

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

Ю.О. Подчашинський, д.т.н., проф.

Л.О. Чепук, к.т.н.

Ю.О. Шавурський, к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

О.В. Дерев'янка, к.пед.н., доц.

Житомирський професійний ліцей

Вимірювання параметрів руху та керування технологічним обладнанням для пакування морозива

Застосування інформаційно-вимірювальних систем у харчовій галузі дозволяє покращити якість продуктів, зменшити витрати на обслуговування обладнання, зменшити витрати сировини за рахунок скорочення браку. Виробництво морозива з деякими змінами здійснюється за загальною технологічною схемою і складається з таких операцій: приймання сировини, підготовка сировини, складання суміші, пастеризація суміші, гомогенізація суміші, охолодження і дозрівання суміші, фризеравання суміші, фасування та загартовування, пакування і зберігання морозива. Використання сучасних контрольно-вимірювальних приладів дозволяє поліпшити точність підтримки технологічних параметрів виробництва морозива. Розроблена система за рахунок точного вимірювання параметрів руху технологічного обладнання і його більш точного позиціонування дозволяє зменшити витрати часу на роботу обладнання для пакування морозива, сприяє зменшенню випуску бракованої продукції. За рахунок зменшення часу на пакування, вилучення затримок обладнання для усунення одночасного попадання двох або більше пачок морозива у пакувальну машину досягається ритмічність роботи пакувальної лінії. Як програмований логічний контролер обрано контролер Siemens S7-1200. Для програмування системи використано стандартний програмний пакет фірми Siemens TIA Portal V16. В процесі роботи системи виконується безперервний контроль технологічних параметрів і при виявленні відхилень від нормальних значень включається попереджувальна звукова і світлова сигналізація з виведенням на екран монітора текстового повідомлення, виконується переключення на резервне обладнання і відбувається відключення головних електроприводів для захисту обладнання від можливого ушкодження.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система; параметри руху; технологічне обладнання; морозиво; індуктивний датчик; програмований логічний контролер.

Актуальність теми. Застосування інформаційно-вимірювальних систем для управління процесом пакування морозива за рахунок точного вимірювання параметрів руху технологічного обладнання і його більш точного позиціонування дозволяє зменшити витрати часу на роботу обладнання і зменшення браку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спираються автори. Технологію виробництва морозива розглядали у роботах Поліщук Г.Є., Гудз І.С. [1], Бартковський І.І., Шарахматова Т.Є. [2, 3]. Скорченко Т.А. [4]. Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива розглянуто у [5, 6]. Обладнання для виробництва морозива розглянуто у [7, 8].

Метою статті є розробка інформаційно-вимірювальної системи для вимірювання параметрів руху та керування технологічним обладнанням для пакування морозива.

Викладення основного матеріалу. Постійне підвищення вимог до якості, надійності і безпеки систем моніторингу й управління технологічними процесами – характерна риса сучасного виробництва. Ця обставина приводить до необхідності постійно розробляти відповідні інформаційно-керуючі системи. При цьому, якщо експлуатаційні особливості, точність роботи і надійність вузлів системи, що є об'єктами контролю і управління (датчики, сигналізатори, приводи тощо), не будуть відповідати функціональним і комутаційним можливостям пристроїв мікропроцесорної техніки (контролери, робочі й операторські станції тощо), то розраховувати на істотне поліпшення властивостей системи, що розроблюється, навряд чи потрібно. Пропонується впровадження сучасної системи керування процесом пакування морозива за рахунок впровадження сучасних вимірювальних і обчислювальних засобів, що сприяють точному вимірюванню параметрів руху технологічного обладнання і його більш точного позиціонування.

Незважаючи на значну різноманітність в асортименті, виробництво морозива з деякими змінами здійснюється за загальною технологічною схемою і складається з таких операцій: приймання сировини, підготовка сировини, складання суміші, пастеризація суміші, гомогенізація суміші, охолодження і дозрівання суміші, фризеравання суміші, фасування та загартовування, пакування і зберігання морозива [1].

Головним завданням пакування є захист від вологи й забруднень; механічних пошкоджень і будь-яких контактів; ультрафіолету; впливу факторів навколишнього середовища.

У склад лінії пакування морозива входять такі елементи [8]:

- головний триполюсний вимикач Siemens 3KA5030-1EE01;
- автоматичний триполюсний вимикач Siemens 5SY6 316-7;
- індуктивний датчик нульового положення Siemens 3RG4014-3AG01;
- індуктивні датчики кінцевого положення Siemens 3RG4014-3AG01;
- індуктивні датчики комірки на транспортерних лініях Siemens 3RG4014-3AG01;
- індуктивний датчик для сигналу зупинки люльки на конвеєрі Siemens 3RG4014-3AG01;
- індуктивні датчики комірки на пакувальних машинах Siemens 3RG4014-3AG01;
- пневморозподільвачі FESTO MN2H для керування затискачами на каретці;
- пакувальні машини «Течія»;
- кнопки Siemens 3SB3 02-0AA31 сигналів «Старт» та «Стоп»;
- кнопки аварійної зупинки Siemens 3SB3 03-1HA20;
- електротехнічна шафа Rittal AE 1055.500 для монтажу обладнання.

Схему процесу знімання морозива з конвеєра та подальшого його пакування наведено на рисунку 1. Автоматичний знімач морозива складається зі станини, на якій розміщено сервомотор.

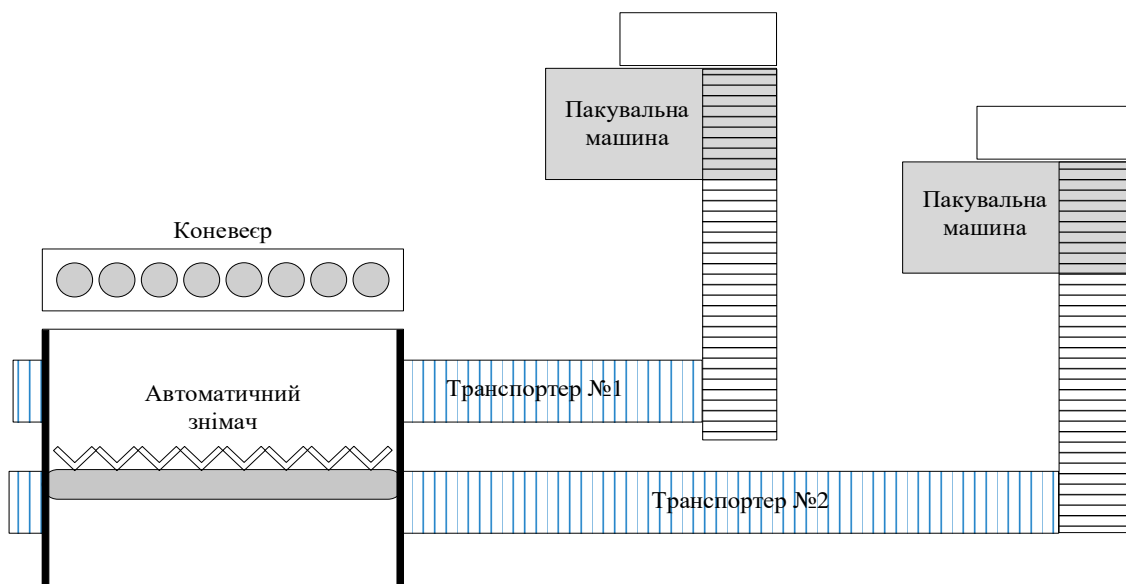


Рис. 1. Схематичне зображення процесу знімання та пакування морозива

Сервомотор приводить в рух каретку з пневматичними затискачами для фіксації та переміщення морозива від конвеєра до транспортерних ліній та вивантаження на них. Станина складається із рами зварної конструкції і литого чавунного корпусу. Рама і корпус, корпус і конвеєр кріпляться між собою болтами. Станина виставляється на опорах, які регулюються по висоті.

Для зручності обслуговування обладнання і комунікацій, що розміщені в станині, передбачено 3 облицювальних листи, що знімаються.

До станини також приварено кріплення для фіксації датчиків кінцевого положення та датчика нульового положення. Каретка переміщується по станині по направляючих, що забезпечують жорстку фіксацію та максимально обмежують люфт каретки при переміщенні. При досяганні положення знімання морозива каретка стає стабільно в одне й те ж положення.

Транспортерна лінія розділена перегородками для рівномірного розподілу морозива при переміщенні та коректного перекладання морозива на лінію пакувальної машини. Це робиться для того, щоб у комірку упаковки не потрапило дві або більше пачок морозива, що може спричинити тимчасову зупинку пакувальної машини. Біля кожної комірки на транспортерній лінії встановлено залізний болт, на який реагує індуктивний датчик Siemens типу 3RG4014-3AG01, передаючи сигнал на контролер.

Швидкість транспортерної лінії керується через частотний перетворювач Mitsubishi FR-A740-C23, який керується за принципом сервопозиціонування, що дає можливість дуже точно завдати швидкість.

Пакувальна машина має свою власну транспортерну лінію, з можливістю налаштування довжини комірки. Корекція комірки потрібна для різних видів морозива, що мають різну довжину і відповідно різну упаковку. Сигнал на контролер приходить по зняттю сигналу з залізної лопатки комірки, на яку реагує індуктивний датчик Siemens типу 3RG4014-3AG01.

Запуск, зупинка та аварійна зупинка відбуваються з кнопок, розташованих на шафі керування [9]. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи для управління процесом пакування морозива наведена на рисунку 2. Як програмований логічний контролер обрано контролер Siemens S7-1200 [9].

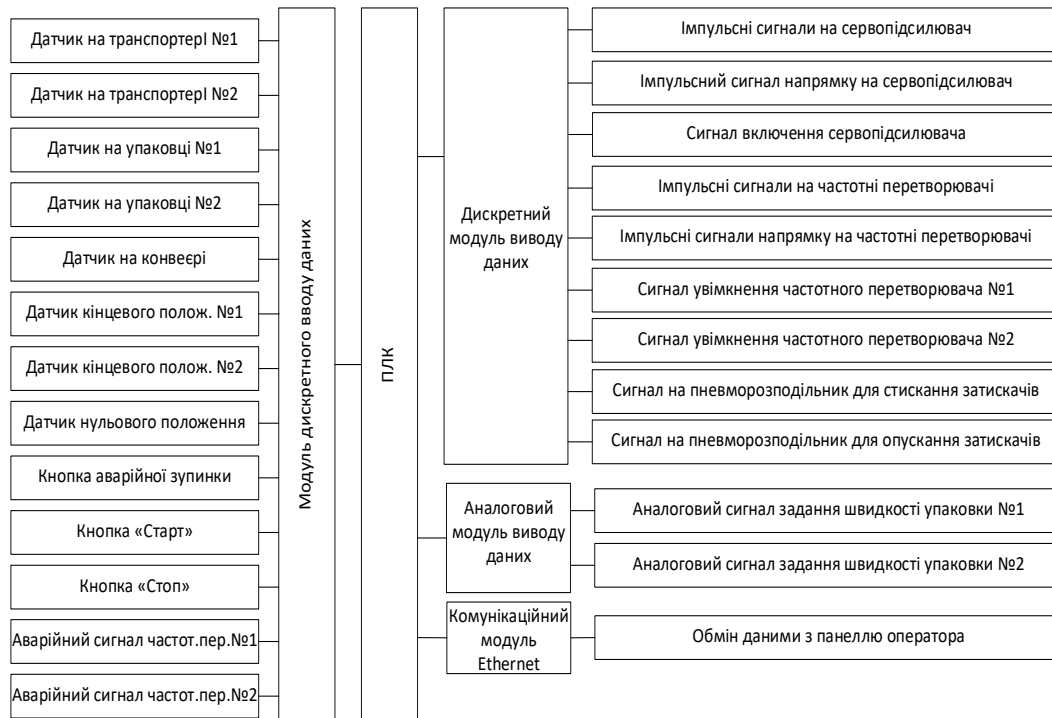


Рис. 2. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи для управління процесом пакування морозива

Параметри роботи програми задаються через панель керування. Можна корегувати координати роботи сервоприводу на різних видах морозива та записувати дані до рецептів. У програмі передбачено вибір чотирьох режимів, які відповідають чотирьом видам морозива.

Датчики на транспортері відповідають за підрахунок комірок, в які викладається морозиво після зняття його з основної конвеєрної лінії. Датчики на упаковці потрібні для синхронізації упаковки та конвеєра. Задавши швидкість пакувальних машин, аналоговим сигналом ми корегуємо, слідкуючи за різницею надходження сигналів з датчиків на транспортерній лінії та з датчиків на упаковці.

Датчик на основній лінії морозива дає сигнал сервоприводу рухатися до люльки з морозивом, аби забрати його. Це є основним керуючим сигналом роботи пакувальної установки. За частотою сигналу з датчика на основній лінії морозива визначається швидкість роботи транспортерів та пакувальних машин.

Кнопки «Старт» та «Стоп» розташовані на шафі керування та дозволяють оператору виконати запуск за зупинку установки в будь-який момент.

Для позиціонування каретки із затискачами морозива використано сервопривод фірми Mitsubishi, який дає змогу точного позиціонування та стеження за положенням у реальному часі. Сигнал з аварійного стопа зав'язаний на пряму до контакту аварійної зупинки.

Датчики на направляючій, по якій рухається каретка з затискачами, обмежують рух каретки. Це зроблено для того, щоб каретка не біла об краї установки та не стопорила сервопривод, що може призвести до порушення його роботи. Датчик нульового положення призначено для задання програмі координати нуля.

Для приведення в рух транспортерів з морозивом використовуються частотні перетворювачі Mitsubishi. Аварійна зупинка відбувається через контролер шляхом зняття контролюючого сигналу з клемної колодки на частотному перетворювачі.

Подачею сигналу на котушку пневморозподільника відбувається підняття та опускання затискачів морозива на каретці і, відповідно, їх затискання і розтискання.

Програмна частина інформаційно-вимірювальної системи. Для програмування системи використано стандартний програмний пакет фірми Siemens TIA Portal V16.

При виборі середовища програмування було проведено порівняння техніко-економічних показників ряду пакетів вітчизняних і закордонних розробників. Вибір оснований на таких міркуваннях:

- функціональна достатність для розроблюваної АСУ;
- можливість придбання об'єктної частини пакета (режим run time) без захисту;
- можливість вибору виду захисного ключа інструментальної частини;
- достатній термін гарантійного обслуговування з можливістю продовження.

У процесі роботи системи виробляється безперервний контроль параметрів і під час виявлення відхилень від нормальних значень виконуються відповідні дії:

- включається попереджувальна звукова і світлова сигналізація з виведенням на екран монітора текстового повідомлення, а за наявності включеного принтера відбувається його паралельний друк;
- виробляється переключення на резервне обладнання;
- виконується відключення головних електроприводів для захисту обладнання від можливого ушкодження.

За всіма параметрами, що представлені аналоговими сигналами, збираються історичні тренди.

Інтерфейс із персоналом побудований на основі:

- 1) системи меню, що дозволяє
 - викликати на екран інформацію про параметри обладнання в табличній формі або у вигляді трендів з різними періодичністю і глибиною збору;
 - змінювати значення уставок контрольованих параметрів об'єкта і настроювання системи;
 - виконувати сервісні і системні функції;
 - 2) виведення на екран текстових повідомлень по ситуаціях;
 - 3) звукової і світлової сигналізації на двері шафи з контролером;
- З урахуванням всього розглянутого вище складено блок схему роботи системи, що зображена на рисунках 3–6.

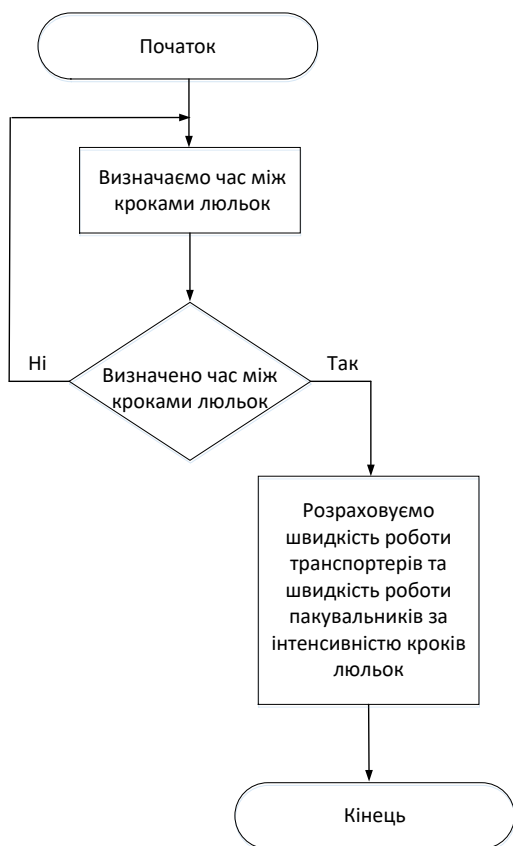


Рис. 3. Блок схема алгоритму розрахунку швидкості

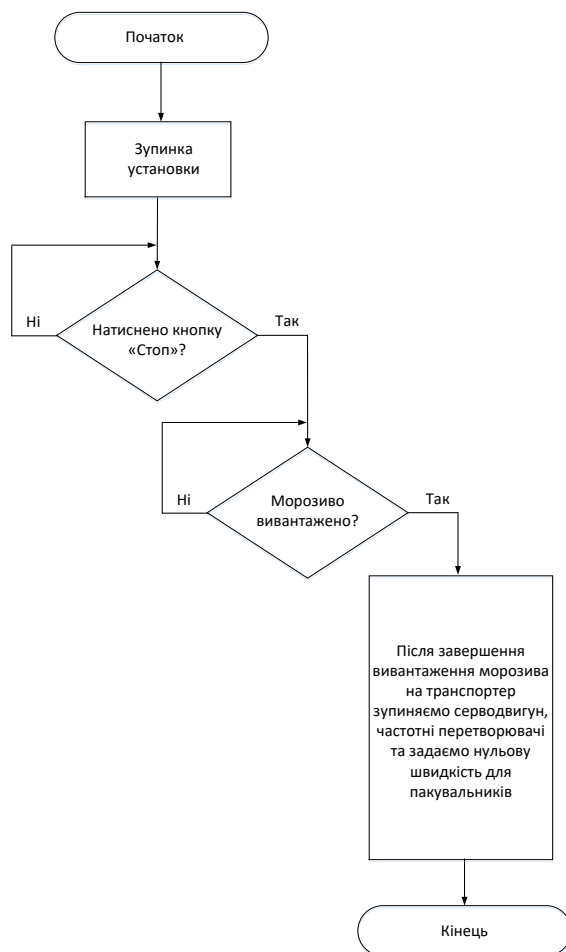


Рис. 4. Блок схема алгоритму зупинки установки

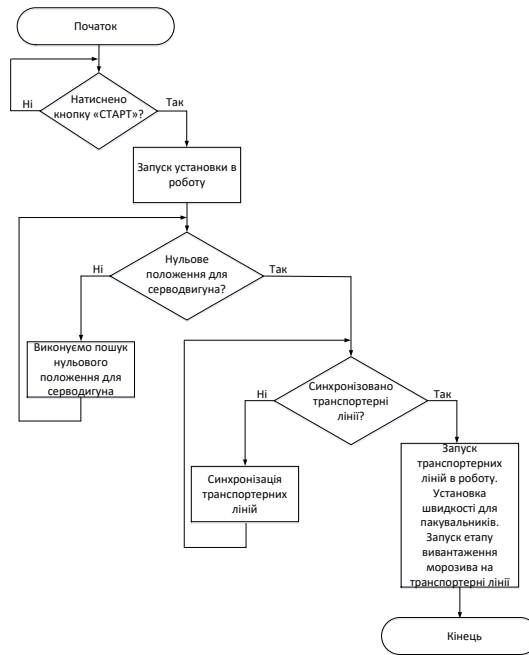


Рис. 5. Блок схема алгоритму запуску установки

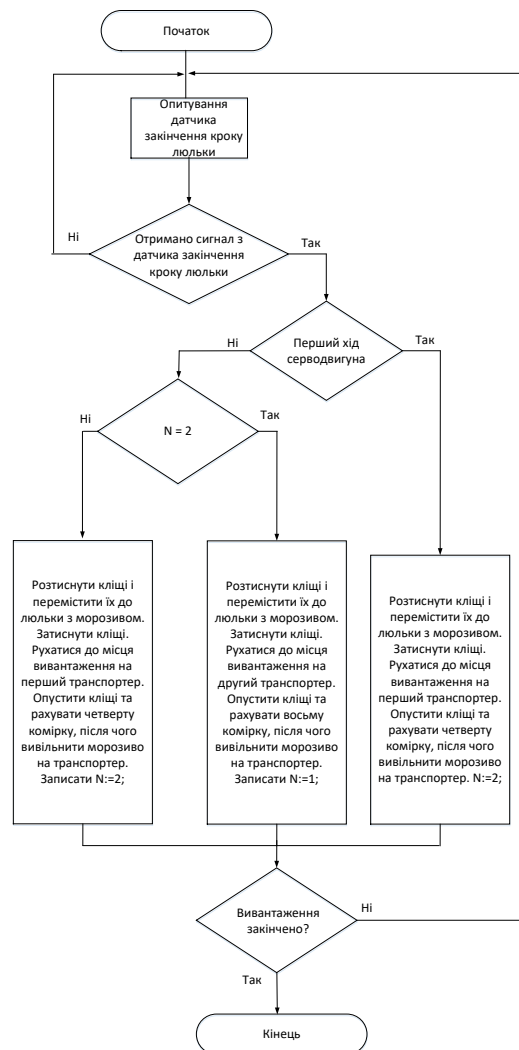


Рис. 6. Блок схема алгоритму вивантаження

Система у будь-якому випадку видає повідомлення про стан кожного з цих параметрів. Після того, як система перевірила всі перераховані вище параметри, починається контроль роботи автоматичного знімача морозива.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Впровадження сучасних інформаційно-вимірювальних систем параметрів руху та керування технологічним обладнанням для пакування морозива дозволить зменшити кількість часу на процес пакування та уникнути простою технологічного обладнання.

Список використаної літератури:

1. *Полищук Г.С.* Технологія морозива / *Г.С. Полищук, І.С. Гудз.* – К. : Фірма ІНКІОС, 2006. – 216 с.
2. Технологія молочних продуктів : підручник / *Г.С. Полищук, О.В. Грек, Т.А. Скорченко та ін.* – К. : НУХТ, 2013. – 502 с.
3. *Бартковський І.І.* Технологія морозива / *І.І. Бартковський, Г.С. Полищук, Т.Є. Шарахматова.* – К. : Фенікс, 2010. – 248 с.
4. Технологія незбирано-молочних продуктів : навчальний посібник / *Т.А. Скорченко, Г.С. Полищук, О.В. Грек, О.В. Кочубей* ; за ред. *Т.А. Скорченко.* – Вінниця : Нова Книга, 2005. – 264 с.
5. *Сухенко Ю.Г.* Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива : монографія / *Ю.Г. Сухенко, Г.С. Полищук, В.В. Сарана* ; за ред. проф. *Г.С. Полищук.* – К. : НУБіП України, 2019 – 299 с.
6. *Полищук Г.С.* Основи одержання морозива та заморожених десертів : конспект лекцій для бакалаврів спец. 181 «Харчові технології» / *Г.С. Полищук.* – К. : НУХТ, 2020 – 82 с.
7. Обладнання для виробництва морозива : навч. посіб. / *І.І. Бартковський, О.М. Рибак, Г.С. Полищук та ін.* – К. : Нац. ун-т харч. технологій, Одес. нац. акад. харч. технологій, Асоц. укр. виробників «Морозиво і заморожені продукти», 2014. – 316 с.
8. *Плахотний В.Т.* Агрегати і потоково-механізовані лінії для виробництва морозива : конспект лекцій / *В.Т. Плахотний, Н.Є. Янковська.* – К. : ІПК, 2001. – 40 с.
9. SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller : System Manual // Siemens. – 2018 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cutt.ly/nKkQAvr>.
10. Delivery release TIA Portal V16 [Electronic resource]. – Access mode : <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109771626/delivery-release-tia-portal-v16?lc=en-ww>.

References:

1. Polishhuk, G.Je. and Gudz, I.S. (2006), *Tehnologija morozyva*, Firma INKOS, K., 216 p.
2. Polishhuk, G.Je., Grek, O.V., Skorchenko, T.A. et al. (2013), *Tehnologija molochnyh produktiv*, pidruchnyk, NUHT, K., 502 p.
3. Bartkovs'kyj, I.I., Polishhuk, G.Je. and Sharahmatova, T.Je. (2010), *Tehnologija morozyva*, Feniks, K., 248 p.
4. Skorchenko, T.A., Polishhuk, G.Je., Grek, O.V. and Kochubej, O.V. (2005), *Tehnologija nezbyrano-molochnyh produktiv*, navchal'nyj posibnyk, by Skorchenko, T.A. (ed.), Nova Knyga, Vinnycja, 264 p.
5. Suhenko, Ju.G., Polishhuk, G.Je. and Sarana, V.V. (2019), *Naukove i tehnicne zabezpechennja vyrobnyctva morozyva*, monografija, by prof. Polishhuk, G.Je. (ed.), NUBiP Ukrainy, K., 299 p.
6. Polishhuk, G.Je. (2020), *Osnovy oderzhannja morozyva ta zamorozhenyh desertiv*, konspekt lekcij dlja bakalavriv spec. 181 «Harchovi tehnologii», NUHT, K., 82 p.
7. Bartkovs'kyj, I.I., Rybak, O.M., Polishhuk, G.Je. et al. (2014), *Obladnannja dlja vyrobnyctva morozyva*, navch. posib., Nac. un-t harch. tehnologij, Odes. nac. akad. harch. tehnologij, Asoc. ukr. vyrobnykiv «Morozivo i zamorozheni produkty», K., 316 p.
8. Plahotnyj, V.T. and Jankovs'ka, N.Je. (2001), *Agregaty i potokovo-mehanizovani linii' dlja vyrobnyctva morozyva*, konspekt lekcij, IPK, K., 40 p.
9. Siemens (2018), *SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller*, System Manual, [Online], available at: <https://cutt.ly/nKkQAvr>
10. Delivery release TIA Portal V16, [Online], available at: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109771626/delivery-release-tia-portal-v16?lc=en-ww>

Безвесільна Олена Миколаївна – заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- автоматизовані системи управління;
- комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи;
- приладобудування;
- системний аналіз складних технічних систем.

Подчашинський Юрій Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри метрології та інформаційно-виміральної техніки Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірвальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень;
- системний аналіз складних технічних систем.

Чепюк Ларіна Олексіївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри метрології та інформаційно-виміральної техніки Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірвальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень;
- системний аналіз складних технічних систем.
- системи стабілізації.

Шавурський Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірвальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень;
- системний аналіз складних технічних систем.

Дерев'янюк Олена Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент, директор Житомирського професійного ліцею.

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірвальні системи;
- системний аналіз складних технічних систем.

Bezvesilna E.N., Podchashinskiy Yu.O., Chepiuk L.O., Shavurskiy Yu.O., Derevianko O.V.

Measurement of movement parameters and control of technological equipment for ice cream packaging

The use of information and measurement systems in the food industry can improve the quality of products, reduce the cost of equipment maintenance, and reduce the consumption of raw materials by reducing scrap. The production of ice cream with some changes is carried out according to the general technological scheme and consists of the following operations: receiving raw materials, preparing raw materials, assembling the mixture, pasteurizing the mixture, homogenizing the mixture, cooling and maturing the mixture, freezing the mixture, packaging and hardening, packaging and storage of ice cream. The use of modern instrumentation improves the accuracy of supporting the technological parameters of ice cream production. The developed system, due to the precise measurement of the movement parameters of the technological equipment and its more accurate positioning, allows reducing the time spent on the operation of equipment for ice cream packaging, helps to reduce the production of defective products. By reducing the time for packaging, eliminating equipment delays to eliminate the simultaneous entry of two or more packs of ice cream into the packaging machine, the rhythm of the packaging line is achieved. The Siemens S7-1200 controller was chosen as a programmable logic controller. The system was programmed using the standard software package Siemens TIA Portal V16. During the operation of the system, technological parameters are continuously monitored and, if deviations from normal values are detected, a warning sound and light alarm is activated with a text message displayed on the monitor screen, switching to backup equipment is performed and the main electric drives are turned off to protect equipment from possible damage.

Keywords: information and measuring system; motion parameters; process equipment; ice cream; inductive sensor; programmable logic controller.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2022.