

## Підвищення ефективності технологічного процесу елеваторного комплексу за рахунок оптимальної маршрутизації

С.О. Тимчук<sup>1</sup>, М.О. Сиротенко<sup>2</sup>, В.А. Мардзявко<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)

<sup>2</sup> Smart Industry Group (м. Харків, Україна)

email: <sup>1</sup> [stym@btu.kharkov.ua](mailto:stym@btu.kharkov.ua), <sup>2</sup> [sig.asutp@gmail.com](mailto:sig.asutp@gmail.com), <sup>3</sup> [vitalijmardzavko@gmail.com](mailto:vitalijmardzavko@gmail.com)

ORCID: <sup>1</sup> 0000-0002-8600-4234, <sup>2</sup> 0000-0002-9736-3320

На сьогодні, все частіше постає питання у підвищенні продуктивності на елеваторних комплексах, так як необхідність в постійному покращенні результатів та економічності процесу виробництва завжди актуально. Тому виникають завдання в пошуку нових методів покращення й оптимізації технологічного процесу. У даній статті проведений аналіз сучасних методів побудови технологічних маршрутів для транспортування зернової продукції. Актуальність даної теми обґрунтовується виходячи з неповної продуктивності технологічного обладнання, яке залучене до транспортування, якісних показників процесу та якості зерна, що транспортується. Аналізуючи стан даного питання, однією з основних причин недовикористання продуктивної потужності технологічного обладнання елеваторного комплексу, поряд з організаційними причинами, недостатньою технічною надійністю і якістю продукції, є відсутність розвинутої системи автоматизованого керування, що не дозволяє оператору ефективно управляти процесом в умовах експлуатації. В результаті підвищених вимог до автоматизованих систем та їх обладнанню, традиційні засоби регулювання та управління є технологічно й економічно неефективними, оскільки організація і функціональна структура, як підприємств, так і автоматизованої системи, залишається без змін, тому і якість технологічного процесу ніяк не може покращуватися. Тому на основі дослідження для розв'язання даної проблеми в області автоматизованого управління та візуалізації технологічного процесу, були визначені критерії оптимізації, впровадження яких дозволить знизити негативні показники технологічного процесу. Визначений спосіб застосування критеріїв оптимізації, побудований на базі мікропроцесорних засобів автоматизації (мікроконтролерів, логічних програмованих контролерів, і т.д.).

**Ключові слова:** елеватор, побудова технологічного маршруту, автоматизована система керування, критерії оптимізації, система SCADA, програмно логічний контролер, алгоритму керування, логічні рівняння

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасні методи забезпечення транспортування зернової продукції по елеваторному комплексу базуються на основі промислових контролерів, сумісних з персональними комп'ютерами, та програмного забезпечення, які в сукупності створюють автоматизовану систему керування технологічними процесами [1]. Порівняно з релейними системами керування маршрутами транспортування зерна, зазначена система відноситься до складної, яка характеризується наявністю спільної функціональної мети в усіх елементах системи, системний характер реалізованих алгоритмів обміну та обробки інформації; наявність функціональних підсистем [2]. Основною перевагою використання даних компонентів в підприємстві є можливість розробки нових прогресивних технологічних систем, і створення на їх основі нових ефективніших технологічних процесів [3], однак організаційна та функціональна структура елеваторних комплексів залишається без значних змін, а отже і якість управління

технологічним процесом транспортування зернової продукції не змінюється [4]. А оскільки обсяги та потреби завжди тільки збільшуються постає питання у підвищенні ефективності процесів при таких же умовах, з можливими малими змінами, які впливають у вигляді модернізації, оптимізації та удосконаленні.

**Мета роботи.** Визначити спосіб покращення якості маршрутизації елеваторного комплексу, з метою покращення якості технологічного процесу.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій, що стосуються проблеми. Сучасний метод прокладання та забезпечення процесу транспортування зернової продукції по елеватору базується на стандартних і нестандартних засобах забезпечення технологічного процесу, як результат він характеризується наявністю у своєму складі виконавчих механізмів і обладнання для транспортування та електронного обладнання: датчиків, програмованих контролерів, програмного забезпечення з підтримкою програмування - SCADA систем і т.д. [2]. Однак розглядаючи

методи сучасної організації та функціональну структуру елеваторного комплексу, стає зрозумілим, що автоматизована система залишається без значних змін, а отже і якість управління технологічним процесом транспортування зернової продукції теж не змінюється [1].

В останні роки поліпшення технологічних процесів переробки та зберігання на елеваторних комплексах здійснювалися за рахунок вирішення та удосконалення певних задач автоматизованої системи. До таких задач відноситься процеси поліпшення якості зерна, використовуючи методи очищення, сушіння та зберігання, в яких було досягнуто певний прогрес, за рахунок повної автоматизації даних процесів, а саме застосування додаткових елементів які відстежують параметри продукції під час обробки та параметри відповідного технологічного процесу (температура, вологість, і т.д.), що забезпечують інформацією оператора, зменшуючи ймовірність його помилки [5]. Також були впроваджені кроки для покращення процесу керування обладнанням яке застосовується в технологічному процесі, і було виконано багато інших поліпшень які покращили умови здійснення задач автоматизованої системи керування елеваторами, однак все ж залишаються деякі завдання які досі є не вирішеними. В теперішніх елеваторних комплексах і системах їх керування залишається відкритим питання маршрутизації, а точніше процес формування маршруту транспортування зерна, так як сучасна автоматизована система керування все ж набагато полегшила даний процес, проте він відбувається в простому і примітивному виді, в неповну міру забезпечуючи функції автоматизації прокладання маршруту [1,5]. З цього виходить не вирішена задача керування транспортуванням від прийому та відвантажені зерна, яка полягає в плутанині маршруту внаслідок втручання людського фактору та збережені необхідної продуктивності при великих потужностях елеватора і потоку продукції, що надходить.

Аналізуючи автоматизовану системи керування елеваторами, яка виконана на базі стандартних систем SCADA, які охоплюють безліч функцій для забезпечення технологічного процесу, недостатньою мірою реалізують завдання прокладання маршруту транспортування зернової продукції, що як наслідок вимагає більшої уваги та втручання операторської роботи. За координатами переміщення точки А і Б, система автоматично вибирає з бази даних перший вільний маршрут який був заздалегідь запрограмований інженером, або оператор може сам вибирати необхідний маршрут зі списку штатних маршрутів чи включати маршрут вручну - пристрій за пристроєм, що неминуче тягне до виникнення помилок і, відповідно, виникнення виробничих і економічних втрат пов'язаних з людським фактором.

При цьому всьому система є закритою для змін окрім інженера розробника, в плані маршрутизації, що вимагає заранньої побудови алгоритмів альтернативних маршрутів, процес прокладання яких буде аналогічний звичайним маршрутам транспортування [6]. Інший фактором який впливає на продуктивність технологічного процесу, є його якість, а точніше механічне пошкодження зерна під час його транспортування. Механічне пошкодження зерна призводить до погіршення хлібопекарської, посівної та продуктивної якості насіння, що в свою чергу впливає на продуктивність [7]. Тому запобігання або зменшення механічних пошкоджень зерна технологічним обладнанням є також актуальним питанням. Механічні ушкодження зерна під час транспортування відбувається внаслідок різноманіття зернових культур з якими працює елеватор, а точніше їхніх різних фізичних показників, таким чином для досягання показників якості необхідно створення відповідних умов для різних видів або сумісних за показниками, зернових культур. Як вже сказано раніше, існуючі алгоритми маршрутизації елеватора побудовані так, що обирається перший вільний наявний маршрут із заздалегідь запрограмованих, які програмується без урахування забезпечення якісних умов транспортування.

Тому підсумовуючи можна сказати, що алгоритми побудови маршруту транспортування в загальному випадку є не оптимальними для технологічного процесу, вони не враховують певні критерії які б допомогли їм так чи інакше покращити процес транспортування, тобто процес програмування маршруту відбувається без критеріїв мінімум енерговитрат, ефективність транспортування, довжини маршруту, часу транспортування, якість зерна (мінімум ушкодження), стан обладнання і т. д. [4]. Як наслідок система не прокладає сто відсотковий раціональний і продуктивний маршрут транспортування, тому проблема прокладання оптимального маршруту за відповідними критеріями є відкритим питанням та відноситься до одного зі способів підвищення й покращення технологічного процесу на елеваторі.

**Викладення основного матеріалу.** Для знаходження шляху вирішення даного питання, розглянемо структуру процесу керування транспортом - технологічними маршрутами на елеваторі. Внутрішня система керування складається з підсистем, що об'єднанні однією метою та призначенням. До функцій таких підсистем, що слідує з їх назви, можна віднести: автоматичний контроль стану обладнання; автоматичний контроль безпеки транспортування зерна; контроль стану, функціонування, пуск та зупинка маршруту; збір і аналіз інформації та формування маршрутів. Зазначені підсистеми утворюють наступну схему керування транспортуванням продукції на елеваторі (рис. 1).

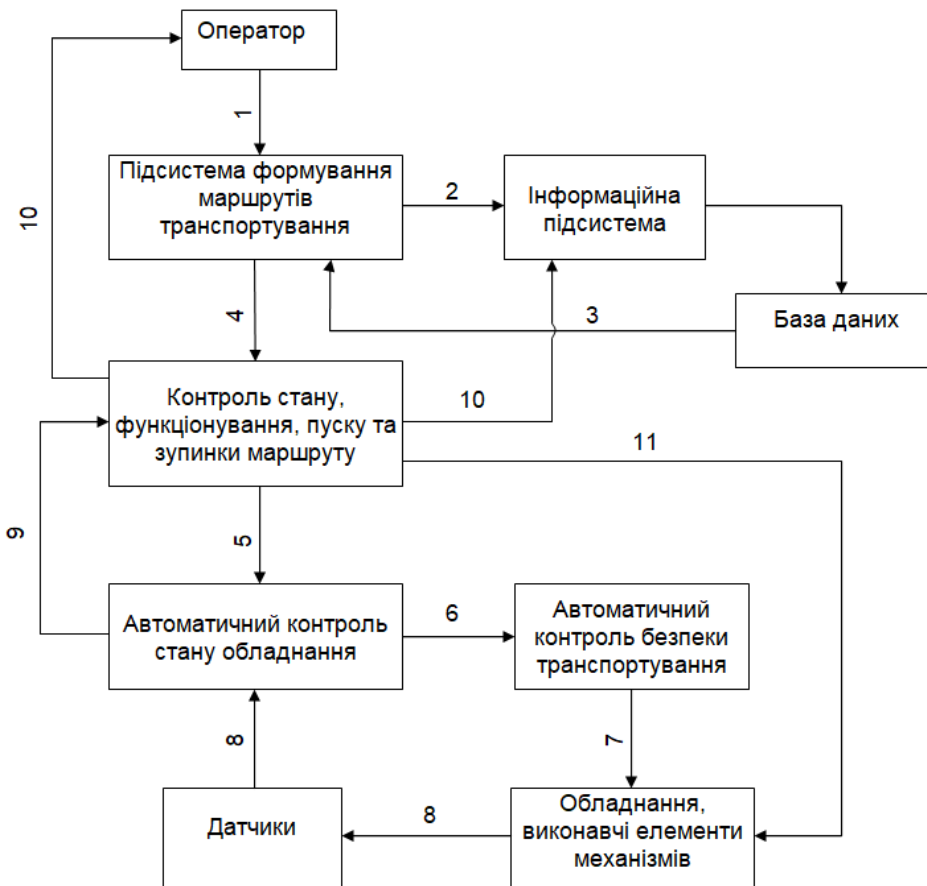


Рис. 1. Структурна схема керування транспортно - технологічними маршрутами

Перебіг автоматизованого контролю процесу транспортування зернової продукції на елеваторі відбувається за наступними кроками [8]:

1) процесу прокладання маршрутів транспортування зерна починається з команди оператора про формування маршруту, яка надходить до підсистеми формування маршрутів;

2) підсистема формування маршрутів передає дані, які отримала від дії оператора на панелі керування до інформаційної підсистеми;

3) інформаційна підсистема яка за допомогою бази даних системи, виконує обробку і надає зворотну інформацію про обладнання, механізми та вже запрограмовані маршрути транспортування до підсистеми формування маршруту;

4) підсистема формування маршруту, надсилає дані для регулювання та керування маршрутом транспортування до підсистеми контролю стану, функціонування, пуску та зупинка маршруту;

5) використовуючи дану інформацію, підсистема контролю маршруту надає інформацію для початку технологічного процесу транспортування з одночасним наданням стандартних функціональних значень для датчиків контролю обладнання на підсистему автоматично контролю стану обладнання;

6) підсистему автоматично контролю стану обладнання, яка передає вхідні сигнали керування для відповідних механізмів технологічної лінії та інформацію про стан обладнання до підсистеми контролю безпеки керуванням обладнанням;

7) після перевірки інформації стану робочого обладнання, підсистема автоматичної безпеки виконує подачу команди пуску, а потім зупинки на виконавчі елементи механізмів;

8) поточну інформацію про стан механізмів та їхніх елементів, які залучені при транспортуванні, датчики зчитуючи надсилають підсистемі автоматичного контролю обладнання;

9) підсистема автоматичного контролю обладнання, передає дані роботи транспортного обладнання на підсистему контролю функціонування і стану маршруту транспортування;

10) отримавши та обробивши дані, підсистема контролю маршруту, забезпечує оператора інформацією про перебіг процесу транспортування продукції та надсилає дані до інформаційної підсистеми.

11) також, не забуваємо про ручний режим керування маршрутом транспортування, який виконується за рахунок передачі команд оператора на блок формування маршруту, який за допо-

могою підсистеми стану, функціонування, пуск та зупинка маршруту, виконує керування обладнанням чи виконавчими механізмами, взаємності від поставленої команди оператора.

Зазначену структуру керування транспортно-технологічним маршрутами, можна умовно поділити на два фактори реалізації. За перший фактор реалізації відповідає персональний комп'ютер, який забезпечує: відображення інформації стосовно маршруту (процес формування і функціонування маршруту); процес формування команд за спеціальним алгоритмом; формування уставок; зберігання інформації про хід технологічного процесу і дій оператора. Другим фактором реалізації є функціонування мікропроцесорних контролерів, які забезпечують; автоматичне відпрацювання алгоритмів і сигналів від датчиків; формування і видача команд на виконавчі механізми; відпрацювання уставок; аварійне відключення обладнання при аварійній ситуації.

Розглянувши функціональну структуру керування транспортними маршрутами, стає зрозумілим загальний підхід, який можна використувати для вирішення питання оптимізації маршрутів транспортування. Для цього, необхідно звернути увагу на структурне забезпечення SCADA системи, а саме на програмно логічний контролер (Programmable Logic Controller), який забезпечує керування обладнанням силового щита за допомогою цифрового інтерфейсу. Він відіграє одну з основних ролей для забезпечення автоматизації в елеваторній системі, так як на нього покладена основна частина алгоритмів керування і захисту обладнання. Реалізація алгоритмів керування відбувається за рахунок логічних рівнянь, які спрямовані на виконавчі механізми обладнання. Для досягнення універсальності алгоритмів, які використовуються при керуванні транспортно технологічними маршрутами елеватора, всі виконавчі механізми розбиті на групи елементів [8]:

- транспортуючі (конвеєр, транспортер, норія);
- сховища (бункер, силос);
- направляючі (поворотний круг, і т.д.);
- розвантажувальний візок.

Для керування обладнанням, що входить в одну з вказаних груп, будуються система логічних рівнянь, які характеризують сформований сигнал керування [8]:

1) транспортні елементи технологічного маршруту, керуються за наступною системою команд:

$$\begin{cases} Y1 = X7 \& X6 \& X5 \& X3 \& (X1 \& X2 \& X4 + \overline{X1} + X1 \& \overline{X2}) \\ Y2 = X7 \& X6 \& X5 \& X3 \& (X1 \& X2 \& X4 + \overline{X1} + X1 \& \overline{X2}) \end{cases}$$

де  $X1, X2$  – контроль поточного стану об'єкта,  $X3$  – задано напрям руху вперед,  $X4$  – швидкість руху задовільна,  $X5$  – рух відповідає заданому напрямку,  $X6$  – перевантаження механізму,  $X7$  – готовність наступного пристрою до прийому,  $X8$  – живлення,  $Y1$  – рух вперед,  $Y2$  – рух назад;

2) направляючі елементи технологічного процесу, характеризуються системою:

$$\begin{cases} Y1 = X1 \& X2 \& X3 \& X4 \& X5 \& X6 \\ Y2 = X1 \& \overline{X2} \& X3 \& X4 \& X5 \& X6 \end{cases}$$

де  $X1$  – контроль положення,  $X2$  – напрямок повороту,  $X3$  – контроль позиції,  $X4$  – контроль підпору,  $X5$  – живлення,  $X6$  – відповідність заданому напрямку,  $Y1$  – рух вперед,  $Y2$  – рух назад;

3) для елементів розвантаження, керуючі команди діляться на дві системи логічних рівнянь, так: - першою групою виступають команди руху візка:

$$\begin{cases} Y1 = \overline{X1} \& X2 \& X3 \& X4 \& X5 \& X6 \\ Y2 = \overline{X1} \& \overline{X2} \& X3 \& X4 \& X5 \& X6 \end{cases}$$

де  $X1$  – відповідність номеру заданого силосу,  $X2$  – заданий напрямок руху,  $X3$  – контроль руху,  $X4$  – відповідність напрямку руху,  $X5$  – живлення,  $X6$  – крайня позиція,  $Y1$  – рух вперед,  $Y2$  – рух назад; - другою групою виступають команди руху клапанів:

$$\begin{cases} Y1 = \overline{X1} \& X2 \& X3 \& X4 \& X5 \& X6 \\ Y2 = X1 \& X2 \& X3 \& X4 \& X5 \& X6 \end{cases}$$

де  $X1$  – заданий напрямок,  $X2$  – візок на позиції,  $X3$  – контроль руху,  $X4$  – відповідність напрямку,  $X5$  – живлення,  $X6$  – дозвіл на відкриття клапанів,  $Y1$  – рух клапана вправо,  $Y2$  – рух клапана вліво.

На основі вказаних рівнянь, можна сказати, що основним елементом під час забезпечення процесу керування виступає сигнал, яких утворюється з алгоритму керування та логічних рівнянь. Змінюючи чи адаптуючи логічні рівняння ми зможемо розв'язувати питання оптимізації побудови транспортно технологічних маршрутів. Тобто вирішити проблему прокладання оптимального маршруту за відповідними критеріями, ми можемо за рахунок програмно логічного контролера, за допомогою якого відбуватиметься прокладання маршруту транспортування з урахуванням відповідних критеріїв. Відповідно до раніше розглянутого питання прокладання оптимального маршруту транспортування, за критерії оптимізації прийматимуться: мінімум затраченої енергії, мінімальна довжина маршруту, мінімум втрати зерна.

Таким чином поставлена задача оптимізації, буде вирішуватися за допомогою програмованого логічного контролера з урахуванням стану технологічного обладнання та можливості розгалуження визначають усі можливі на цей час маршрути переміщення зерна з вихідного до кінцевого пункту. Після чого з виділених маршрутів, з використанням принципу оптимальності та врахуванням потужності приводів транспортного обладнання та його впливу на якість зерна, видаються команди з вихідних затискачів контролера на підготовку клапанів і засувки, що входять до складу технологічного обладнання оптимального за критерієм мінімізації приросту бою зерна під

час транспортування та мінімуму електроспоживання маршруту під час транспортування. Після команди на запуск лінія вмикатиметься автоматично і працюватиме вже враховуючи програмно-логічні технологічні блокування, які спрямовані на забезпечення критеріїв оптимальності. Тобто система працюватиме, споживаючи при цьому мінімально можливу кількість електроенергії та наносючи мінімальні механічні пошкодження зерну в процесі транспортування [9,10].

Розглядаючи автоматизований метод побудови маршруту транспортування необхідно врахувати не тільки критерії оптимізації, а й правильність його побудови з точки зору логістики. Оскільки основною метою транспортної логістики є розв'язання задач прокладання маршрутів транспортування, які б забезпечували мінімальну відстань транспортування, мінімальний час залучення обладнання на виконання процесу транспортування та мінімізація витрат на переміщення продукції. Основним методом для вирішення цієї задачі виступає метод комівояжера, який набув широкого застосування при розробці транспортних маршрутів для перевезення продукції до споживачів, зміст якого полягає у знаходженні найкоротшого маршруту переміщення продукції для заданого числа пунктів без перехрещення транспортних ліній, що утворюють петлі маршруту, враховуючи при цьому критерії вигідності, які полягають в часі переміщення, вартості транспортування, довжина транспортування [11]. Тому для досягання побудови альтернативного маршруту транспортування постає необхідність в адаптуванні задачі комівояжера, для застосування транспортних процесів в елеваторному комплексі.

Використання раніше вказаного принципу побудови технологічних маршрутів, також може використовуватися і для вирішення задачі побудови альтернативного маршруту транспортування, в якому будуть враховуватися не тільки вказані раніше критерії оптимальності, а й критерії довжини і часу транспортування, однак вирішення даного завдання можливе на основі створення алгоритму багатокритеріальної оптимізації.

**Висновок.** Проаналізувавши сучасні методи та системи керування технологічними процесами транспортування зерна на елеваторі, були визначені основні недоліки які в той чи іншій мірі впливали на продуктивність і якість технологічного процесу. Для нівелювання визначених недоліків, визначено необхідність використання критеріїв, які б забезпечували необхідні умови оптимізації маршруту транспортування. Під оптимізацією розуміється побудова коротшого і продуктивнішого шляху транспортування, який би забезпечував ефективність та економічність, використовуючи відповідні критерії. Для забезпечення оптимізації процесу маршрутизації були визначені наступні

критерії: мінімум сумарного часу транспортування, мінімум довжини маршруту, енергоощадність та мінімум втрат зерна.

На основі аналізу функціональної структури керування та алгоритму побудови технологічних маршрутів, визначений напрямок вирішення задачі оптимізації транспортно-технологічних маршрутів, що своєю чергою призведе до підвищення продуктивності і якості технологічного процесу. Вирішення зазначеної проблеми можливе на основі використання відповідних логічних рівнянь, за рахунок застосування програмованого логічного контролера, який являється одним із головних елементів керування та датчиків, що надають характеристику стану відповідного технологічного обладнання, даючи можливість його відстеження та урахування обладнання в процесі прокладання або вибору маршруту. Застосування даного способу дає можливість визначити технологічний маршрут переміщення зерна з виділених маршрутів, з використанням принципу оптимальності та враховуючи програмно-логічні технологічні блокування впливів на технологічний процес та його якісні показники.

#### Література:

1. Мардзявко В. А. Аналіз організації керування обладнанням для забезпечення транспортування зернової продукції на елеваторах / В. А. Мардзявко // Інженерія природокористування. – 2020. – Т. 4, № 18. – С. 35–41.
2. Просяник А. В. Автоматизация перемещения зерна – оселок интегрированной АСУ / А. В. Просяник, К. В. Соснин, С. Н. Ткаченко // Хранение и переработка зерна, февраль. – 2006. – Т. 2, № 80. – С. 39–40.
3. Просяник А. В. Актуальні задачі автоматизації підприємств зберігання і переробки зерна [Електронний ресурс] / А. В. Просяник, М. А. Просяник, С. М. Ткаченко // Хранение и переработка зерна. – 2012. – Т. 8, № 158. – Режим доступу: <http://dnvpeldorado.com/articles/АКТУАЛЬНІ-ЗАДАЧІ-АВТОМАТИЗАЦІЇ-ПІДПРИЄМСТВ-ЗБЕРІГАННЯ-І-ПЕРЕРОБКИ-ЗЕРНА.pdf> (дата звернення: 20.10.2021).
4. Просяник А. В. Перспективные направления развития автоматизированных систем на предприятиях хранения и переработки зерна [Електронний ресурс] / А. В. Просяник, М. А. Просяник, С. М. Ткаченко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2012. – № 39. – С. 128–136. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu\\_2012\\_39\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2012_39_20) (дата звернення: 22.10.2021).
5. Решение задач автоматизации елеваторного комплекса [Електронний ресурс] / В. С. Кудряшов [та ін.] // Вестник ВГУИТ. - 2018. - № 1. – С. 117–123. – Режим доступу: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-117-123> (дата звернення: 22.10.2021).

6. Автоматизация виробництва на елеваторах [Електронний ресурс] // ІННОВІННПРОМ. – Режим доступу: <https://innovinnprom.com/galuzevirishennya/avtomatyzaciya-vyrobnyctva-na-elevatorah> (дата звернення: 23.10.2021).

7. Федотова М. Где больше всего повреждается зерно [Електронний ресурс] / М. Федотова, Д. Трушаков // Пропозиція. – 2021. – Т. 7, № 8. – Режим доступу: <https://propozitsiya.com/gdebolshe-vsego-povrezhdaetsya-zerno> (дата звернення: 24.10.2021).

8. Просьяник А. В. Застосування SCADA – системи для керування технологічними маршрутами транспортування зерна / А. В. Просьяник, С. М. Ткаченко, М. Ю. Горбунов // Хранение и переработка зерна. – 2010. – Т. 130, № 4. – С. 51–55.

9. Спосіб підвищення енергоефективності роботи зернопереробних і зернозберігаючих комплексів : пат. 130996 Україна : G05B 13/00 (2006.01) / М. О. Сиротенко, С. Є. Мкртумян, С. О. Тимчук, С. Я. Бовчалюк. – № u201804032 ; заявл. 13.04.2018 ; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1. – 4 с.

10. Спосіб підвищення якості транспортування зерна у зернопереробних і зернозберігаючих комплексах : пат. 148511 Україна : МПК G05B 13/00 (2006.01) / М. О. Сиротенко, С. Є. Мкртумян, С. О. Тимчук, А. О. Панов – № u202007143 ; заявл. 04.02.2021 ; опубл. 18.08.2021, Бюл. № 1. – 4 с.

11. Сухомлин Л. В. Стохастична задача маршрутизації високої розмірності в умовах неточно заданих вихідних даних [Електронний ресурс] / Л. В. Сухомлин // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2015. – Т. 5, № 94. – С. 149–154. – Режим доступу: [http://www.kdu.edu.ua/PUBL/visnik.php?id\\_nom=11](http://www.kdu.edu.ua/PUBL/visnik.php?id_nom=11) (дата звернення: 24.10.2021).

#### References:

1. Mardziavko, V. A. (2020) "Analiz orhanizatsii keruvannia obladnanniam dlia zabezpechennia transportuvannia zernovoi produktsii na elevatorakh," *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*, (4(18)), pp. 35–41.

2. Prosjanyk, A. V., Sosnin, K. V., and Tkachenko, S. N. (2006) "Avtomatizaciya peremeshhenija zerna – oselok integrirovanoj ASU," *Hranenie i pererabotka zerna*, (2(80)), pp. 39–40.

3. Prosjanik, A. V., Prosjanik, M. A., and Tkachenko, S. M. (2012) "Aktual'ni zadachi

avtomatizacii pidpriemstv zberigannja i pererobki zerna," *Hranenie i pererabotka zerna*, (8(158)). Available at: <http://dnvpeldorado.com/articles/AKTUALNI-ZADACHI-AVTOMATIZACII-PIDPRIEMSTV-ZBERIGANNJA-I-PEREROBKI-ZERNA.pdf> (Accessed: 20.10.2021).

4. Prosjanyk, A. V., Prosjanik, M. A. and Tkachenko, S. M. (2012) "Perspektivnye napravlenija razvitija avtomatizirovannyh sistem na predpriyatjah hranenija i pererabotki zerna," *Hranenie i pererabotka zerna*, (39), pp. 128–136. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu\\_2012\\_39\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2012_39_20) (Accessed: 22.10.2021).

5. Kudrjashov, V.S., Alekseev, M.V. and Ivanov, A.V. (2018) "Reshenie zadach avtomatizacii elevatornogo kompleksa", *Vestnik VGUI*, (1), pp. 117–123. Available at: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-1-117-123> (Accessed: 22.10.2021).

6. Avtomatyzatsiia vyrobnyctva na elevatorakh. INNOVINNPROM. Available at: <https://innovinnprom.com/galuzevirishennya/avtomatyzaciya-vyrobnyctva-na-elevatorah> (Accessed: 22.10.2021).

7. Fedotova, M. and Trushakov, D. (2021) "Hde bolshe vseho povrezhdaetsia zerno", *Propozitsiia*, (7(8)). Available at: <https://propozitsiya.com/gdebolshe-vsego-povrezhdaetsya-zerno> (Accessed: 24.10.2021).

8. Prosjanyk, A. V., Tkachenko, S. M. and Horbunov, M. Yu. (2010) "Zastosuvannia SCADA – systemy dlia keruvannia tekhnolohichnymy marshrutamy transportuvannia zerna", *Khranenyje y pererabotka zerna*, (4(130)), pp. 51–55.

9. M.O. Syrotenko, S.Ye Mkrumian, S.O. Tymchuk, S. Ya. Bovchaliuk, "Sposib pidvyshchennia enerhoefektyvnosti roboty zernopererobnykh i zernozberihaiuchykh kompleksiv," *Ukraina Patent* 130996, 10.01.2019.

10. M. O. Syrotenko, S. Ye. Mkrumian, S. O. Tymchuk, S. Ya. Bovchaliuk, "Sposib pidvyshchennia yakosti transportuvannia zerna u zernopererobnykh i zernozberihaiuchykh kompleksakh," *Ukraina Patent* 148511, 18.08.2021.

11. Cukhomlyn, L. V. (2015) "Stokhastychna zadacha marshrutyzatsii vysokoi rozmirnosti v umovakh netochno zadanykh vykhidnykh danykh," *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho*, (5(94)), pp. 149–154. Available at: [http://www.kdu.edu.ua/PUBL/visnik.php?id\\_nom=11](http://www.kdu.edu.ua/PUBL/visnik.php?id_nom=11) (Accessed: 24.10.2021).

#### Аннотация

### Повышение эффективности технологического процесса элеваторного комплекса за счет опти-мальной маршрутизации

С.О. Тимчук, М.О. Сиротенко, В.А. Мардзявко

Сегодня, все чаще возникает вопрос в повышении производительности на элеваторных комплексах, так как необходимость в постоянном окрашенные результатов и экономичности процесса производства всегда актуально. Поэтому возникают задачи в поиске новых методов улучшения и оп-

тимизации технологического процесса. В данной статье проведен анализ современных методов построения технологических маршрутов для транспортировки зерновой продукции. Актуальность данной темы обосновывается исходя из неполной производительности технологического оборудования, привлечено к транспортировке, качественных показателей процесса и качества зерна, транспортируемого. Анализируя состояние данного вопроса, одной из основных причин недоиспользования производительной мощности технологического оборудования элеваторного комплекса, рядом с организационными причинами, недостаточной технической надежностью и качеством продукции, является отсутствие развитой системы автоматизированного управления, не позволяет оператору эффективно управлять процессом в условиях эксплуатации. В результате повышенных требований к автоматизированным системам и их оборудованию, традиционные средства регулирования и управления технологически и экономически неэффективными, поскольку организация и функциональная структура, как предприятий, так и автоматизированной системы, остается без изменений, так и качество технологического процесса никак не может улучшаться. Поэтому на основе исследования для решения данной проблемы в области автоматизированного управления и визуализации технологического процесса, были определены критерии оптимизации, внедрение которых позволит снизить негативные показатели технологического процесса. Определенный способ применения критериев оптимизации, построенный на базе микропроцессорных средств автоматизации (микроконтроллеров, логических программируемых контроллеров и т.д.).

**Ключевые слова:** элеватор, построение технологического маршрута, автоматизированная система управления, критерии оптимизации, система SCADA, программно логический контроллер, алгоритма управления, логические уравнения.

#### Abstract

### Improving the efficiency of the technological process of the elevator complex due to optimal routing

S.O. Tymchuk, M.O. Sirotenko, V.A. Mardziavko

Today, more and more often the question arises in increasing productivity at elevator complexes, since the need for constant colored results and economy of the production process is always relevant. Therefore, problems arise in the search for new methods for improving and optimizing the technological process. This article analyzes modern methods of constructing technological routes for the transportation of grain products. The relevance of this topic is substantiated on the basis of the incomplete performance of technological equipment involved in transportation, quality indicators of the process and the quality of grain transported. Analyzing the state of this issue, one of the main reasons for the underutilization of the productive capacity of the technological equipment of the elevator complex, along with organizational reasons, insufficient technical reliability and product quality, is the lack of a developed automated control system, which does not allow the operator to effectively manage the process under operating conditions. As a result of increased requirements for automated systems and their equipment, traditional means of regulation and management are technologically and economically ineffective, since the organization and functional structure of both enterprises and the automated system remains unchanged, and the quality of the technological process cannot be improved in any way. Therefore, on the basis of research to solve this problem in the field of automated control and visualization of the technological process, optimization criteria were determined, the introduction of which will reduce the negative indicators of the technological process. A certain way of applying the optimization criteria, built on the basis of microprocessor-based automation equipment (microcontrollers, logic programmable controllers, etc.).

**Keywords:** elevator, construction of a technological route, automated control system, optimization criteria, SCADA system, program logic controller, control algorithms, logical equations

#### Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Tymchuk, S. O., Sirotenko, M. O. and Mardziavko, V. A. (2021) 'Improving the efficiency of the technological process of the elevator complex due to optimal routing', *Engineering of nature management*, (4(22)), pp. 82 - 88.

Подано до редакції / Received: 27.10.2021