статья описывает реализацию этого способа в программном проекте, архитектуру проекта и использованные средства. В связи с требованием индексации публикаций в международных наукометрических базах возникает проблема поиска и идентификация своих публикаций автором в них. С подобной проблемой сталкиваются многие научные сотрудники, аспиранты и преподаватели при подготовке отчетности по научной работе. Задачей данного программного продукта является предоставить список публи-

Управління проектами та якістю

каций соискателя, которые индексируются в международных наукометрических базах данных [2].

Материал и результаты исследования.

Одной из первых стадий разработки программного проекта является сбор информации, анализ, спецификация, и проверка требований к программному обеспечению [3]. Программные требования – свойства программного обеспечения, которые должны быть надлежащим образом представлены в нём для решения конкретных практических задач.

К данному проекту представлены следующие требования:

- извлечение информации из веб страниц;
- критерием информации является ФИО автора;
- работа с наиболее распространенными наукометрическими базами данных: Scopus, Web of Science, Base Search, Science Index, Copernicus, WorldCat, ScienceDirect, DOAJ, Springer, Google Scholar;
- обработка результатов с целью определения нерелевантной информации и фильтрации ее;
- предоставление информации пользователю.

На рис. 1 показан высокоуровневый дизайн программного проекта. Здесь видно, что он состоит из двух основных приложений: интерфейс пользователя (frontend) и основного приложения (backend). Основное приложение предоставляет интерфейс, через который интерфейсное приложение получает доступ к основному функционалу для предоставления его наружу либо для отображения в графическом виде пользователю. Таким образом, пользователь или клиентская программа имеет доступ только к интерфейсной части, скрывая детали реализации основного приложения.

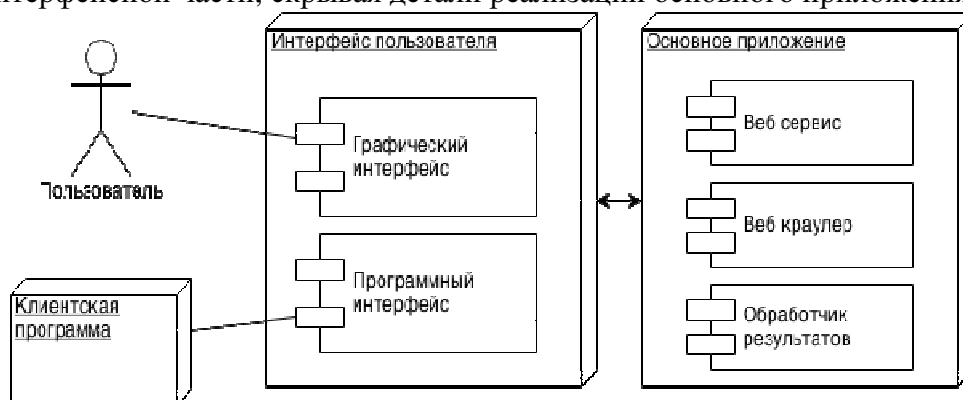


Рис 1. Высокоуровневый дизайн проекта по извлечению информации из наукометрических баз данных

Оба интерфейса (внешний – для клиентских программ и внутренний – для коммуникации с основным приложением) в качестве формата данных используют JSON – открытый стандартный формат обмена данными, который использует читабельный для человека текст. Описание интерфейса основного приложения показано на рис. 2. Также здесь видно, что основное приложение состоит из трех модулей:

- Веб сервис – предоставляет доступ к приложению с помощью протокола HTTP, используя JSON интерфейс;
- Веб краулер – ядро приложения, где и выполняется извлечение публикаций по заданному параметру;
- Обработчик результатов – фильтрация и анализ извлеченных данных с целью отброса нерелевантных результатов и классификации.

Одной из проблем, возникших после извлечения публикаций, является наличие авторов-однофамильцев. Нужен способ отделить публикации только искомого автора. Для этого модуль «обработчик результатов» использует латентно семантический анализ [4]. Цель этого анализа – определение схожих по смыслу публикаций, исходя из их названий.

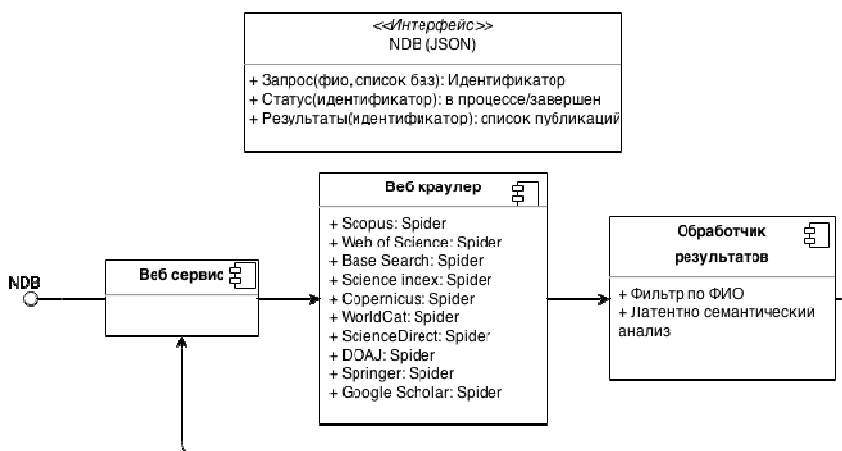


Рис 2. Детализированная архитектура основного приложения

Еще одной значимой проблемой при извлечении данных из веб страниц оказался тот факт, что некоторые части результирующей страницы сгенерированы на стороне клиента, а не получены с сервера после соответствующего запроса. Речь идет о скриптовых программах, встроенных в веб страницу, которые выполняются клиентской программой – веб браузером. Для решения этой проблемы нужно использовать веб браузер для генерации веб страницы в конечном виде и потом только продолжать ра-

Управління проектами та якістю

Рис 3. Диаграмма последовательности выполнения поиска и извлечения информации из наукометрических баз данных

Выводы. Не смотря на возникшие трудности и проблемы, программный проект по извлечению публикаций из наукометрических баз данных реализован и работает в тестовом режиме. Основной проблемой для поддержки проекта является отсутствие спецификаций на Веб страницы наукометрических баз данных. В любой момент структура и внешний вид могут быть изменены. Дальнейшее развитие проекта предполагает решение этой проблемы с помощью тестовых приложений, которые с некоторой периодичностью будут проверять, не изменилась ли структура и сигнализировать о изменениях для идентификации и исправления.

Литература:

- 1.Коляда, А. С. Автоматизация извлечения информации из наукометрических баз данных [Текст] / А. С. Коляда, В. Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 16. – С. 96 – 99.
- 2.Бурков, В. Н. Параметры цитируемости научных публикаций в наукометрических базах данных [Текст] / В. Н. Бурков, А. А. Белошицкий, В. Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. – 2013. - № 15. – С. 134 – 139.
- 3.IEEE Computer Society, edited by Pierre Bourque, Richard E. Fairley (2014). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK®), pp. 346.
- 4.Коляда, А. С. Латентно семантический подход для анализа информации из наукометрических баз данных [Текст] / А. С. Коляда // Управління розвитком складних систем. – 2014. – Вып. 17. – С. 90 – 94.
- 5.PhantomJS – a headless WebKit. [Електронний ресурс] // <http://phantomjs.org/>

Надійшла до редакції 17.04.2014

Управління проектами та якістю

УДК 378.147:044.4'24(477)



В.М. Тонконогий,
д.т.н., професор,
Одеський національний
політехнічний
університет, e-mail:
vmt47@ukr.net



К.О. Логінова
магістрант,
Одеський національний
політехнічний
університет, e-mail:
loginova-sugar@mail.ru



К.В. Колеснікова,
к.т.н., доцент,
Одеський національний
політехнічний
університет, e-mail:
amberk4@gmail.com



А.О. Негрі,
асистент,
Одеський національний
політехнічний
університет, e-mail:
monu2@ukr.net

МОНІТОРИНГ ПУБЛІКАЦІЙНОЇ АКТИВНОСТІ НАУКОВЦІВ ТА КАФЕДР ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

В.М. Тонконогий, К.В. Колеснікова, К.О. Логінова, А.О. Негрі. Моніторинг публікаційної активності науковців та кафедр вищих навчальних закладів. Досліджені способи формування пошуку даних щодо публікацій, які індексуються в Google Академія та Publish or Perish. Запропонований підхід дозволяє об'єктивно оцінювати ефективність наукової діяльності науковців та їх колективів.

V.M. Tonkonogy, K.V. Kolesnikova, K.O. Loginova, A.O. Negri. Monitoring of printing activity of scientific chairs of universities. Ways of a formation of the data search about publications which are indexed in Google Scholar and Publish or Perish are investigated. The offered method allows to estimate objectively efficiency activity of scientists and their collectives.

Проблема оцінки наукових досягнень окремого науковця і наукових колективів є однією з найактуальніших і в той же час найскладніших проблем, що стосуються взаємин, як усередині самої науки, так і з суспільством [1]. Можливі різні варіанти оцінки будь-якого виду творчої діяльності; проте у всіх сферах найбільш об'єктивною є оцінка за кінцевим результатом, а не за процедурою його досягнення і витраченим на це зусиллям [2].

Наявність доступу до множини публікацій у світовій павутині створила умови для розвитку досліджень з наукометрії – наукового напрямку щодо обґрунтування і застосування вимірювань у такій слабо структурованій галузі як наукові дослідження [3]. Світовий досвід

Управління проектами та якістю

комунікації спільноти науковців через наукові публікації у інформаційному просторі всесвітньої Web-павутини свідчить про доцільність застосування деяких показників продуктивності наукової діяльності [4 – 10].

В ідеалі засоби об'єктивної оцінки наукової діяльності повинні чимось нагадувати процедуру виявлення переможців у спортивних змаганнях, коли кращих визначають, орієнтуючись на ті чи інші досягнуті кількісні показники.

В останні десятиліття якісні критерії оцінки наукової діяльності представляються вже недостатніми і нагальною вимогою часу стає необхідність використання кількісних параметрів, які характеризують наукову діяльність і не залежать від будь-яких суб'єктивних факторів. Особливої важливості набуває подібна об'єктивна оцінка, коли мова йде про ті чи інші «відзнаки» окремого вченого або наукового колективу, фінансуванні наукових досліджень у вигляді грантової підтримки або заохочення окремих дослідників у вигляді присудження їм премій, медалей, ступенів та звань. Проте зараз, по суті, немає об'єктивних кількісних критеріїв оцінки наукової діяльності, хоча у світовій спільноті науковців є окремі дослідження і пропозиції щодо переваг формальних підходів до оцінки результативності наукової праці.

Для активізації науковців ВНЗ щодо публікацій результатів своїх досліджень у зарубіжних журналах або у виданнях України, що включені до зарубіжних наукометричних баз, Міністерство освіти і науки України запроваджує низку заходів [5]. Нові вимоги до наукових публікацій та безпосереднє оцінювання ВНЗ за числом публікацій, які індексовані у іноземних наукометричних базах даних (у першу чергу Scopus!) трансформують публікаційну активність з особистої зацікавленості науковців у справу державного значення щодо формування іміджу України у царині міжнародних наукових зв'язків і створення сприятливих умов фінансування наукових досліджень за міжнародними грантами за участю науковців України [6, 7]. Тому актуальним завданням є моніторинг публікаційної активності науковців ВНЗ України у виданнях, які індексуються міжнародними наукометричними базами даних (НБД).

Наукометричні бази даних – це бібліографічні і реферативні бази даних з інструментами для відстеження цитування статей, опублікованих у наукових виданнях. Найбільш відомими на сьогоднішній день є бібліографічні бази даних Scopus, Web of Science (Web of Knowledge), Astrophysics, PubMed, Mathematics, ChemicalAbstracts, Springer, Agris, GeoRef та ін. Ши-

роко застосовуються також відомі міжнародні НБД: Begell House Inc., Pleiades Publishing, Kluwer та інші. Всі вони є комерційними базами.

Серед некомерційних наукометричних баз з технічних наук можна назвати такі [9]: Science Direct, Copernicus, Science Index, DOAJ, BASE, Driver, MLibrary, WorldCat, FreeFullPDF, arXiv, Google Академія та ін.

Наукометричні бази не є чимось новим у науковому світі. Їх історія бере свій початок з 1870-х років, коли вперше з'явилися два індекси наукового цитування – індекс юридичних документів ShepardsCitations (1873 рік) та індекс наукових публікацій з медицини IndexMedicus (1879 рік), який існував аж до 2004 року. З розвитком інтернет-технологій з'явилися Web of Science, Scopus та інші наукометричні бази даних, а також Академія Google (GoogleScholar), яку теж можна віднести до міжнародних наукометричних баз.

Наукометричні бази даних в даний час виконують функцію авторитетних джерел бібліографічної інформації по науковій періодиці країни по конкретному коду спеціальності. Крім того, бібліографічні та реферативні бази даних є інструментом для відстеження цитування статей, опублікованих в тих чи інших наукових виданнях. Такий моніторинг дає можливість формувати рейтинги журналів в базах. Високий рейтинг журналу в наукометричній базі означає його затребуваність науковим співтовариством.

Проблемою оцінки вчених займається наукометрія – розділ наукознавства, що займається статистичними дослідженнями структури і динаміки наукової інформації. Основними параметрами, що характеризують рівень цитування автора, є такі:

1. Індекс цитування, кумулятивний індекс цитування – загальна кількість посилань на всі роботи автора за весь час його діяльності [12].
2. Імпакт-фактор (класичний, синхронний, Гарфільдівський) [13].
3. Індекс Хірша, h-індекс [10].
4. Інші індекси: Egghe's (g-index), Zhang's (e-index), Contemporary h-index (hc-index), AW-index, Multi-authored h-index, hInorm, hIannual [11].

Індекс цитування має подвійне тлумачення [14]. В Україні і Росії це поняття часто визначає число цитувань публікацій або відношення числа цитувань до базових показників публікацій – числа журналів, авторів та ін.

Сучасне тлумачення індексу цитування пов'язане з англомовною калькою цього поняття [3]. Під індексом цитування розуміється реферативна база даних наукових публікацій, що індексує посилання, зазначені в пристатейних списках цих публікацій і яка надає кількісні показники посилань (такі, як сумарний обсяг цитування, індекс Хірша та ін). З статей у журналах, що включені у реферативну базу, витягуються традиційна бібліографі-

чна інформація (вихідні дані) і списки цитованої літератури (пристатейна бібліографія).

Показники цитування можна піддавати критиці, як показник, статистично недостовірний, що залежить від галузі знань (у біологів і медиків більше, ніж у фізиків, а у фізиків, відповідно, більше, ніж у математиків), від сумарної кількості фахівців з того чи іншого розділу науки, від поточної популярності дослідження, від географії журнальних публікацій, віку дослідника, тощо. Але, на жаль, зараз поки що не існує інших показників, які більш адекватно відображають результативність роботи вчених.

Індекс Гірша (h-індекс) є кількісною характеристикою продуктивності вченого, групи вчених, університету або країни в цілому, заснованою на кількості публікацій та кількості цитувань цих публікацій [11]. Розраховується цей показник таким чином: вчений має індекс h , якщо h з його N_p статей цитуються як мінімум h раз кожна, в той час як решта $(N_p - h)$ статей цитуються не більше, ніж h разів кожна. Іншими словами, учений з індексом h опублікував h статей, на кожному з яких послалися як мінімум h разів.

Імпакт-фактор (ІФ) – чисельний показник оцінки наукового рівня журналів, якості статей, опублікованих в них. Методика розрахунку ІФ орієнтується на трирічний період. Наприклад, ІФ журналу в 2013 році обчислюється наступним чином:

$$I_{2013} = A / B,$$

де A – число цитувань у 2013 році статей в даному журналі у 2011 – 2012 роках; B – число статей, опублікованих в даному журналі в 2011 – 2012 роках.

Визначення публікаційної активності кафедр доцільно визначати з використанням програми пошуку *Publish orPerish*.

Publish orPerish – програма, яка виконує пошук і аналізує цитування публікацій. Під час виконання досліджень дуже зручно перевіряти, чи були даний текст або автор вже процитовані, як часто і де [13 - 31]. Якщо є інтернет-з'єднання, то за допомогою Publish or Perish можна отримати майже миттєво таку інформацію. Ця програма використовує запити Google Scholar. Пошук може виконуватися за прізвищем автора, за назвою видання, по групі слів або за певною фразою. Publish orPerish може визначити посилання (URL) на документ, де можна виявити потрібний текст у своєму запиті, загальну кількість цитат, які відповідають запиту, середню кількість посилань. Можливий пошук статей за прізвищем автора, за назвою журналу, розгорнутий пошук.

Приклад відображення результатів запиту у Publish orPerish за прізвищем «Тонконогий ВМ» показаний на рис. 1.

Управління проектами та якістю

Results									
Papers:	45	Papers/author:	22.10	h-index:	4	Тонконогий ВМ;all			
Citations:	34	Cites/year:	3.40	g-index:	4	Query date: 2014-05-04			
Years:	10	Cites/auth/year:	2.34	hc-index:	2	Papers: 45			
Cites/paper:	0.76	hI,annual:	0.30	hI,norm:	3	Citations: 34			
						Years: 10			
Cites	Per...	Rank	Authors	Title	Year	Publication	Publisher	Type	
<input checked="" type="checkbox"/> h 5	0.50	1	ВМ Тонконогий	Управление объединенными технологич...	2004	Тр. Одес. полите...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> h 5	0.50	2	ВМ Тонконогий	Моделирование прочности сцепления из...	2004	Резание и инстру...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> h 4	0.50	3	ПС Носов, ВМ Тонконогий...	Застосування адаптивних функцій для в...	2006	Тр. Одес. полите...	storag...	PDF	
<input checked="" type="checkbox"/> h 4	0.00	4	ВМ Тонконогий	Система автоматизованого управління т...		Вісн. Житомир. де...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 4	0.44	5	ПС Носов, ОЕ Яковенко, ВМ Тонконогий	Використання компонентів мислення екс...	2005	Тр. Одес. полите...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	0.43	6	ПС Носов, ВМ Тонконогий	3D оценивание траектории обучения сту...	2007	Тр. Одес. полите...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.00	7	ВМ Тонконогий	Автоматизация технологического процесу н...		спец. 05.13. 07 "A...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.25	8	ПС Носов, ВМ Тонконогий, АЕ Яковенко	ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ФУНКЦИЙ Д...	2006	Труды		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.50	9	ЕВ Малахов, ВМ Тонконогий	Элементарные объекты как базис объек...	2010	Електротехнічні т...	storag...	PDF	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0.33	10	ОБ Макимова, ВО Давыдов, ВМ Тонк...	Методика расчета критерия управления...	2011		essuir....		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0.10	11	ВМ Тонконогий	Трехконтурная АСУ нанесением ионно-п...	2004	Автоматика. Авто...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0.17	12	ТВ Поленко, ПС Носов, ВМ Тонконогий	ВЫБОР СТРАТЕГИИ ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВ...	2008	Сборник научных ...		CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 0	0.00	13	ВМ Тонконогий	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПР...		storage.library.opu...		PDF	
<input checked="" type="checkbox"/> 0	0.00	14	..., ТВ Поленко, ВМ Тонконогий	Метод определения предпочтений инте...	2008	... в прикладных н...	storag...	PDF	
<input checked="" type="checkbox"/> 0	0.00	15	ВМ Тонконогий, ТВ Лисенко, СМ Обер...	ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖ...				CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 0	0.00	16	ОБ Макимова, ВО Давыдов, ВМ Тонк...	МНОГОМЕРНЫЙ КРИТЕРИЙ УПРАВЛЕНИЯ ...	2012		sevnbu...	CITATION	
<input checked="" type="checkbox"/> 0	0.00	17	ВМ Тонконогий	3D-ОЦЕНИВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИ...		pratsi.opu.ua		PDF	

Рис. 1. Приклад відображення результатів запиту у Publish orPerish

Publish or Perish розроблена у Мельбурнському університеті (Австралія) і використовує базу даних Google Scholar (Google Академія). За допомогою цієї програми можна виконати:

1. Аналіз цитувань автора «Authorimpact» (рис. 1);
2. Аналіз цитувань журналу «Journalimpact»;
3. Розширений аналіз цитування автора «Generalcitations».

Послідовність дій для проведення аналізу цитувань автора є така:

1. Запустити програму Publish orPerish.
2. У горизонтальному меню вибрати вкладку «Authorimpact».
3. У полі «Author's name» ввести всі можливі варіанти написання прізвища та ініціалів автора кирилицею та латиницею. Різні варіанти написання прізвища та ініціалів слід об'єднати логічним оператором OR. Кожний варіант написання прізвища та ініціалів треба взяти в лапки без крапок в ініціалах. Наприклад: «Тонконогий ВМ» OR «Tonkonogy VM».

4. Пошук при необхідності можна обмежити роками та тематичними напрямками.

5. Виконати команду Lookup після заповнення потрібних полів.

6. В головному вікні з'являються результати пошуку (рис. 1). Слід зазначити, що кількість знайдених результатів обмежена до 1000 записів, що обумовлено властивостями GoogleScholar.

7. В панелі статистичної інформації з'являється така інформація:

– загальна кількість документів автора;

Управління проектами та якістю

- загальна кількість цитувань автора;
- середня кількість цитувань автора за рік;
- *h*-індекс (індекс Гірша);
- інші показники.

8. В панелі знайдених публікацій відображаються всі результати запиту. Список розбитий на такі колонки:

- Cites – кількість цитувань конкретної статті;
- Peryear – середня кількість цитувань статті за рік;
- Rank – рейтинг статті Google Scholar;
- Authors – всі автори статті;
- Title – назва публікації;
- Year – рік публікації;
- Publication – назва журналу (в деяких випадках не визначається);
- Publisher – видавець (в деяких випадках не визначається).

Якщо публікація має цитування (друга колонка, рис. 1), то подвійний клік на вибраному рядку веде на сформований Google Scholar список статей, які її цитують. Якщо цитувань немає, то відображається сторінка з результатами пошуку Google Scholar даної публікації.

9. Список публікацій за замовченням відсортовується у порядку зменшення кількості цитувань, але можна відсортувати його за значеннями будь-якого стовпця, натиснувши на відповідний заголовок.

10. Якщо окремий рядок не відповідає пошуковому запиту, можна виключити його з розгляду, знявши «галочку».

11. При потребі можна здійснити редагування шляхом об'єднання окремих рядків (якщо вони відносяться до однієї роботи). При цих змінах статистичні показники перераховуються автоматично.

12. Важливим є те, що список статей можна зберігати (експортувати) у різних форматах, а програма зберігає історію пошуків з усіма результатами.

Для визначення публікаційної активності кафедр слід виконати пошук статей кожного науковця кафедри (за прикладом рис. 1) та записати результати у таблицю. Приклад такої таблиці для 2-х кафедр ІТДМ показано нижче.

Таблиця 1 - Результати пошуку за допомогою програми *Publish or Perish*

№	Кафе-дра	ПІБ	Число публікацій (взагалі)	Число публікацій за 2013-2014 рр.	Індекс Гірша	g-індекс
1	Інформаційних технологій проектування в машинобудуванні	Тонконогий В.М.	45	8	4	4
2		Колесникова Е.В.	23	4	2	3
3		Павлишко А.В.	6	0	0	0
4		Синько І.С.	2	0	0	0
5		Тигарев В.М.	6	0	1	1
6		Бовнегра Л.В.	14	1	1	1
7		Савельєва Е.В.	2	2	0	0
8		Лебедев Б.В.	3	0	0	0
9		Якимов А.А.	3	1	1	1
10		Вайсман В.А	31	4	4	6
11		Рязанцев В.М.	11	1	2	2
12		Барчанова Ю.С.	2	2	0	0
13	Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація	Оборский Г.А	19	3	1	2
14		Костенко В.Л.	10	0	2	2
15		Тихенко В.Н.	19	0	2	2
16		Моргун Б.А.	2	0	0	0
17		Слободяник П.Т.	8	0	2	5
18		Швагирев П.А	3	0	0	0
19		Чаругин Н.В.	1	0	0	0
20		Гнатюк А.П.	2	0	0	0
21		Гугнин В.П.	2	0	0	0
22		Луговская Е.А	2	0	0	0
23		Перпери Л.М.	3	0	0	0
24		Огиенко М.С.	1	0	0	0
25		Волков А.А.	3	0	0	0

Можна виконати також пошук статей для всієї кафедри у одному запиті. Для цього слід ввести всі прізвища, об'єднуючи їх логічним оператором OR, а після цього визначити публікаційну активність кафедр з використанням програми Google Академія. Оскільки цей програмний продукт широко застосовується науковцями, розглянемо спосіб розширення можливостей Google Академія для відображення результатів публікаційної активності кафедр. Для цього були зареєстровані 6 акаунтів на веб-сайті

Управління проектами та якістю

Google відповідно до кількості кафедр Інституту промислових технологій дизайну та менеджменту ОНПУ (табл. 2).

Таблиця 2 – Перелік акаунтів кафедр ІПТДМ

№	Кафедра	Акаунт
1	Інформаційних технологій проектування в машинобудуванні (ІТПМ)	<i>kafedra.itpm@gmail.com</i>
2	Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація (МСМС)	<i>kafedra.mcmc@gmail.com</i>
3	Технології та управління ливарними процесами (ТУЛП)	<i>kafedra.tulp@gmail.com</i>
4	Технології машинобудування (ТМ)	<i>kafedra.tex.mash@gmail.com</i>
5	Управління системами безпеки життєдіяльності (УСБЖД)	<i>kafedra.ysbjd@gmail.com</i>
6	Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства (ТКММ)	<i>kafedra.tkmm@gmail.com</i>

Провівши пошук інформації для кожного з діючих співробітників кожної з кафедр Інституту промислових технологій дизайну і менеджменту, отримаємо результати публікаційної активності кожної кафедри інституту (рис 2 – 7).



Рис. 2. Результати пошуку по кафедрі ІТПМ - *kafedra.itpm@gmail.com*

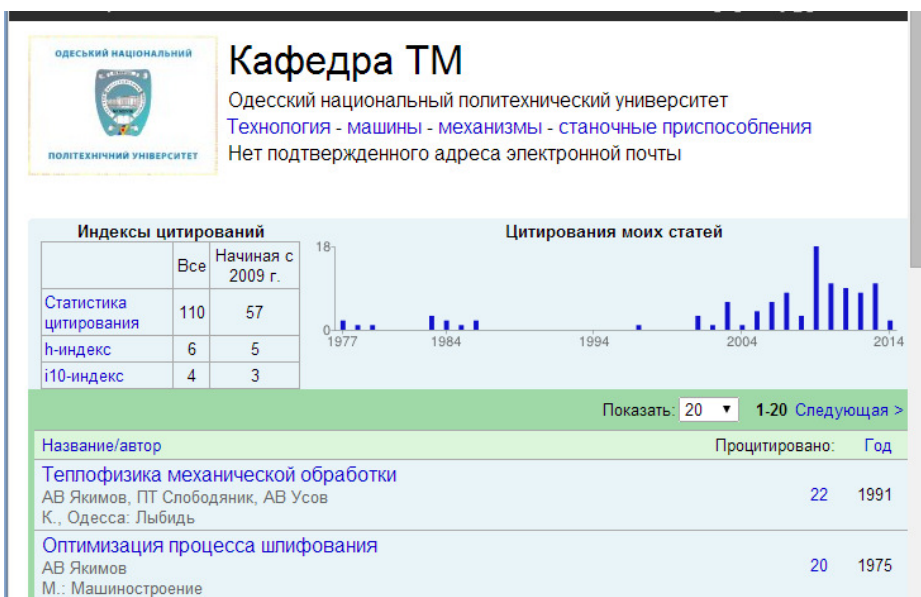


Рис. 3. Результати пошуку по кафедрі ТМ - *kafedra.tex.mash@gmail.com*

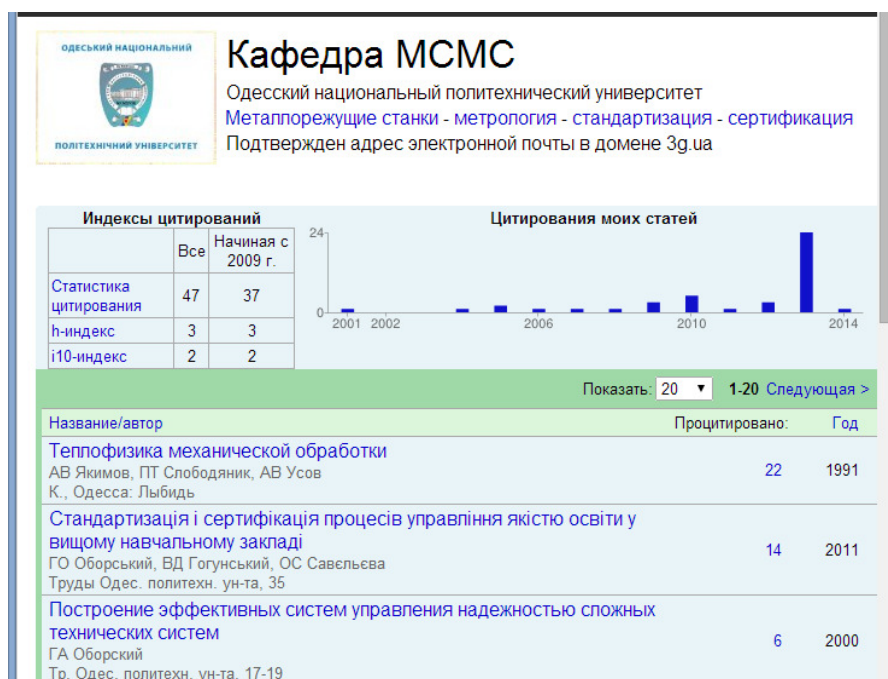


Рис. 4. Результати пошуку по кафедрі МСМС - *kafedra.mcmc@gmail.com*

Управління проектами та якістю

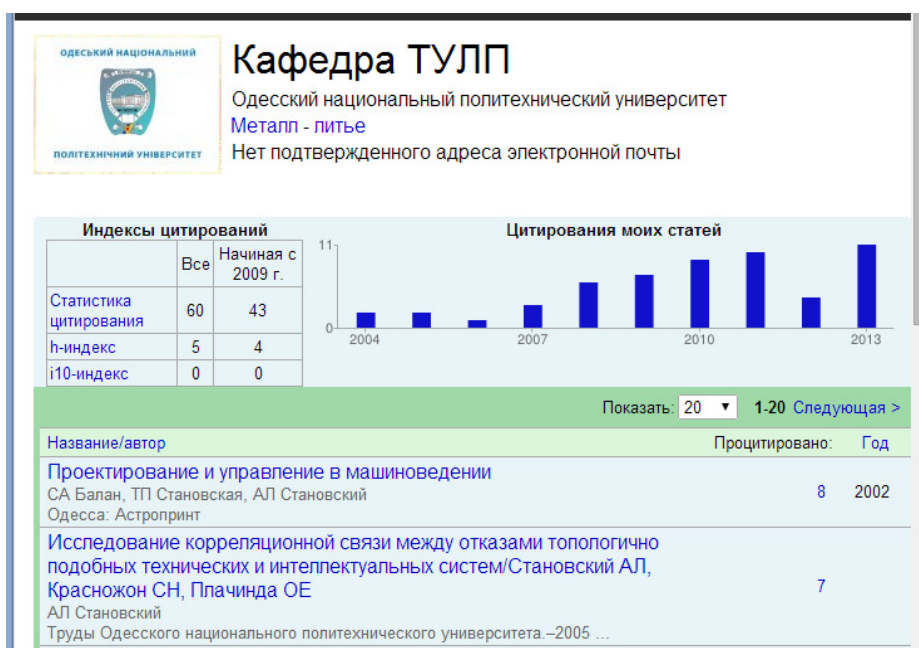


Рис. 5. Результаты поиска по кафедре ТУЛП - kafedra.tulp@gmail.com

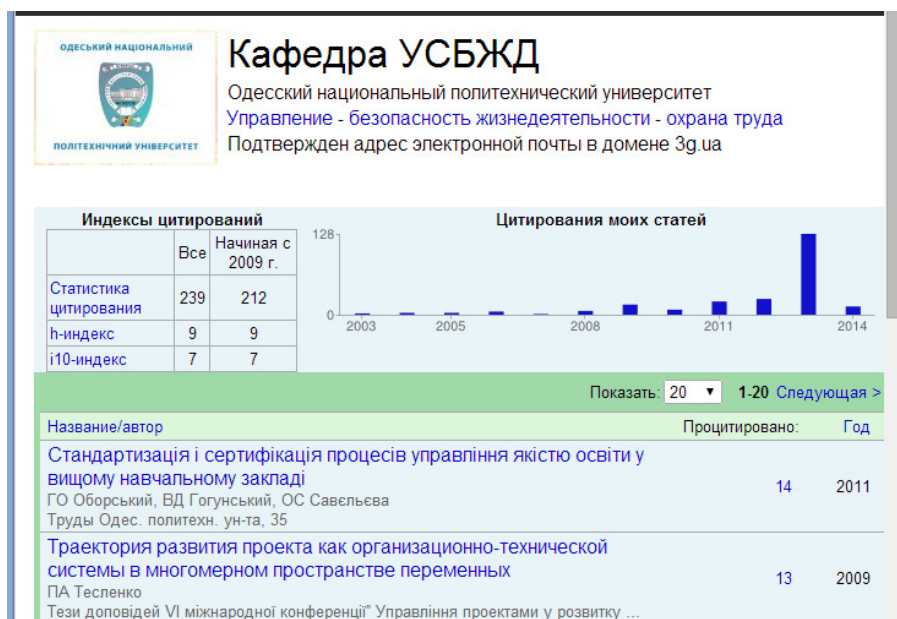


Рис. 6. Результаты поиска по кафедре УСБЖД - kafedra.ysbjd@gmail.com

Управління проектами та якістю



Рис. 7. Результати пошуку по кафедрі ТКММ - kafedra.tkmm@gmail.com

Таблиця 3 – Публікаційна активність кафедр ІПТДМ

№	Кафедра	Всього статей	Всього цитат	h - індекс
1	Інформаційних технологій проектування в машинобудуванні (ІТПМ)	115	84	6
2	Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація (МСМС)	58	47	3
3	Технології та управління ливарними процесами (ТУЛП)	121	60	5
4	Технології машинобудування (ТМ)	130	110	6
5	Управління системами безпеки життєдіяльності (УСБЖД)	171	239	9
6	Технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства (ТКММ)	16	3	1

Порівняння публікаційної активності кафедр ІПТДМ у наукометричній базі даних Google Академія показує, що наукові результати у формі наукових статей науковців різних кафедр суттєво відрізняються за якісними оцінками (табл. 3). Доступ до сукупності публікацій світової спільноти на

Управління проектами та якістю

уковців формує нове ставлення до такої слабо структурованої галузі як бази даних наукових публікацій, які є основою для написання нових статей. Саме публікації є відображенням результатів наукових досягнень, а цитування цих публікацій колегами є оцінкою якості і значущості отриманих результатів для науки і практики.

Запропонований підхід до моніторингу публікаційної активності окремих науковців та їх колективів (лабораторій, кафедр, факультетів, тощо) дозволяє отримати досить об'єктивну інформацію щодо ефективності їх наукової діяльності, а також відкритості результатів досліджень для вітчизняної та міжнародної наукової спільноти. Отримані результати надають можливість оцінювання науковців та творчих колективів при вирішенні питань щодо розподілу грантів, присудження нагород та при рейтингуванні кафедр, факультетів, інститутів та університетів.

Література

1. Миркин, Б. Г. О понятии научного вклада и его измерителях [Текст] / Б. Г. Миркин // Упр. больш. сист. «Наукометрия и экспертиза в управлении наукой». — М.: ИПУ РАН, 2013. — Спец. вып. № 44. — С. 292—307.
2. Новиков, Д. А. Наукометрия и экспертиза в управлении наукой [Текст] / Д. А. Новиков, М. В. Губко // Упр. больш. сист. «Наукометрия и экспертиза в управлении наукой». — М.: ИПУ РАН, 2013. — Спец. вып. № 44. — С. 8—13.
3. Мазаракі, А. Інтеграція вітчизняної науки до світової через наукометричні бази даних [Текст] / А. Мазаракі, Н. Притульська, С. Мельниченко // Вісник КНТЕУ. — 2011. — Вип. № 6. — С. 5—13.
4. Бурков, В. Н. Параметры цитируемости научных публикаций в наукометрических базах данных [Текст] / В. Н. Бурков, А. А. Белошицкий, В. Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. — 2013. — № 15. — С. 134 — 139.
5. Буй, Д.Б. Scopus та інші наукометричні бази: прості питання та нечіткі відповіді [Текст] / Д.Б. Буй, А.О. Білошицький, В.Д. Гогунський // Вища школа. — 2014. - № 4. - С. 37 -40.
6. Оборський, Г.О. Нові тенденції і завдання щодо підготовки науковців вищої кваліфікації [Текст] / Г.О. Оборський, В.Д. Гогунський // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві : зб. наук. праць. — Вип. 2. — Одеса : АО Бахва, 2013 - С. 15 – 22.
7. Бушуев, С.Д. Наукометричні бази: характеристика, можливості і завдання [Текст] / С.Д. Бушуев, А.О. Білошицький, В.Д. Гогунський // Управління розвитком складних систем. — 2014. - № 18.
8. Парамонов, С. Бренд ученого: как сделать так, чтобы нас цитировали [Электронный ресурс] / С. Парамонов // Управл. науч. исслед. С-Петербургский гос. ун-т. — Режим доступа: \www/ URL: http://wokinfo.com/media/pdf/ru-researcher_brand.pdf. — 15.09.2013.
9. Білошицький, А. О. Наукометричні бази та індикатори цитування наукових публікацій [Текст] / А. О. Білошицький, В. Д. Гогунський // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. — Вип. 4 (5). — О. : АО Бахва, 2013. — С. 198 – 203.

Управління проектами та якістю

10. Hirsch, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output // arXiv: physics/0508025. – V. 5. – 29 Sep. 2005. – 5 p.
11. Harzing, Anne-Wil. The Publish or Perish Book. - Tarma Software Research Pty Ltd, Мельбурн, Австралія. - 2010. - 266 с. - ISBN 978-0-9808485 - 2-6.
12. Коляда, А. С. Автоматизация извлечения информации из наукометрических баз данных [Текст] / А. С. Коляда, В. Д. Гогунский // Управління розвитком складних систем. – 2013. - № 16. – С. 96 – 99.
13. Коляда А. С. Разработка проекта информационно-аналитической системы извлечения и обработки информации из наукометрических баз данных [Текст] / Коляда А. С., Негри А. А., Колесникова Е. В. // Управління проектами: стан та перспективи. Матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. — Миколаїв : НУК, 2013. — 348 с.
14. Копанєва, Є. О. Національні індекси наукового цитування / Є. О. Копанєва [Текст] // Бібл. вісн. — 2012. — № 4. — С. 29—34.
15. Яковенко, В.А. Scopus: поиск информации о публикациях ученых Одесского национального политехнического университета [Текст] / В.А. Яковенко, А.А. Негри, Ю.С. Борчанова // Шляхи реалізації кредитно -модульної системи організації навчального процесу і тестових форм контролю знань студентів: наук.-метод. семінар. - № 8. - Одеса : Наука і техніка, 2014. – С. 67 – 77.
16. Білощицький, А. О. Ефективність методів пошуку збігів у текстах [Текст] / А. О. Білощицький, О. В. Діхтяренко // Управління розвитком складних систем. – № 14. – 2013. – С. 144 – 147.
17. Яковенко, В.Д Комп'ютерна реалізація системи автоматизованого управління навчальним процесом [Текст] / В. Д. Яковенко, В. Д. Гогунський, Г. Ф. Сафонова // Моделир. в прикладних наукових дослідженнях. Матер. XVI семінара. — Одеса : ОНПУ, 2008. – С. 27 – 30.
18. Тертышная, Т.И. Автоматизированная система контроля знаний [Текст] / Т. И. Тертышная, Е. В. Колесникова, В. Д. Гогунский // Тр. Одес. политехн. ун-та. —2001. — Вып. 1 (13). — С. 125 — 128.
19. Яковенко, А. Е Стратегия принятия решений в условиях адаптивного обучения [Текст] / А. Е. Яковенко, А. В. Нарожный, В. Д. Гогунский // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 2/2 (14). – С. 105 – 110.
20. Чугреев, В. Л. Модель структурного представления текстовой информации и метод ее тематического анализа на основе частотно-контекстной классификации [Текст] / Санкт-Петербургский гос. электротехнический ун-т "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова. - 2003. – С. 25 - 29.
21. Коляда, А. С. Извлечение информации из слабоструктурированных Веб страниц [Текст] / А. С. Коляда, В. Д. Гогунский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - № 1/9 (67). – Харьков : Технолог. центр, 2014 – С. 51 – 54.
22. Коляда, А. С. Извлечение информации из слабоструктурированных Веб страниц [Текст] / А. С. Коляда, В. Д. Гогунский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - № 1/9 (67). – Харьков : Технолог. центр, 2014 – С. 51 – 54.
23. Негри, А. А. Концепция проекта агрегирующей аналитической информационной системы для работы с наукометрическими базами данных / А. А. Негри, Е. В. Колесникова, Ю.С. Барчанова // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2013. - № 4(5). – – Одеса : АО Бахва, 2013 - С. 52 – 56.
24. Рейтинг лучших университетов мира по версии QS [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/qs-world-university-rankings/info>

25. Шанхайский рейтинг лучших вузов мира: ARWU [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.education-medelle.com/articles/schankhajskij-rejting-luchschikh-vuzov-mira-arwu.html>
26. Бушуев, С.Д. Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / С.Д. Бушуев, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін // Управління розвитком складних систем. - № 12.- 2012. - С. 5 – 7.
27. Оборський, Г. О. Нові тенденції і завдання щодо підготовки науковців вищої кваліфікації [Текст] / Г. О. Оборський, В. Д. Гогунський // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. — Вип. 2. — Одеса : АО Бахва, 2013. — С. 15 — 22.
28. Запорожець, О.І. Завдання наукових досліджень з охорони праці [Текст] / О.І. Запорожець, В.Д. Гогунський // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. - № 4(5). – Одеса : АО Бахва, 2013. – С. 19 – 23.
29. Оборський, Г. О. Стандартизація і сертифікація процесів управління якістю освіти у вищому навчальному закладі [Текст] / Г. О. Оборський, В. Д. Гогунський, О. С. Савельєва // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Вип. 1(35). — 2011. — С. 251 — 255.
30. Вайсман, В. Нова методологія створення інноваційного розвитку проектно-керованих організацій / В. Вайсман, В. Гогунський // Економіст. - № 8 (298). – 2011. – С. 11 – 13.
31. Колесникова, Е.В. Управление знаниями в IT-проектах [Текст] / Е.В. Колесникова, А.А. Негри // Вост.-Европ. журн. пер. техн. — 2013. — № 1/10 (61). — С. 213 — 215.

УДК 378.147:044.4'24(477)



П.Д. Федунець,
Одеський національний
політехнічний
університет,
e-mail:
fedunecp@ukr.net

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИМИДЖА ВУЗА

П.Д. Федунець. *Целенаправленное объединение составляющих сравнительного имиджа ВУЗа.* Выделена проблема формирования имиджа ВУЗа. Для ее решения определены составляющие сравнительного имиджа ВУЗа предложено их объединение с целью использования при разработке вузовской системы «Абитуриент».

P.D. Fedunets. *Purposeful comparative association of components image of higher education institution.* For its decision are defined components of comparative image of higher education institution and their association for the purpose of use is offered when developing «High school Entrant» system.

Введение. В последние несколько лет появилась проблема целенаправленного объединения составляющих сравнительного имиджа вузов. Ее появление вызвано участвующимся недобором желающих учиться в конкретном вузе, а также сложностью планирования набора студентов, в условиях ныне существующих правил приема в вузы на основе тестирования и свободы выбора будущей специальности. Так получается, что часто выбор абитуриентом вуза определяется имиджем вуза и его известностью своими заслугами и достижениями. Для руководства вузов это означает, что ему приходится заботиться об имидже вуза и создавать положительный имидж для того, чтобы абитуриенты при выборе учебного заведения выбирали именно конкретный вуз. Политехнический университет не является исключением, о чем известно каждому его работнику.

Исследованием имиджа высших учебных заведений начали заниматься примерно 20 лет назад. Автор опирается на работы Барна Н.В. [1], Дагаева Е.А.[2], Добряковой А.[3] и Лазаренко И.Р.[4]. В этих работах их авторы исследуют влияние имиджа вуза на его конкурентоспособность, на связь имиджа с управленческими решениями руководства вузов, на зависимость выбора абитуриентом учебного заведения и на его значение для

Управління проектами та якістю

каждого вуза. В исследованиях можно найти описание составных частей имиджа и способов его формирования. Вместе с тем научную тематику имиджа вуза нельзя считать исчерпанной и достаточно изученной для того, чтобы результатами исследований можно было воспользоваться каждому руководителю учебного заведения. В частности, в исследованиях не всегда должное внимание уделяется сравнительному имиджу вуза вместе с его составными частями и целенаправленному объединению составляющих сравнительного имиджа вузов.

Целью данной статьи является выделение составляющих сравнительного имиджа вузов для их объединения с целью формирования положительного имиджа вуза в сознании потенциальных учащихся для того, чтобы увеличить наплыв желающих учиться и, как минимум, обеспечить плановый набор желающих воспользоваться образовательными услугами вуза и получить диплом по избранной специальности.

Изложение основного материала исследования. Имиджем учебного заведения принято называть нечетко определенный оценочно - информационный образ учебного заведения, который формируется в сознании массы (множества) воспринимающих информацию о нем, запоминающих эту информацию и использующих как при сравнении учебного заведения с другими заведениями и организациями с целью выработки собственного мнения о нем, так и при принятии решения о том, что данному учебному заведению можно отдать предпочтение при выборе места будущей учебы или же работы. При этом речь идет об информации, поступающей в сознание масс из различных источников (СМИ, книги, друзья, знакомые, учеба и работа в учебном заведении, слухи о нем, истории). Впрочем, специалистам по имиджелогии известны различные определения понятия «имидж»[1-4]. В рамках данной статьи обращается внимание на понятие сравнительного имиджа вуза в качестве нечетко определенного оценочно-информационного образа вуза, формирование которого в сознании масс определяется путем сравнения информации о различных вузах на предмет выявления их предпочтительных особенностей.

Следы сравнительной информации о вузе или же о фирме и об их известности вузов (об их славе, о достижениях в подготовке кадров, об известности руководства вуза и его выпускников, о количестве выдающихся личностей, которые учились или же работали раньше, о количестве открытий и изобретений работающими в вузе, о количестве изученных работниками вузов или же их студентами и выпускниками явлений природы и о других данных) остаются в сознании масс и постепенно создается тот

Управління проектами та якістю

сравнительный образ вуза, который называется сравнительным имиджем. Есть все основания считать, что имидж учебного заведения это есть некий ореол его известности и славы, сформировавшийся в сознании масс, информированных и имеющих сведения об учебном заведении и о его достижениях. При этом имеется в виду такой ореол, который и представляет собой выше названный сравнительный образ учебного заведения.

Для каждого учебного заведения его имидж имеет существенное значение. Причиной этого является тот факт, что позитивный имидж является как бы притягивающей силой учебного заведения, а негативный – отталкивающей силой для желающих связать свою судьбу именно с этим учебным заведением. А это означает, в частности, что желающие выбрать именно данное учебное заведение для учебы в нем при наличии негативно-го имиджа и прочих равных условий будут выбирать другое учебное заведение. В силу этого каждое учебное заведение вынуждено заботиться о своем имидже и формировать позитивный имидж. К тому же позитивный имидж повышает конкурентоспособность учебного заведения, а негативный ее понижает. Так получается, что позитивный имидж работает на увеличение конкурса абитуриентов и на выполнение плана набора учащихся. А в современных условиях увеличение конкурса является актуальной проблемой для большинства ВУЗов.

Проблема формирования позитивного имиджа учебного заведения на практике может решаться различными способами и с помощью различных средств воздействия на собственный имидж, формируемый в сознании масс. Одним из таких способов является способ своевременного реагирования на проявления недовольства учебным заведением учащимися и сотрудниками. И, если в самом учебном заведении количество неудовлетворенных учебным заведением и делами в нем постоянно возрастает, то это должно стать предметом пристального внимания руководства учебного заведения и сигналом к срочному поиску способов и средств воздействия на сложившуюся ситуацию в желаемом направлении изменения ситуации к лучшему. При этом необходимо иметь в виду существование имиджологии как науки о технологии личного обаяния, в рамках которой наработаны и применяются методы и методики формирования позитивного имиджа не только личности, но и предприятий, и учебных заведений, и даже государств [1].

Сформированный имидж вуза это плод долгого труда специалистов по продвижению и распространению имиджевой информации, направленный на создание благоприятного образа вуза в сознании масс. При этом

Управління проектами та якістю

имеется в виду труд, направленный на то, чтобы фирма (вуз) выглядела как можно лучше в глазах клиентов. Имидж можно создавать с помощью фирменного стиля, с помощью рекламы, публикаций в прессе и даже поведения генерального директора (ректора) в повседневных ситуациях. Естественно, целью любой организации является создание в глазах потребителя позитивного имиджа своего бренда. При желании имидж можно менять хоть каждый день, были бы средства.

Исходные принципы построения адекватного имиджа отталкиваются от двух главных вопросов:

- Кто мы и что можем по сравнению с другими?
- И кто они и чего хотят?

Анализ этих вопросов и ответов на них является своеобразным показателем направленности усилий на формирование сравнительного имиджа.

То, как воспринимается сравнивающий имидж вуза – это те ассоциации, которые появляются у человека при сравнении вузов, когда он сопоставляет услышанное, увиденное о вузе (вузах) и пережитое в вузе (вузах) с другим (другими) вузом. Так получается, что формирование сравнительно позитивного имиджа вуза должно быть направлено на появление у клиентов положительных ассоциаций и эмоций при попытке выбора вуза либо для учебы в нем, либо для работы.

Факторы, влияющие на формирование сравнительно позитивного имиджа:

- Информация о сравнительно позитивном финансовом положении организации (вуза).
- Сравнительно позитивная история вуза, организации, фирмы, его/её привлекательные традиции и предпочтительная репутация.
- Позитивная информация о личности ректора вуза или же руководителя фирмы.
- Рекламная известность (паблисити).
- Благоприятная информация об имидже персонала.
- Благоприятная информация о социальной ответственности перед обществом.
- Благоприятные отзывы об управлении вузом (организацией).
- Информация о положительном или преобладающем вузовском (фирменном) стиле.
- Этичность деятельности и отношений.
- Уважительность, отзывчивость и культура отношений.
- Данные о количестве знаменитостей, заметных и знаменитых

Управління проектами та якістю

достигений вуза (фирмы).

- Привлекательный дизайн вузовских (фирменных) зданий, сооружений, аудиторий.
- Привлекающая инфраструктура вуза (фирмы).
- Гарантированная обеспеченность учащихся и работников вуза (фирмы) всем необходимым для учебы, для отдыха, для развлечений и для работы.

Перечисленными факторами определяются составные части сравнительного имиджа вуза (фирмы) в достаточном количестве для того, чтобы формировать положительный имидж вуза с помощью системной интеграции.

Если иметь в виду формирование сравнительно положительного имиджа вуза с расчетом на обеспечение конкурса желающих обучаться в нем, тогда имеет смысл обратить внимание на существование других составных частей имиджа вуза, на которые обращают внимание абитуриенты: близость расположения вуза, престижность, проблемность устройства на работу после получения диплома, доходность профессии, окупаемость затрат на обучение и т.д.

Так как имидж вуза или же фирмы в виде ореола его славы и достижений формируется в сознании масс, то его изучение с целью принятия рациональных решений для возможных изменений имиджа в желаемом направлении предполагает использование различных методов (опрос, анкетирование, методы статистической обработки данных, маркетинговые методы, методы системной интеграции и т.д.). Именно использованию этих методов в конкретном вузе не всегда уделяется должное внимание. Вместе с тем представляется очевидным, что успешное развитие вуза или же фирмы в направлении повышения положительного имиджа предполагает объединение составных частей ее имиджа в желаемом направлении.

Выводы. В исследовании выделены составные части сравнительного имиджа вуза, указано на значимость имиджа для успешного решения проблемы набора учащихся в вуз и на необходимость формирования положительного имиджа с помощью использования существующих методов маркетинга и системной интеграции.

Перспективой исследования является практическое использование полученных результатов для разработки конкретных предложений по формированию положительного имиджа вуза в рамках создания системы «Абитуриент» с целью постоянного повышения конкурентоспособности вуза хотя бы в глазах потенциальных учащихся.

Управління проектами та якістю

Література

1. Барна Н.В. Іміджологія. Навчальний посібник. К.: Університет "Україна", 2008. – 217 с.
2. Дагаева Е.А. Маркетинговые коммуникации как способ конструирования имиджа негосударственного вуза // PR в образовании. 2008, № 4, С.66.
3. Добрякова А. Имидж выпускника государственного вуза в структуре имиджа вуза // PR в образовании № 2, 2008, с. 111.
4. Лазаренко И.Р. «Формирование имиджа образовательного учреждения как управленческое новшество» <http://www.inter-pedagogika.ru/> (24.02.09).

УДК 005.8



С.В. Руденко,
д.т.н., професор,
Одеський національний
морський університет,
e-mail: rudsv@i.ua



Е.В. Колесникова,
к.т.н., доцент,
Одеський національний
політехнічний університет
e-mail: amberk4@gmail.com



Ма Фен,
аспірант,
Одеський національний
морський університет,

АСПЕКТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ИМИДЖЕМ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

С.В. Руденко, Е.В. Колесникова, Ма Фен.
*Аспекты практического управления
имиджем учебного заведения.* Исследо-
ваны особенности практической реализации
имиджевого проекта для условий Китая.
Показано, что марковские цепи позволяют
адекватно от отобразить результаты имид-
жевых проектов.

**S.V. Rudenko, K.V. Kolesnikova, Ma
Feng.** *Aspects of the practical management
of the image of the institution.* The features
of the practical implementation of image
project for the conditions of China. It is
shown that the Markov chains adequate to
display the results of image projects.

Введение. При практическом внедрении системы управления имиджем учебного заведения (на примере деятельности колледжа Цинь, Китай) были выявлены основные противоречия этой работы:

- результат работы по формированию имиджа определяется во внешней среде, а не локализован в пределах учебного заведения;
- система, которую образуют учебное заведение и внешняя среда является слабо структурированной – в ней существует очень много связей, нормативов, конституциональных особенностей, общественных правил, обычаев и традиций, учесть которые в полном объеме достаточно сложно;
- практически невозможно получить обратную связь, для того чтобы оценить эффективность мероприятий, которые нацелены на формирование имиджа учебного заведения;
- существенная неопределенность возникает из-за сложности выделения целевого контингента – на кого следует направлять коммуникационные и информационные мероприятия;

Управління проектами та якістю

- необходимость преодоления сопротивления преподавателей колледжа политике руководства по проведению имиджевых мероприятий, так как преподаватели полагают, что эта деятельность идет в разрез с политикой Партии и Правительства – «не следует выделяться в общей структуре колледжей, поскольку это создаст перекося в наборе абитуриентов в других учебных заведениях, которые не смогу выполнить план приема». Указанные объективные и субъективные факторы формируют поле интересов и противоречий, которые необходимо учесть при проведении работы по формированию и управлению имиджем учебного заведения [1 - 4].

Принципиальная схема управления имиджем колледжа включает в себя следующие элементы: объект имиджа (колледж Информатики и компьютерных технологий, округ Цинь, ректор д-р, профессор Чжао Лу); комплекс Руководящих документов; общество провинции; команда проекта и методики выработки типа мероприятий для информирования населения провинции о колледже (рис. 1).



Рис. 1. Принципиальная схема управления имиджем

Колледж Информатики и компьютерных технологий (округ Цинь) расположен в промышленном районе. Общее число студентов – 7200 чел. Контингент преподавателей – 420 чел. Выпускники колледжа частично продолжают обучение в университетах Китая и за рубежом (около 10 %).

Управління проектами та якістю

Основные места работы выпускников колледжа: промышленность, банковский сектор, транспорт, сфера услуг, учебные заведения.

Метод экспериментального определения параметров имиджа учебного заведения. Оценка существующего уровня имиджа выполнялась до внедрения системы управления имиджем. Принята гипотеза, что общество провинции распределено по семи уровням отношений к учебному заведению (рис. 2). Рассматривали такие состояния: S_1 – неосведомленность; S_2 – положительное отношение; S_3 – доверие; S_4 – высокие оценки; S_5 – уверенный выбор; S_6 – безразличие; S_7 – неприятие [5 - 9].

В ориентированный граф состояний добавлены на основе опроса экспертов переходы между состояниями (рис. 2), что позволяет перейти к описанию системы с помощью однородной марковской цепи с дискретными состояниями и временем [6].

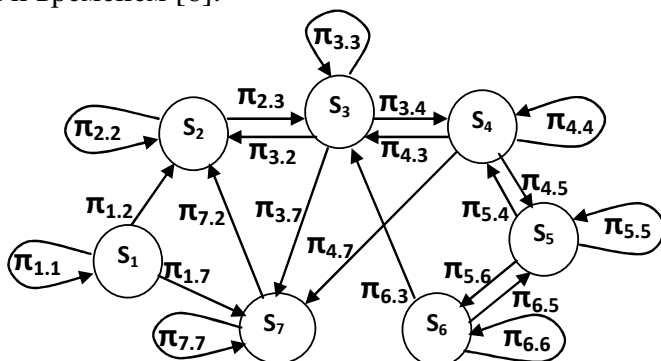


Рис. 2. Размеченный граф модели формирования и управления имиджем: S_1 – неосведомленность; S_2 – положительное отношение; S_3 – доверие; S_4 – высокие оценки; S_5 – уверенный выбор; S_6 – безразличие; S_7 – неприятие.

Вычисления вероятностей на последующих шагах цепи Маркова производят на основе теоремы о полной вероятности по известной рекуррентной формуле [7]:

$$p_i(k+1) = \sum_{j=1}^n [p_j(k) \cdot \pi_{ji}] \Big|_{n=N}; \quad i=1, 2, \dots, N.$$

где k – номер шага; $p_i(k)$ – вероятность состояния S_i на шаге k ; π_{ij} – переходные вероятности между состояниями; N – число состояний, $N = 7$.

Для выполнения поставленной задачи применили метод прямого расчета состояний S_i на основе данных анкетирования населения. На этом этапе ставили целью решение таких проблем:

- разработка однозначных вопросов анкеты;
- определение удобной процедуры анкетирования;

Управління проектами та якістю

- разработка способов оценки погрешности результатов;
- определение объема выборки.

Наиболее эффективными являются опросные листы (анкеты), в которых ответы сводятся к однозначным простым утверждениям: да / нет. Экспериментальная проверка анкет показала, что респонденты часто затруднялись дать ответ на вопросы. Поэтому был предложен вариант опроса в нечеткой форме:

а) сколько раз из разных источников Вы получали информацию об учебном заведении Цинь? (k)

Если не помните, то выберите один из ответов:

- никогда не слышал;
- один раз (1);
- несколько раз (до 4);
- достаточно много(до 10);
- очень много раз (более 10).

б) укажите только один из ответов:

- я не осведомлен о колледже Цинь (да);
- я положительно отношусь к колледжу (да);
- я доверяю коллективу колледжа (да);
- я даю высокие оценки работе колледжа (да);
- я всегда отдаю предпочтение колледже Цинь (да);
- мне безразлична их деятельность (да);
- мне ближе отрицательное представление (да).

На подобные вопросы анкеты респонденты отвечают более уверенно.

В результате опроса в каждой анкете получаем значение шага k и одно из значений S_i , $i = 1, 2, \dots, 6$. Обработка результатов анкетирования сводится к группировке результатов по шагам k и суммированию соответствующих состояний для этого значения k . Далее определяем экспериментальные значения частоты каждого состояния в виде отношения числа отдельных состояний к общему числу анкет в k -ой группе.

Определение объема выборки. Минимальное число анкет n , обеспечивающее выбранную точность измерений, можно установить, допуская нормальный закон распределения случайных величин и максимально допустимую стандартную ошибку оценки. Тогда, используя известные из математической статистики выражения, можно определить минимальное число вопросов n , обеспечивающее заданную точность измерения.

Интервальную оценку ошибки опросов можно осуществить на основе статистических данных с помощью доверительной вероятности. Для нормального закона распределения данных и большой выборки ($n > 30$) общей оценочной характеристикой измерений является дисперсия D и коэффициент вариации k_v :

$$D = s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2;$$

$$k_b = \frac{1}{\bar{x}},$$

где x_i – значения измеряемого параметра, $i = 1, 2, \dots, n$;

\bar{x}_i – среднее значение.

Доверительный интервал характеризует интервал значений x_i , в который попадает истинное значение x_d измеряемой величины с заданной вероятностью p_d :

$$p_d = p[a \leq x_d \leq b] = \frac{1}{2} [\Phi(b - \bar{x})/\sigma - \Phi(a - \bar{x})/\sigma],$$

где $\Phi(t)$ – интегральная функция Лапласа, которая определяется по табличным данным, полученным в результате решения интеграла

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Отношение величины $\mu = b - \bar{x}$ к среднеквадратичному отклонению σ является аргументом этой функции: $t = \mu/\sigma$, где t – гарантийный коэффициент.

Если принята доверительная вероятность p_d (наиболее часто принимают значения 0,9; 0,95; 0,9973), то устанавливается точность измерений (доверительный интервал 2μ) на основе соотношения $p_d = \Phi(\mu/\sigma)$. Половина доверительного интервала равна

$$\mu = \sigma \cdot \arg(p_d) = t \cdot \sigma,$$

где $\arg(p_d)$ – аргумент функции Лапласа, а при $n < 30$ – функции Стьюдента.

На основе принятого уровня значимости $(1 - p_d)$ при нормальном законе распределения можно найти n_i выборку, в которой погрешность превышающая доверительный интервал, будет встречаться не более одного раза:

$$n_i = \frac{p_d}{1 - p_d}.$$

При p_d , равной 0,95 и 0,9973 эта выборка составит, соответственно, 19 и 367 измерений.

Для проведения экспериментальных измерений с заданной точностью необходимо знать то число измерений, при котором будет обеспечен заданный уровень достоверности. В этом случае задача сводится к установлению минимального объема выборки N_{\min} , при заданном доверительном

Управління проектами та якістю

інтервалі 2μ і довірчельної вероятності. При виконанні вимірювань необхідно знати їх точність:

$$\Delta = \frac{\sigma_0}{\bar{x}},$$

де σ_0 – середнеарифметическое значення середньквдратичного відхилення σ , рівне $\sigma_0 = \sigma / \sqrt{n}$.

Довірчельний інтервал помилки вимірювання Δ також як і для вимірювань рівен

$$= \cdot \arg (p_d) = t = \frac{0}{t\sqrt{n}}.$$

При $N_{\min} = n$ отримуємо

$$N_{\min} = \frac{t^2}{\Delta^2} = \frac{k_b^2 t^2}{\Delta^2},$$

де k_b – коефіцієнт варіації, %; Δ – точність вимірювань, %.

Приймемо, що $k_b = 2\%$ і $t = 2,0$ по Лапласу для $p_d = 0,95$ знайдемо залежність об'ємів мінімальної вибірки, як функцію точності вимірювань (крива 1, рис. 3). Відомо, що застосування цієї залежності рекомендовано при $n > 30$ вимірювань. При меншому числі вимірювань застосовують розподіл Стюдента (псевдонім англійського математика В.С. Госсета). При тих же умовах знайдемо мінімальну вибірку, підставляючи в формулу для визначення N_{\min} замість гарантійного коефіцієнта t значення коефіцієнта Стюдента $\alpha_{\text{ст}}$ як функції від числа вимірювань (крива 2, рис. 3).

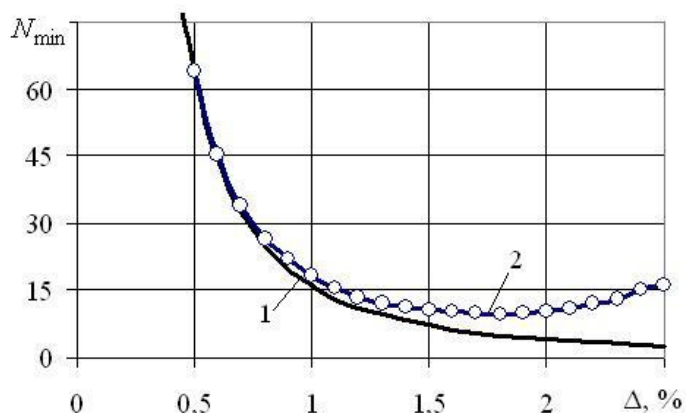


Рис. 3. Залежність мінімальної вибірки від помилки вимірювань

Отримані дані дозволяють встановити необхідний мінімальний об'єм вибірки. Як слід з рис. 3, при 64 вимірюваннях помилка буде не більше 0,5 %. Зменшення числа вимірювань веде до збільшенню

Управління проектами та якістю

ошибки. В качестве приемлемого интервала ошибки можно принять значения 0,5 % ... 1 %, с соответствующим числом измерений 64 ... 22. Середина этого интервала $\sim 0,75$ % обеспечивается при 30 измерениях. Так как фактически из данных анкетного опроса требуется найти только 6 параметров, а 7-ой, с учетом того, что все события составляют полную группу, будет дополнять их сумму до единицы, можно принять величину выборки в объеме, превышающем 384 опроса. В этом случае можно ожидать, что погрешность определения значений переходных вероятностей не будет превышать 0,5 %.

Результаты анкетного опроса. В соответствии с разработанными правилами проведения анкетного опроса и рекомендуемым объемом выборки была выполнена эта работа. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты анкетного опроса

Номер шага	Распределение анкетированных по состояниям, чел.							Всего по шагам, чел.
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	
0	21	12	2	5	0	0	2	42
1	22	30	7	8	0	2	5	74
5	4	47	12	14	12	3	5	97
10	1	33	10	15	20	8	7	94
30	1	12	7	14	25	15	4	78
Всего	49	134	38	56	57	28	23	385

На основе полученных экспериментальных данных можно оценить распределение жителей провинции по соответствующим уровням отношения к колледжу Цинь (табл. 2).

Таблица 2 - Распределение вероятностей состояний населения на основе данных анкетного опроса

Номер шага	Вероятности состояний						
	p1(k)	p2(k)	p3(k)	p4(k)	p5(k)	p6(k)	p7(k)
0	0,5	0,3	0,04	0,11	0	0	0,05
1	0,3	0,41	0,09	0,11	0	0,03	0,06
5	0,04	0,48	0,12	0,14	0,13	0,03	0,06
10	0,01	0,35	0,11	0,16	0,21	0,09	0,07
30	0,01	0,16	0,09	0,18	0,32	0,19	0,05

Метод решения обратной задачи для цепи Маркова.

Рассматриваемый метод предложен в работе [7] для цепи Маркова с 6-ю состояниями и определением 12 значений переходных вероятностей.

Управління проектами та якістю

Разработанная в нами марковская модель имеет 7 состояний и 15 независимых переменных – переходных вероятностей. После выполнения модификации программы выполнено определение переходных вероятностей с поиском решения методом Монте-Карло.

Полученные на основе экспериментальных данных значения переходных вероятностей «настраивают» марковскую модель на описание свойств конкретной уникальной системы. Получены такие значения переходных вероятностей, которые отображают свойства конкретного объекта:

$$||\pi_{ij}|| =$$

0,6	0,3	0				0,1
	0,85	0,15				
	0,15	0,2	0,6			0,05
		0,15	0,42	0,40		0,03
			0,15	0,65	0,20	
		0,10		0,25	0,65	
	0,20					0,80

Выполнили для оценки результатов построение графиков по переходным вероятностям, полученным на основе данных анкетирования и решения обратной задачи цепи Маркова для колледжа Цинь (рис. 5 и 6).

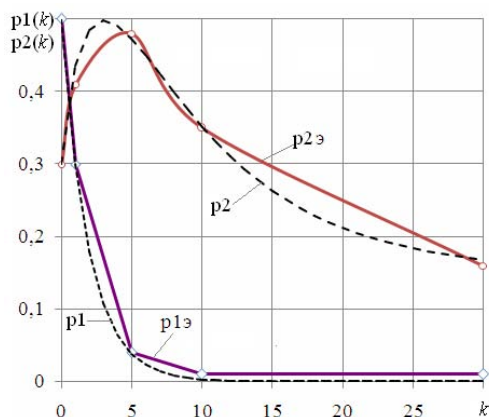


Рис. 5. Сопоставление данных анкет и расчетов цепи Маркова:

$p1э$ и $p2э$ – экспериментальные данные; $p1$ и $p2$ – результаты моделирования цепи Маркова

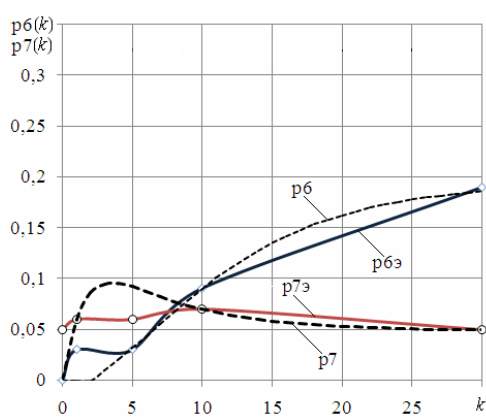


Рис. 6. Сопоставление данных анкет и расчетов цепи Маркова:

$p6э$ и $p7э$ – экспериментальные данные; $p6$ и $p7$ – результаты моделирования цепи Маркова

Результаты оценки адекватности марковской модели с переходными вероятностями, которые получены на основе анкетного опроса 385 респондентов показывают, что максимальная ошибка для $p1(k)$ не превышает зна-

чення $\max_{\text{ош}} = 0,1032$ (в соответствии с правилом трех сигм). Данные анкетирования и расчеты с использованием марковской модели практически не отличаются.

Управление имиджевым проектом. Существующее начальное распределение вероятностей состояний системы зависит от найденных значений переходных вероятностей. Это распределение для колледжа Цинь, полученное с использованием марковской модели показано на рис. 7.

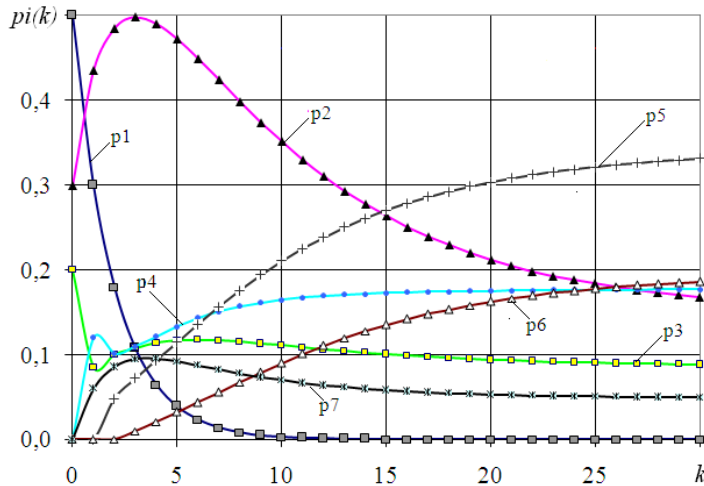


Рис. 7. Развитие системы из существующего положения деятельности по созданию имиджа: S_1 – неосведомленность; S_2 – положительное отношение; S_3 – доверие; S_4 – высокие оценки; S_5 – уверенный выбор; S_6 – безразличие; S_7 – неприятие.

Для выработки стратегического плана в долгосрочной перспективе необходимо анализировать распределение вероятностей состояний при достаточно большом числе шагов, например, при $k=30$.

Сумма величин $p_2+p_3+p_4+p_5 = 0,765$, что отображает достаточно высокую оценку населением деятельности колледжа Цинь. Однако, почти четверть населения провинции при отсутствии неосведомленных ($p_1=0$) проявляет безразличие ($p_6=0,162$ или 16,2 % населения провинции) или вообще неприятие информации о колледже (5,3 % населения провинции)

В соответствии со схемой (рис. 1) необходимо сформировать мероприятия, которые будут направлены на улучшение отношения в положительную сторону всех категорий населения и в особенности тех, кто высказывает безразличие или, тем более, неприятие имиджа колледжа.

Поскольку выделить целевую группу населения достаточно сложно был принят метод фронтального информационного взаимодействия с аудиторией. Свойствами фронтальных информационных контактов обладают

Управління проектами та якістю

такие средства массовой коммуникации: телевидение, пресса, участие в массовых политических мероприятиях [7, 8]. Запланирована подача: 36-40 сюжетов на телевидении, подготовка ежемесячно 2-3 публикаций в каждой из 43 газет, а также активизация общественной деятельности с обеспечением массовости и качества политических мероприятий.

В продолжении одного года (2012) все запланированные мероприятия по проекту формирования положительного имиджа колледжа Цинь были выполнены. Ожидалось существенное изменение показателей имиджа, поэтому было проведено анкетирование жителей провинции по методике описанной выше и определены новые значения переходных вероятностей:

$$||\pi_{ij}|| =$$

0,47	0,5	0				0,03
	0,8	0,2				
	0,12	0,45	0,4			0,03
		0,25	0,50	0,23		0,02
			0,14	0,76	0,10	
		0,30		0,50	0,20	
	0,40					0,60

Результаты послужили для анализа нового распределения состояний системы с помощью марковской модели. В качестве начального распределения было принято распределение вероятностей состояний до начала проекта, соответствующих 30-му шагу на рис. 7. Отображение состояний системы после одного года работы по улучшению имиджа колледжа Цинь показано на рис. 8.

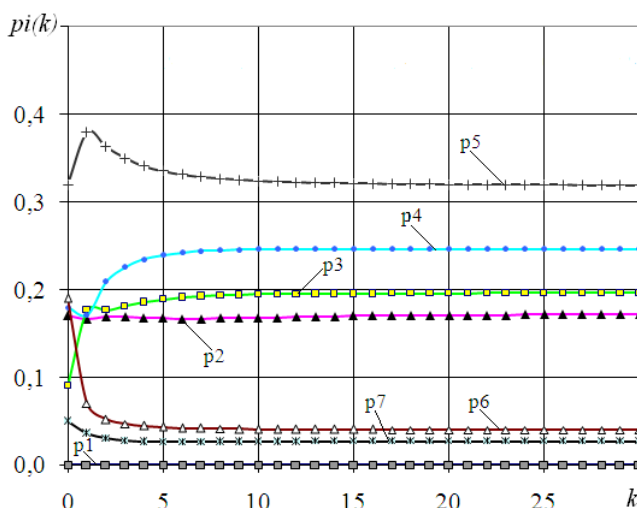


Рис. 8. Вероятности состояний после внедрения имиджевого проекта колледжа Цинь: S_1 – неосведомленность; S_2 – положительное отношение; S_3 – доверие; S_4 – высокие оценки; S_5 – уверенный выбор; S_6 – безразличие; S_7 – неприятие.

Как видно, сумма $p_2+p_3+p_4+p_5 = 0,932$ стала большей, что отображает существенное улучшение оценки населением деятельности колледжа Цинь. Это улучшение произошло за счет уменьшения доли населения проявляющих безразличие (от 16, 2 % до 4,2 %) и тех, кто проявлял неприятие информации о колледже (от 5,3 % до 2,6 %). С учетом этих данных выполненный проект можно считать успешным. Однако это не значит, что больше ничего не надо предпринимать. Как показывают полученные результаты моделирования с помощью марковской модели, социальная система непрерывно развивается, что ведет к непрерывному изменению показателей имиджа [10]. Кроме того, следует учесть, что фактически данный проект выполнялся в условиях, когда другие игроки ничего не предпринимали, чтобы улучшить свой имидж и тем самым оказать сопротивление получению положительных результатов проекта. Отсутствие сопротивления продвижению проекта подтверждают данные по результатам проекта (рис. 8). После 10-ти шагов параметры распределения населения по уровням отношения к деятельности колледжа практически не изменяются.

В процессе практической реализации имиджевого проекта выявлены особенности, которые получены для условий Китая. Можно предполагать, что указанные проекты подчиняются общим законам и могут быть описаны в общем случае с помощью марковских цепей и для условий Украины.

Література

1. Дагаева, Е.А. Управление имиджем вуза [Текст] // Управление персоналом. – 2005. - № 3. - С. 26–28.
2. Ма, Фен. Моделирование процесса формирования и управления имиджем учебного заведения с помощью цепей Маркова // Управління проектами: стан та перспективи. IX Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв : НУК, 2013.
3. Белошицкий, А.А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами [Текст] / А.А. Белошицкий // Управління розвитком складних систем. - № 9. – 2012. – С. 104 – 107.
4. Колесникова, Е.В. Моделювання стратегічного управління міжнародною діяльністю університету [Текст] / Е.В. Колесникова, С.М. Гловацкая, С.В. Руденко // Проблеми техніки. - № 1. – 2013. – С. 95 – 101
5. Колесникова, Е.В. Разработка марковской модели состояний проектно управляемой организации [Текст] / Е.В. Колесникова, В.А. Вайсман, С.А. Величко // Сучасні технології в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Вип. 7. – НТУ «ХП», 2012. — С. 217 – 223.
6. Розробка марківської моделі зміни станів пацієнтів в проектах надання медичних послуг [Текст] // С.В. Руденко, М.В. Романенко, О.Г. Катуніна Е.В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. - №12. – К. : КНУБА, 2012. – С. 86 – 89.
7. Оборская, А. Г. Модель эффектов коммуникаций для управления рекламными проектами [Текст] / А. Г. Оборская, В. Д. Гогунский. // Тр. Одес. политехн. ун-та. - Одесса : ОНПУ, 2005. - С. 31 – 34.

8. Власенко, О.В. Марковські моделі комунікаційних процесів в міжнародних проєктах [Текст] / О.В. Власенко, В.В. Лебідь, В.Д. Гогунський // Управління розвитком складних систем. – 2012. - № 12. – С. 35 – 39.
9. Яковенко, В.Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу / В.Д. Яковенко, В.Д. Гогунський // Системні дослідження та інформаційні технології. - 2009. - № 2. - С. 50 – 57.
10. Колеснікова, К. В. Моделювання стратегічного управління міжнародною діяльністю університету [Текст] / К. В. Колеснікова, С. М. Гловацька, С. В. Руденко // Проблеми техніки. – 2013. - № 1.– С. 95 – 101.

УДК 519.865.5



Л.М. Любчик,
д.т.н., професор,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
lyubchik.leonid@gmail.com



Г.Л. Гринберг,
к.т.н., доцент,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
glngrinberg@gmail.com



Е.Л. Любчик,
студент,
Ізраїльський технологічний інститут «Техніон»
el9619@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ІНВЕСТОРА НА ФІНАНСОВОМУ РИНКУ

**Л.М. Любчик, Г.Л. Гринберг,
Е.Л. Любчик. Моделювання
оптимальної стратегії
інвестора на фінансовому ринку.**

Розглянута задача побудови оптимальної динамічної стратегії формування портфеля інвестора. Визначено оптимальні параметри розподілу капіталу, що характеризують структуру портфеля інвестора. Проведено комп'ютерне статистичне моделювання оптимальної поведінки інвестора на фінансовому ринку.

**L.M. Lyubchik, G.L. Grinberg, Ye. L. Lyubchik.
Optimal investor strategy
modeling in financial market.** The problem of optimal dynamic strategy design for investor portfolio is considered. The optimal capital allocation parameters that characterize the structure of the investor portfolio are found. A statistical computer simulation of optimal behavior of investors in the financial market is performed.

Вступ. У сучасній фінансовій математиці важливу роль відіграє задача побудови оптимальної стратегії інвестора з метою отримання максимального прибутку [1-3]. Для побудови свого портфелю інвестор може використовувати як основні безризикові та ризикові фінансові інструменти, такі як банківські рахунки та акції, так і похідні фінансові інструменти, наприклад опціони [4,5].

Математичні методи в механіці, економіці, екології

Побудова оптимального портфелю – це оптимізаційна задача, розв'язання якої потребує використання відповідної математичної моделі фінансового ринку. У математичній економіці докладно розглядалась задача побудови статичного портфелю інвестора [3,4], але в значно меншій мірі розглядалась задача побудови оптимального динамічного портфелю, актуальність якої обумовлена тим, що вартості активів звичайно змінюються у часі [6].

При моделюванні еволюції ціни на фінансові активи доводиться враховувати велику кількість випадкових чинників, саме тому при моделюванні фінансових ринків важливу роль відіграють стохастичні методи і важливим є вивчення відповідних стохастичних моделей динаміки вартості активів. У роботах Кокса, Росса і Рубінштейна описана так звана модель (B, S) -ринку [7], що найбільш підходить для задачі побудови динамічного портфелю. Пізніше Блек і Шоулз використовували рівняння Л. Башельє в моделі (B, S) -ринку [8].

Мета даної роботи – побудувати математичну модель формування оптимальної динамічної стратегії інвестора на фінансовому ринку, що оптимізує критерій, який враховує середній прибуток та ризик інвестора. Для опису фінансового ринку використовується дискретна модель (B, S) -ринку [4,7].

Оптимізація стратегії інвестора на (B, S) -ринку. Будемо розглядати (B, S) -ринок, який складається з двох активів: банківського рахунку B ("безризиковий" актив) і акцій S ("ризиковий" актив). Розглядається дискретна модель формування оптимальної стратегії, причому кожен момент дискретного часу i пов'язаний зі зміною цін активів B_i та S_i . На кожному кроці моделі інвестор приймає рішення про покупку або продаж акції та про вкладення капіталу на депозит банківського рахунку. При цьому на нульовому кроці він бере на себе платіжне зобов'язання f_n , яке має забезпечити до певного терміну n .

Припустимо, що інвестор в момент часу i на (B, S) -ринку має β_i банківських рахунків, вартість яких дорівнює B_i , і γ_i акцій, вартістю S_i кожна. Таким чином, портфель цінних паперів утворюється при здійсненні інвестором фінансових операцій в момент $i-1$ відповідно до певної стратегії розподілу капіталу $\pi_i = (\beta_i, \gamma_i)$.

Тоді капітал інвестора буде представлений у вигляді:

$$X_i = \beta_i B_i + \gamma_i S_i$$

В момент часу i з метою отримання прибутку на свій капітал інвестор перетворює портфель $\pi_i = (\beta_i, \gamma_i)$ на новий портфель $\pi_{i+1} = (\beta_{i+1}, \gamma_{i+1})$.

Тоді капітал X_i також можна представити у вигляді:

$$X_i = \beta_{i+1}B_i + \gamma_{i+1}S_i$$

За проміжок часу $[i, i+1]$ вартість банківського рахунку змінюється з B_i до B_{i+1} , а вартість акцій з S_i до S_{i+1} . Таким чином, капітал X_{i+1} буде представлений у вигляді

$$X_{i+1} = \beta_{i+1}B_{i+1} + \gamma_{i+1}S_{i+1}$$

Будемо вважати, що стан ринку та капітал в момент часу i , тобто

величини B_i , S_i та X_i нам відомі, і треба знайти оптимальні параметри портфелю $\pi_{i+1} = (\beta_{i+1}, \gamma_{i+1})$.

Тоді, оскільки $X_i = \beta_{i+1}B_i + \gamma_{i+1}S_i$, то $\beta_{i+1} = (X_i - \gamma_{i+1}S_i)/B_i$. Таким чином, капітал в момент часу $i+1$ дорівнює:

$$X_{i+1} = \beta_{i+1}B_{i+1} + \gamma_{i+1}S_{i+1} = B_{i+1}(X_i - \gamma_{i+1}S_i)/B_i = (1+r)(X_i - \gamma_{i+1}S_i) + \gamma_{i+1}(1+\rho_{i+1})S_i$$

Обчислимо математичне очікування капіталу інвестора X_{i+1} :

$$M[X_{i+1}] = M[(1+r)(X_i - \gamma_{i+1}S_i) + \gamma_{i+1}(1+\rho_{i+1})S_i] = (1+r)(X_i - \gamma_{i+1}S_i) + \gamma_{i+1}(1+\overline{\rho_{i+1}})S_i$$

та дисперсію капіталу інвестора X_{i+1} :

$$D[X_{i+1}] = D[(1+r)(X_i - \gamma_{i+1}S_i) + \gamma_{i+1}(1+\rho_{i+1})S_i] = \gamma_{i+1}^2 S_i^2 D[\rho_{i+1}] = \gamma_{i+1}^2 S_i^2 \sigma^2$$

Введемо функцію прибутку інвестора у вигляді квадрата умовного математичного очікування капіталу в момент часу $i+1$ та функцію ризику у вигляді умовної дисперсії капіталу у той же самий момент.

Оскільки капітал інвестора має бути найбільшим, а ризик найменшим, то введемо одно-кроковий критерій оптимальності фінансової діяльності інвестора в вигляді:

$$I[\gamma_{i+1}] = -\lambda(M[X_{i+1}])^2 + (1-\lambda)D[X_{i+1}]$$

$$\rightarrow \min(\gamma_{i+1})$$

де λ – деякий ваговий коефіцієнт, що задає компроміс між доходністю та ризиком.

Таким чином, функція $I(\gamma_{i+1})$ є многочленом другого степеня. Оскільки $X_i = \beta_{i+1}B_i + \gamma_{i+1}S_i$, то необхідно враховувати обмеження на параметри портфелю.

Для отримання параметрів оптимального портфелю інвестора застосуємо умови екстремуму цільової функції, що описує критерій оптимальності.

Обчислимо першу похідну від цільової функції I :

$$I' = -2\lambda((1+r)(X_i - \gamma_{i+1}S_i) + \gamma_{i+1}(1+\rho_{i+1})S_i)((1+\rho_{i+1})S_i - (1+r)S_i) + 2(1-\lambda)\gamma_{i+1}S_i^2\sigma^2$$

В точці екстремуму цільової функції $I'(\gamma_{i+1}) = 0$, тоді оптимальні параметри портфелю

$$\gamma'_{i+1} = \frac{\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+r)}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2} \cdot \frac{X_i}{S_i}$$

Математичні методи в механіці, економіці, екології

Обчислимо другу похідну від цільової функції I :

$$I' = -2\lambda((1+\overline{\rho}_{i+1})S_i - (1+r)S_i)^2 + 2(1-\lambda)S_i^2\sigma^2 = 2S_i^2(-\lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)^2 + (1-\lambda)\sigma^2)$$

Проаналізуємо залежність типу екстремуму цільової функції від її параметрів.

Якщо $I' < 0 \Leftrightarrow \lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)^2 > (1-\lambda)\sigma^2$, то в точці γ'_{i+1} маємо максимум функції I , а якщо $I' > 0 \Leftrightarrow \lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)^2 < (1-\lambda)\sigma^2$, то маємо мінімум.

Якщо $\gamma'_{i+1} \leq 0$ чи $\gamma'_{i+1} \geq \frac{X_i}{S_i}$, то на відрізку $\left[0; \frac{X_i}{S_i}\right]$ функція монотонна, а значить мінімум досягається в точці 0 , або у точці $\frac{X_i}{S_i}$.

Якщо $\gamma'_{i+1} \in \left(0; \frac{X_i}{S_i}\right)$ та $I' < 0$ то на відрізку $(0; \gamma'_{i+1}]$ цільова функція монотонно зростає, а на відрізку $\left[\gamma'_{i+1}; \frac{X_i}{S_i}\right)$ монотонно спадає, таким чином мінімум досягається на границях відрізка обмежень, а саме в точках 0 або $\frac{X_i}{S_i}$.

Отримані результати дозволяють побудувати оптимальну стратегію формування портфелю інвестора у залежності від параметрів моделі ринку.

Розглянемо перший випадок, коли $\gamma_{i+1} = 0$, тоді $I(0) = -\lambda((1+r)X_i)^2$ або $\gamma_{i+1} = \frac{X_i}{S_i}$ тоді $I\left(\frac{X_i}{S_i}\right) = -\lambda(1+\overline{\rho}_{i+1})X_i^2 + (1-\lambda)X_i^2\sigma^2$.

Таким чином, у цьому випадку оптимальна стратегія формування портфелю має наступний вигляд:

- якщо $I(0) < I\left(\frac{X_i}{S_i}\right) \Leftrightarrow \lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)(2+\overline{\rho}_{i+1}+r) < (1-\lambda)\sigma^2$, то увесь капітал треба вкласти в банк.
- якщо $I(0) > I\left(\frac{X_i}{S_i}\right) \Leftrightarrow \lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)(2+\overline{\rho}_{i+1}+r) > (1-\lambda)\sigma^2$, то увесь капітал доцільно вкладати в акції.

Розглянемо другий випадок, коли $\gamma'_{i+1} \in \left(0; \frac{X_i}{S_i}\right)$ та $I' > 0$, тоді в точці γ'_{i+1} маємо мінімум цільової функції, тобто:

$$\gamma_{i+1} = \gamma'_{i+1} = \frac{\lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)(1+r)}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho}_{i+1}-r)^2} \cdot \frac{X_i}{S_i}$$

Таким чином, в цьому випадку оптимальна стратегія формування портфелю інвестора вже є динамічною та на кожному кроці має наступний вигляд:

- треба вкладати в акції

$$\gamma_{i+1} S_i = \frac{\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+r)X_i}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2}$$

- треба вкладати в банк

$$\beta_{i+1} B_i = X_i - \gamma_{i+1} S_i \frac{((1-\lambda)\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+\overline{\rho_{i+1}}))X_i}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2}$$

Зазначимо, що останній випадок має місце, коли параметри моделі (B, S) - ринку задовольняють наступним співвідношенням:

$$\left\{ \begin{array}{l} I' > 0 \\ \gamma'_{i+1} \in \left(0; \frac{X_i}{S_i}\right) \end{array} \right\} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2 < (1-\lambda)\sigma^2 \\ \frac{\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+r)}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2} \end{array} \right.$$

Результати комп'ютерного моделювання. Проведемо комп'ютерне моделювання запропонованої оптимальної стратегії інвестора. Як приклад розглянемо випадок, коли інвестор на початковому кроку має капітал $X_0 = 10000$ ум. од., які він розподіляє наступним чином: інвестор має $\beta_0 = 5$ банківських рахунків по $B_0 = 1000$ ум. од. кожен, та $\gamma_0 = 50$ акцій початковою вартістю $S_0 = 100$ ум. од.

Нехай банківський відсоток $r = 0,1$, а вартість акції змінюється залежно від зміни випадкової величини ρ_i , яка приймає значення $\rho_i = 0,35$ з ймовірністю 0,7 та значення $\rho_i = -0,35$ з ймовірністю 0,3. Прийемо ваговий параметр .

Тоді $\sigma^2 = 0,103$, $\overline{\rho_{i+1}} = 0,14$, при цьому:

$$\frac{\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+r)}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2} = 0,434$$

$$I' = 2S_i^2(-\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2 + (1-\lambda)\sigma^2) = 2S_i^2 \cdot 0,051 > 0$$

Таким чином, має місце ситуація, коли оптимальний портфель інвестора змінюється в часі відповідно до наступної динамічної стратегії:

$$\gamma_{i+1} = \frac{\lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+r)}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2} \cdot \frac{X_i}{S_i}$$

$$\beta_{i+1} = \frac{((1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)(1+\overline{\rho_{i+1}}))X_i}{(1-\lambda)\sigma^2 - \lambda(\overline{\rho_{i+1}} - r)^2} B_i$$

На рис. 1 наведено графіки зміни випадкової величини ρ_i і змінення вартості акцій S_i :

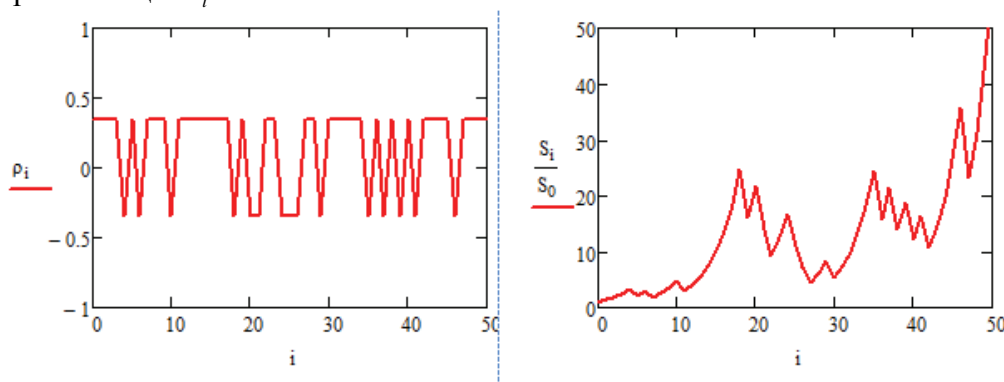


Рис. 1. Зміна вартості акцій

На рис. 2 наведено графіки зміни середньої вартості акцій MS_i і вартості банківських рахунків B_i , які не залежать від інвестора:

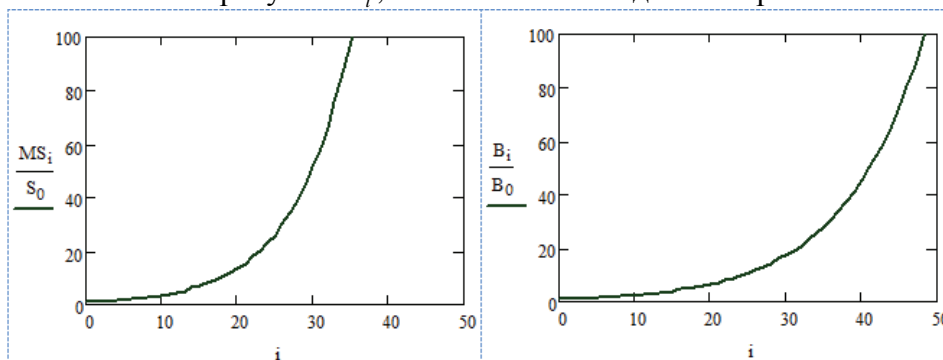


Рис. 2. Зміна середньої вартості акцій та банківських рахунків

На рис. 3 наведено графіки зміни кількості банківських рахунків β_i і кількості акцій γ_i , які задає інвестор відповідно до своєї оптимальної стратегії для $\lambda = 0,5$.

На рис. 4 наведено графіки зміни капіталу інвестора X_i та різниці між капіталом та функцією f_i для $\lambda = 0,5$.

Проведемо аналогічне статистичне комп'ютерне моделювання оптимальної стратегії для інших значень параметру цільової функції $\lambda = 0,4$ (рис. 5, 6) та $\lambda = 0,6$ (рис. 7, 8).

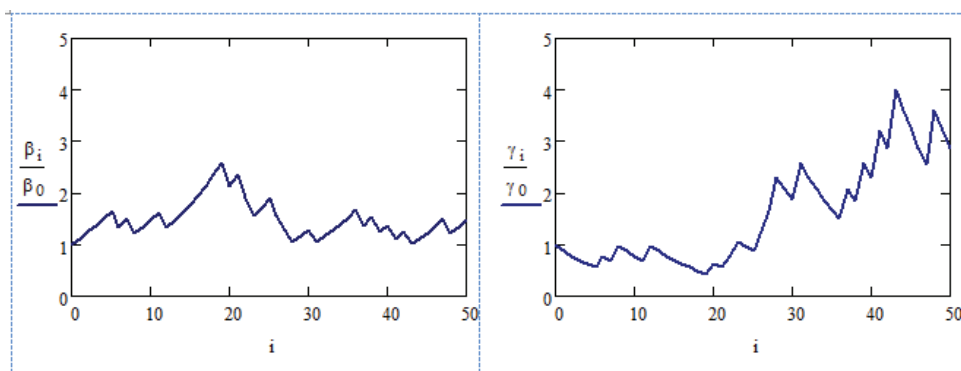


Рис. 3. Структура оптимального динамічного портфелю інвестора для $\lambda = 0,5$

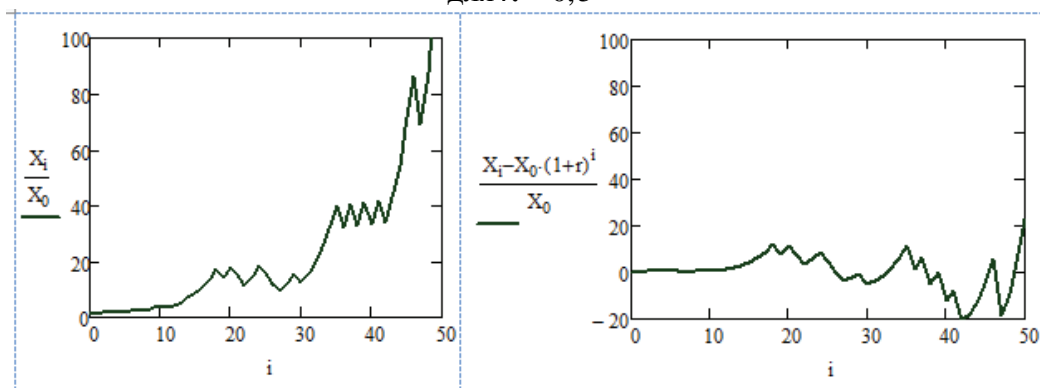


Рис. 4. Динаміка зміни капіталу інвестора для $\lambda = 0,5$

На рис. 5 наведено графіки зміни кількості банківських рахунків β_i , і кількості акцій γ_i , які задає інвестор відповідно до оптимальної стратегії для $\lambda = 0,4$:

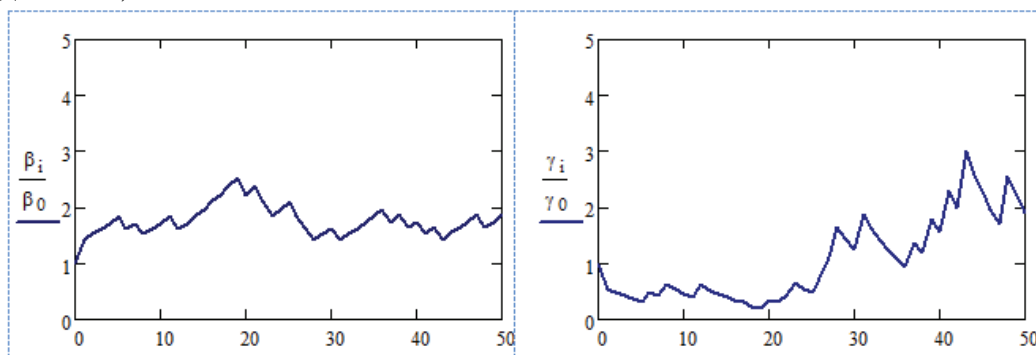


Рис. 5. Структура оптимального динамічного портфелю інвестора для $\lambda = 0,4$

На рис. 6 наведено графіки зміни капіталу інвестора X_i та різниці між капіталом та платіжною функцією f_i для $\lambda = 0,4$.

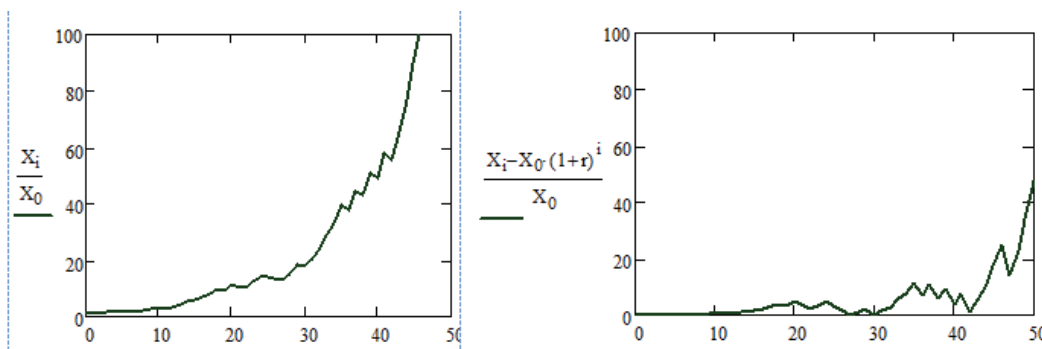


Рис. 6. Динаміка зміни капіталу інвестора для $\lambda = 0,4$

На рис. 7 наведено графіки зміни кількості банківських рахунків β_i і кількості акцій γ_i , які задає інвестор відповідно до оптимальної стратегії для $\lambda = 0,6$.

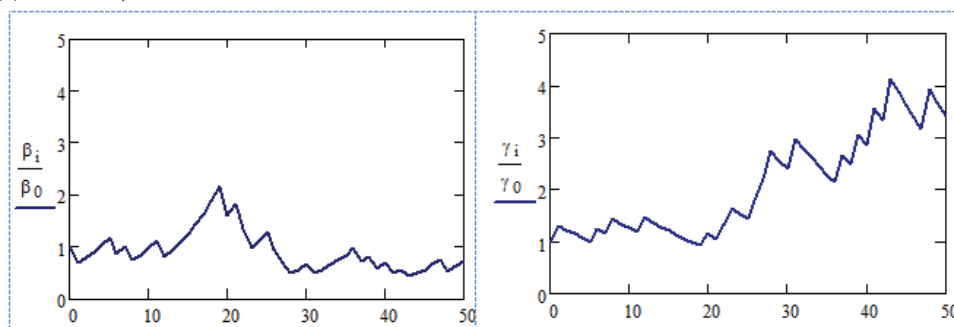


Рис. 7. Структура оптимального динамічного портфелю інвестора для $\lambda = 0,6$

На рис. 8 наведено графіки зміни капіталу інвестора X_i та різниці між капіталом та платіжною функцією f_i для

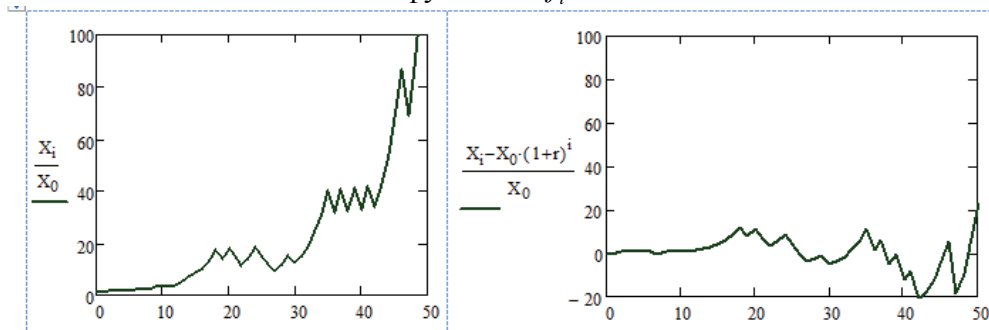


Рис. 8. Динаміка зміни капіталу інвестора для $\lambda = 0,6$

Таким чином, результати моделювання свідчать про те що, збільшення вагового коефіцієнту λ призводить до того, що інвестор зменшує кількість банківських рахунків і підвищує кількість акцій у

своєму портфелі. Внаслідок цього капітал інвестора у середньому скоріш зростає, але при цьому збільшується ризик, що проявляється в значних випадкових коливаннях графіку поточного рівня капіталу.

Висновки. Розглянута та розв'язана задача побудови моделі оптимальної динамічної стратегії побудови портфеля інвестора математичну з застосуванням моделі фінансового ринку на прикладі (B, S) -ринку із дискретним часом. В якості показника оптимальності поведінки інвестора використовується критерій, що враховує середній прибуток та ризик інвестора. Визначено оптимальні параметри розподілу капіталу, що характеризують портфель інвестора з використанням ризикових та безризикових активів. Результати моделювання свідчать про те, що капітал інвестора у середньому зростає швидше, ніж платіжна функція f_n . Збільшення коефіцієнту λ призводить до того, що інвестор зменшує кількість банківських рахунків і підвищує кількість акцій у своєму портфелі.

Література

- 1.Бондарев Б. В. Инвестиции. Математическая теория. Донецк.: АПЕКС, 2002. – 227 с.
- 2.Гончар М. С. Фондовый рынок і економічний ріст. К.: Обереги, 2001. – 826 с.
- 3.Малыхин В.И. Финансовая математика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 247 с.
- 4.Барабанов А.Е. Краткие сведения по стохастической финансовой математике: Учебное пособие. – СПб.: С-Петербург. гос. ун-т, 2003. – 35 с.
- 5.Мельников А.В., Волков С.Н., Нечаев М.Л. Математика финансовых обязательств. – М.: ГУ ВШЭ. – 2001. – 234 с.
- 6.Домбровский В.В., Домбровский Д.В., Ляшенко Е.А. Управление с прогнозированием системами со случайными параметрами и мультипликативными шумами и применение к оптимизации инвестиционного портфеля // Автоматика и телемеханика. – 2005. № 5. С. 84 – 97.
- 7.Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Том 1. – М.: ФАЗИС, 1998. – 512 с.
- 8.Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Том 2. – М.: ФАЗИС, 1998. – 544 с.

Надійшла до редакції 18.04.2014

УДК 004.925.8



А.Е. Яковенко

к.т.н., доцент, президент
Херсонского обласного
благотворительного фонда
помощи стомированным
онкологическим больным
ae.yakovenko1@gmail.com



П.С. Носов,

к.т.н., доцент,
Херсонский
политехнический
колледж Одесского
национального
политехнического
университета
nopas@bk.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛАПАНОВ ДЛЯ СТОМИРОВАННЫХ ИНВАЛИДОВ СРЕДСТВАМИ САПР DELCAM POWERSHAPE

А.Е. Яковенко, П.С. Носов.
*Моделювання клапанів для стомованих
інвалідів засобами САПР DELCAM
POWERSHAPE.* У статті наведені
науково-методичні рекомендації
створення 3D моделей поверхонь стоми
засобами лазерного і фото сканування, а
також технологію створення
індивідуальних клапанів у САПР Delcam
PowerShape.

A.E. Iakovenko, P.S. Nosov.
*Simulation valves for ostomy disabled CAD
DELCAM POWERSHAPE.* This article
presents the scientific guidelines create 3D
models of surfaces by means of laser stoma
and photo scanning, and technology to
create individual valves in CAD Delcam
PowerShape.

Введение.

По оценкам экспертов ООН, инвалиды составляют 10% общей численности населения [1].

По оценкам Интернет-изданий в мире проживает более 650 миллионов людей с особыми физическими потребностями, из них в Украине – около трех миллионов [2].

Во многих странах созданы такие условия, что работающие инвалиды составляют в среднем половину лиц от общего количества людей с ограниченными возможностями. Так, в США работают 29% граждан, имеющих нарушения здоровья, в Великобритании – 40%, Италии – 55%, Швеции – 60%, Китае – 80%. В Украине работающих инвалидов насчитывается около 20%, притом, что количество инвалидов трудоспособного возраста составляет 1,5 млн. человек [3], из них по

Автоматизация і комп'ютерні технології

оценке ВОЗ стомированных инвалидов 100-150 человек на 100 000 населения [4-6].

Стома – это отверстие, из которого часть кишечника выводится на переднюю стенку живота. С помощью этого искусственно созданного органа происходит опорожнение кишечника у тех людей, чей кишечник не способен функционировать обычным образом. Стома не имеет сфинктера и лишена нервных окончаний, поэтому стомированные инвалиды не чувствуют позывов и не могут контролировать процесс опорожнения, а также не испытывают боли на выведенном отрезке кишки. Однако кожа вокруг стомы весьма чувствительная, и болевые ощущения, жжение или зуд, могут быть связаны с раздражением именно кожи вокруг стомы [4].

Несмотря на это, стомированные инвалиды теперь могут не думать постоянно о возможных неудобствах, связанных с работой стомы, в общественных местах, на работе, даже дома. Но все же одна общая и пока большая проблема остается - уход за кожей вокруг стомы, которая подвергается постоянному воздействию клеевых поверхностей да и самих выделений из стомы и теряет естественную способность к регенерации [7-10].

Проблем с кожей у стомированных инвалидов огромное количество. Ежедневное отклеивание и приклеивание действует крайне разрушительно на кожу, верхние слои кожи истончаются, появляются раздражение, покраснение. Помимо этого все стомированные больные знают, как много проблем доставляет *подтекание*, физические недостатки стомы, полученные после операции (*неправильное расположение, втянутость, неровность*), аллергия на материалы, воспаление волосяных фолликулов.

Если вокруг стомы имеются *неровности*, то их заполняют специальными дорогостоящими пастами.

Практически нет инвалидов, у которых бы не возникал контактный дерматит, покраснение, мацерация, небольшие эрозии, пузырьки.

Не секрет, что такие инвалиды просто терпят боль, не предполагая даже, что можно жить и без нее.

Стомированные люди обладают большим жизненным потенциалом, так как у них нет увечий, резко ограничивающих физические или умственные способности, они не требуют социальной изоляции, как психические больные, а своевременное оказание разносторонней помощи

Автоматизація і комп'ютерні технології

в решении их проблем, способствует полному возвращению их к нормальному, полноценному образу жизни.

Поэтому решение проблемы надежного крепления стомийного мешка или стомийной пластины к поверхности кожи при **неправильном расположении стомы, втянутости** или **неровности** без применения дорогостоящих паст представляет собой актуальную задачу, которую авторы исследования предлагают решить с помощью современных доступных компьютеризированных устройств и современных систем автоматизированного проектирования.

Материал и результаты исследования.

В рамках исследования предполагается выполнение ряда этапов, с применением систем автоматизированного проектирования группы CAD (Computer Aided Design) – CAM (Computer Aided Design). При этом, применение CAD систем не ограничивается созданием виртуальной геометрии тела инвалида. Учитывая специфику идентификации сложной поверхности инвалида вблизи стомы рассмотрим следующие способы отображения данных участков тела:

- карты высот-ландшафта (поверхность тела);
- иррегулярная сетка вершин и связей;
- 3D лазерное сканирование.

В первых двух случаях применяется двумерный массив, хранящий поверхность рельефа. Обычно карты поверхности хранятся как 8-разрядные изображения (монохромное), где высота каждой точки представлена в виде цвета (чем выше значение – тем больше значение высоты для этой точки).

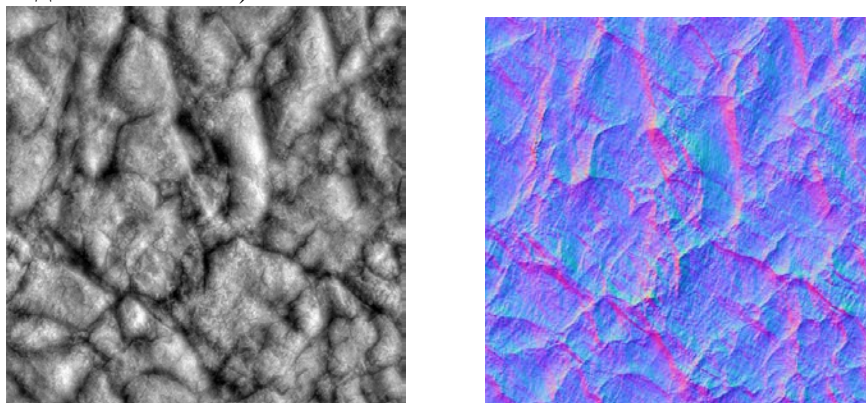


Рис. 1 – Монохромная и RGB карты поверхности

Также карта поверхности может храниться в изображении, которое использует все цвета радуги, такой вариант позволяет использовать больше градаций высоты, чем предполагаемые 256 градаций в случае монохромного представления (Рис. 1).

К недостаткам карт поверхностей можно отнести избыточность данных, например, для обычной плоскости мы задаем значение для каждой точки. Также недостатком является точность данных при использовании 8-битных изображений, этот недостаток значительно решается путем использования RGB изображений. К преимуществам относятся построение освещения поверхности, а также наглядность хранимых данных и простота их изменения с помощью программ работы с растровой графикой.

Построение карты поверхности

Построить карты поверхности можно различными способами. Так как её изображение состоит лишь из градаций серого цвета, то для построения можно использовать практически любой графический редактор.

Техническими средствами в этом случае выступает фотоаппаратура с применением инфракрасных фильтров, нечувствительных к световой гамме и отображающей только тени-углубления.

Для построения карт поверхности с более точными размерностями, обычных графических редакторов может быть недостаточно. Для таких целей необходимо использовать утилиты процедурной генерации, такие, например, как Terragen. Такие утилиты позволяют сгенерировать карты поверхности, при этом определяя такие параметры, как размер поверхности, реализм, сглаженность, гляциация и изрезанность.

Также существует множество способов построения карты поверхности на основе существующей модели поверхности с помощью редакторов трехмерной графики. Одним из таких способов является загрузка модели в редактор и rendering её вида сверху.

Построение 3D модели на основе карты поверхности

Для построения поверхности из карты поверхности сначала необходимо построить сетку вершин такой же поверхности, что и у карты поверхности. Например, на основе карты поверхности 5x5 пикселей, необходимо построить сетку вершин, показанную на Рис 2.

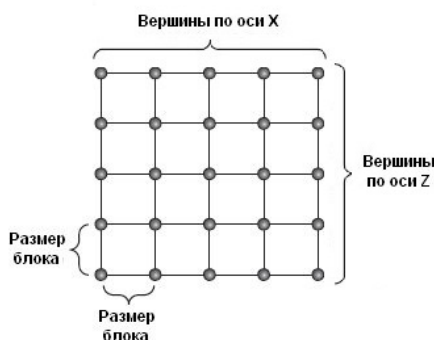


Рис. 2 – Сетка вершин 5x5

При построении также определяется расстояние между вершинами, на Рис. 2 это «размер блока», чем меньше расстояние между вершинами, тем больше сглаженные перепады между вершинами, и наоборот, чем больше это расстояние, тем большие перепады. Также от этого параметра зависит и сам размер сетки.

Каждый из пикселей карты поверхности хранит значение высоты конкретной точки в виде градации серого – чем темнее пиксель, тем выше значение, и наоборот. Для построения поверхности необходимо получить числовое значение высоты из каждого пикселя на основе его цвета, например если карта поверхности монохромная (8-битная), то, если не используется масштабирование, наименьшим значением является 0 (белый цвет), а наибольшим 255 (черный цвет). Данный интервал может быть расширен при использовании коэффициента масштабирования, который умножается на заданное значение высоты, увеличивая его диапазон. В итоге мы получим матрицу высот, на основе, которой можно построить поверхность (Рис 3).

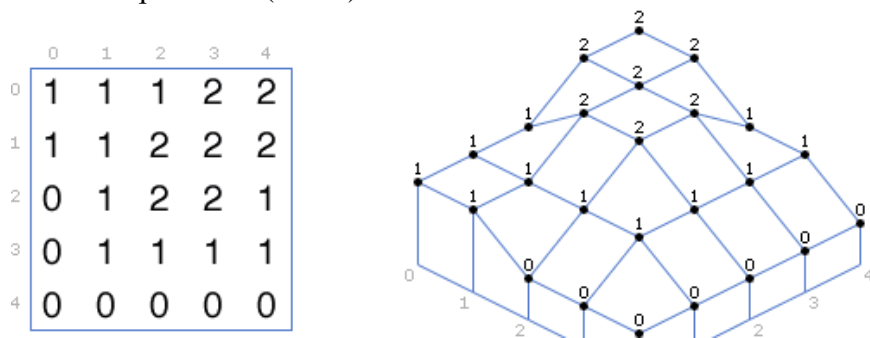


Рис. 3 – Массив карты поверхности 5x5 и полученная из нее поверхность

Для построения 3D моделей на основе карт поверхности существует множество инструментов, таких, например, как Blender 3D. С помощью этого программного инструмента легко построить модель с заданными параметрами. Для этого необходимо загрузить карту поверхности в Blender 3D, после этого выбрать размер блоков, который описан выше и показан на Рис 3. Следующим шагом необходимо выбрать коэффициент масштабируемости и затем при необходимости выполнять rendering модели. Пример результата работы Blender 3D изображен на Рис. 4.

Однако большим минусом может оставаться точность идентификации 3D поверхности и в особенных ситуациях необходимо использование специальной аппаратуры в виде 3D сканеров.

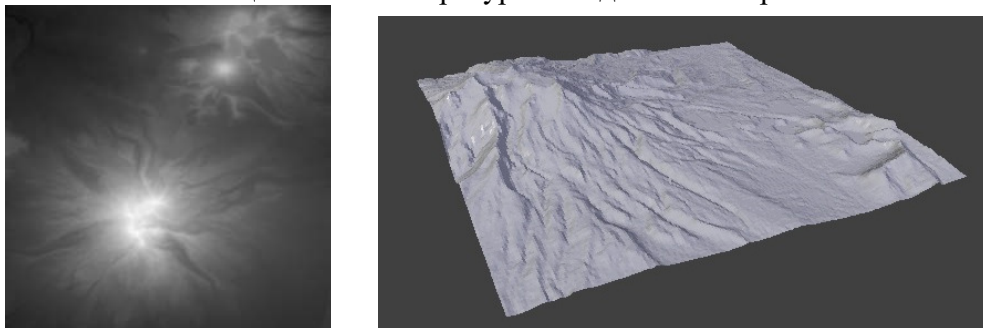


Рис. 4 – Карта поверхности и полученная модель в Blender 3D

3D лазерные сканеры относятся к группе активных сканеров и позволяют получить детальную геометрию участков тела инвалида (Рис.5)

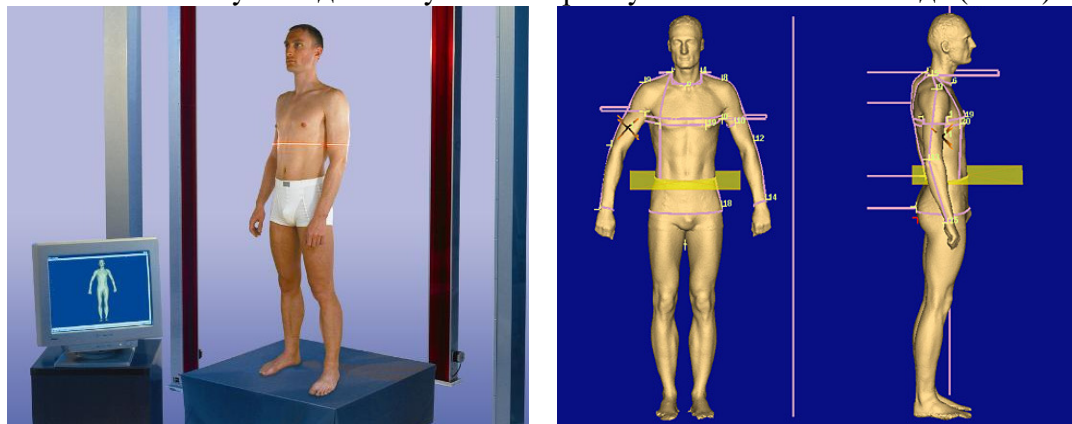
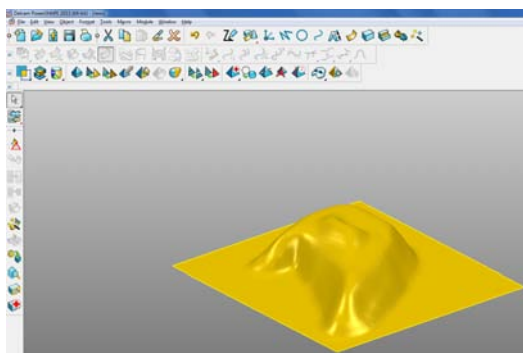


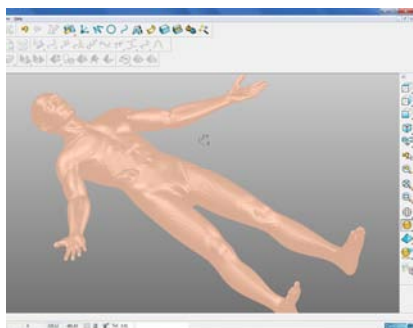
Рис. 5. Этапы 3D сканирования тела инвалида

Автоматизація і комп'ютерні технології

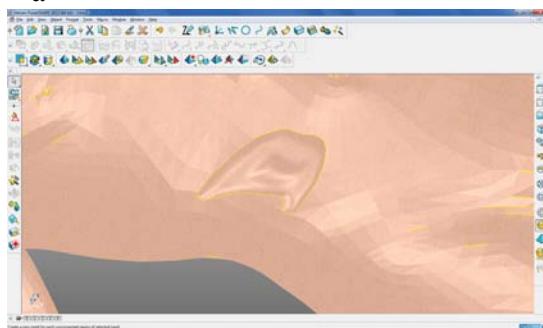
Текстурная модель участков тела инвалида в близи стомы, как уже отмечалось, может иметь неровности, препятствующие плотному прилеганию конструктивных элементов стомийного мешка или стомийной пластины. Так, например, выпуклость на теле инвалида может иметь вид (Рис. 6а,б, в).



а



б



в

Рис. 6. 3D модель стомы на теле инвалида

При этом возникает ряд проблем связанных с компоновкой стандартных клапанов и пластин вокруг стомы.

Решением данной проблемы может быть создание индивидуальной пластины под «неровности» поверхности тела инвалида используя данные 3D сканирования (Рис. 7).



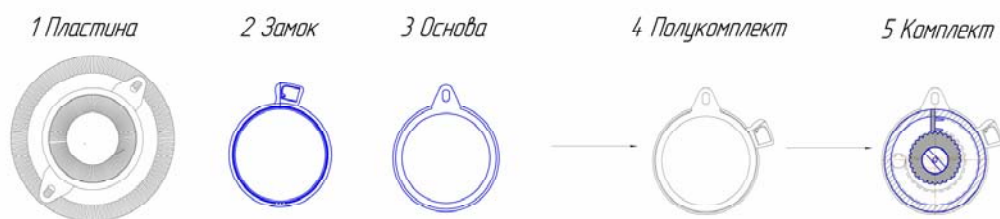
Рис. 7. Пластина – индивидуальная накладка на поверхность тела

Разработка стомийного клапана предполагает два технических решения (Рис. 8а, б):

- клапан-заглушка в ситуациях длительного перемещения или ответственных ситуациях;
- клапан-мешок для повседневного использования.

Стандартные типовые крепежи:

Сборочные операции:



Конструкция клапана монтируемого как крышка к стандартным изделиям

Элементы клапана



Этапы зажима эластичной, одноразовой трубки

1. Этап укладки трубки в клапан



2. Этап зажима трубки в клапане



3. Этап вибро-сепарации газов в трубке



Рис. 8 а. Клапан-заглушка

Автоматизация і комп'ютерні технології

Моделирование клапанов предполагает использование средств Delcam PowerSHAPE, что позволит в дальнейшем перейти на этап изготовления отдельных частей средствами Delcam FeatureCAM (Рис. 9, 10).

Замыкающим циклом проектирования является изготовление литейных пресс-форм для отливки из медицинских полимерных материалов индивидуальных стомийных пластин.

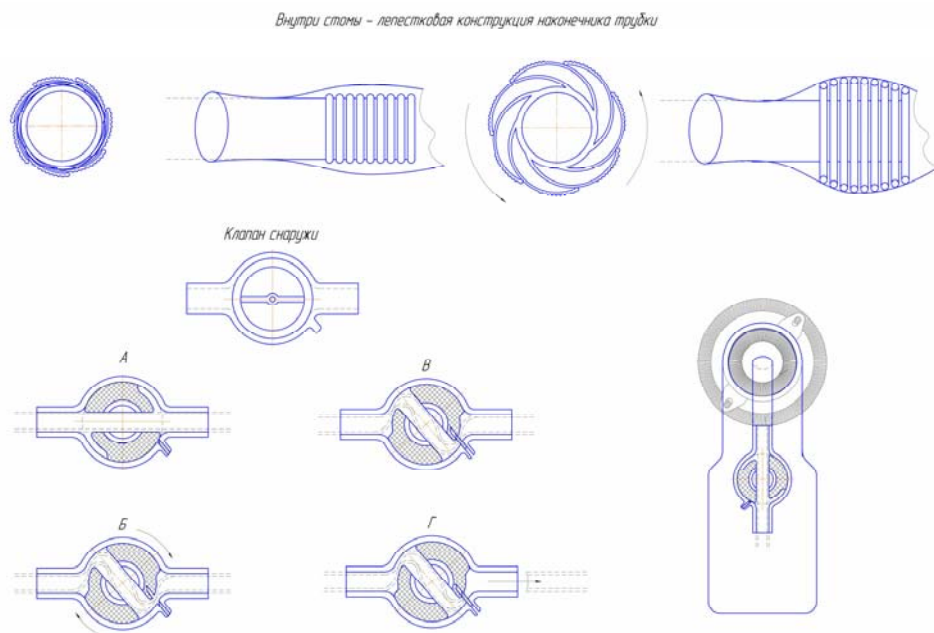


Рис. 8 б. Клапан-мешок

Проанализировав существующие технологические решения при изготовлении указанных пресс-форм, можно выделить два направления: применение 3D принтеров и использование станков с ЧПУ [11-12].

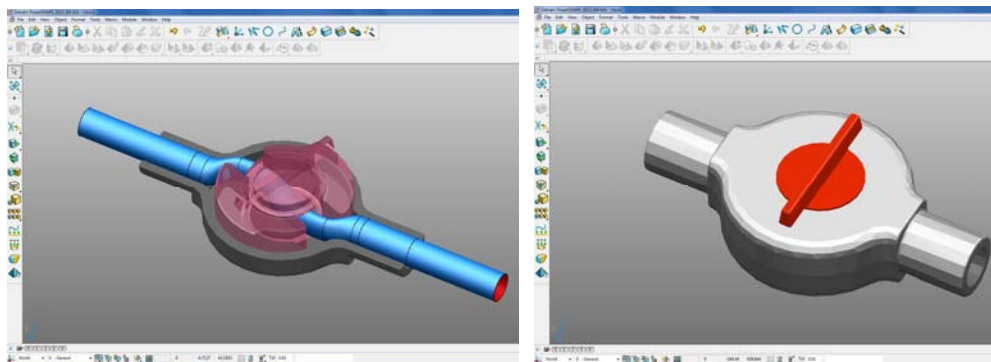


Рис. 9. 3D модель клапана-мешка

Програма FeatureCAM пропонує на вибір велике количество різноманітних матеріалів, серед яких існує широкий спектр полімерних матеріалів. Важливим фактором є те, що присутнює можливість вказувати параметри матеріала вручну. Вибір матеріала необхідний для визначення параметрів обробки, швидкості подачі і швидкості обертання фрези, вибору інструмента.

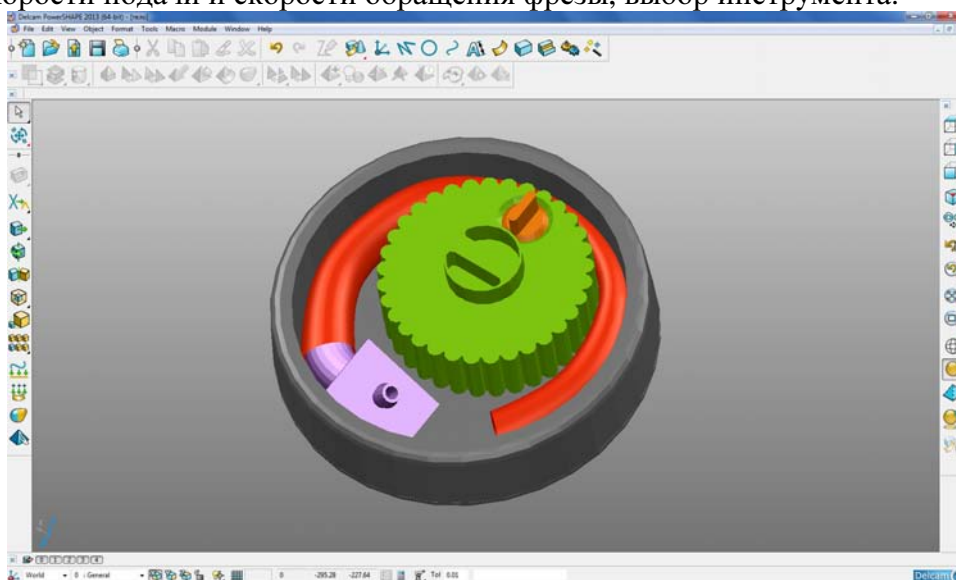


Рис. 10. 3D модель клапана-заглушки

Висновки. Застосування вказаних в статті підходів і технологічних рішень вимагають практичного обґрунтування в ході

Автоматизація і комп'ютерні технології

создания прототипов стомийных пластин и клапанов.

Дальнейшие исследования будут направлены на анализ эксплуатационных характеристик разработанных прототипов. Синтез экспериментальных данных позволит выработать конечный, замкнутый жизненный цикл изготовления индивидуальной стомийного комплекта, обеспечив более высокий уровень жизнедеятельности инвалидов.

Литература:

1. Карнацкая, В.И. Социальная демография [Текст] / В.И. Карнацкая. – Мн.: БГМУ, 2001. – 16 с.
2. Пузин, С.Н. Порядок разработки и реализации индивидуальной программы реабилитации инвалида [Текст] / С.Н. Пузин, Д.И. Лаврова, О.С. Андреева и др. Учебно-методическое пособие. – М., 2007. – 95 с.
3. Трудоустройство инвалидов в Украине [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ukranews.com/ru/news/ukraine/2013/09/24/105355>
4. Захарченко, Ю.: «Оперативность принимаемых решений и действенный контроль их реализации – залог успешного решения задач» [Текст] / Ю. Захарченко: Федеральный специализированный журнал «Кто есть Кто в медицине», М., №2(52), 2011
5. Материалы 5-ой Всероссийской конференции «Новые технологии в хирургии», Симпозиум «Реабилитация стомированных больных» [Текст] / Уфа, 2001; «АСТОМ» - 5 лет. Все вместе в новое качество жизни», под ред. Суханова В.Г., Москва, 1998; «РООНСБ «АСТОМ». Всемирный День стомированных больных», под ред. Суханова В.Г., Москва, 1999.
6. Голубева, М.Ю. Реабилитация пациентов со стомой. Проблемы и решения. [Текст] / М.Ю. Голубева, В.Г.Суханов. – Москва, 2001.
7. Основы медико-социальной реабилитации инвалидов [Текст] / (Под общ. ред. О.С. Андреевой) -М., 2003
8. Пособие по уходу за стомой / Руководство для пациентов./ Под ред. Манихаса Г.М. С-П., 2002.
9. Яковенко, О.Є.. Як жити зі стомою? [Текст] / О.Є. Яковенко: Посібник для стомованих хворих. – Херсон: НКЦ «Полін», 2007. – 24 с.
10. Шахотько, Л.П. [Текст] / Репродуктивное здоровье: проблемы и возможности. – 2002. – № 1 (5). – С. 1–3.
11. Тонконогий, В.М. Информационные технологии проектирования в ортопедии [Текст] / В.М. Тонконогий, Е.В. Савельева, А.В. Бец. Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць. – Вип. 1(2) – Одеса. 2012: АО "Бахва", С. 182-188.
12. Носов, П.С. 3D Моделирование конструкции ортопедического корсета в Delcam PowerShape-FeatureCam. [Текст] / П.С. Носов. Вісник ХДМА. Збірник наукових праць. Вип. – Херсон: ХДМА, № 1(8) - С. 241-247.

Надійшла до редакції 7.05.2014

Автоматизація і комп'ютерні технології

УДК: 519.4



O. Ovrutzki,
Ph.D. academic staff,
Jerusalem College of
Engineering, IL
oshriu@jce.ac.il

THE STRUCTURE OF A PI-RINGS

О. Овруцкая. В этой статье мы покажем индуктивный процесс, который дает нам возможность доказать основные результаты в структуре колец. Некоторые из этих результатов будут новыми, остальные короткими доказательствами известных результатов, таких как теоремы Капланского. (Эта статья является частью кандидатской диссертации на степень магистра в университете Бар-Илан в Рамат-Гане, IL)

O. Ovrutzki, In this paper we show an inductive process, which enable us to prove basic results in the structure of rings. Some of these results will be new, and others will be short direct proofs of well-known results like Kaplansky's theorem. This article is a part of the candidate dissertation for M.SC. in Bar Ilan University, Ramat Gan, IL)

Introduction: The main method we use in this paper is to pass to $W=Ra/Ann a$, where a is a suitably chosen element of R . To this end, we must compare the structure of R and W , in particular the prime and primitive ideals, and also see which degrees and dimensions shrink when passing from R to W , and which do not. We can show $W=Ra/ann(a)$ satisfies polynomial identity of lower total degree. This will enable us to find a short elementary proof of Kaplansky's theorem: Let R be a primitive ring that satisfies a polynomial identity of degree d . Then R has some PI-class $n \leq [d/2]$, and $R \approx M_n(D)$ for some division ring D with $n^2 = t^2 [D:Z(D)] = [R:Z(R)]$. (See [6], p.36) That is the backbone of PI-theory: any primitive PI-ring is simple Artinian.

The proof is by taking a simple faithful module Ry . Then the left annihilator L of y satisfies a polynomial identity of lower degree, and we proceed by induction.

To sum up, we can formulate the objectives of this project as follows: to develop algorithms for solving theorems about a ring R by means of left ideals.

Primitive PI-rings: We propose the technique for solving problems for rings with

polynomial identities (PI-rings). Let R be a PI-ring with a one-sided ideal L . Let L be a left ideal and denote $A = \text{ann } L$.

Definitions and basic properties Let R be a ring, polynomial $f(x_1, \dots, x_t)$ is called a classical identity of R , if $f(r_1, \dots, r_t) = 0$ for all $r_1, \dots, r_t \in R$. A classical identity of R is called polynomial identity if one of its coefficients is 1; a ring with a polynomial identity is called PI-ring.

Recall: If R is a ring with a polynomial identity $f(x_1, \dots, x_t)$, then f is an identity for each ideal of R . A polynomial f is linear in x_i , if x_i occurs exactly once (of degree 1) in every monomial of f . f is t -linear if f is linear in x_1, \dots, x_t ; f is t -alternating if $f(x_i \rightarrow x_j) = 0$ for all $1 \leq i \leq j \leq t$.

A polynomial $f(x_1, \dots, x_t)$ is multilinear in x_i has degree 1 in each monomial of f , for each $1 \leq i \leq t$.

The identities of PI-rings. Kaplansky (1948) proved a theorem, that any primitive PI-algebra is simple artinian. In fact this theorem is the backbone of PI-theory. Our aim is to prove it without using the Jacobson's density theorem.

Proposition 1: Let R be a primitive ring with identity f of degree n , $M = Ry$ be a faithful R -module. If $L = \ell_R(y)$, the left annihilator of y , is a left ideal of R , then L satisfies an identity of degree $n-1$.

Proof: R is a primitive ring, so there exists a simple faithful R -module M ; while $M = Ry$. Let denote $L = \ell_R(y)$, so $Ly = 0$. We want to prove that L satisfies an identity of degree $n-1$.

Write $f(x_1, \dots, x_t) = \sum_{\alpha \in S_n} x_{\alpha_1} \cdots x_{\alpha_t}$. Let f_1 be the sum of those monomials that finish with x_n and $f_2 = f - f_1$; thus we may denote $f_1 = gx_n$ and write our polynomial f as a sum of two polynomials f_1 and f_2 : $f = gx_n + f_2$.

For all $r_i \in R, i = 1, \dots, n$ implies $f(r_1, \dots, r_n)y = 0$, also $f(r_1, \dots, r_n)y = g(r_1, \dots, r_{n-1})r_n y + f_2(r_1, \dots, r_n)y$.

Let us take $r_1, \dots, r_{n-1} \in L$ and some $r_n \in R$. We see that $f_2(r_1, \dots, r_n)y = 0$ since each monomial in $f_2(r_1, \dots, r_n)$ ends with some element of L .

For all $r_1, \dots, r_{n-1} \in L$ exists $g(r_1, \dots, r_{n-1})Ry = 0$ and $Ry = M$ is a faithful module, thus $g(r_1, \dots, r_{n-1}) \in \ell_R(y) = 0$. Thus $\deg g = n-1$ and g is an identity of L and of $\bar{L} = L/\text{ann}_R L$.

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

We have lowered degree of the polynomial. Using this structure we may get a chain of ideals satisfying identities of lower degrees. This helps us to prove that R is simple artinian. But we need one more fact (Theorem 1) to complete the proof.

Recall: Every simple left artinian ring has a minimal left ideal and thus by Wedderburn-Artin is of the form $M_n(D)$ for suitable division ring D .

Conversely, $R = M_n(D)$ is a simple artinian since we have the composition series of R -modules $R > L_{n-1} > L_{n-2} > \dots > L_0 = 0$, where $L_u = \sum_{i=1}^u Re_{ii}$, so $L_u/L_{u-1} \approx Re_{uu}$ is a simple R -module.

Note: If $M = Ry$ is a simple module and $ry \neq 0$, for each $r \in R$, then R is a division ring.

Proof: Suppose $M = Ry$ is a simple module and $0 \neq a \in R$, also $0 \neq ay \in M$. Then $0 \neq Ray \subseteq Ry$, so $Ray = Ry$, and $y \in Ray$, implying $y = bay$ for some $b \in R$. Then for ring R with unit element 1, $(1 - ba)y = 0 \Rightarrow (1 - ba) = 0$ thus $ba = 1$, so we have found a left inverse for every nonzero element. Therefore R is a division ring.

If $1 \notin R$, we need to show that ba is a unit element, i.e. $bar = r$ and $rba = r$. Since $bary - ry = 0, \forall y \in R \Rightarrow (bar - r)y = 0 \Rightarrow bar = r$.

The same proof is for $rba = r$.

The following results can be found in [6, p.139]

Theorem1: Suppose R is a semiprime ring in which every nonzero left ideal contains a minimal left ideal. If $\text{soc}R$ is a sum of a finite number of minimal left ideals then R is semisimple artinian.

Proof: If $\text{soc}R = \sum_{i=1}^t L_i$ for minimal left ideals L_i , then we have a composition series $\text{soc}R = M_{t-1} > M_{t-2} > \dots > M_1 = 0$ where each $M_u = \sum_{i=1}^t L_i$

So $\text{lsoc}R \leq t$. We shall use this fact to show $\text{soc}R = Re$ for some idempotent e .

Indeed, put $e_0 = 0$ and use the following inductive procedure:

Given e_u an idempotent take a minimal left ideal $L < R(1 - e_u)$ and write $L = Ra_u$ for a suitable idempotent a_u of R . Writing $a_u = r_u(1 - e_u)$ we see $a_u e_u = 0$ but $(1 - e_u)a_u$ is a nonzero element; hence $b_u = (1 - e_u)a_u$ is an idempotent of L orthogonal to e_u , so $e_u + 1 = b_u + e_u$ is idempotent in $\text{soc}R$.

The chain $0 < Re_1 < Re_2 < \dots$ in $\text{soc}R$ must have length $\leq t$, so $Re_t = \text{soc}R$.

If $\text{soc}R$ is not equal to R then by hypothesis $R(1 - e_t)$ contains a minimal left ideal not in the socle, which is absurd. Hence $\text{soc}R = R$.

Proposition 2: Any primitive PI – ring R is simple artinian.

Proof: We use induction on degree and get a primitive artinian ring, thus $R \approx M_t(D)$.

We assume R is a primitive PI- ring (not necessarily with 1), satisfying identity of degree n . Since $L = \ell_R(y)$ is a maximal left ideal of R and by proposition 1,

$\bar{L} = L/\text{ann}_R L$ satisfies an identity of degree $n - 1$. By induction on PI- degree, \bar{L} is artinian. By induction, $\text{soc}L$ is a finite sum.

Since $\text{soc}R \cap L = \text{soc}L$, and $\text{soc}L$ is finite dimensional and primitive, there exists a minimal left ideal of R , define $Ry = M$. (Now we have $y \in M \subseteq R$)

R is semiprime, so $M^2 \neq 0$; thus $M \not\subseteq L$ and so $L \cap M \neq M$, but $L \cap M$ is submodule of M , so $L \cap M = \{0\}$. $M \subset L + M \Rightarrow L + M = R \Rightarrow L + M = R$. Hence $L \oplus M = R = \text{soc}R$ the finite sum of minimal left ideals thus R is semisimple, by Theorem 1.

Remark: If $\bar{L} = L/\text{ann}_R L = \bigoplus L_i/\text{ann}_R L$ is simple artinian then LL_i is minimal left ideal of R .

Proof: $L/\text{ann}_R L = \bigoplus L_i/\text{ann}_R L$, where $L_i/\text{ann}_R L$ is minimal in $L/\text{ann}_R L$.

Let $a \in L_i$, we want to prove that La_i is minimal left ideal of R .

Suppose $L' \subset La_i$, such that $\bar{L}' \neq 0$ (since $LL' \neq 0$).

$\bar{a}_i \in \bar{L}' = L_i/\text{ann}_R L \Rightarrow \bar{a}_i \in L' + \text{ann}L \Rightarrow La_i \subseteq LL' \subseteq L'$.

Proposition 3: If R is an infinite integral domain and the polynomial $f \in R[x_1, \dots, x_t]$ satisfies $f(r_1, \dots, r_k) = 0$ for all $r_i \in R$, then $f = 0$. [7, p.9]

Corollary: If R is a ring, which satisfies an identity of degree n and F is any field containing $\text{Cent}(R)$ of R . Then $F \otimes R$ satisfies a polynomial identity of degree $\leq n$.

Proposition 4: The matrix ring $M_t(D)$ satisfies no polynomial identity of degree $n < 2t$.

Proof: If it does, then $M_t(D)$ satisfies a multilinear identity of degree $n < 2t$.

Indeed, by multilinearisation we could assume $f(x_1, \dots, x_t) = \sum_{i \in S_n} x_{i_1} \cdots x_{i_t}$ with

$i_1 \neq 0$. Set $x_1 = e_{11}, x_2 = e_{12}, x_3 = e_{22}, \dots$ where $\{e_{ij} : i, j = 1, \dots, n\}$ is a set of matrix

units. Then $f(e_{11}, \dots, e_{1t}) = e_{11}e_{12} \cdots e_{1t} = e_{1t} \neq 0$ while $\sum_{i \in S_n} x_1 \cdots x_t = 0$ all of the other permutations of the x 's. This contradicts the assumption that $f(x_1, \dots, x_t)$ gives an identity for $M_t(D)$.

Split simple artinian rings Suppose R is a simple finite dimensional F -algebra. R is split if $R \approx M_n(F)$ for suitable $n \in N$. A field extension K of F is a splitting field for R , if $R \otimes_F K$ is split as K -algebra.

R is a central simple algebra if R is simple, $Z(R) = F$ and $[R : Z(R)] < \infty$.

[6, p.141]

Proposition 5: Any finite dimensional simple F -algebra R is split, for F an algebraically closed field.

Sketch the proof: R is simple artinian, so $R \approx M_n(D)$. For any d in D , we see $F[d]$ is a finite extension of F and is field, since d is algebraic over F ; thus $D = F$, so $R \approx M_n(F)$.

The following results can be found in [6, p.143-145]

Remark: If R is a prime and finite dimensional over its center, then R is simple.

Every subalgebra of a finite dimensional division algebra is division algebra.

Proposition 6: If R is central simple, then \bar{F} the algebraic closure of F is splitting field for R .

Note: $\dim_F R = t^2 \dim_F D$. R is split $\Leftrightarrow t = n$.

Final form of Kaplansky's theorem

Proposition 7: If R is central simple then $[R : Z(R)] = n^2$ for suitable n , in particular, for n such that $R \otimes_F \bar{F} \approx M_n(\bar{F})$, where \bar{F} is the algebraic closure of F . Writing a central simple algebra R in the form $M_n(D)$ for D a division ring, we have the following information:

1. D itself is central simple with $[D : Z(R)] = (n/t)^2$, where $[R : Z(R)] = n^2$.
2. $R \approx M_n(F) \otimes_F D$.
3. R^{op} is also central simple and $\text{Rop } R^{op} \approx M_n(D^{op}) \approx M_n(F) \otimes_F D^{op}$.

[6, p.143]

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

Proposition 8: Suppose R is a primitive ring, satisfying a polynomial identity of degree d . Then $Z(R)$ the center of R is a field, and R has dimensionality $n \leq [d/2]$ over its center.

Proof: Any polynomial identity of R holds also for the subrings of R and its homomorphic images. Suppose R contains a division ring D . R , regarded as an algebra over $Z(R)$ satisfies the same multilinear identity as $R \otimes_F K$. Let K be a splitting field for R over $Z(R)$. By [2, §5.13, p.226] $R \otimes_F K = K_n$, where $2n \leq d$. Since n^2 is the dimension of K_n over K , and also is the dimension of R over $Z(R)$. Thus $[R : Z(R)] = n^2 \leq [d/2]^2$.

Proposition 9: Suppose F is an algebraically closed field, D is a division ring, which has a base over F of cardinality $< |F|$. Then $D=F$.

(In another words, if F is not algebraically closed then D is algebraic over F).

Proof: If $a \in D$ were not algebraic over F , then $\{(a -) - 1 : \in F\}$ is

F -independent [6, p.156], contrary to hypothesis. Thus $F[a]$ is a finite field extension, so $a \in F$, i.e. $D=F$.

Proof of Kaplansky's theorem: Let $F=Z(R)=Z(D)$ and take an algebraically closed field of cardinality $> [R : F] + 1$. Then $R \otimes_F K = R_1$ and satisfies the identity, so $R_1 \approx M_n(D_1)$ for some n , and division ring D_1 with $[D_1 : K] = [R_1 : K] = [R : F] < |K|$. Hence $D_1 = K$, by proposition 9, so $R_1 = M_n(K)$ and $n \leq [d/2]$.

But then $n = [R : F] = t^2 [D : F]$, and R has PI-degree n .

Note: R is simple artinian, so has the form $M_t(D)$, where D is a division ring. To conclude the proof, we need to show $n^2 = t^2 [D : Z(D)] = [R : Z(R)]$.

Proof: Suppose F is a maximal subfield of D , then $R \otimes_{Z(R)} F$ is a simple ring which also satisfies the PI of degree d , and thus has the form $M_t(F)$, for

some t . By proposition 4, $t \leq [n/2]$, so $[R \otimes_{Z(R)} F : F] \leq [n/2]^2$; thus $[R : Z(R)] \leq [n/2]^2$.

Define $B = \{b_1, \dots, b_m\}$ to be some basis of D over F . $B_1 = \{b_1 e_{ij}, \dots, b_m e_{ij} : 1 \leq i, j \leq t\}$ is some basis of $R \approx M_t(D)$ over F

$$\Rightarrow [R:F] = t^2 m.$$

An alternative approach would be to study the structure of $D \otimes K$ more closely, where $K \subset D$.

Proposition 10: If a is an algebraic element of D and $K = F[a]$, then there exist zero-divisors in $D \otimes K$.

Proof: Suppose F is a field, K is an extension of F , $K = F[a]$.

$K \otimes K \approx K \otimes F[\] / \langle f \rangle \approx K[\] / \langle f \rangle$, a is algebraic element, then f is reducible. Thus $K \otimes K$ is not a field.

Proposition 11: If a is not algebraic, then $(a \otimes 1 - 1 \otimes a)$ is not an invertible element in $D \otimes_F K$, where $F[a] \subset K$.

On the contrary, suppose $(a \otimes 1 - 1 \otimes a) \sum \dots = 1 \otimes 1$.

Let take f_i, g elements of $F[\]$.

$$(a \otimes 1 - 1 \otimes a) \sum d_i \otimes (f_i(a)/g(a)) = 1 \otimes 1$$

$$(a \otimes 1 - 1 \otimes a) \sum d_i \otimes f_i(a) = 1 \otimes g(a)$$

Build the homomorphism $a \rightarrow$, such that $g(\) = 0$.

$$f_i(\) \in F, \text{ so } (a \otimes 1 - 1 \otimes \) \sum d_i \otimes f_i(\) = 0.$$

$$\text{If } (a \otimes 1 - \otimes 1) \sum d_i f_i(\) \otimes 1 = 0, \text{ then } \sum a d_i f_i(\) \otimes 1 \sum d_i f_i(\) \otimes 1 = 0;$$

$$\text{Thus } (a - \) \sum d_i f_i(\) = 0 \Rightarrow \sum d_i f_i(\) = 0.$$

References:

1. T. Hungerford, Algebra, 2nd Edition, Berlin-Heidelberg-New York, Springer-Verlag, 1980.
2. N. Jacobson, Structure of rings, American Mathematical Society Colloquium Publication XXXVII, Providence 1956, rev. ed., 1964.
3. A. Kertesz, Lectures on artinian rings, Akademiai Kiado, Budapest, 1987.
4. O. Ovrutzki, The Structure of a Ring in Terms of Its Left Ideals, MSc dissertation, BIU, Ramat Gan, Israel. 2002.
5. R. Pierce, Associative Algebras, Berlin-Heidelberg-New York, Springer-Verlag, 1982.
6. C. Procesi, Rings with polynomial identities, Marcel Dekker, New York, 1973.
7. L. Rowen, Ring Theory. Student edition. Academic Press, 1991.
8. L. Rowen, Polynomial Identities in Ring Theory. Pure and Applied Math. 84, Academic Press, 1980.

Надійшла до редакції 17.04.2014

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

УДК 37.035.53



Н.В. Ламберг

викладач,
Новокаховський
політехнічний коледж
Одеського
національного
політехнічного
університету
lamberg.nv@uandex.ua



П.С. Носов,

к.т.н., доцент,
Херсонський
політехнічний
коледж Одеського
національного
політехнічного
університету
nepas@bk.ru

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИКЛАДАННІ КРЕСЛЕННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Ламберг Н.В., Носов П.С.

Використання інноваційних технологій при викладанні креслення для студентів технічних спеціальностей. У статті наведені науково-методичні рекомендації щодо втілення у навчально-виховний процес прикладної програми Компас-3D для наочності викладання при підготовці майбутніх спеціалістів з технічних спеціальностей.

Lamberg N.V. Nosov P.S.

Implementation of the innovational techniques when teaching drawing subject to the students of technical trades. The article provides methodological and research-based recommendations as to implementation of the Computer Assisted Language Learning Program "Compass-3D" of visual materials when teaching technical specialist.

Вступ. Найважливішою умовою підготовки студентів до повноцінного життя в умовах сучасного суспільства є інформатизація освіти. Нові інформаційні технології, що впроваджуються в освіті, сприяють її підйому на якісно новий рівень. Світовий і вітчизняний досвід показує, що використання комп'ютера у викладанні багатьох дисциплін дає великий позитивний ефект. Нині стираються межі між окремими дисциплінами, все ширше впроваджується в навчання студентів міждисциплінарний підхід. Комп'ютерні технології допомагають поліпшити викладання традиційних, добре забезпечених методично дисциплін, відкриваючи нові можливості, методи і послідовність викладання нового матеріалу.

Підвищення ефективності викладання креслення, розвиток просторового мислення у студентів, придбання ними навичок конструювання залежить від використання на заняттях сучасних комп'ютерних технологій. Безпосереднє використання прикладної графічної програми у процесі навчання, наприклад, Компас -3D, значно підвищує інтерес до дисципліни, розвиває просторове

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

мислення, увагу та спостережливість, тому що всі побудови проходять на очах у студентів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Темі розвитку просторового мислення у студентів та його розвитку, на жаль, надається небагато уваги. Знайомство з новими інформаційними технологіями вражає діапазоном своїх можливостей, які відкриваються для вдосконалення навчального процесу і розвитку просторового мислення у студентів.

Основну методичну підготовку в галузі креслення, інженерної та комп'ютерної графіки проводять професори Большаков В.П., Михайленко В.Є., Муравйов С.М., Ларіна С.В., Павлов А.В., Підгорний О.Л., Ковальов С.М., Ванін В.В. та ін.

Виклад основного матеріалу. Використання на заняттях прикладних програм для наочності викладання нового матеріалу дозволяє продемонструвати правильні та швидкі прийоми роботи, їх послідовність, що важко зробити при індивідуальному поясненні кожному на робочому місці.

Студенти усвідомлюють динаміку процесу креслення, особливості виконання кожної операції.

Можливості тривимірного проектування викликають інтерес, дозволяють урізноманітнити заняття, а можливості прикладної програми дозволяють подивитися на зображення з усіх сторін, що дає краще засвоєння теми, розуміння форми предмета.

Об'ємне зображення моделей дозволяє звернути увагу на конструктивні елементи моделі, поглиблює просторову уяву, розвиває навички конструювання. Також необхідно приділити увагу простоті переведення зображень тривимірних моделей у двовимірні креслення, що покращує розвиток просторового мислення, надихає студентів до самостійного моделювання [2, 3].

Робота з прикладними програмами під час навчального заняття потребує відповідної підготовки викладача, розробки домашніх заготовок, та вона займає менше часу, ніж підготовка презентацій і має свої переваги у збільшенні наочності викладання нового матеріалу. Найбільш складними для розуміння студентів в кресленні є теми з розділу нарисної геометрії. Розглянемо використання прикладної програми Компас-3D для надання наочного зображення при викладанні теми «Взаємний перетин геометричних тіл». Основним завданням даної теми є уявлення форми та побудова лінії перетину двох геометричних тіл. Для прикладу обираємо два геометричних

тіла – конус та циліндр, щоб показати найскладніший варіант – перетин двох тіл обертання (рис.1) .

У разі перетину конуса та циліндра варіантами лінії перетину, в залежності від міжцентрової відстані, можуть бути парабола (рис.2), еліпс (рис.3) або складна лінія, яка складається з двох парабол (рис.4) [4].

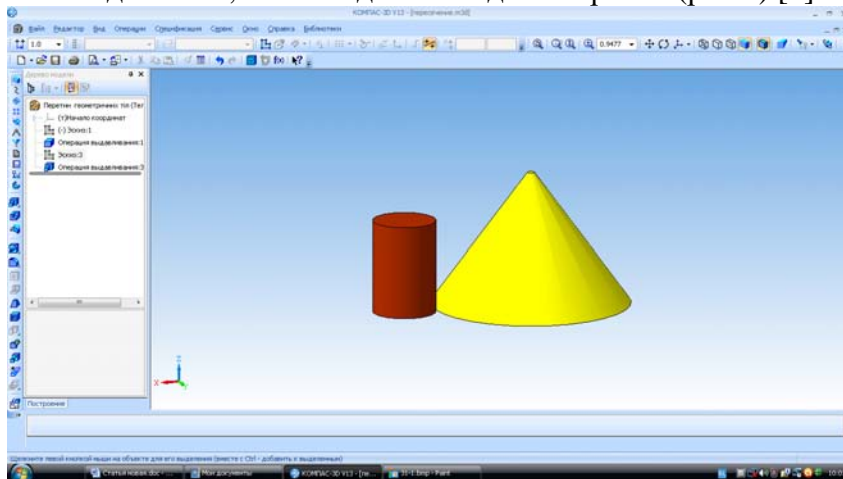


Рис. 1. Робоче вікно програми Компас 3-D з прикладом геометричних тіл

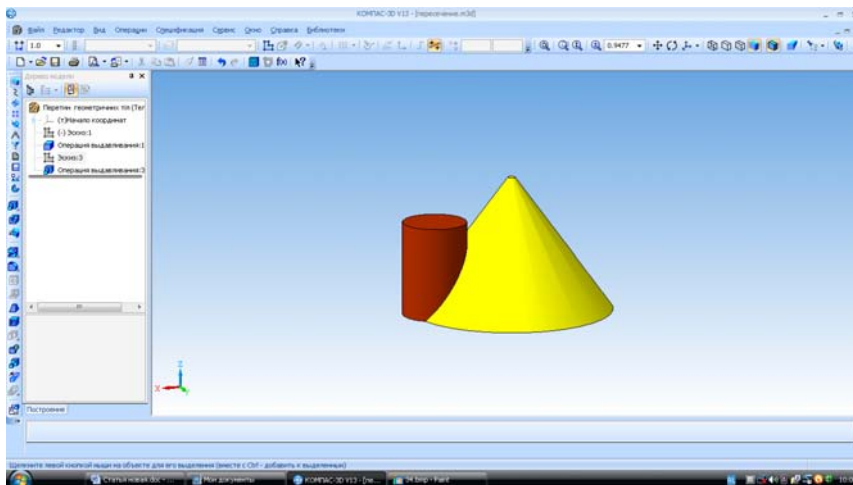


Рис.2. Робоче вікно програми Компас 3-D з лінією перетину тіл у вигляді параболи

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

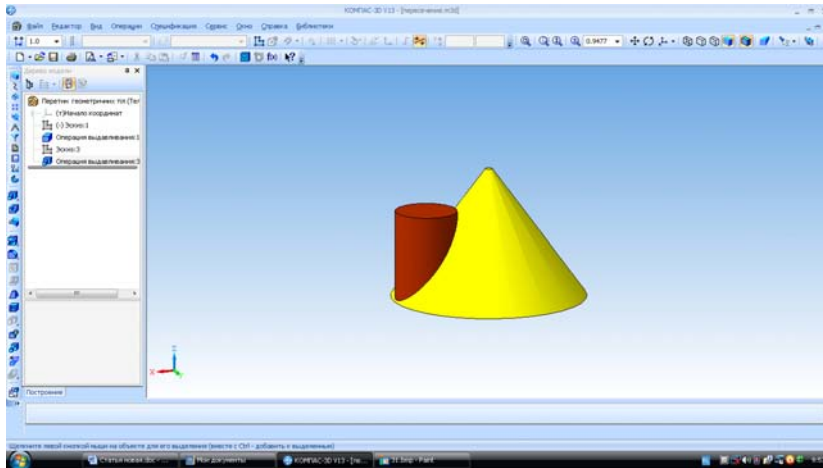


Рис. 3. Робоче вікно програми Компас 3-D з лінією перетину тіл у вигляді еліпса

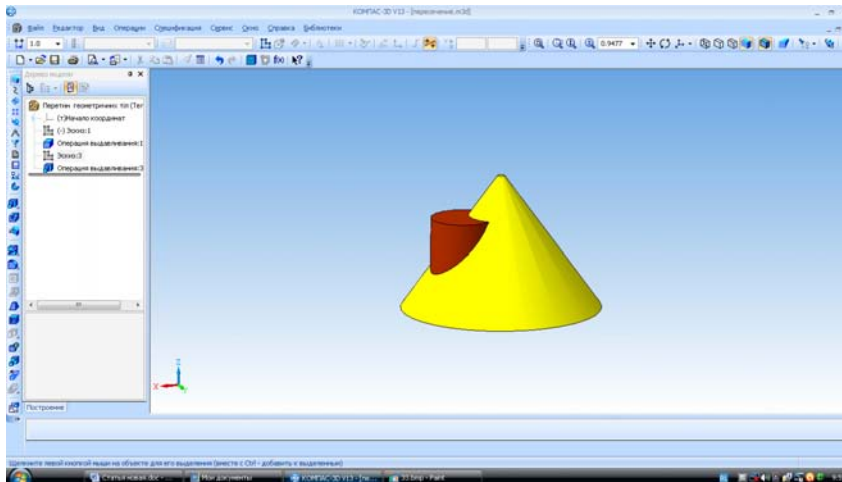


Рис. 4. Робоче вікно програми Компас 3-D з лінією перетину тіл у вигляді складної лінії з двох парабол

Для показу форми лінії перетину з усіх боків використовується команда «Повернути», яка дозволяє оглянути перетин геометричних тіл з усіх боків (рис.5)

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

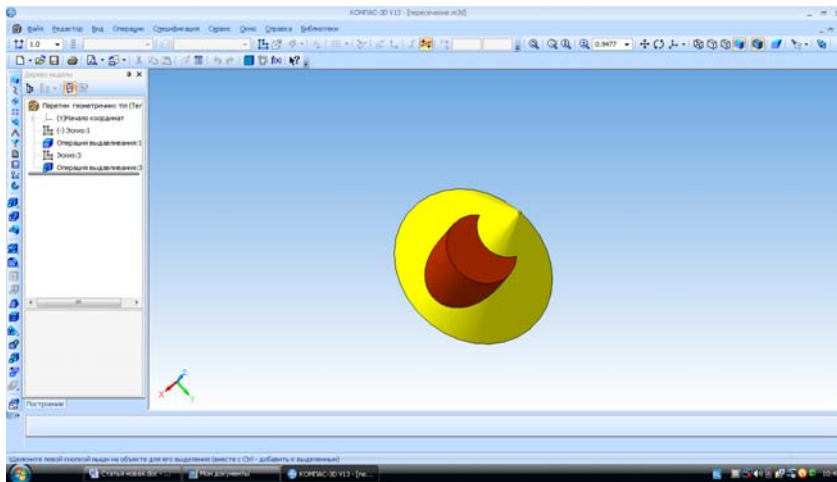


Рис. 5. Робоче вікно програми Компас 3-D з використанням команди «Повернути»

При побудові лінії перетину тіл обертання в кресленні використовується спосіб допоміжних січних площин [1, 4], в якості яких застосовуються площини рівня. На рисунку 6 надано приклади утворення допоміжних площин, які при побудові лінії перетину тіл на кресленні надають характерні (опорні) точки лінії перетину.

Побудову лінії перетину тіл за допомогою січних площин показано на рисунку 7 [4].

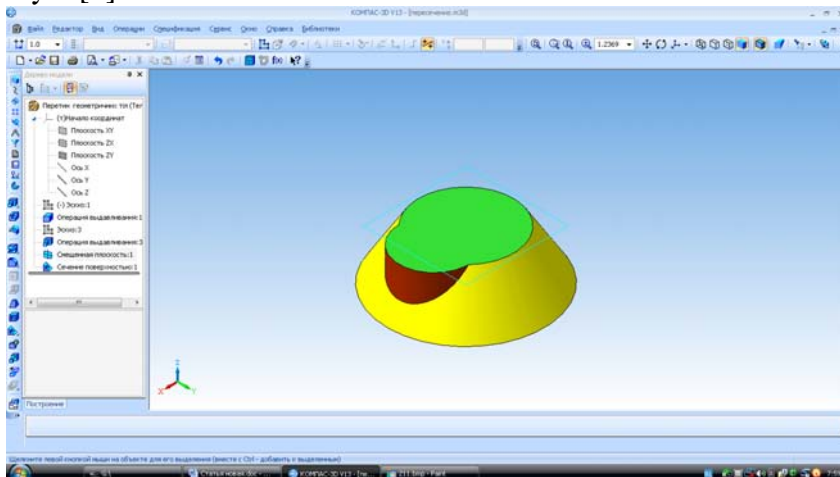


Рис. 6. Приклад утворення допоміжних січних для знаходження опорних точок лінії перетину

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

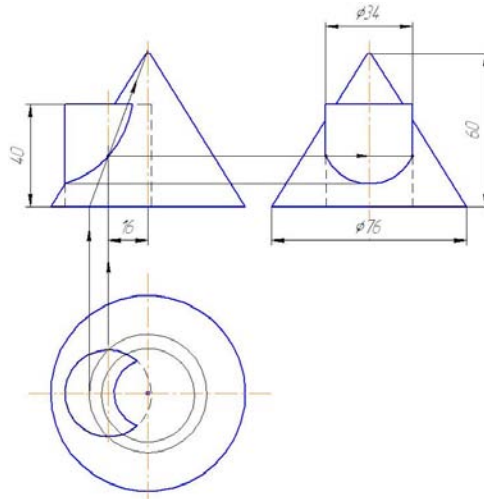


Рис.7. Побудова лінії перетну тіл за допомогою січних площин

Прикладна програма дозволяє легко перетворити тривимірну модель геометричних тіл у креслення, оформлене згідно вимог стандартів, яке показує не тільки три проекції, а й об'ємне зображення тіл з лінією перетину (рис.8) та є прикладом виконання практичної роботи з цієї теми [2, 3].

Висновок. Використання комп'ютерних технологій відкриває широкі можливості для творчого викладання креслення, забезпечує політехнічний принцип навчання, інтенсифікує навчальний процес, підвищує мотивацію навчання та розумову активність студентів, розвиває їх творчі здібності.

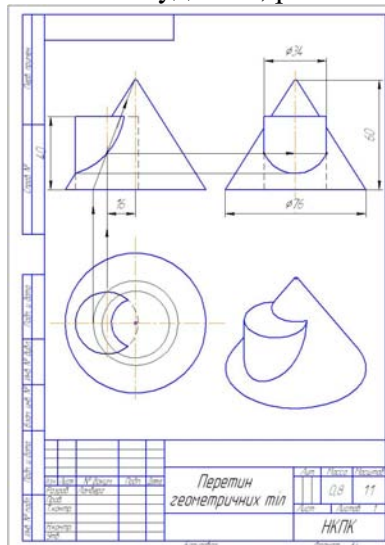


Рис. 8. Зразок виконання практичної роботи

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

Впровадження інформаційних технологій навчання для успішної реалізації поставлених викладачем дидактичних завдань, для формування високого рівня фахової компетентності студентів, для забезпечення умов щодо активізації їх навчальної діяльності є актуальним завданням сучасної вищої освіти. Дана методика сприяє розвитку у студентів просторового мислення за рахунок наочності пояснень, формує вміння та навички професійної спрямованості, самостійного пошуку та прийняття рішень, розвиває у студентів потребу безперервно вдосконалювати й поглиблювати свої знання.

Література:

- 1 Антонович Є.А. Креслення [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів освіти / Антонович Євген Антонович. – Львів : Новий світ, 2006. -236с.
- 2 Большаков В.П. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. [Текст]: Для студентов и преподавателей высших и средних учебных заведений/ Большаков Владимир Петрович. - СПб.:БХВ- Петербург, 2010-592с: с ил.
- 3 Кидрук М.И. Компас-3ДV10 на 100%. [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / Кидрук Максим Иванович .-Санкт-Петербург: Питер, 2009.-386 с.
- 4 Михайленко В.Є. Інженерна графіка [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів освіти / В.Є.Василенко, В.В.Ванін, С.М.Ковальов; за ред. В.Є.Михайленка. - Львів: Піча Ю.В.; Каравела, 2010. -336с.

Надійшла до редакції 7.05.2014

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

УДК 378.094

**О.О. Комліченко,**канд. екон. наук, доцент,
Одеський національний
політехнічний університет
oksana-komlichenko@yandex.ru

ФОРМУВАННЯ ТВОРЧОЇ САМОСТІЙНОСТІ СТУДЕНТІВ В НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ

О.О. Комліченко. Формування творчої самостійності студентів в навчальному закладі. В статті окреслене поняття «творча самостійність студентів», визначені його зміст і структура; проаналізовані методи формування творчої самостійності студентів та узагальнений досвід її формування під час аудиторних занять та самостійної роботи в коледжі.

O.A. Komlichenko. Formation of creative independence of students in the educational establishment. The article outlined the concept of "creative autonomy of students," defined the contents and structure, analyzed, lysed creative methods of forming self-stiynosti students and lessons learned during its formation of classes and self-study in college.

Вступ. Одним із головних протиріч сучасної освітньої практики є те, що студент, обравши собі спеціальність, недостатньо активний у навчанні й не завжди здатний працювати самостійно, тим більше творчо підходити до організації власної навчально-пізнавальної діяльності. Таким чином, на одне з перших місць в освіті виходить завдання підготовки молоді до творчої праці, розвитку творчих здатностей, що є каталізатором засвоєння нової наукової й технічної інформації, прискорює творче переосмислення й генерацію нових і корисних ідей.

Навчальний процес молодших спеціалістів повинен бути спрямований на формування професійно-важливих особистісних характеристик майбутніх фахівців (технологів, економістів, бухгалтерів), на розвиток їх умінь самостійного пошуку та використання професійних знань для підвищення продуктивності праці в галузях народного господарства, уміння ставити перед собою мету, знаходити засоби та способи для її досягнення шляхом самоосвіти і самовиховання, швидко адаптуватися в нових технологічних та ринкових ситуаціях і з усією повнотою брати відповідальність за ухвалені ними рішення.

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

Вищевказане доводить, що **актуальність** теми дослідження на соціально-педагогічному рівні обумовлена вимогами ринку праці до якості освіти та затребуваністю творчо-самостійних спеціалістів, а визначення поняття «творча самостійність» студентів, розробка її компонентів і моделі формування у процесі професійної підготовки є завданням освіти на науково-теоретичному рівні. Науково-методичний рівень актуальності дослідження пов'язаний з необхідністю обґрунтування змістового та процесуального компонентів навчання у вищому навчальному закладі.

Метою цієї статті є дослідження змісту і складових компонентів творчої самостійності студентів та узагальнення методики її формування у молодших спеціалістів галузі знань 0305 «Економіка і підприємництво» в Херсонському політехнічному коледжі ОНПУ.

Для досягнення мети дослідження були окреслені і вирішені наступні **завдання**:

- проаналізувати професійну діяльність спеціалістів економічного профілю, нормативні документи підготовки фахівців та існуючі методики формування їх творчої самостійності в психолого-педагогічних дослідженнях і практиці навчання економічним дисциплінам;
- з'ясувати сутність поняття «творча самостійність студентів», структуру і зміст її компонентів та розробити модель її формування в процесі навчання;
- узагальнити досвід формування творчої самостійності студентів спеціальностей економічного профілю в Херсонському політехнічному коледжі ОНПУ.

Об'єктом дослідження виступає процес навчання студентів галузі 0305 «Економіка і підприємництво» у ВНЗ I-II рівнів акредитації.

Предмет дослідження – цілі, зміст та технологія формування творчої самостійності молодших спеціалістів.

Методи дослідження. Методологічну та теоретичну основу дослідження становлять системний підхід (П. Анохін, І. Блауберг, А. Уйомов та ін.) та сучасні досягнення в галузі педагогіки та психології, такі як: теорія розвитку особистості (Г. Костюк, О. Леонтьєв, С. Рубінштейн, І. Зязюн та ін.); теорія розвитку самостійності суб'єкта навчання (Ю. Бабанський, В. Козаков, П. Підкасистий, Л. Фрідман та ін.); теорія діяльності (Л. Виготський, О. Леонтьєв, Д. Ельконін та ін.); теорія організація навчального процесу (С. Архангельський, Ю. Бабанський, В. Беспалько та ін.); концепція поетапного формування розумових дій (П. Гальперін, Н. Талізін та ін.); теорія проблемного навчання (І. Лернер, М. Махмутов, О. Матюшкін та ін.); теорія

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

ігор (В. Давидов, Д.Ельконін, Г. Селевко та ін.); психолого-педагогічні аспекти використання інформаційних технологій (В.Беспалько, Є. Машбіц, Б. Гершунський, Н.Тализіна та ін.).

Для вирішення поставлених завдань використано такі методи дослідження: аналіз процесу практичної діяльності спеціаліста, навчальних планів і програм; порівняння вимог виробничої практики та освітньої системи до рівня підготовки спеціаліста з метою визначення проблеми дослідження; аналіз психолого-педагогічної, науково-методичної літератури, науково-дослідних робіт з проблеми формування творчої самостійності студентів з метою визначення науково-теоретичних основ і шляхів розв'язання проблеми, формулювання гіпотези дослідження; метод моделювання для обґрунтування моделі формування творчої самостійності; метод систематизації та логічного узагальнення для формулювання висновків стосовно ефективності методики формування творчої самостійності майбутніх фахівців.

Матеріал і результати дослідження. Під поняттям «творча самостійність студента» ми розуміємо інтегративну якість особистості, що забезпечує її професійне зростання та інтелектуальний розвиток через формування системи мотивів активної самоосвітньої діяльності, дослідницького стилю організації самостійного навчально-пізнавального процесу.

Нами виділені компоненти творчої самостійності (табл. 1): мотиваційний, когнітивний, організаційно-технологічний, особистісно-орієнтований.

Таблиця 1

Компоненти творчої самостійності студента

Компонент	Зміст і характеристика
Мотиваційний	усвідомлене спонукання, що обумовлює цілеспрямовану діяльність
Когнітивний	система провідних знань і способів діяльності, які дозволяють отримувати ці знання
Організаційно-технологічний	здатність і вміння ставити й сприймати мету, планувати й прогнозувати свою діяльність з досягнення цієї мети
Особистісно-орієнтований	здатність адекватно оцінити свою діяльність на всіх її етапах, бути уважним, докладати вольових зусиль для подолання інтелектуальних ускладнень

Дослідження навчально-виховного процесу в навчальному закладі дозволяє виділити наступні проблеми:

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

- практика навчання спрямована на здобуття традиційного набору професійних знань, навичок, умінь, але не завжди враховує особистісний аспект підготовки спеціаліста;
- недостатньо використані методи пошуково-творчої активності, проблемні та ігрові методи, спрямовані насамперед на формування і розвиток професійно-особистісних якостей;
- не розроблені організаційні форми та технічні засоби забезпечення навчального процесу, методи оцінювання рівня сформованості творчої самостійності.

Все це обумовлює наявність суперечностей: між соціальним замовленням, зростаючими вимогами науково-технічного прогресу до рівня творчого і самостійного стилю діяльності в умовах реального виробництва та недостатньою орієнтованістю освітньої практики на формування творчої самостійності студентів; між необхідністю постійної самоосвітньої діяльності, спрямованої на творчий розвиток особистості в умовах зростаючого потоку сучасної науково-технічної інформації та недостатнім науково-теоретичним осмисленням проблеми формування творчої самостійності майбутніх фахівців у процесі навчання; між можливостями дисциплін навчального плану з формування творчої самостійності майбутніх спеціалістів та недостатнім рівнем розробки наукових підходів до методики її формування. Зазначені суперечності дозволяють сформулювати проблему дослідження – підвищення ефективності формування творчої самостійності студентів в навчальних закладах з науково-технічного прогресу та нових вимог ринку праці.

Вирішення зазначеної проблеми може бути реалізоване через:

- зміну ставлення студента до мотивації в професійній діяльності, до процесу освоєння нових знань, придбання навичок і вмінь на основі самоорганізації й самооцінки;
- виховання таких якостей особистості, як самостійність, індивідуальна активність, прагнення до самоосвіти;
- розвиток здатності бачити ситуацію в комплексі, оцінювати її проблематичність, робити логічні висновки й приймати нестандартні рішення, використовувати технології критичного мислення, уміння відповідати за прийняті технічні рішення;
- навчання професійним знанням, навичкам, умінням і їхнього використання на основі економічного (інженерного) мислення.

Для досягнення цілей сучасного суспільства необхідний спеціаліст, спроможний оперативно приймати нешаблонні рішення, діяти самостійно,

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

творчо. Творчість починається там, де здійснюється самостійний пошук принципів, способів поведінки і дій. Творчість набуває розвитку на основі самостійності особистості і є вищим ступенем її розвитку. У сучасних умовах самостійність стає професійно необхідною якістю особистості будь-якого спеціаліста. Отже, і підготовка майбутніх спеціалістів у вищому навчальному закладі має орієнтуватися на формування у студентів цієї якості, а не лише на репродуктивну виконавську діяльність з оволодіння певною сумою знань і вмінь.

Рівень розвитку самостійності залежить від умов, у яких розвивається особистість, характеру її стосунків з довкіллям.

Для ефективного функціонування технології формування творчої самостійності студентів Л.П. Качалова, Д.В. Качалов, А.В. Качалов виявили наступні психолого-педагогічні умови [1]:

- залучення студентів до різноманітних форм та видів творчої діяльності, яке передбачає, що студенти включені у навчально-пізнавальну діяльність, пов'язану з творчими пошуками та створенням творчого результату;

- збагачення змісту освіти прийомами та методами, які мають вплив на мотиваційну, вольову, емоційну та діяльнісну сфери особистості: рефлексивно-стимулюючі, мотиваційно-стимулюючі, діяльнісно-організаційні;

- включення до навчально-пізнавального процесу творчих завдань, які формують творчу самостійність студентів: завдання на рефлексивну здогадку, творчу інтерпретацію тощо.

Отже, процес формування творчої самостійності студентів являє собою отримання студентами нових навчальних (і особистісних) продуктів, які виробляють у них вміння свідомо діяти в ситуації вибору, грамотно, самостійно ставити, досягати своїх цілей, діяти творчо як у процесі навчання, так і в майбутній професійній та життєвій (суспільній) областях.

Процес навчання студентів передбачає три етапи формування творчої самостійності: мотиваційно-цільовий, орієнтувально-виконавчий, контрольно-корегуючий. В процесі формування творчої самостійності студентів в навчальному закладі нами виділені дві складові: теоретична й практична (рис.1).

Методика формування творчої самостійності студентів побудована на організації їх активної самостійно-творчої діяльності в процесі набуття досвіду і адаптації студентів до мінливого виробничого середовища.

Формування творчої самостійності студентів в коледжі найкраще

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

реалізовується під час виконання ними самостійної роботи. З огляду на рівень прояву творчості студентів нами використовуються наступні види самостійних робіт:

1) репродуктивна самостійна робота, що здійснюється за певним зразком (розв'язування типових задач, заповнення схем, таблиць, виконання тренувальних завдань, що вимагають осмислення, запам'ятовування і простого відтворення раніше отриманих знань);

2) реконструктивна самостійна робота, яка передбачає слухання і доповнення лекцій викладача, складання планів, конспектів, тез та ін.

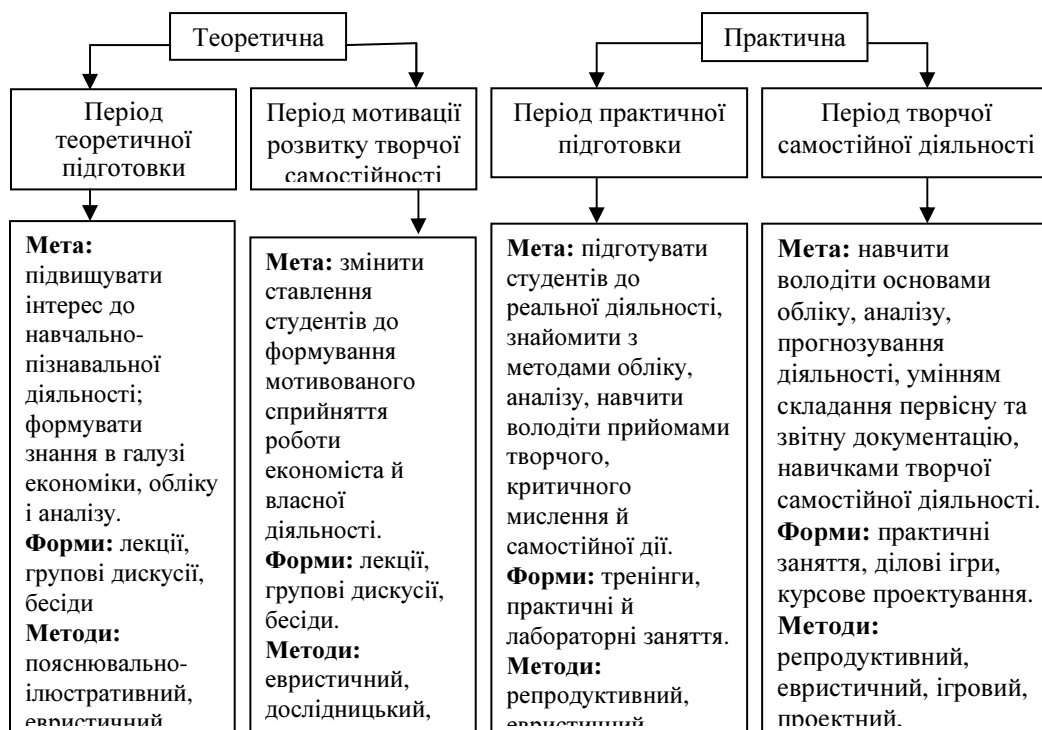


Рис. 1 – Складові процесу формування творчої самостійності

3) евристична самостійна робота спрямована на вирішення проблемних завдань, отримання нової інформації, її структурування і використання в нових ситуаціях (складання опорних конспектів, схем-конспектів, анотацій, побудову технологічних карт, розв'язання творчих завдань).

4) дослідницька самостійна робота, яка орієнтована на проведення

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

наукових досліджень (експеримент, прогнозування ситуацій та ін.).

При самостійній роботі з навчальними текстами формуванню творчої самостійності студентів сприятимуть: складання плану прочитаного; складання тез; конспектування; складання анотації; цитування; виписування незрозумілих слів з наступним поясненням їх значення; складання рецензії; реферування; аналіз тексту і визначення його ключових слів. Формування творчої самостійності студентів економічних спеціальностей в Херсонському політехнічному коледжі ОНПУ здійснюється і під час підготовки та проведення семінарських занять. Семінарські заняття тісно пов'язані з лекціями та іншими формами навчальної роботи у вищому навчальному закладі і зорієнтовані на формування у студентів умінь і навичок самостійно здобувати знання. Вони сприяють розвитку пізнавальної активності і творчості студентів більшою мірою, аніж будь-які інші форми організації навчання; розвивають логічне мислення, спонтанне мовлення, уміння висловлювати і аргументувати власні думки, критично аналізувати аргументи опонентів, а також допомагають глибокому засвоєнню фундаментальних знань, формуванню переконань, виробленню активної життєвої позиції.

Семінарські заняття у вищій школі виконують такі функції [2]:

- поєднання лекційної форми навчання із систематичною самостійною роботою студентів над підручниками, посібниками і першоджерелами, теоретичної їх підготовки з практичною, формування пізнавальної мотивації;
- навчання студентів творчо працювати з підручниками, посібниками та іншими матеріалами, реферувати їх, готувати доповіді, виступи і повідомлення з окремих питань і виступати з ними на заняттях перед студентами групи чи курсу, відстоювати свою точку зору;
- розвиток творчого професійного мислення, умінь і навичок розумової праці, використання теоретичних знань для розв'язання практичних професійних завдань;
- формування у студентів інтересу до науково-дослідної роботи в галузі певної науки і залучення їх до досліджень, які здійснює циклова комісія, до студентських гуртків і товариств.

Серед семінарських занять зі студентами економічних спеціальностей, найпоширенішими є такі види: семінар-повідь (повідомлення); семінар-диспут (дискусія); семінар-конференція або прес-конференція; семінар - «мозковий штурм». Творчу самостійність студентів викладачі економічних дисциплін ХПТК ОНПУ формують і на практичних заняттях, які є різноманітними.

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

На практичних заняттях студенти дотримуються принципу максимальної самостійності. Вони самостійно виконують роботу, оформлюють звіт і дають інтерпретацію результатів. Звичайно, при виникненні суттєвих труднощів у процесі роботи студенти консультуються у викладача.

Важливе значення для практичних занять має використання активних методів навчання: неімітаційних (дискусії, екскурсії, виїзні заняття), імітаційних неігрових (аналіз конкретних ситуацій, вирішення виробничих завдань, розбір документації, дії за інструкцією), імітаційних ділових, рольових ігор, ігрового проектування.

Для формування творчої самостійності студентів в коледжі використовуються наступні **методичні прийоми** роботи з навчальними текстами:

- «**Сходинки**» (для використання в тих випадках, коли вивчаються складні економіко-технологічні процеси);
- «**Фантазія**» (для розвитку вмінь аналізувати тексти, формулювати опорні фрази змісту, визначати головні ознаки ситуації, обґрунтовувати в дискусії свою думку);
- «**Райдуга**» (для розвитку асоціативного мислення студентів, вміння слухачів творчо мислити, обґрунтовувати своє бачення ситуації);
- «**Образ**» (для створення позитивного психоемоційного контексту в процесі навчання, для розвитку гнучкості та адаптивності мислення в нетипових ситуаціях);
- «**Екран**» (для розвитку вмінь структурувати і систематизувати нову інформацію, аналізувати її мозаїчні фрагменти, складати цілісну картину на основі власного розуміння та уявлень інших людей);
- «**Казка**» (для виявлення рівня розуміння студентами особливостей і закономірностей економічних процесів і явищ, активізації пізнавальної діяльності та формування творчого мислення).

Одним з найбільш значущих методів формування творчої самостійності є ділова гра. З урахуванням різного рівня інтелектуальної активності нами запропоновані такі **ігри і завдання** (табл. 2).

Нами було встановлено три рівні сформованості творчої самостійності за компонентами:

- *низький рівень* характеризується перевагою мотиву матеріальних благ, рішення приймаються переважно на основі рекомендацій викладача або підказок і порад інших студентів, креативні показники самооцінки особистості зміщені до низьких значень; умінням більш-менш точно

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

формулювати визначення, вибирати запропоновану схему без пояснень; заучуванням матеріалу без системності; теоретичною необґрунтованістю рішення завдань; мінімальним використанням джерел інформації. Відсутні уміння й навички володіння методами й механізмами творчого пошуку, навички організації самостійної діяльності. Має місце неточне розуміння завдань, труднощі у визначенні причини й наслідку. У процесі навчання не проявляються творча активність, самостійність.

- *середній рівень* – великий вплив на мотив реалізації творчої самостійності мають зовнішні фактори, засновані на помітності особистості й можливості одержати схвалення своїм діям; особистий досвід превалює при виробленні рішення, а креативні показники самооцінки тримаються в рамках значень середнє, вище за середнє. Є присутнім грамотне формулювання термінів, уміння застосовувати правило; уміння виділяти головне в досліджуваному матеріалі; рішення приймаються на теоретичній основі, але відсутнє всебічне дослідження ситуації; використання різних джерел інформації; алгоритмізоване рішення. При цьому проявляється низька самостійність. Потребує допомоги при плануванні професійної діяльності.

Не завжди адекватно оцінює себе за результатами своєї професійної діяльності. В особистісному аспекті нестійкі показники працездатності, прояв творчої активності не носить систематичного характеру.

Таблиця 2

Методи формування творчої самостійності студентів

Назва гри	Репродуктивний рівень	Евристичний рівень	Пошуковий (творчий) рівень
Гра "Бійка ораторів"	підготувати коротку (до 5 хв.) захоплюючу розповідь за своєю спеціальністю	підготувати невелике повідомлення на оригінальну тему (за спеціальністю) і виступити з ним	підготувати, виголосити та захистити проблемну промову (за спеціальністю)
Гра "Конкурс ситуацій"	обіграти в ролях конфліктну ситуацію з виробничого життя (за спеціальністю)	обіграти в ролях конфліктну ситуацію та варіант її розв'язання (за спеціальністю)	оперативно знайти варіанти розв'язання запропонованих конфліктних ситуацій (за спеціальністю)
Гра "Прес-	підготувати запитання за темою	підготувати проблемні	підготуватися до відповідей на

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

конференція"	"прес-конференції" та зіграти роль "кореспондента" газети	запитання, зіграти роль "кореспондентів" наукових журналів	можливі запитання та зіграти роль "відомого вченого" , який дає "прес-конференцію" , присвячену новим відкриттям у науці
Гра "Презентація нових технологій"	ознайомитися з однією з нових технологій (навчання, виробництва) і подати її	вивчити кілька нових технологій, на їх підставі скласти комплексну методику та представити її	розробити і представити власну (авторську) методику (технологію)
Гра "Вибори директора" ("Конкурс менеджерів")	зіграти роль робітників, які вибирають нового керівника	ознайомитись із сучасними методами управління і на цій підставі скласти і представити аудиторії програму "майбутньої діяльності"	захистити власну програму діяльності майбутнього керівника

- *високий рівень* – творча самостійність активізується внутрішніми мотивами особистості, прагненням до самовдосконалення, самореалізації; рішення приймаються не тільки на основі особистого знання, досвіду, але й використовуються всілякі інформаційні джерела; оцінка особистісних творчих резервів у студентів досить висока. Відпрацьовано вміння точно й обґрунтовано формулювати визначення, указувати залежність одного поняття від іншого, робити конкретні теоретичні висновки; виділяти головне й уміти пов'язувати з попередніми знаннями; технічно грамотно описувати ситуацію й адекватно її оцінювати; мотивоване використання сучасних джерел інформації; власне бачення ситуації й вироблення власного стилю в ухваленні рішення. Технологічна сфера показує вміння організувати самостійну проектну діяльність, володіння методами творчої самостійної діяльності, уміння критично оцінювати результати діяльності; самостійність при плануванні роботи; правильне осмислення змісту професійного завдання, виділення елементів і визначення способів виконання; постійно оцінює себе з погляду успішного виконання професійної діяльності.

Висновки. В Херсонському політехнічному коледжі ОНПУ системоутворюючим фактором вивчення дисциплін визначена творча самостійність студента як інтегративна якість особистості, що проявляється в

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

самостійному, мотивованому і творчому стилі діяльності. Структура і зміст компонентів творчої самостійності студентів наступна: мотиваційний – націленість на успіх, цілеспрямованість самостійної діяльності, усвідомлення себе як професіонала та значимості професійної творчості; когнітивний – адекватність знань, що добуваються самостійно, творче їх застосування, уміння оцінювати ситуацію та своє ставлення до неї, генерувати ідеї; організаційно-технологічний – уміння ставити цілі та приймати рішення, планувати і прогнозувати свою самостійну діяльність, володіння методами і механізмами творчого пошуку, систематизації та застосування інформації; особистісний – розвиток творчих якостей особистості та самостійності мислення, докладання вольових зусиль для подолання інтелектуальних ускладнень. Для формування творчої самостійності студентів в коледжі використовуються наступні прийоми і методи: ділові ігри, проблемне та проектне навчання.

Узагальнена нами система критеріїв сформованості творчої самостійності майбутніх фахівців складається з наступних показників: критерій сформованості системи мотивів творчої самостійної діяльності, критерій сформованості системи провідних знань і способів діяльності, критерій сформованості здатності цілеформування і планування самостійних дій, критерій сформованості здатності до саморозвитку творчої особистості.

За цими критеріями доцільно визначати рівні сформованості творчої самостійності студентів: низький, середній і високий.

Література:

1. Галета Я. В. Формування пізнавальної самостійності студентів економічного коледжу засобами інформаційних технологій: Дис. канд. пед. наук: 13.00.04 / Я. В. Галета ; Кіровоград. держ. пед. ун-т ім. В. Винниченка. – Кіровоград, 2005. – 225 с.
2. Костишина Г. І. Формування навчально-пізнавальної діяльності студентів вищих технічних навчальних закладів: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Г. І. Костишина. – Тернопіль, 2003. – 259 с.
3. Опрощенко Д. Л. Развитие научно-творческой самостоятельности студентов на педагогической практике [Электронный ресурс] / Д. Л. Опрощенко // Образование и общество. – Липецк, 2002. – № 4. – Режим доступа: www.education.rekom.ru
4. Петренко М. В. Проблеми психолого-педагогічної підготовки виробничого персоналу промислового підприємства / М. В. Петренко // Педагогіка: психологія професійної освіти: результати досліджень і перспективи. зб. наук. пр. / за ред.: І. А. Зязюна, Н. Г. Ничкало. – К., 2003. – 680 с.
5. Біркіна Т.В. Структурні компоненти методики формування творчої самостійності студентів [Електронний ресурс]/Т.В. Біркіна – Режим доступа: portal_soc_qum_Pipo_2009_22-23_09btvbt

Надійшла до редакції 8.05.2014

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

УДК 911.3



Н.В. Ротань,
асистент, Херсонський
політехнічний коледж
Одеського
національного
політехнічного
університету
e-mail:
natasha.rotan@mail.ru



Ю.В. Арбузова,
аспірант,
Херсонський
політехнічний
коледж Одеського
національного
політехнічного
університету
e-mail:
yuliya_v_arbuzova@mail

ФОРМУВАННЯ ПОЗИТИВНОГО ІМІДЖУ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Н.В. Ротань, Ю.В. Арбузова,
Формування позитивного іміджу навчального закладу. В статті розкрито необхідність, суть та принципи формування іміджу навчального закладу, досліджено процес формування позитивного іміджу Херсонського політехнічного коледжу Одеського національного політехнічного університету.

N. V. Rotan' Y.V. Arbuzova. *Creating a positive image of the institution.* In articles rozkrito neobhidnist, the essence is the principled formuvannya imidzhu Navchalna mortgage process doslidzheno formuvannya positive imidzhu Hersonskogo politechnichnogo College Metro Manila natsionalnogo politechnichnogo universitetu.

Вступ. В останні роки увага до іміджу актуалізувалася у зв'язку з проблемою вибору, що гостро постала перед людьми (вибору товарів і послуг, лідерів і керівників), і конкуренцією на різноманітних ринках – споживацькому, політичному та інших. Щоб продати товар, послугу, привернути на свій бік виборця, щоб успішно конкурувати на ринку, фірма, суспільна організація, навчальний заклад або банк повинні створити собі відповідний імідж. Доцільний, адекватний імідж абсолютно необхідний для будь-якого виду діяльності, і це підтверджує багаторічна практика.

Матеріал і результати дослідження. У зв'язку з ситуацією, яка склалася на ринку освітніх послуг, як ніколи гостро стоїть питання про формування іміджу навчального закладу. В сучасних умовах освіта опинилася перед вибором нових пріоритетів: спеціалізації, диференціації, інформатизації, профілізації, гуманізації. Кожен директор і його педагогічний колектив мріють, щоб на їхньому навчальному закладі лежала печатка яскравої індивідуальності, щоб він виділявся серед інших, викликав бажання влаштуватися на роботу чи вчитися саме в ньому.

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

Метою статті є дослідження процесу формування іміджу навчального закладу, а саме Херсонського політехнічного коледжу Одеського національного політехнічного університету та систематизація факторів, які його визначають.

Проблемі вивчення іміджу навчального закладу приділяли увагу дослідники О. Бандурка, О. Землянська, Л. Алексєєва, А. Громова, В. Шпалінський [2].

Імідж – це спеціально сконструйований образ, який повинен відповідати очікуванням і потребам тих, на кого він спрямований.

Під іміджем навчального закладу ми розуміємо емоційно забарвлений образ, який утворився у масовій свідомості і який визначається співвідношенням між різними сторонами його діяльності та транслюється у зовнішнє середовище.

Формування іміджу навчальної установи – це процес, у ході якого створюється якийсь спланований образ на основі наявних ресурсів. Метою створення іміджу є підвищення конкурентоздатності, залучення інвестицій, встановлення та розширення партнерських зв'язків.

Вважаємо, що у сучасному суспільстві необхідність формування іміджу навчального закладу обумовлена наступними причинами:

- складна демографічна ситуація підсилює конкуренцію серед освітніх закладів однієї території в боротьбі за набір учнів і збереження контингенту;
- сильний позитивний імідж полегшує доступ освітнього закладу до кращих ресурсів: фінансових, інформаційних, людських тощо;
- маючи сформований позитивний імідж, освітній заклад за рівних умов стає привабливішим для педагогів, адже може забезпечити їм стабільність і соціальний захист, задоволеність працею і професійний розвиток;
- стійкий позитивний імідж дає ефект придбання освітнім закладом певної сили, тобто створює запас довіри до всього, що відбувається в стінах закладу, зокрема й до інноваційних процесів.

На нашу думку, формування іміджу коледжу передбачає, перш за все, визначення основної мети та принципів діяльності навчального закладу. Основна мета полягає в забезпеченні, вихованні та розвитку здібних, обдарованих та талановитих студентів у відповідності зі світовими та національними критеріями, створенні умов для інтелектуального, духовного та професійного розвитку особистості.

Аналізуючи думки вчених, можна стверджувати, що для формування позитивного іміджу коледжу, необхідно реалізовувати наступні принципи:

1. Принцип національної спрямованості – побудови освіти з

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

урахуванням історії та народних традицій, збереження та збагачення культури українського народу та інших народів, які проживають на території України, формування національної свідомості.

2. Принцип відкритості навчання – орієнтації навчання на цілісний педагогічний світ, його глобальні проблеми, усвідомлення переваги загальнолюдських цінностей над груповими і класовими, інтеграція у міжнародні освітні, соціальні і культурні системи.

3. Принцип гуманізму – утвердження людини як найвищої соціальної цінності, створення умов для врахування різноманітних потреб, інтересів, ціннісних орієнтацій педагогів та дітей, врахування їх індивідуально-психологічних особливостей у процесі організації управлінської та навчально-виховної діяльності.

4. Принцип демократизму – створення умов для активної участі педагогів та студентів у вирішенні актуальних проблем діяльності навчального закладу, організації навчально-виховного процесу на основі партнерства педагогів та учнів.

5. Принцип активізації пізнавальної діяльності студентів – інтенсивне оволодіння знаннями, формування умінь та навичок здобування нових знань, формування позитивної мотивації до навчання та пізнавальної діяльності.

6. Принцип формуванні творчого потенціалу – формування умінь та навичок ставити нові проблеми, як на теоретичному, так і на практичному рівнях, знаходити альтернативні способи їх розв'язання, розвивати гнучкість мислення, здатність адаптуватися до соціальних змін.

7. Принцип єдності навчання та виховання – органічного поєднання навчання, виховання та розвитку особистості, спрямованість освіти на формування цілісної та гармонійно розвинутої особистості. Створенню позитивного іміджу навчального закладу сприяють спеціальні форми роботи серед членів адміністрації, викладачів, студентів та їх батьків.

У Херсонському політехнічному коледжі Одеського національного політехнічного університету накопичений певний досвід з формування іміджу вищого навчального закладу.

Історичний шлях розвитку закладу розпочинається з жовтня 1920 року, як Херсонської професійної школи сільгоспмашинобудування. У 1930 р. школу реорганізовано у машинобудівний технікум. На початку Великої Вітчизняної війни технікум евакуйовано з міста. У 1944 році, після звільнення Херсона від фашистських загарбників, міська влада вважала першочерговим завданням поновлення діяльності освітянських закладів, в тому числі і машинобудівного технікуму. У 1991 році Херсонський машинобудівний технікум реорганізовано в Херсонський політехнічний

коледж. А в 2004 році з метою реалізації основних засад розвитку вищої освіти України, коледж реорганізовано в Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету, зберігаючи ним право юридичної особи. І весь цей час педагогічний колектив працював над створенням позитивного образу [4].

За роки існування, в коледжі отримали путівку в життя тисячі молодих фахівців. Серед випускників коледжу багато висококваліфікованих інженерів, керівників навчальних закладів, керівників заводів, фахівців з виробництва.

Сьогодні, коледж є найбільшим центром підготовки студентської молоді за кваліфікаційним рівнем "молодший спеціаліст" на півдні України. Активно вдосконалюється його зовнішній вигляд та внутрішній зміст.

У коледжі навчається 1334 студентів: 1173 осіб - за денною формою навчання, 261 осіб - за заочною. Одночасно на підготовчому відділенні охоплено навчанням понад 160 учнів загальноосвітніх шкіл міста та області і 116 студентів, які проходять курси підготовки до вступу до Одеського національного політехнічного університету.

Навчання здійснюється за ступеневою системою: загальноосвітня діяльність - 1 курс; молодший спеціаліст I рівня акредитації - 2, 3, 4 курси; бакалавр I рівня акредитації - 2, 3, 4 курси.

Підготовка фахівців в коледжі здійснюється за такими спеціальностями:

- Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд;

- Обслуговування комп'ютерних систем і мереж;
- Розробка програмного забезпечення;
- Виробництво двигунів;
- Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях;
- Обслуговування та ремонт автомобілів та двигунів;
- Бухгалтерський облік;
- Економіка підприємства;
- Інформаційна діяльність підприємства;
- Туристичне обслуговування.

Навчально-виховний та виробничий процес в коледжі здійснюють понад 120 кваліфікованих викладачів. Викладачі коледжу постійно залучаються до педагогічної творчості, інноваційної діяльності, дослідницького пошуку. Займаються самоосвітою, підвищують фахову кваліфікацію, впроваджують сучасні методики проведення занять. До лекційних занять залучаються вчені Одеського національного політехнічного

університету [4]. Формуванню позитивного іміджу коледжу багато в чому сприяє значний дух корпоративної єдності спільноти.

У коледжі створено раду студентського самоврядування, яка об'єднує всіх студентів. Студентська рада бере участь в організації навчально-розважальних заходів. Активно працює студентський вокальний клуб «Дебют».



За час свого існування, коледж підготував понад 20000 фахівців для вітчизняної промисловості.

В коледжі готують не тільки високопрофесійних спеціалістів для народного господарства країни, але й випускають у життя здорових, загартованих фізично молодих людей, тому що завжди багато уваги приділяється фізичній культурі і спорту. Традиційними стали в коледжі "Дні здоров'я", "Тиждень здорового способу життя" та спортивно - воєнні змагання до Дня Збройних Сил України, на яких серед численних претендентів перемагає найспритніший, фізично досконалий, розумово всебічно розвинений, дотепний і талановитий. Тут пройшли спортивну школу і стали заслуженими тренерами України Михайло Милославський, Євген Вечерок, Олександр Плевако та Олександр Камишан. У різних командах міста та області виступають представники спортивного клубу «Ровесник» і захищають честь Херсонщини на першостях України. Змагання проводяться з таких видів спорту: баскетбол, волейбол, футбол, легка атлетика, шахи, настільний теніс, дартс, спортивне орієнтування [4].

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення



За тривалий час роботи в системі освіти, зокрема вищої, коледж зайняв своє провідне місце серед вищих навчальних закладів I-II рівня акредитації. На сьогоднішній день Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету - один з найвідоміших вищих навчальних закладів України I рівня акредитації.



Коледж розташований на одній з найкрасивіших вулиць міста. Аудиторії та лабораторії навчальних корпусів обладнані сучасним устаткуванням та приладами. Фонд бібліотеки становить 52904 книги. Читацька аудиторія охоплює понад 1500 читачів, коледж має два

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

книгосховища, відділи: абонемент та читальний зал, електронну бібліотеку, кабінет курсового та дипломного проектування, комп'ютерно-інформаційний центр, лабораторії двигунів та автомобілів, навчально-виробничі майстерні. В двох гуртожитках мешкають понад 200 студентів.

Політехнічний коледж має сучасну спортивну базу: літній спортивний комплекс, великий спортивний та тренажерний зали.

В актовій залі коледжу відбуваються різноманітні виховні заходи: зустрічі, конференції, збори, вечори тощо. Студенти мають можливість гарно відпочивати, культурно облаштовувати свій вільний час, займаються художньою самодіяльністю.

В коледжі активно проводиться робота з постійної підтримки іміджу. Шляхом проведення досліджень серед студентів, батьків та викладачів визначаються основні чинники, що формують позитивний образ.

Поглиблено вивчаючи внутрішню складову іміджу коледжу, нами було проведено аналітичне соціологічне опитування серед викладачів на тему «Створення позитивного іміджу навчального закладу». Результати опитування були наступні:

На запитання «Що в першу чергу впливає на імідж навчального закладу?» - 77% викладачів відповіли - рівень підготовки студентів, на другому місці - педагогічний досвід і методична обізнаність викладачів.

На запитання «Що потрібно для формування позитивного іміджу з точки зору викладача?» - 80% викладачів відповіли: «Дбайливе ставлення до своєї роботи».

Необхідно було проранжувати характеристики, притаманні для ідеального навчального закладу, від більш важливих до менш значущих. У процесі проведення анкетування 55% викладачів ставлять на перше місце високу якість знань, по 14% - можливості майбутнього вступу (продовження навчання) до ВНЗ та можливості самореалізації; 12 % - престижність, 5% - інші відповіді.

На запитання «Які можливості для самореалізації студентів, на Вашу думку, повинен надавати ідеальний навчальний заклад?» - 36% викладачів відповіли: «Наявність різноманітних гуртків та секцій», 27% - матеріальна база, 18% - наукові товариства, турніри, конференції, 9% - художня самодіяльність і культурно-масові заходи і 10% - інші відповіді.

На запитання «Як Ви вважаєте, які з формулювань найбільш відповідають напрямку роботи нашого коледжу?» - 54% опитуваних відповіли - коледж створює умови для саморозвитку педагога й студента, 40% - випускник нашого коледжу – здорова особистість, здатна до самостійної реалізації, 6% - наш коледж вчить навчатися.

Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення

На запитання «Що відрізняє наш коледж від інших коледжів?» 81% опитаних відповіли - висока дисципліна і самоорганізація праці, 15% - хороші викладачі.

Отже, на думку викладачів основними чинниками, що формують позитивний імідж Херсонського політехнічного коледжу ОНПУ є:

- високий рівень підготовки студентів, якість знань та можливість майбутнього продовження навчання у ВНЗ;
- наявність різноманітних гуртків та секцій (розвиток особистості, можливість самореалізації студентів);
- дбайливе ставлення викладача до своєї роботи;
- створення умов для самореалізації викладача і студента;
- хороша матеріальна база;
- висока дисципліна.

Висновки. В умовах реформування системи вищої освіти навчальні заклади опинилися в ситуації, коли слід доводити свою необхідність, доцільність, перспективність, відповідність високим сучасним вимогам, які висуваються як абітурієнтами і студентами, так і роботодавцями. Сформований позитивний імідж навчального закладу є інструментом досягнення стратегічних цілей, що охоплюють основні сторони діяльності і орієнтуються на перспективу. Проте, позитивна популярність не виникає сама по собі, вона потребує направленої систематичної роботи.

Література:

1. Грабовська, С. Створення позитивного іміджу навчального закладу засобами комунікативного менеджменту [Текст] С. Грабовська // Освіта України -2003. - № 14-15.
2. Фадеева, М.В. Психологічні проблеми підготовки керівників ЗНЗ до формування позитивного іміджу освітньої організації в контексті сучасних соціально-економічних умов [Текст] / М.В. Фадеева // Вісник післядипломної освіти : зб. наук, праць / ред. кол. В.В. Олійник (голов, ред.) [та ін.]. - К. : Геопринт, 2009. - Вип. 11, ч. 2. - С. 295-302.
3. Фадеева, М.В. Позитивний імідж загальноосвітнього навчального закладу як чинник ефективності його діяльності [Текст] / М.В. Фадеева // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. - Вип. 18. - С 71-75.
4. Херсонський політехнічний коледж. Офіційний сайт. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://college.ks.ua>.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК АВТОРІВ

А		Л	
Арбузова Ю.В.	273	Лавріненко В.І.	93
Б		Ларшин В.П.	89, 130
Байков А.В.	49	Ламберг Н.В.	255
Баланюк А.В.	157	Лещук І.В.	93
Братан С.М.	75	Ліщенко Н.В.	89, 130
Брощак І.І.	143	Логинова Е.А.	150
В		Логінова К.О.	196
Васильєв А.С.	29	Любчик Л.М.	228
Верещака А.А.	57, 109	Любчик Е.Л.	228
Верещака А.С.	57, 109	М	
Внуков Ю.Н.	38, 97	Михайлов А.Н.	49, 137
Волобоєв В.А.	179	Ма Фен	216
Г		Н	
Гермашев А.И.	97	Негрі А.О.	196
Гогунський В.Д.	179, 191	Новоселов Ю.К.	75
Голобородько А.М	24	Носов П.С.	237, 255
Грабченко А.И.	7	О	
Гринберг Г.Л.	228	Оборський Г.О.	179
Д		Ovrutzki O.	248
Дядя С.И.	38	Озернюк О.Т.	150
К		Оргиян А.А.	157
Каморкин П.А.	97	П	
Кириллов А.К.	57	Пыжов И.Н.	7
Клименко С.А.	29	Перпери Л.М.	24
Козлова Е.Б.	97	Р	
Колеснікова К.В.	196, 216	Ротань Н.В.	273
Коляда А.С.	191	Руденко С.В.	216
Комліченко О.О.	262	С	
Кондратюк Э.В.	38	Саньоцький А.М.	169
Кучугуров М.В.	38	Столяров Н.Н.	75

Т		Х	
Таровик А.Б.	137	Хаустова О.Ю.	57
Тонконогий В.М	24, 196	Хейфец М.Л.	29
Танович Л.	29	Я	
Ф		А.Е. Яковенко	237
Федорович В.А.	7		
Федунец П.Д.	210		

Головний редактор



Оборський Г. О., ректор Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ), завідувач кафедри «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація», дійсний член Академії інженерних наук України, д. т. н., професор, засл. працівник освіти України



**Заступник головного редактора,
Яковенко О. Є.**, к. т. н., доцент, директор Херсонського політехнічного коледжу ОНПУ, завідувач кафедри «Природничо-наукової підготовки» ОНПУ

Редакційна рада



Антощук С. Г., д. т. н., професор, директор інституту «Комп'ютерних систем» Одеського національного політехнічного університету, завідувач кафедри «Інформаційних систем»

Вайсман В. О., д. т. н., професор, директор холдингової компанії Мікрон[®], м. Одеса



Гогунський В. Д., д. т. н., професор, завідувач кафедри «Управління системами безпеки життєдіяльності» ОНПУ, заслужений діяч науки і техніки України

Кошкін К. В., д. т. н., професор, директор Інституту комп'ютерних та інженерно-технологічних наук НУК ім. адм. Макарова (м. Миколаїв), зав. кафедри «Інформаційних управляючих систем та технологій», заслужений діяч науки і техніки України, лауреат державної премії України



Любчик Л. М., д. т. н., професор, зав. кафедри «Комп'ютерної математики та математичного моделювання» НТУ «Харківський політехнічний інститут», лауреат державної премії України

Носов П. С., к. т. н., доцент, голова циклової комісії «Комп'ютерної графіки та автоматизованого проектування» Херсонського політехнічного коледжу ОНПУ



Предраг Дашич, професор вищої школи технічної механіки, м. Трстеник, Сербія, іноземний член Інженерної академії України, член Нью-Йоркської Академії наук (NYAS)

Скатков О. В., д. т. н., професор, професор кафедри «Кібернетики та обчислювальної техніки» Севастопольського національного технічного університету



Становський О. Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри «Нафтогазового та хімічного машинобудування» ОНПУ

Тонконогий В. М., д.т.н., професор, директор Інституту промислових технологій, дизайну та менеджменту ОНПУ, завідувач кафедри «Інформаційних технологій проектування в машинобудуванні»



Турманідзе Р. С., доктор технічних наук, професор Грузинського технічного університету

Філіппова С. В., д.е.н., професор, директор Інституту бізнесу, економіки та інформаційних технологій ОНПУ, завідувач кафедри «Обліку, аналізу та аудиту»



Для нататок

Для нататок

Для натапок

Наукове видання

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ, НАУЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 2(7)

2014

Автоматизація і комп'ютерні технології
Актуальні проблеми науки та освіти: теорія, практика, сучасні рішення
Математичні методи в механіці, економіці, екології
Метрологія, стандартизація та сертифікація
Нові інформаційні технології в освіті та природничо-математичних науках
Розвиток соціально-економічних систем в трансформаційних умовах
Сучасні системи автоматизованого проектування
Технології, матеріали, транспорт і логістика
Управління, автоматизація і довколишнє середовище
Управління проектами та якістю
Штучний інтелект. Інтелектуальні системи

Відповідальні за випуск: О.Є. Яковенко, П.С.Носов

*Видано в авторський редакції
з наданого оригінал-макету*

Підписано до друку 20.06.14. Формат 60×84/8. Ум. друк.арк. 16,79.
Обл.-вид. арк. 10,25 Тираж 300 пр. Зам. № 1891.

Видавництво «Наука і техніка»
(свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1196 від 15.01.2003)
65044, Україна, м. Одеса, просп. Шевченка, 1 тел.(+48)734-86-40

Віддруковано в друкарні видавництва АО БАХВА
(свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 145 від 11.08.2000)
65044, Україна, м. Одеса, просп. Шевченка, 1, корп.5
тел./факс (+48) 777-43-50, e-mail: mail@bahva.com,
www.bahva.com, www.vuzkniga.ua