

4. Лисиця, П.М. Підсистемна реалізація автоматизованої системи керування нестационарним процесом виготовлення трубок із кварцового скла / П.М. Лисиця, М.П. Лисиця // Вестник НТУ „ХПИ”: тематический выпуск «Автоматика и приборостроение». Вып. № 20. – Харьков, 2010. – С. 103–109.
5. Лисиця, М.П. Виявлення взаємних зв'язків у багатовимірному об'єкті та обґрунтування принципу керування з розв'язкою каналів процесом формування кварцової трубки / М.П. Лисиця, П.М. Лисиця, І.М. Сергієнко // Тез. доп. 62 наук. конф. проф., викл., наук. працівників, асп. та студентів університету. – Т. 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 6–8.

*Висвітлено актуальність створення і впровадження автоматизованого управління об'єктами зберігання та переробки зерна з використанням енергозберіжних технологій. Поставлено основні ключові цілі створення АСУТП і наведено основні етапи їх реалізації*

*Ключові слова: автоматизоване управління, енергозберіжні технології, АСУТП*

*Отражена актуальность создания и внедрения автоматизированного управления объектами хранения и переработки зерна с использованием энергосберегающих технологий. Поставлены основные ключевые цели создания АСУТП и приведены основные этапы их реализации*

*Ключевые слова: автоматизированное управление, энергосберегающие технологии, АСУТП*

*Actuality of creation and introduction of the automated management the objects of storage and processing of grain is reflected with the use of energysaving technologies. Primary key purposes are put at creation of such control system and basic their implementation phases are resulted*

*Keywords: automated management, energy-saving technologies, ACSPT*

УДК 65.011.56

# ЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Д. В. Воробієвський**  
Аспірант\*

Контактний тел.: (044) 287-94-56  
E-mail: dmytriy.nuft@gmail.com

**А. П. Ладанюк**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри\*

Контактний тел.: (044) 289-52-83  
E-mail: ladanyuk@nuft.edu.ua

\*Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033

## Вступ

Українська економіка сьогодні є однією із самих енергоємних в регіоні. Енергоємність, еквівалента 1 дол. США, у нас приблизно у два-три рази вище ніж в середньому у світі [1]. Незважаючи на те, що ціни на енергоносії постійно підвищувалися протягом останніх років, далі за експертні висновки про цю проблему справа не просунулася.

В сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України явною постає проблема неефективного управління однією з найважливіших його складових – зерновим сектором, який є стратегічним ресурсом на зовнішніх світових ринках та забезпечує продовольчу безпеку країни.

Впровадження сучасних інформаційних технологій, а також останніх розробок у сфері промислової автоматизації підприємств зберігання і переробки

зерна (ПЗПЗ) має істотний вплив на підвищення ефективності управління і зростання конкурентоспроможності підприємств в цілому. Зберігання і переробка зерна процес складний, багатоступінчастий, енергоємний, що вимагає впровадження досконалих, надійних систем автоматизації для досягнення високої ефективності роботи. Технологічні процеси удосконалювалися віками, з тієї миті, як людина уперше навчилася перетирати зерна за допомогою щільно прилеглих один до одного каменів, що оберталися. Сьогодні використовуються ті ж механізми розтираючої, а також ударної дії, тільки на базі повністю автоматизованих, технічно досконалих технологічних комплексів.

Кількість параметрів, за якими відбувається управління та контроль на сучасних автоматизованих ПЗПЗ (елеваторах, зернохосвищах, борошномельних заводах, комбикормових комбінатах) постійно збільшується, давно перевищивши межу, коли оператор може самостійно (без застосування складних автоматизованих комплексів) управляти технологічним процесом. У зв'язку з цим, питання впровадження комплексної автоматизації виробничих процесів приведених підприємств є досить актуальним.

Особлива ситуація виникає з впровадженням АСУ ТП виробництва на підприємствах, що були спроектовані/збудовані за радянських часів та перших років незалежності України: технічний стан та конструктивні особливості обладнання не дозволяють побудувати ефективну систему автоматизованого управління виробництвом без майже повної заміни обладнання. Україна на сьогоднішній момент має в складі зернової галузі близько 80% підприємств старого типу, а 20% - це частково модернізовані підприємства та нові досконалі підприємства, які вже мають у своєму складі АСУ П, проте навіть ці підприємства сильно відрізняються один від одного глибиною автоматизації виробництва та бізнес-процесів підприємства в цілому.

Таким чином, використання енергозберігаючих алгоритмів та технологій є актуальною проблемою.

---

### Постановка задачі

---

Сушка, очищення, зберігання, переміщення зерна — основні складові процесу роботи з зерном. Автоматизація технологічних процесів сушки, зберігання зерна, як правило, виконується на досить високому рівні. Основною перешкодою впровадженню сучасних АСУ ТП переміщення зерна являється їх відносно висока вартість.

Технічним базисом підвищення ефективності технології зберігання і переробки зерна, організації автоматичного контролю, управління, а також кількісного та якісного обліку сировини, продукції, являється автоматизована система управління з використанням досконалих алгоритмів та методів.

АСУ ТП зберігання і доробки зерна виконує оперативний, жорсткий контроль сировини, а також готового продукту, відстежує відповідність роботи підприємства технологічному регламенту, контролює дії технологічного персоналу, підвищує персональну від-

повідальність операторів за рішення, які спричинили збитки.

АСУ ТП комбикормового заводу вирішує завдання складання, реалізації комбикормових сумішей, прийом, облік інгредієнтів, суворий контроль роботи технологічного устаткування виробництва комбикормів.

АСУ ТП борошномельного виробництва дає можливість контролювати процес зволоження зерна в підготовчому відділенні, формувати помольні партії зерна, формувати сорти борошна при відвантаженні споживачеві, здійснювати маршрутизацію в складі готової продукції, контролювати навантаження вальцових верстатів, вимірювати білизну, вологість борошна в потоці, виконувати ваговий контроль відвантаженої продукції.

На даний момент в АСУ ТП окремо не використовуються алгоритми енергозбереження, а в кращому випадку такі алгоритми є вбудованими в окремі технічні засоби, наприклад, частотні перетворювачі та засоби плавного пуску двигунів, що не дає змоги повністю реалізувати потенціал зменшення енерговитрат конкретного виробництва.

Цілі модернізації виробництва по зберіганню і переробці зерна:

- безперервний облік і контроль усіх технологічних параметрів приймання, зберігання і відвантаження зерна;
- керування виробничими механізмами (транспортерами, норіями, двигунами, вентиляторами, засовами та ін.);
- керування увімкненням/вимкненням освітленням виробничих приміщень та територій;
- протоколювання на серверах усіх дій операторів і інших відповідальних осіб;
- зберігання інформації про партії зерна, що приймається, зберігається і відвантажується;
- відображення інформації про технологічний процес на дисплеї пульта оператора в зручній формі у вигляді мнемосхем, таблиць, графіків;
- блокування некоректних дій операторів, або інших відповідальних осіб;
- розпізнавання аварійних ситуацій, видача повідомлень операторові і ухвалення рішень при невтручанні оператора;
- зберігання, перегляд і друк протоколів подій і аварій;
- забезпечення оперативного доступу до інформації фахівців різних служб підприємства.

---

### Результати дослідження

---

Основна проблема задач аналізу і синтезу енергозбережного управління багатовимірними об'єктами (до яких відноситься ПЗПЗ) пов'язана з великою кількістю можливих видів функцій оптимального управління, а відповідно і зі складністю математичного забезпечення інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв (програмно-логічні контролери та ЕОМ). Математичне забезпечення повинно містити в собі необхідні співвідношення для границь областей функцій оптимального управління, системи рівнянь та алгоритми їх розвитку для розрахунку параметрів

управляючих дій, алгоритми перевірки існування рішення задач оптимального управління заданих вихідних даних [2].

Існує велика кількість постановок задач оптимального управління з мінімізацією функціоналів, які враховують витрати електричної енергії, витрату палива (газ, мазут, дизельне паливо), води та їх комбінації.

Функція  $f_0(u(t))$  задає вид функціоналу на інтервалі часу  $[t_0 - t_k]$  і при задачі мінімізації витрат енергоносіїв (енергозбереження) записується у вигляді:

$$I_e = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt \quad (1)$$

при витраті палива, води

$$I_{\text{пал.,води}} = \int_{t_0}^{t_k} |u(t)| dt \quad (2)$$

Задача з інтегральним обмеженням на управління. В такому випадку задається допустимий ліміт використання палива (газу, дизельного пального, мазуту):

$$\int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt \leq I_{\text{пал}} \quad (3)$$

Задача з комбінованими функціоналами, наприклад, мінімізація по витраті палива і часу:

$$I_{\text{пал.+ч}} = \int_{t_0}^{t_k} (c_q + |u(t)|) dt \rightarrow \min_{u, t_k} \quad (4)$$

$c_q$  - ваговий коефіцієнт часу [3].

Для об'єктів ПЗПЗ вектор управління ( $u$ ) зазвичай є напругою, силою струму, витратою палива різних видів та води.

Модернізація та створення автоматизації на підприємствах повинно супроводжуватись:

- впровадження систем нового покоління на базі сучасних мікропроцесорних засобів, що об'єднуються в мережі та мають можливості розширення без перебудови усієї системи;

- заміною релейних АСУ ТП ПЗПЗ сучасною елементною базою систем автоматизації зернохосвищ дозволить в реальному часі відстежувати переміщення кожної конкретної партії зерна, вести безперервний облік, оперативно аналізувати параметри зерна (в тому числі в потоках), жорстко контролювати процес приймання, зменшити вірогідність виникнення недовідач;

- впровадженням сучасних систем комерційного обліку на підприємстві зберігання і переробки зерна за допомогою тензометричних систем виміру ваги, пов'язаних єдиною автоматизованою системою обліку зерна та продуктів його переробки, які в будь-який момент доступні для верхнього рівня АСУ П підприємства. Автоматизований облік продукції зернопереробних підприємств і зернохосвищ істотно зменшує вплив людського чинника на результат зважувань і підвищує точність вимірів;

- заміною застарілих систем термометрії сучасними метрологічно атестованими і сертифікованими системами, оснащенням технологічних ділянок

сучасними пристроями автоматизації і контролю якісних характеристик зерна, а також продуктів його переробки.

В результаті створення АСУП ПЗПЗ повинна мати три рівні автоматизованого управління:

Перший рівень - безпосереднє управління технологічним устаткуванням і контроль технологічних параметрів:

- контроль та управління процесом приймання залізничного та автомобільного транспорту;

- контроль та управління завантаженням зерна та продуктів його переробки в складські приміщення та ємності і відвантаження клієнтам;

- система термометрії зернохосвищ - автоматизоване вимірювання температури зерна, що зберігаються та передача отриманої інформації по промисловій мережі на спеціальний сервер центра обробки даних.

- автомобільні ваги;

- залізничні ваги;

- система обліку і контролю енергоресурсів.

Усі контролери і системи об'єднані промисловими мережами відкритої архітектури. Відкриті архітектури промислових мереж підтримуються більшістю європейських і американських виробників систем промислової автоматики.

Другий рівень - автоматизовані робочі місця операторів на виробничих ділянках.

Третій рівень - Локальна обчислювальна мережа організаційно-економічного рівня та лабораторії.

В результаті аналізу споживання енергоресурсів на типовому ПЗПЗ встановлено, що середнє споживання відповідних ресурсів знаходиться в діапазонах:

- природного газу 350-730 м<sup>3</sup>/год;

- електроенергії:

- на зерносушіння 35-100 кВт-год;

- на переміщення зерна 70-300 кВт-год;

- борошномельне виробництво 100-250 кВт-год;

- освітлення 20-30 кВт-год;

- води 3-5 м<sup>3</sup>/змінa;

- водовідведення 2-4 м<sup>3</sup>/змінa.

При автоматизації технологічних процесів можливо сміливо розраховувати, що споживання ресурсів зменшиться мінімум на 1-2%, а при вдалому проектуванні системи автоматизації можливо досягти показників у 10-15%, що при нинішніх ринкових цінах на енергоносії дасть вагому економію коштів підприємства.

## Висновки

Для досягнення необхідного результату по зменшенню долі енерговитрат на одиницю продукції мало лише заміни матеріально-технічної бази, а необхідно створення та використання спеціальних алгоритмів і методів при розробці апаратно-програмного комплексу автоматизованої системи.

Виростити і прибрати зерно важко, але не менш важко його зберегти. На жаль втрати зерна в процесі прибирання, транспортування, зберігання і переробки великі і доходять до 30%. Істотно понизити втрати зерна в господарствах агропромислового комплексу можна шляхом розвитку технічної бази і поліпшення

технології обробки і зберігання зерна. Рішення цієї задачі пропонує будівництво висококомплікованих з розвиненим технологічним процесом підприємств і підготовку висококваліфікованих кадрів. Різноманітні чинників, що впливають на збереження зерна, особливо зернових мас як об'єктів зберігання диктують і різноманітність прийомів в роботі із зерном.

Сучасні засоби АСУ ТП зернопереробних підприємств дозволяють значно понизити втрати при зберіганні і переробці зерна, заощадити енергоресурси зернопереробних підприємств, елеваторів, мінімізу-

вати вплив людського чинника, ризиків виникнення аварійних ситуацій роботи автоматизованих технологічних комплексів по зберіганню і переробці зерна. Останні розробки в області АСУ ТП зернопереробній галузі дозволяють автоматично прогнозувати процес самозігрівання зерна, надійно, якісно в автоматичному режимі управляти потоками вологого і сухого зерна, процесом сушки, також системою формування технологічних маршрутів в межах зернопереробного підприємства, а головне – зменшити витрати енергоносіїв.

#### Література

1. Е. Волошина, Энергоэффективность. Осталось начать работать // «Инвестгазета» №20, 24 мая 2010, – С.43.
2. Муромцев Ю.Л., Муромцев Д.Ю., Погонин В.А. Математическое обеспечение интеллектуальных контроллеров систем энергосберегающего управления // Информационные процессы и управление. – 2008. – № 3–4 С. 33-41.
3. Д.Ю. Муромцев Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами [Электронный ресурс]: дис. д-ра техн. наук: 05.13.06. – Тамбов: РГБ, 2007 – С. 30-33.

*Розроблено параметричну модель техніко-організаційної системи метрополітену. Розроблено алгоритм, заснований на формалізованій структурі даних, що дозволяє моделювати графік руху поїздів. Запропоновано методика побудови графіка руху поїздів на основі багатокритеріального прийняття рішень*

*Ключові слова: маршрут, напрям, вектор оборотів складу, нитка ходу поїзда*

*Разработана параметрическая модель технико-организационной системы метрополитенов. Разработан алгоритм, основанный на формализованной структуре данных, позволяющий моделировать график движения поездов. Предложена методика построения графика движения поездов на основе многокритериального принятия решений*

*Ключевые слова: маршрут, направление, вектор оборотов состава, нитка хода поезда*

*Developed a parametric model of techno-organizational system of subways. An algorithm based on a formalized data structure enables us to model train schedule. The method of construction schedule of trains on the basis of multiple criteria decision making*

*Keywords: route, direction, speed of the vector, the thread of the train*

УДК 656.222.3

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПО ЛИНИИ ХАРЬКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

**Т. Н. Даниленко\***  
Контактный тел.: 093-989-64-83

**В. А. Булах\***  
\*Кафедра прикладной математики  
Харьковский национальный университет  
радиоэлектроники  
пр. Ленина 14, г. Харьков, Украина, 61166  
Контактный тел.: 099-563-95-02

## 1. Введение

Харьковский метрополитен введен в эксплуатацию 22 августа 1975 года и представляет собой сложней-

ший комплекс инженерных сооружений с современной технической и технологической инфраструктурой. По сути, основной целью Харьковского метрополитена является обеспечение безопасной и комфортной пере-