

**Букало Д.М., магістр, Стаценко В.В., к.т.н., доц.**

*Київський національний університет технологій та дизайну*

### **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КАВОМАШИНИ З ПРИСТРОЄМ ПОДАЧІ ДОДАТКОВИХ ІНГРЕДІЄНТІВ**

***Анотація.** Робота присвячена розробці та дослідженню автоматичної кавомашини з пристроєм для подачі додаткових інгредієнтів. У роботі використані методи математичного моделювання, аналізу та синтезу. Представлено структурну схему автоматичної кавомашини з пристроями подання сиропу, молока, збитих вершків, шоколаду та інших. Наведено розрахунок електромагнітної помпи, що забезпечує рух води у гідравлічній системі машини.*

***Ключові слова:** кавомашина; інгредієнти; кава; приготування кави; електродвигун; помпа.*

**Bukalo D.M., Statsenko V.V.**

*Kyiv National University of Technologies and Design*

### **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF COFFEE MACHINE WITH DEVICE OF ADDITIONAL INGREDIENTS**

***Abstract.** The work is devoted to the development and research of an automatic coffee machine with a device for feeding additional ingredients. The methods of mathematical modeling, analysis and synthesis are used in the work. The block diagram of an automatic coffee machine with devices for serving syrup, milk, whipped cream, chocolate and others is presented. The electromagnetic pump calculation that provides water movement in the hydraulic system of the machine is given.*

***Keywords:** coffee machine; ingredients; coffee; coffee preparation; electric motor; pump.*

**Вступ.** Напої, виготовлені з кавових зерен, є одними з найбільш розповсюджених у світі [1, 2]. Їх якість, смакові властивості визначаються як якістю вихідної сировини, так і технологією приготування. Сьогодні обладнання для приготування кави пропонують сотні виробників, але більшість конструкцій використовує принцип, що був запропонований Бенджамином Румфордом у 19-ому сторіччі. Відповідно до нього, для виготовлення якісного напою, необхідно нагріту до температури кипіння воду повільно пропускати через мелені зерна кави [3, 4].

Сьогодні найчастіше використовуються чотири типи електричних кавоварок: гейзерні, компресійні, фільтраційні та вакуумні. Повна автоматизація процесу досягається при використанні кавомашин. Водночас, існують рецепти, які потребують використання додаткових пристроїв. До них відносяться капучіно, лате, мока та інші. В основі рецептів цих напоїв використовується кава еспресо до якої додаються різноманітні інгредієнти: молоко, сиропи, шоколад, збиті вершки, тощо [6, 7].

Перша машина для приготування кави з використанням гарячої пари була розроблена Едвардом Лоусел де Сантаис у 1855 році. Пристрій дозволяв виготовляти до 2000 порцій кави за годину. У 1901 році Луїджі Беццера запатентував конструкцію, яка і досі використовується як основа сучасних кавоварок компресійного типу. У сучасних конструкціях холодна вода за допомогою електричного насоса пропускається через теплообмінник, який знаходиться у бойлері з гарячою водою. Далі нагріта вода пропускається через мелену каву. Виробники пропонують велику кількість конструкцій, які поділяються на два основні типи: помпові та парові.

Також слід враховувати, що для приготування кави еспресо необхідно створити тиск від 8 до 17 атмосфер. Більшість розповсюджених конструкцій використовують значення 15 атмосфер, що зумовлює необхідність використання насосів високого тиску.

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження структури та принципу дії автоматичних кавомашин, визначення можливості введення до їх складу пристроїв подання додаткових інгредієнтів у напій.

**Результати досліджень.** Для приготування кави ESPRESSO використовують дрібно помелені суміші обсмажених кавових зерен. Обробка їх окропом або паром під тиском дозволяє досягнути високого ступеня екстракції ароматичних речовин та ефірних масел. Така технологія дозволяє отримати на поверхні напою золотистої пінки, що містить желатиноподібні речовини з низьким ступенем осадження.

У компресійних кавоварках ESPRESSO пара, утворюється за рахунок кип'ятіння води в щільно закритому резервуарі. Наявність нагнітального насоса дозволяє одержати більш високий рівень тиску (до 15 бар) без необхідності кип'ятіння всього обсягу води у резервуарі кавоварки.

Одна з конструкцій кавоварок з нагнітальним насосом і бойлером показана на рис. 1.

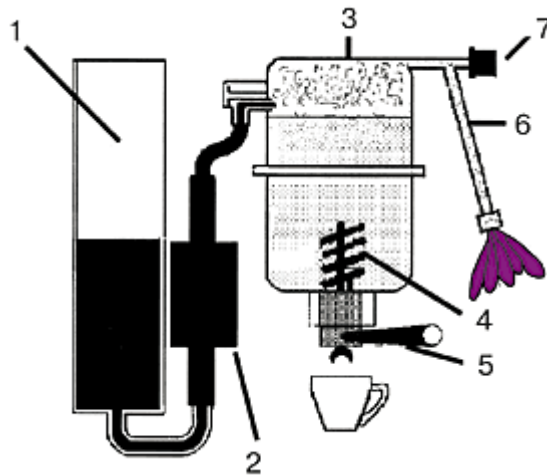


Рис. 1. Конструкція компресійної кавоварки ESPRESSO

Порція води з резервуара 1 за допомогою нагнітального насоса 2 (помпи) подається в бойлер 3, де відбувається кип'ятіння води та утворення пари. У середині бойлера встановлений нагрівальний елемент 4. Окріп або пароводяна суміш надходить у фільтр з меленою кавою 5. Для приготування «капу чино» використовується трубка 6 відводу пари з верхньої частини бойлера, що містить паровий кран 7.

У роботі запропоновано ввести до складу кавомашини типу ESPRESSO додаткові пристрої, що забезпечуватимуть введення сиропу та молочної піни до чашки з напоєм. Структурна схема такої машини показана на рис. 2. До її складу входять: резервуар з водою (1), насос (2), витратомір (3), бойлер (4), контейнер для молока (5), піноутворювач (6), контейнер для сиропу (7), блок дозатора кави (8), електромагнітні клапани (9), пристрій керування (10). Холодна вода з резервуару за допомогою насоса (помпи) подається до бойлера, який забезпечує її швидке нагрівання. Визначення необхідного об'єму води здійснюється за допомогою витратоміра. У відповідні моменти часу пристрій керування формує сигнали, які на заданий проміжок часу відкривають електромагнітні клапани, що забезпечує надходження заданої кількості молока, молочної піни та сиропу до чашки.

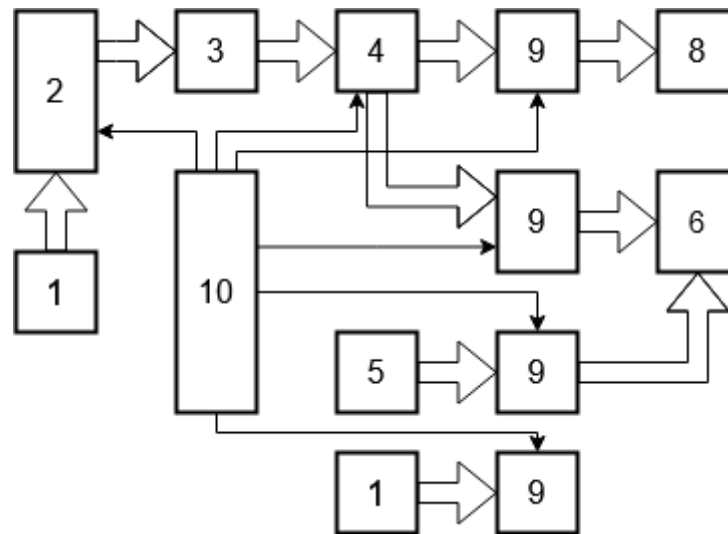


Рис. 2. Структурна схема кавомашини з пристроями для введення додаткових інгредієнтів

Враховуючи, що введення додаткових пристроїв у гідравлічну систему підвищує навантаження на помпу, розглянемо алгоритм розрахунку її параметрів [5, 8]. Прийmemo, що електромагнітне поле в робочих зазорах помпи є рівномірним. У типових електромагнітнів, які використовуються у складі помп, є два робочі зазори. Якщо переріз сердечника дорівнює перерізу корпусу, то силу тяги можна визначити за формулою Максвелла:

$$F_E = \frac{B_B * S_C}{\mu_0},$$

де  $S^C = \frac{\pi * d_c^2}{4}$ ;  $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$  Гн/м – магнітна проникність повітряного зазору.

Розрахунок діаметру осердя електромагніту здійснюється на основі відомої індукції в робочому зазорі  $B_B = (1,0 \dots 1,4)$  Тл:

$$d_C = 2 \sqrt{\frac{F_E * \mu_0}{\pi * B_B^2}}.$$

Визначення інших розмірів магнітопроводу, здійснюється на основі заданих розмірів обмотувального вікна, що при заданому режимі роботи визначаються необхідною магніторушійною силою (м.р.с) обмотки, яка дорівнює сумі м.р.с. робочих зазорів  $F^{\Sigma\sigma}$  і м.р.с. у сталі та паразитних зазорах  $\sum F_{CT}$ :

$$F^{M.K} = F^{\Sigma\sigma} + \sum F_{CT}.$$

Падіння магнітного потенціалу в робочих зазорах ( $S^{KOP} = S^C$ ):

$$F^{\Sigma\delta} = \frac{\Phi_B}{G_{\Sigma\delta}} = \frac{2B_B S_C * \delta}{\mu_0 S_C} = \frac{2B_B \delta}{\mu_0}.$$

Наближено врахувати коефіцієнт падіння м.р.с. у паразитних зазорах та сталі можна за допомогою коефіцієнту  $k^{11} = 0,15 \dots 0,35$ :

$$F^{M.K} = F^{\Sigma\delta} + k_{11} \cdot F^{M.K}.$$

За тривалого режиму роботи обмоток рекомендується обирати щільність струму в котушці електромагніту в межах

$$J = I_K / q = (2 \dots 4) \cdot 10^6 \text{ А/м}^2.$$

де  $q$  – площа поперечного перерізу проводу котушки без ізоляції,  $\text{м}^2$ .

Приймаючи  $j_K = 2,5 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ , визначити діаметр проводу котушки електромагніта без ізоляції можна за наступною формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot I_K}{\pi \cdot j_K}}.$$

Розрахунок площі обмотувального вікна котушки здійснюється за допомогою виразу:

$$Q^{o.K} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot \omega_K}{4 \cdot f_0}.$$

Співвідношення висоти обмотувального простору котушки  $l^k$  та його ширини  $h^k$  зазвичай обирається за конструктивним фактором ( $l^k / h^k$ ). У випадку використання розглянутого електромагніту  $l^k / h^k = 4,5$ . Інші розміри магнітопроводу розраховуються за виразами:

$$D_1 = d + 2h^k,$$

$$S^{Kop} \approx S^C.$$

Приймаюче магнітне поле розсіювання пласкопаралельним, одержимо:

$$B^{Kop} \approx BP;$$

$$D_2 = \sqrt{d_C^2 + D_1^2}.$$

Виходячи з того, що середній переріз якоря дорівнює перерізу сердечника, тобто  $S^{Я.ср} = S^C = \pi \cdot a_{Я} \cdot D_{ср} = \pi \cdot a_{Я} \cdot (d_C + h_K)$ , де  $D^{ср} = (d^C + D_1)/2$ , визначають товщину якоря:

$$a_{Я} = \frac{\pi \cdot d_C^2}{4 \cdot \pi \cdot (d_C + h_K)}.$$

**Висновки.** В результаті проведених досліджень та аналізу існуючих конструкцій кавомашин розроблено структуру кавомашини, що забезпечує виготовлення кави з додатковими інгредієнтами. Встановлено, що вирішення поставленої задачі потребує ускладнення конструкції гідравлічної системи машини та збільшує навантаження на помпу. Запропонований алгоритм розрахунку електромагнітної помпи дозволяє врахувати величину додаткових навантажень та визначити її конструктивні параметри.

**Список використаної літератури**

1. Vittori, Sauro; Caprioli, Giovanni; Cortese, Manuela; Sagratini, Gianni (January 1, 2015), Preedy, Victor R. (ed.). Coffee in Health and Disease Prevention. Academic Press. Pp. 255–263.
2. Бэнкс М. Мировая энциклопедия кофе / М. Бэнкс, К. Мак-Фадден, К. Эткинсон. – М.: Росмэн-Пресс, 2002. – 256 с.
3. Нарзикулов А. Кофе, кофеварки, кофемашины / Азиз Нарзикулов. – 2008. – 60 с.
4. Плужников И. И. Чашка кофе. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 95 с.
5. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы / А. А. Ломакин. – 2-е изд. – М.;Л.: Машиностроение, 1966.
6. Оборудование для приготовления эспрессо // Кофе: рецепты, коктейли, советы, мастер-классы / Сост. Д. И. Денисов, С. В. Цыро. – М.: Ресторанные ведомости, 2014. – С. 49–58.
7. Шомер Д. С. Кофе Эспрессо. Руководство для профессионалов = Espresso coffee: Professional techniques (2004) / Д. С. Шомер; пер. с англ. В. В. Полонского. – М.: Гурмэ Стайл, 2007. – 176 с.
8. Иванов В. И. Вакуумная техника: учеб. пособие / В. И. Иванов. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 129 с.