

Міністерство освіти і науки України
Херсонський національний технічний університет
Факультет машинобудування ХНТУ
Національний технічний університет України «КПІ»
Донбаська державна машинобудівна академія
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
Херсонська державна морська академія
Одеський національний політехнічний університет
Житомирський державний технологічний університет
Кіровоградський національний технічний університет
Луцький національний технічний університет
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя
Чернігівський національний технологічний університет
АН Вищої освіти України

Матеріали
Всеукраїнської науково – практичної конференції
"Сучасні технології промислового комплексу"



ОФІЦІЙНІ ПАРТНЕРИ І СПОНСОРИ:



Херсон - 2015 р.

СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЙ РЕГУЛЬОВАНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОР ВИСОКОШВИДКІСНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ

Сапон С.П., Федориненко Д.Ю., Цеков Б.В.

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів

Вступ. Підвищення ефективності механічної обробки є постійно актуальною науково-технічною проблемою. Точність та продуктивність - одні з ключових показників ефективності механічної обробки, які в основному забезпечуються формоутворюючими вузлами верстатів, зокрема шпиндельним вузлом (ШВ). Досягнення високої точності, швидкохідності, жорсткості, теплостійкості, мінімальних втрат на тертя, заданого ресурсу роботи ШВ в значній мірі залежить від шпиндельних опор [1].

Актуальність досліджень. В металорізальних верстатах для прецизійної та високошвидкісної обробки широко застосовуються ШВ з гідравлічними опорами. Гідравлічні шпиндельні опори дозволяють забезпечувати високу точність та якість обробки, вібростійкість, швидкохідність, високу стійкість різального інструменту та інші показники ефективності обробки, які не можуть забезпечити інші типи шпиндельних опор. Особливою відмінністю регульованих гідравлічних опор є можливість керування експлуатаційними та геометричними параметрами опор залежно від характеру технологічного навантаження, що дозволяє підвищити якість верстатів та розширити їх технологічні можливості.

Перспективним напрямком підвищення ефективності механічної обробки є використання у високошвидкісних шпиндельних вузлах комбінованих гідростатично-гідродинамічних опор, які в значній мірі позбавлені недоліків як гідростатичного, так і гідродинамічного способів мащення і мають можливість більш повного використання гідродинамічних ефектів при високих швидкостях обертання шпинделя.

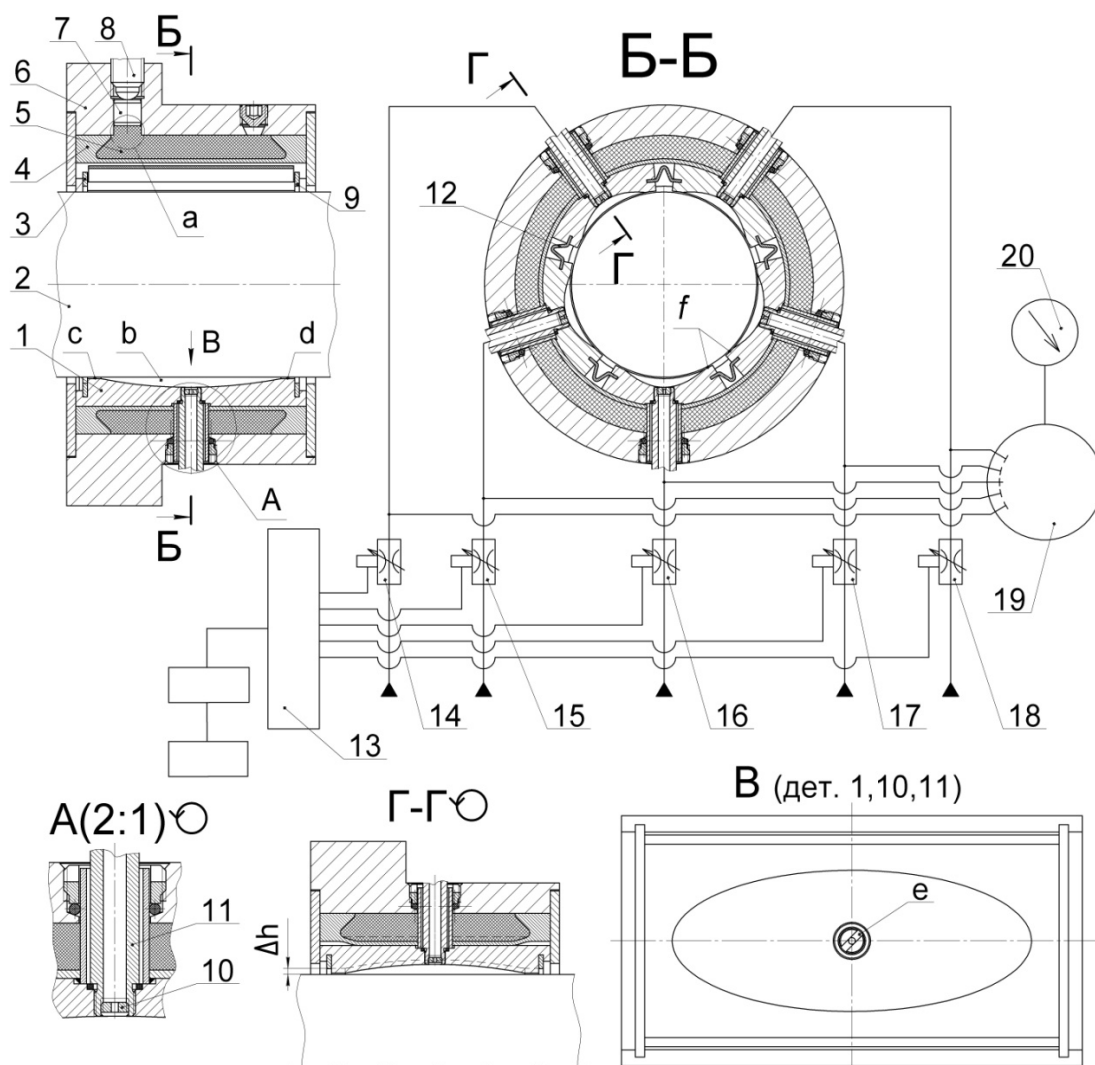
Постановка задачі. Існуючі конструкції регульованих радіальних гідравлічних опор обертових вузлів технологічного обладнання мають ряд типових недоліків: неможливість забезпечення високої швидкохідності [1, 2], низька ремонтоздатність та технологічна складність виготовлення конструктивних елементів опор [1, 3], складність забезпечення точності та рівномірності величини радіального зазору при регулюванні [1, 3], обмеженість вибору конструкційних матеріалів для виготовлення корпусних елементів опор [1, 3] та висока чутливість до коливань тиску в карманах підшипника [4]. Усунення названих недоліків запропоновано здійснити шляхом синтезу конструкцій радіальних гідравлічних опор регульованого типу методом морфологічного аналізу [5].

Результати досліджень. В основу методу морфологічного аналізу, методика виконання якого детально висвітлена в численних наукових та навчальних виданнях, покладено процес створення пошукового поля можливих варіантів конструкції у вигляді морфологічної матриці, яка вміщує будь-які можливі варіанти комбінацій конструктивних ознак. При пошуку найкращого рішення керувалися наступними критеріями вибору ознак: виконання втулки підшипника повинно забезпечити можливість регулювання зазору, для забезпечення високої жорсткості підшипника кількість карманів втулки повинна бути не менше п'яти, кармани з метою зменшення втрат потужності на в'язке тертя рекомендовано виконувати сферичної або еліпсоїдної форми, можливість заміни спрацьованих або вийшовших з ладу деталей опори, розширення номенклатури конструкційних матеріалів для виготовлення деталей опори, підвищення технологічності виготовлення опори. Для вибору найкращих варіантів конструкції гідравлічних опор з використанням методу розставлення пріоритетів [6] було проведено порівняльну оцінку комбінацій і виділено ті, які найкраще усувають вищезгадані недоліки прототипів. В результаті було синтезовано дві конструкції радіальних регульованих гідравлічних підшипників (рис. 1, 2).

Базовою деталлю регульованого сегментного гідростатодинамічного підшипника (рис. 1) є корпус 6, в отвір якого встановлено з натягом втулку 4 з пружного матеріалу, яка

має тонку внутрішню стінку з п'ятьма отворами під кутом 72° та виточку з кутовими заглибленнями для збільшення довжини тонкостінної частини.

Охоплююча поверхня регульованого сегментного гідростатодинамічного підшипника виконана збірною зі з'єднаних пружинами спеціальної форми 12 п'яти сегментів 1 з несучими карманами на внутрішній поверхні, які мають еліпсоїдну форму з плавною зміною перерізу проточної частини. Підведення робочої рідини до карманів здійснюється через регульовані клапани витрат та дроселюючі пробки 10 з наскрізним центральним отвором меншого діаметру. Дроселюючі пробки 10 загвинчені в різеві отвори штуцерів 11 та за рахунок створення гідравлічного опору сприяють демпфуванню пульсацій тиску в потоці робочої рідини безпосередньо на вході в несучий карман сегмента, що забезпечує зниження коливання тиску рідини в карманах підшипника. Пружини спеціальної форми 12, які встановлені у пази на торцях сегментів паралельних осі підшипника, з'єднують сегменти і визначають їх взаємне положення в радіальному напрямку. Точність взаємного розташування сегментів 1 в осьовому напрямку забезпечується пружними розрізними кільцями 3 та 9, які встановлюються в радіальні канавки, виконані поряд з іншими двома торцями сегментів.



- 1 – сегмент, 2 – вал, 3, 9 – кільце пружне, 4 – втулка, 5 – гідро пластмаса, 6 – корпус,
 7 – плунжер, 8 – гвинт, 10 – дроселююча пробка, 11 – штуцер, 12 – пружина,
 13 – мікропроцесорний регулятор, 14-18 – регульовані клапани витрат,
 19 – розподільчий золотник, 20 – манометр

Рисунок 1 – Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник

Виконання охоплюючої поверхні підшипника з 5-ти сегментів з несучими карманами на внутрішній поверхні дозволяє підвищити жорсткість підшипника. А еліпсоїдна форма карманів з плавною зміною перерізу проточної частини дозволяє зменшити втрати потужності, обумовлені стрибкоподібною зміною перерізу проточної частини сегмента, що забезпечить зменшення втрат потужності на в'язке тертя при збільшенні швидкостей обертання вала 2.

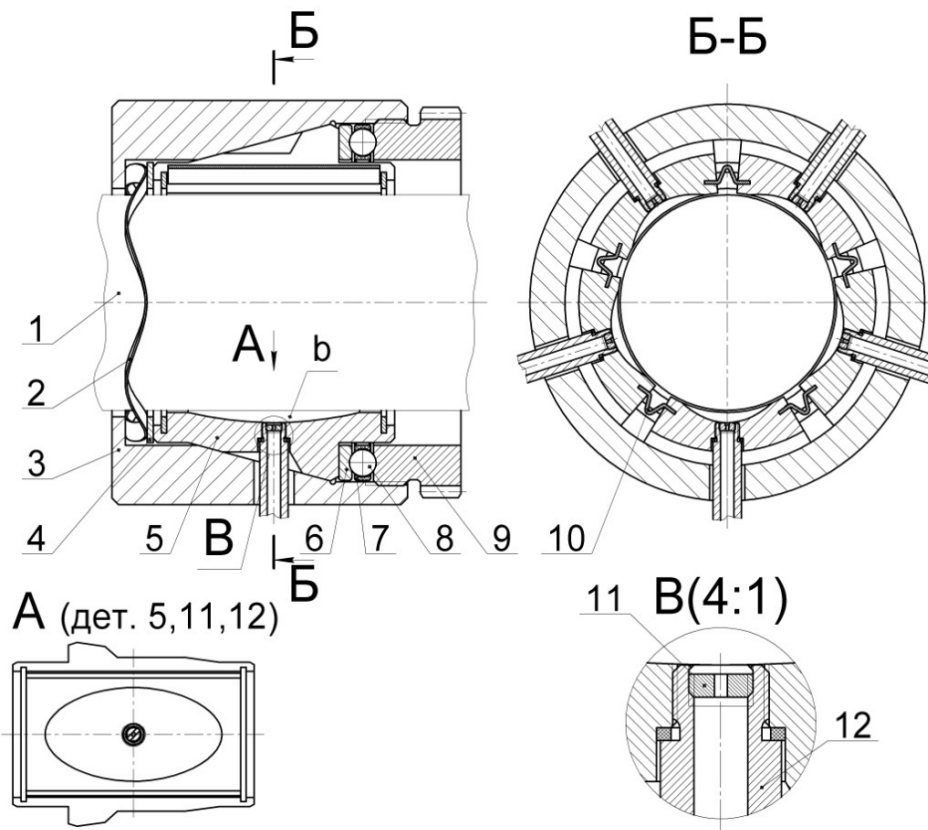
Регулювання величини радіального зазору в підшипнику виконують обертанням гвинта 8, який сферичним торцем тисне на плунжер 7, створюючи гідростатичний тиск в порожнині, заповненій гідропластмасою 5. Під дією гідростатичного тиску гідропластмаси відбувається рівномірне по всьому периметру деформування тонкої стінки втулки 4, внаслідок чого сегменти 1 переміщуються в радіальному напрямку зменшуючи (збільшуючи) зазор між опорною поверхнею вала 2 та перемичками *c*, *d* та *f* рухомих сегментів 1. Величина зміщення Δh сегмента при регулюванні радіального зазору (пунктиром на виді розрізу Г-Г показано початкове положення опорної поверхні сегмента) регулюється величиною гідростатичного тиску, який створюється гідропластмасою.

При роботі підшипника в гідростатичному режимі підведення робочої рідини до п'яти несучих карманів *b* сегментів 1 здійснюється через регульовані клапани витрат 14 - 18 з постійною пропускною здатністю. При перевищенні швидкості обертання вала певного граничного значення, що задається програмою, мікропроцесорний регулятор 13 дає команду на припинення подачі робочої рідини до карманів через клапани 14, 15, 17, 18 шляхом перекривання останніх. З метою охолодження, при роботі на високих швидкостях, робоча рідина продовжує надходити через клапан 16 до нижнього кармана підшипника. В результаті підшипник працює в гідродинамічному режимі мащення, а втрати потужності як на в'язке тертя, так і на прокачування робочої рідини зменшуються, що сприяє підвищенню швидкохідності підшипника. При зменшенні швидкості обертання вала нижче попередньо встановленого граничного значення регулятор 13 вмикає подачу робочої рідини до всіх карманів підшипника, відновлюючи гідростатичний режим мащення для забезпечення високих показників несучої здатності та радіальної жорсткості при роботі підшипника на низьких швидкостях обертання вала.

Регульований сегментний гідростатичний підшипник (рис. 2) має низку спільних конструктивних ознак з підшипником на (рис. 1), проте отвір в корпусі 3, в якому встановлено п'ять сегментів 5, має конічну форму. Сегменти 5 також з'єднані пружинами спеціальної форми 10, що визначають їх взаємне положення в радіальному напрямку, на внутрішній поверхні мають несучі кармани *b* еліпсоїдної форми з розташованим в центрі різевим отвором для загвинчування штуцера 12 з дроселюючою пробкою 11. Регулювання величини радіального зазору виконують обертанням натяжної гайки 9, яка загвинчується в отвір корпусу 3 та через упорний підшипник надає осьове переміщення сегментам 5, які, рухаючись конічними поясками по конічній поверхні отвору корпусу 3, переміщуються в радіальному напрямку, забезпечуючи регулювання зазору між опорними поверхнями вала 1 та сегментів 5. Між шайбою 4 та торцем отвору корпусу 3 встановлена хвильова пружина 2, яка призначена для створення натягу в осьовому напрямку при регулюванні зазору. Встановлений між торцями сегментів 5 та натяжною гайкою 9 упорний підшипник кочення, який складається з шайби 6 та сепаратора 7 з кульками 8, призначений для зменшення моменту сили тертя під час регулювання зазору. З метою підвищення точності та рівномірності величини радіального зазору при регулюванні запропоновано конструктивне виконання натяжної гайки 9 у вигляді зубчастого колеса, що дозволить застосувати прецизійну зубчасту передачу в приводі регулювання зазору в підшипнику.

Слід відмітити, що в обох запропонованих конструкціях регульованих гідравлічних підшипників виконання збірної охоплюючої поверхні підшипника дозволяє підвищити технологічність конструкції, ремонтоздатність опори, розширити номенклатуру конструкційних матеріалів для виготовлення деталей опори, спростити технологію та

розширити діапазон технологічних методів для формоутворення карманів у сегментах, позбутися консольного розташування виконавчої поверхні підшипника, що в свою чергу дозволить зменшити розміри опори. Застосування для з'єднання та визначення взаємного положення сегментів в радіальному напрямку пружин спеціальної форми, виготовлених з каліброваного прокату з мінімальною анізотропією фізико-механічних властивостей матеріалу, дозволить підвищити точність взаємного розташування опорних сегментів та рівномірність величини радіального зазору в опорі при його регулюванні



- 1 – вал, 2 – хвильова пружина, 3 – корпус, 4 – шайба, 5 – сегмент, 6 – шайба,
7 – сепаратор, 8 – кулька, 9 – натяжна гайка, 10 – пружина, 10 – дроселююча пробка,
11 – штуцер

Рисунок 2 – Регульований сегментний гідростатичний підшипник

Висновки. На основі застосування методу морфологічного аналізу здійснено синтез конструкцій радіальних гідравлічних опор регульованого типу з підвищеними характеристиками жорсткості, швидкохідності, технологічності, ремонтоздатності. Запропоновані схемні рішення конструкцій гідравлічних опор дозволяють підвищити точність та рівномірність величини радіального зазору при регулюванні, знизити амплітуду коливань тиску в карманах опори та розширити номенклатуру конструкційних матеріалів для виготовлення складових елементів опори.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України на корисну модель 87488 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний гідростатичний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський державний технологічний університет. – № u201310003; заявл. 12.08.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3.

2. Патент України на корисну модель 92940 UA, МПК F16C 32/06. Регульований сегментний гідростатичний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Ярмолюк В.В., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u201403769; заявл. 10.04.2014; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 17.

3. Патент України на корисну модель 89288 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний гідростатодинамічний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Хабібуліна А.М.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u201314341; заявл. 09.12.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

4. Шатохин, С. Н. Адаптивные бесконтактные опоры скольжения с плавающими регуляторами нагнетания смазки (гидростатические, аэростатические) для шпиндельных узлов и направляющих металлорежущих станков / С. Н. Шатохин, Я. Ю. Пикалов, В. Г. Демин // «Технология машиностроения», 2006. – № 9. – С. 29–33.

5. Кузнецов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач / Ю.М. Кузнецов.– К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2003. – 294с.

6. Блумберг В. А. Какое решение лучше? : Метод расстановки приоритетов/ Блумберг В. А. .Глуценко В.Ф. – Л. : Лениздат , 1982. – 160 с.

СХЕМЫ КОВКИ КРУПНЫХ ПОКОВОК С ИНТЕНСИВНЫМИ ПЛАСТИЧЕСКИМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ

Марков О. Е.

Донбасская государственная машиностроительная академия

В тяжелом машиностроении основное внимание уделяется качеству получаемых поковок. Основной операцией для формирования крупных поковок является кузнечная протяжка, которая интенсивно измельчает литую структуру и способствует заковыванию осевых дефектов. Протяжкой без осадки сложно накопить высокий уровень пластических деформаций в теле поковки и получить из кузнечных слитков требуемые размеры поковки. Не применять осадку с целью снижения затрат на ковку с сохранением качества поковок и обеспечить возможность получения заданных размеров вала возможно за счёт применения новых схем ковки с интенсивными пластическими деформациями.

Повысить уровень пластических деформаций в поковке и равномерность их распределения возможно за счёт ковки с профилированием слитка выпуклыми бойками (рис. 1). Протяжка выпуклыми бойками уменьшает удлинение, что позволяет увеличить число проходов за счёт незначительного уменьшения площади поперечного сечения при протяжке и накопить высокий уровень деформаций в теле поковки.

Ковка выпуклыми бойками исключает образование застойных зон под деформирующим инструментом, как в случае применения плоских бойков. Применение выпуклых бойков способствует проработке поверхностных и центральных слоёв заготовки. Чем больше угол клина бойка, тем выше уровень деформаций в центре и больше площадь прореформированной части заготовки.

После формирования четырёхлучевой заготовки выпуклыми бойками (рис. 1, а, б) недеформированными зонами остаются углы (рёбра заготовки), а в случае ковки плоскими – зоны, контактирующие с инструментом. Заготовка с вогнутой боковой поверхностью в поперечном сечении обеспечивает подпор центральной зоны при последующей обкатке четырёхлучевой заготовки плоскими бойками (рис. 1, в), но при этом может произойти образование поверхностных зажимов.

ЗМІСТ

Розов Ю.Г. Расчет осевой устойчивости трубчатой заготовки на оправке при обжати с проталкиванием	3
Алиев И.С., Абхари П.Б., Ерѐмина А.А. Моделирование процесса бокового выдавливания отростка в разъемных матрицах	7
Шинкаренко В.Ф., Кузнецов Ю.Н. Междисциплинарный подход к моделированию и созданию сложных электромеханических систем на примере мотор-шпинделей	8
Майборода В.С., Emmer T., Джулій Д.Ю., Ткачук І.В. Підвищення твердості робочих поверхонь зубонарізних зубків методом магнітно-абразивного оброблення	13
Шевченко О.В. Розширення технологічних можливостей інструментального оснащення верстатів токарної групи	15
Сєліверстов І.А., Смирнов І.В Технологічні аспекти іонно-плазмового плакування порошкових матеріалів	19
Дядюра К.О., Майдан В.С. Вимоги до компетентності атестованих лабораторій при проведенні вимірювань	21
Пальчевський Б.О. Інтегрована система автоматизованого проектування технологічних машин	25
Яглінський В.П., Обайді А.С., Москвичов М.М., Козерацький Г.В. Визначення технічного рівня тренажера-гексапода	26
Струтинський В.Б., Дем'яненко А.С. Визначення похибки виходу робочого органу верстата з механізмами паралельної структури в позицію	30
Алиева Л.И., Шкира А.В., Гончарук К.В. Холодное выдавливание прецизионных деталей сложной формы	33
Алиев И.С., Гнездилов П.В. Определение параметров комбинированного выдавливания полых конических деталей	34
Ю.М. Кузнецов, Ю.М. Бардачов, Д.О. Дмитрієв Оцінка динамічної якості обладнання з робочими органами змінної жорсткості	36
Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М. Моделювання впливу силових факторів на похибку форми кільцевих деталей при розточуванні адаптивним багатолезовим оснащенням	38
Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Аналіз процесу затиску-розтиску тіл обертання в затискному механізмі з електромеханічним приводом	42
Сапон С.П., Федориненко Д.Ю., Цеков Б.В. Синтез конструкцій регульованих гідравлічних опор високошвидкісних шпиндельних вузлів	46
Марков О. Е. Схемы ковки крупных поковок с интенсивными пластическими деформациями	50
Жбанков Я. Г., Таган Л. В. Проблема образования поверхностных трещин при протяжке	51
Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я. Контроль точності багатогоординатних верстатів із паралельними кінематичними структурами за результатами вимірів параметрів оброблених поверхонь	52
Н.Р.Веселовська Актуальні завдання розробки верстатних комплексів із підвищеною надійністю	53
Мироненко Е.В., Миранцов С.Л., Аносов В.Л. Повышение эффективности процессов механообработки на тяжелых станках фрезерно-расточной группы	55
Москвичев Н.Н., Яглинский В.П., Обайди А.С., Козерацкий Г.В Спектр частот тренажера-гексапода при маневре	58