

## ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА

УДК 621.9.02

В. А. НЕДОБОЙ

### ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ ЗАТИСКНИМ МЕХАНІЗМОМ

В роботі представлений мотор-шпиндель з електромеханічним затискним механізмом зібраний на основі модульного принципу на базі мотор-шпинделя. Дані його параметри та основні технічні характеристики. Представлена можливість використання мотор-шпинделя у двох варіантах: з використанням без модуля з електромагнітною муфтою та з модулем – для розмикання моменту на затискний механізм. Також показані його основні складові вузли та їх компоновка та елементи управління мотор-шпинделем і приводом затиску. Розглянута структурна схема мотор-шпинделя для обох варіантів. Дані рекомендації по майбутніх експериментальних дослідженнях.

**Ключові слова:** мотор-шпиндель, електромеханічний затискний механізм, привод затиску, модульний принцип, затискний патрон

**Вступ.** При обробці матеріалів різанням дуже важливу роль відіграє кожен вузол верстата, який впливає на його техніко-економічні показники.

Одним із таких вузлів верстата є шпиндельний вузол (ШВ), до якого пред'являються особливо високі вимоги. Від точності і жорсткості ШВ залежить точність і продуктивність обробки деталей. Також суттєвий вплив на точність і продуктивність обробки має механізм затиску інструменту, а при переривчастому різанні фрезами залежить якість обробленої поверхні, а саме шорсткість та точність обробки по формі (непаралельність, некруглість і т. п.).

Переважає більшість ШВ має ручний затиск інструменту в цангових патронах, або механізований, з використанням гідро (пневмо) приводу затиску, що потребує додаткове обладнання і контрольно-регулюючу апаратуру. Також поширеним є застосування інструментальних затискних патронів з оправками типу SK та HSK, що є досить надійним варіантом, але також потребує використання перехідних елементів та використання додаткової апаратури для затиску інструмента.

Раніше в своїх роботах науковці розглядали принципи створення та дослідження інструментальних затискних патронів та систем затиску типу SK та HSK [1–4].

Відомі світові виробники також всі свої дослідження зводять до дослідження та удосконалення вище представлених систем затиску та їх приводів [5].

Мета роботи – створення з використанням генетико-морфологічного підходу, розробка технічної документації, виготовлення та попередній аналіз працездатності ШВ гібридної компоновки на модульному принципі на базі мотор-шпинделя

Об'єктом дослідження є мотор-шпиндель з електромеханічним ЗМ.

Мотор-шпиндель складений на основі модульного принципу, з набору спеціально виготовлених готових взаємозамінних модулів. Модулі є уніфікованими і тому при виходу з ладу одного із них не виникає ніяких проблем в заміні. На рис. 1, а представлена схема де система складається з модулів: М1 – корпус мотор-шпинделя; М2 – привод затиску; М3 – модуль затискного патрону. На рис. 1, б представлена схема де система складається з тих самих модулів М1, М2, М3, а також додаткового модуля з електромагнітною муфтою – М4 [6].

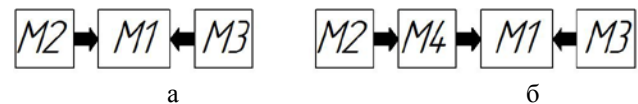


Рис. 1 – Схема розміщення модулів в мотор-шпинделі: а – мотор-шпиндель без додаткового; б – мотор-шпиндель з модулем М4

На рис. 2 представлена конструктивна схема діючого мотор-шпинделя з електромеханічним затискним механізмом та змінним модулем з електромагнітною муфтою М4, для розмикання приладу затиску при роботі шпинделя.

Також даний мотор-шпинделя може бути використаний без модуля М4 з муфтою (рис. 3), тоді його довжина скоротиться з 500 до 432 мм, але при цьому максимальні оберти шпинделя обмежені максимальними обертами приводу затиску, що становлять 3000-3500 об/хв [7].

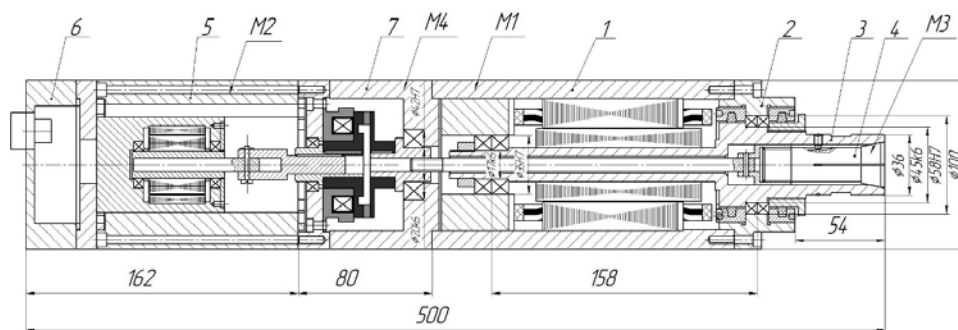


Рис. 2 – Мотор-шпиндель з електромеханічним ЗМ та змінним модулем М4

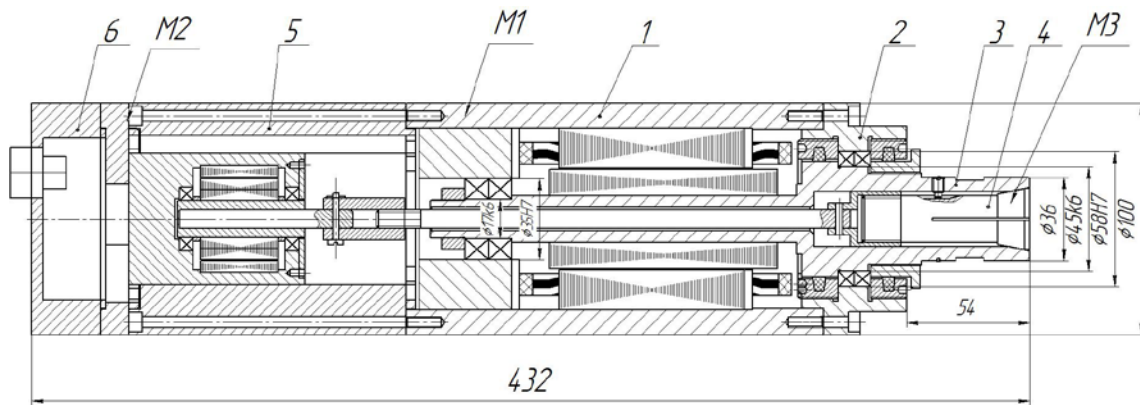


Рис. 3 – Мотор-шпиндель з електромеханічним ЗМ

Мотор-шпиндель складається з таких основних елементів: корпус мотор-шпинделя 1, передній фланець з підшипниками 2, шпиндель 3, цанговий патрон 4, привод затиску (ПрЗ) 5, кришка 6 з елементами живлення та змінний модуль 7 з електромагнітною муфтою.

На рис. 4 представлена 3-х вимірна модель створеного мотор-шпинделя.

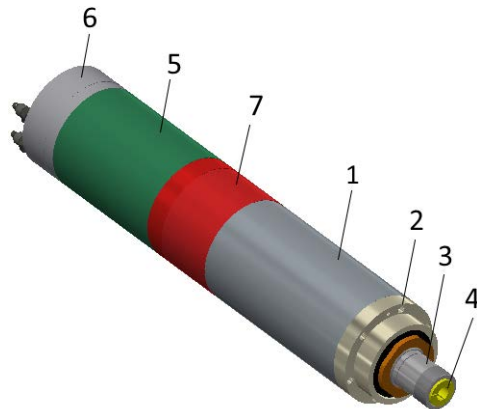


Рис. 4 – Тривимірна модель мотор-шпинделя з електромеханічним ЗМ

Корпус мотор-шпинделя 1 (рис. 5) представляє собою стандартний модуль (M1), з розміщеним всередині статором та посадковим місцем для задніх підшипників шпинделя.

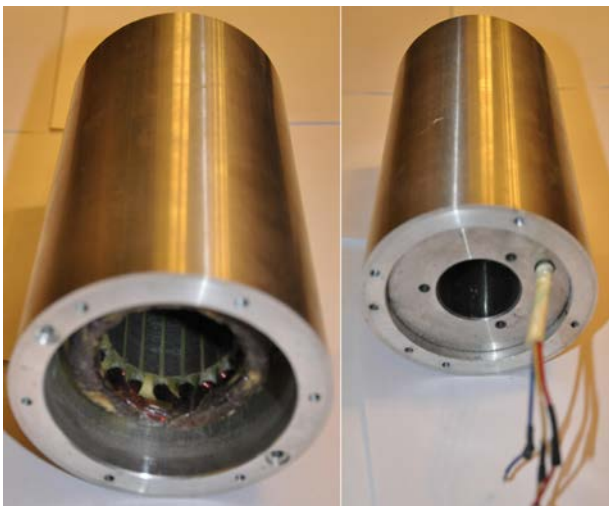


Рис. 5 – Корпус мотор-шпинделя

Шпиндель являє собою вал, спеціально спроектований для розташування в середині нього осьового затискного механізму (рис. 6)

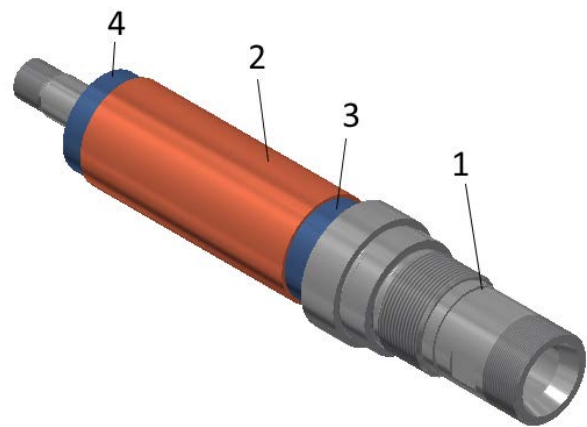


Рис. 6 – Шпиндель-ротор

На шпинделі 1 розміщений ротор 2 та кільця 3 та 4 для балансування системи на спеціальному балансувальному стенді. Балансування проводиться шляхом висвердлення в кільцях 3 та 4 отворів і подальшого розкручування шпинделя на стенді. Ротор на шпиндель посаджений за допомогою гарячої посадки та перехідної втулки для можливості зняття ротора за потреби.

Механізм затиску (рис. 7) являє собою гвинтову пару, з жорстко прикріпленою до неї цангою з однієї сторони і електромеханічного привода затиску з іншої сторони.

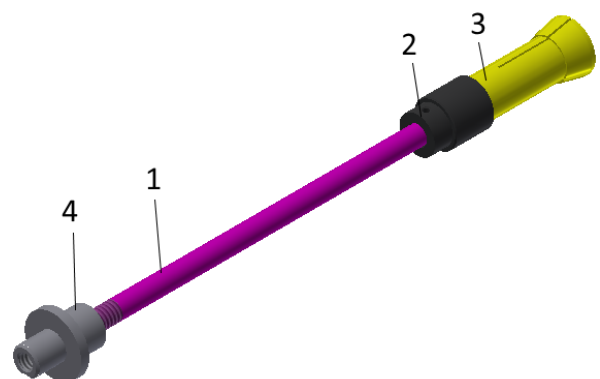


Рис. 7 – Затискний механізм

Гвинт 1 жорстко пов'язаний з гайкою цанги 2, яка в свою чергу зв'язана різьбовим з'єднанням з цангою 3, з можливістю стопоріння. З іншого боку гвинт зв'язаний різьбою з гайкою 4, яка жорстко з'єднується з приводом затиску. Різьба на гвинті та гайці використовується упорна з кутом нахилу профілю  $3^\circ$ , що при роботі шпинделя виключає розгвинчування пари, внаслідок самогальмування.

Змінний модуль з електромагнітною муфтою представлений на рис. 8.

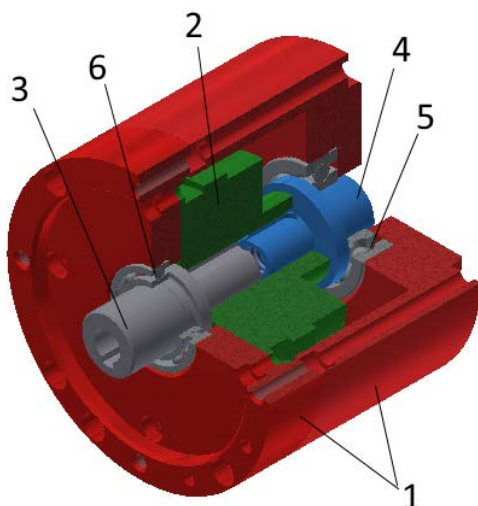


Рис. 8 – Розріз модуля з електромагнітною муфтою

Модуль складається з розбірного корпусу 1, самої електромагнітної муфти 2 (рис. 9), вала 3, для з'єднання з приводом та вала-гайки 4 для з'єднання з гвинтом з механізму затиску. В якості приводу можна використовувати кроковий двигун або високомоментний двигун. В нашому випадку використаний кроковий двигун.



Рис. 9 – Електромагнітна муфта

Для забезпечення високих обертів в корпусі модуля встановлюються радіальні підшипники з відповідними частотами обертання. Підшипник 5 має частоту до 28000 об/хв, оскільки зв'язаний з гвинтом

затискного механізму, який обертається зі шпинделем до 25000 об/хв. Підшипник 6 частоту до 5000 об/хв, оскільки зв'язаний з приводом затиску, що обертається до 3000-3500 об/хв.

В задній кришці 6 (рис. 4) розміщені приєднувальні елементи мотор-шпинделя (рис. 10) та конектори для живлення елементів, які потрібні для роботи системи.

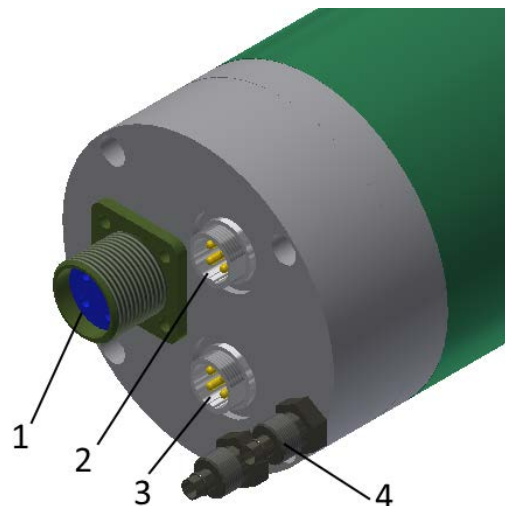


Рис. 10 – Приєднувальні елементи мотор-шпинделя

Роз'єм 1 призначений для підключення шпинделя до системи керування – інвертора (рис. 11), за допомогою якого встановлюються режими роботи шпинделя, а також регулюється частота обертів. До роз'єму 2 приєднується система керування приводом затиску (рис. 12). До роз'єму 3 підключаються елементи керування електромагнітною муфтою. Виходи 4 призначені для підведення охолодження до шпинделя.



Рис. 11 – Інвертор для керування шпинделем

На рис. 12 представлено контролер для керування ПрЗ. Підключається контролер через інтерфейсну плату до ПК, де за допомогою спеціального програмного забезпечення відбувається керування ПрЗ. Також можливе керування і без ПК, за допомогою підключення до інтерфейсної плати пульта керування або потенціометра.

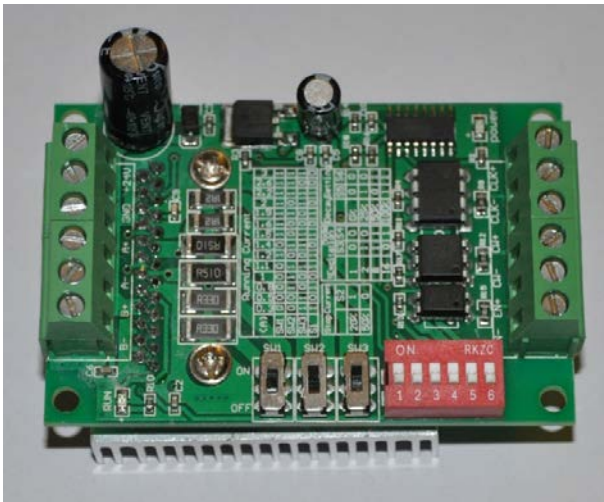
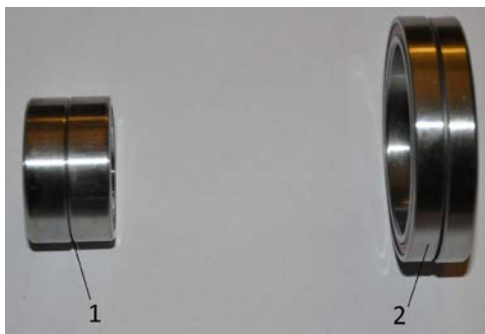


Рис. 12 – Контролер для керування Пр3

Шпиндель встановлено на високошвидкісних, високоточних шарикопідшипниках (рис. 13, а). В передній опорі радіально-упорні підшипники у виконанні дуплекс тандем, в задній два радіальних підшипника. Мотор-шпиндель має водяне охолодження, оскільки не має можливості розміщення вентилятора за задньою опорою, де розміщений привод затиску.

В даному шпинделі використовуються цанги Schaublin W20-80-4 (рис. 13, б), з можливим затиском інструмента з хвостовиком від 0,5 до 16 мм.



а



б

Рис. 13 – Стандартні деталі: а – шарикопідшипники шпинделя: 1 – задня опора; 2 – передня б – цанги Schaublin W20-80-4: 1 - Ø13 мм; 2 – Ø0,5 мм

Кінець шпинделя розроблявся відповідно до рекомендацій наданих фірмою Schaublin для використання даних цанг. У випадку, якщо шпиндель довго працює з одним інструментом, на передній кінець навинчується гайка, яка підтискає цангу.

На рис. 14 представлена структурна схема мотор-шпинделя з електромеханічним ЗМ, де: ДЕ – джерело енергії з напругою  $U_1$ ; СУ – система управління Пр3 – приводом затиску (електродвигун кроковий) з моментом на валу  $M_0$ ; ЕМ – електромагнітна муфта для розмокання моменту, що отримує від СУ напругу  $U_M$  і передає момент  $M_3$  на ЗМ – затискний механізм, що розміщений в середині МШ – мотор-шпинделя, ЗМ – передає тягове зусилля  $F_a$  на ЗП – затискний патрон, який є цанговий і затискає ОЗ – об’єкт затиску з силою  $F_r$ . МШ – керується за допомогою СУМШ – система управління мотор шпинделем, який обертається з моментом  $M_{ш}$  [8].

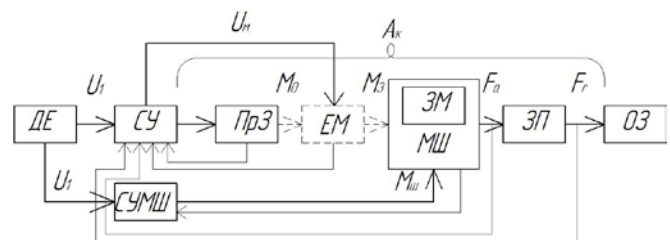


Рис. 14 – Структурна схема мотор-шпинделя з електромеханічним ЗМ

З даної схеми видно, що мотор-шпиндель є гібридом механічної та електромеханічної системи.

Для перевірки працездатності ШВ із ЗМ потрібно провести експериментальні дослідження по визначенню силових та жорсткісних характеристиках механізми затиску при різних режимах затиску [9, 10], а також провести експериментальне тарування затискного механізму, як для керування з ПК, так і для – потенціометра.

**Висновки.** Даний шпиндельний вузол має покращену конструкцію, в порівнянні з існуючими аналогами. Це зумовлено тим, що з ним не потрібно використовувати додаткової громіздкої апаратури для затиску, а його складання на модульному принципі дає змогу замінити або додавати до його структури додаткові вузли. Роз’яснення по силовим потокам дає змогу краще зрозуміти принцип роботи даного мотор-шпинделя.

**Список літератури:** 1. Вейц, В. Л. Электромеханические зажимные устройства станков и станочных линий. Расчет и конструирование [Текст] / В. Л. Вейц, Л. И. Фридман. – Л.: Машиностроение, 1973. – 262 с.

[Текст]

3. Кузнецов, Ю. Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография [Текст] / Ю. Н. Кузнецов, В. Н. Волошин, П. М. Неделчева, Ф. В. Эль-Дахаби; Под ред. Ю. Н. Кузнецова. – Габрово: Ун. изд-во «Васил Априлов», 2010. – 724 с. 4. Данильченко, Ю. М. Прецизійні шпиндельні вузли на опорах кочення (теорія і практика): Монографія [Текст] / Ю. М. Данильченко, Ю. М. Кузнецов. - Тернопіль – Київ: Економічна думка, 2003. – 344 с. 5. Патент США №4423880 МПК В23В31/20, В23В31/204. Гідравлічний патрон [Текст] / Войцех Космовскі 6.

Кузнецов, Ю. М. Использование модульного принципа при сборке шпиндельных узлов станков на базе мотор-шпинделей [Текст] / Ю. М. Кузнецов, В. А. Недобой, Ж. Г. Хамуєла // ТiAM. – 2014. – №2. – С. 13–16. **7.** Патент України №91163, МПК В23В 19/00. Шпиндельный узел верстата [Текст] / Кузнецов Ю. М., Недобой В. А., Хамуєла Ж. А.; заявл. 09.01.2014; опубл.25.06.2014; Бюл.№12. **8.** Кузнецов, Ю. М. Експериментальні дослідження високошвидкісного інструментального затискного патрону з пружним елементом затиску [Текст] / Ю. М. Кузнецов, Б. І. Придальний // СТПК2015. – 2015. – №1. – С. 42–45. **9.** Експериментальні дослідження високошвидкісного інструментального затискного патрону з пружним елементом затиску [Текст] / Ю. М. Кузнецов, В. Б. Фіранський, О. В. Грисяк, В. Н. Волошин // Вісник ХНТУСГ. – 2008. – №45. – С. 294–299. **10.** Кузнецов, Ю. Н. Расчет и экспериментальные исследования силовых характеристик высокоскоростного инструментального зажимного патрона [Текст] / Ю. Н. Кузнецов, В. А. Недобой, Геппа Ж. А. Хамуєла / International Scientific Conference "UNITECH '13" – Gabrovo, 2013. – С. 45–55.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Weitz, V. Friedman, L. (1973). Electromechanical clamping devices of machine tools and machining lines. Calculation and design. Saint Petersburg: Engineering, 262. **2.**

Kuznetsov, Y., Voloshin, V., Firansky, V., Gumenyuk, O. (2012). Tool chucks: Monograph. Kyiv. Ltd. "Gnosis", 286. **3.** Kuznetsov, Y., Voloshin, V., Nedelcheva, P., Dahabi, F. (2010). Clamping mechanism for high-performance and high-precision machining: Monograph. Gabrovo, Bulgaria: Un. Publishing House "Vasil Aprilov", 724. **4.** Danilchenko, Y., Kuznetsov, Y. (2003). Precision Spindle units for rolling resistance (theory and practice): Monograph. Ternopil – Kyiv: Economic thought, 344. **5.** Kosmowski, B. US Patent №4423880. The hydraulic chuck. B23B31 / 20, B23B31 / 204, publ. 01.03.1984. **6.** Kuznetsov, Y., Nedoboi, V., Hamuyela, H. (2014). Use the modular principle in the assembly spindle of machines tools based on the motor-spindles. Poland, TiAM, 13–16. **7.** Kuznetsov, Y., Nedoboi, V., Hamuyela, G. (2014). UA Patent №91163, B 23 B 19/00. Machine tool spindle unit. publ.25.06.2014; Byul.№12. **8.** Kuznetsov, Y., Prydalnyy, B. (2015). The analysis process dot gain clip-body rotation clamping mechanism with electromechanical drive. STPK2015, 42–45. **9.** Kuznetsov, Y., Firansky, V., Hrysyuk, A., Voloshin, V. (2008). Experimental study of high-speed tool clamping chuck with an elastic clamping element. KNTUA, №45, 294–299. **10.** Kuznetsov, Y., Nedoboi, V. (2013). Calculation and Experimental Studies of power characteristics high-speed tool chuck. International Scientific Conference "UNITECH '13". Bulgaria, 45–55.

Надійшла (received) 02.11.2015

#### Відомості про авторів/Сведения об авторах/About the Authors

**Недобой Вадим Анатолійович** – аспірант кафедри конструювання верстатів та машин, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056;

**Недобой Вадим Анатольевич** – аспірант кафедри конструювання станків и машин, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", пр. Победы, 37, г. Киев, Украина., 03056, тел. 063-138-06-89, email: [vadim\\_kpi@mail.ru](mailto:vadim_kpi@mail.ru).

**Nedoboi Vadym** – graduate student of chair of machine tools and machinery system, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", pr. Peremogy, 37, m. Kyiv, Ukraine, 03056

УДК 658.516.3:664.8.037.5

**Д. Н. ОДАРЧЕНКО**

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ОБРАТИМЫХ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

В данной статье разработана технология производства обратимых замороженных полуфабрикатов жидких и твердых фаз дикорастущих ягод, культивируемых грибов, томатных овощей (томаты и перец сладкий), курицы (бройлеры) и рыбы (караси серебряные), исследованы их функционально-технологические свойства (ФТС). Данная технология предусматривает получение двух фаз из пищевого сырья путём двукратного цикла замораживания-центрифугирования. На основании проведённых исследований предложены пути использования разработанных полуфабрикатов при производстве различных групп пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** обратимые полуфабрикаты, функционально-технологические свойства, технология производства, жидкие и твёрдые фазы.

**Введение.** Проблема рационального использования сырьевых ресурсов и производства качественных пищевых продуктов является одной из основных задач, от решения которой зависит обеспечение населения необходимыми и полезными продуктами. Не последнее место среди них занимают продукты переработки овощей, ягод и грибов, которые благодаря своим питательным свойствам составляют часть сырьевой базы перерабатывающей промышленности. Эта ситуация должна побудить наших производителей к поиску новых видов сырья и продукции из нее с целью расширения ассортимента традиционной продукции. Это может дать определенные конкурентные преимущества, так как во всем цивилизованном мире растет спрос на натуральную продукцию без искусственных красителей, витаминов и т.д. [1,2].

В связи с этим особое значение приобретает знание функционально-технологических свойств (ФТС) различных видов основного сырья и его компонентов,

понимание роли вспомогательных материалов и характера изменения ФТС под влиянием операций технологической обработки. Под функционально-технологическими свойствами понимают совокупность показателей, характеризующих сенсорные характеристики (цвет, вкус, запах), структурно-механические свойства (прочность и т.д.), величину выхода и потерь при термической обработке различных видов сырья и тому подобное. Такая трактовка понятия ФТС не является абсолютным, однако не исключается приоритетное значение перечисленных показателей при определении степени целесообразности использования замороженных полуфабрикатов для производства пищевых продуктов. То есть под ФТС подразумевают совокупность таких показателей, которые имеют приоритетное значение при производстве пищевых продуктов [3].

© Д. Н. Одарченко. 2015