

цієї продукції буде:

$$F = \frac{M}{g \cdot k} = \frac{1400}{450 \cdot 0,7} = 44,4 \text{ м}^2. \quad (3)$$

**Висновок.** Знаючи реальну площу приміщення для зберігання готової продукції (60 м<sup>2</sup>), ми можемо зробити висновок, що отримана продукція може зберігатися у відповідних санітарно-гігієнічних умовах на відповідних площах упродовж необхідного терміну зберігання.

### Список використаних джерел

1. Остапюк М.П., Касянчук В.В., Бергілевич О.М., Бергілевич О.О. Вивчення санітарно-гігієнічних умов виробництва молока на молочних фермах для забезпечення умов належної гігієнічної практики. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. – Технічні науки, Серія «Харчові технології». – Львів, 2010. – Том 12, № 3 (45), ч. 4. – С. 243–248.

2. Гладій М. Р., Просович О. П. Сучасний стан та перспективи розвитку молочної галузі України. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Серія “Проблеми економіки та управління” № 2 (10), 2022 с.20-31.

3. ВНТП-АПК-24.06 Відомчі норми технологічного проектування підприємств по переробці молока. Мінсільгосппрод України ВНТП-АПК-24.06. К. 2006. 105 с.

4. Регламент Європейського Парламенту та Ради «Про встановлення загальних принципів і вимог законодавства щодо харчових продуктів» від 28.12. 2002 р. № 178/2002.

УДК 631.362

## ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МОСТОВИМ КРАНОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПТИМАЛЬНИХ ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ

**Свіргун В.В.** здобувач ВО ступеня доктора філософії,  
**Антощенко Р.В.** д.т.н., професор, **Свіргун В.П.** к.т.н. професор

*Державний біотехнологічний університет*

*В роботі наведено результати досліджень системи оптимального керування, побудованою на базі мікроконтролера STM32. А також можливість вдосконалення цієї системи, для підвищення продуктивності автоматичних перевантажувальних процесів.*

Відомо, що для підвищення продуктивності та ефективності перевантажувальних робіт треба використовувати сучасну мікропроцесорну техніку і переходити в автоматичний режим роботи. Особливістю крана-перевантажувача є те, що наявність гнучкого підвісу вантажу призводить до виникнення значних його коливань, які недопустимі в момент завантаження або розвантаження. При ручному керуванні краном задача усунення коливань

вантаж при зупинці крана покладена на оператора крана, який, керуючись своїм досвідом, шляхом змінення швидкості вантажного візка досягає цієї мети за декілька маніпуляцій швидкістю. Це вимагає значного напруження уваги і не дозволяє максимально швидко усунути коливання вантажу в заданій точці. Втома оператора від напруженої роботи може призвести до аварійних ситуацій. При переході на автоматичний режим роботи перш за все треба розробити такі закони керування, що дозволять здійснити перевантажувальний цикл у найкоротший термін з усуненням коливань вантажу і точним позиціонуванням. Потрібна ціла система оборотного зв'язку, яка буде надавати повну інформацію про хід виконання операцій. Математичний аналіз руху вантажного візка з вантажем, що на гнучкому канаті, показав необхідність використовувати максимальні прискорення на перехідних ділянках циклу, щоб досягти максимальної швидкодійності. [2]

Розроблена програма синтезу оптимальних законів керування для будь-якого крана мостового типу. На виході ми отримуємо в розгортці за часом основні параметри (графіки): пересування і швидкість візка та вантажу [3]. При подальшому програмуванні мікроконтролера логічно взяти один з цих параметрів, а саме, швидкість візка під час руху і зробити його управляючим. Інші параметри достатньо контролювати за допомогою оборотного зв'язку.

В цій системі отримані наступні результати: На рис. 1 показані графіки перехідних процесів і фазова діаграма, отримані шляхом реалізації на ЕОМ описаного алгоритму пошуку оптимального закону керування з урахуванням обмеження на швидкість пересування крана.

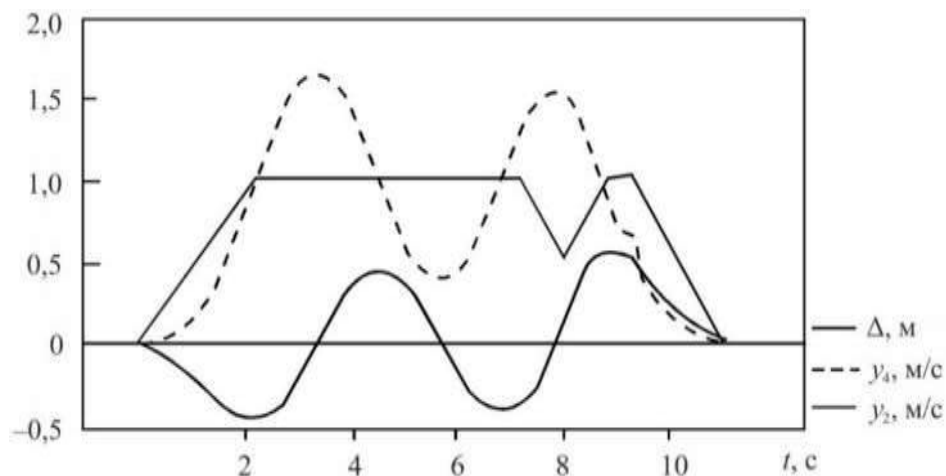


Рисунок 1 – Графіки перехідних процесів при оптимальному керуванні з урахуванням обмеження  $y_2$ :  $m_1=10,3\text{т}$ ;  $m_2=0,6\text{т}$ ;  $K=6\text{кН}$ ;  $W=1\text{кН}$ ;  $S=8\text{м}$ ;  $v_0=1\text{м/с}$ ;  $l=5\text{м}$

З отриманих результатів можна зробити висновок що, час який потрібен для виконання повного циклу перевантаження скоротився до мінімуму. Але потенціал системи ще не вичерпано, для використання повного потенціалу даної системи необхідно відійти від діючих норм НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [4] які не дозволяють рух вантажно-

підйомної машини, наприклад, мостовий двобалковий кран, зі швидкістю більшою за 1,5 м/с. Виходить що той же мостовий кран, під час виконання робіт, виходить на номінальну швидкість та рухається з 0-вим прискоренням до точки зупинки, що не дає потенціалу автоматичної систему вийти на свій максимум. Але тут є кілька моментів, один з них, це те що вимоги НПАОП 0.00-1.80-18 щодо обмеження швидкості пересування рейкових кранів до 1.5 м/с запроваджувались більше 20 років тому наразі є застарілими з огляду того що, 20 років тому управління підйомними механізмами виконувалось в більшості оператором крана. І саме через це було запроваджено обмеження швидкості, щоб середня швидкість реакції оператора підйомного крана була не менше ніж швидкість руху самого крана. Тепер коли ми говоримо про автоматичне керування крану та виконання перевантажувальних робіт, за допомогою мікропроцесорних систем, питання швидкості реакції оператора стає менш актуальним, а значить далі все залежить від швидкості опрацювання інформації бортовим комп'ютером, котра очевидно швидше ніж у людини, крім того вимикається «людський фактор» що тільки сприяє підвищенню безпеки перевантажувальних процесів. Було створено математичну модель такої системи. На основі законів динаміки руху машин і механізмів згідно принципу максимуму Л.С.Понтрягіна має вже не релейний, а лінійний вигляд [4]. Тому на кожній ділянці перевантажувального циклу  $U(t) = U_0 = const$ . Враховуючи це, розв'язок системи рівнянь (1) можна записати у вигляді

$$\begin{cases} y_1 = b_1 + b_2 t - b_3 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \cos \lambda t - b_4 \frac{m_2}{m_1} \cdot \sin \lambda t + \frac{U_0}{\lambda^2} \cdot \left[ \frac{gt^2}{2l} + \left(1 - \frac{g}{l\lambda^2}\right) (1 - \cos \lambda t) \right]; \\ y_2 = b_2 + b_3 \lambda \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \sin \lambda t - b_4 \lambda \frac{m_2}{m_1} \cdot \cos \lambda t + \frac{U_0}{\lambda} \cdot \left[ \frac{gt}{l\lambda} + \left(1 - \frac{g}{l\lambda^2}\right) \sin \lambda t \right]; \\ y_3 = b_1 + b_2 t + b_3 \cdot \cos \lambda t + b_4 \cdot \sin \lambda t + \frac{U_0 \cdot g}{l\lambda^2} \cdot \left[ \frac{t^2}{2} - \frac{1}{\lambda^2} \cdot (1 - \cos \lambda t) \right]; \\ y_4 = b_2 - b_3 \lambda \sin \lambda t + b_4 \lambda \cdot \cos \lambda t + \frac{U_0 \cdot g}{l\lambda^2} \cdot \left[ t - \frac{\sin \lambda t}{\lambda} \right]. \end{cases} \quad (3)$$

де  $b_1 = (m_1 y_{01} + m_2 y_{03})/m, b_2 = (m_1 y_{02} + m_2 y_{04})/m, b_3 = m_1 (y_{03} - y_{01})/m,$

$$b_4 = \lambda^{-1} m_1 (y_{04} - y_{02})/m, \lambda = \sqrt{g/l\mu}, \mu = m_1/(m_1 + m_2), m = m_1 + m_2.$$

Процес руху моделі зручно досліджувати на фазовій площині

$$(\xi_1, \xi_2): \xi_1 = (y_3 - y_1)\lambda, \xi_2 = y_4 - y_2.$$

Фазові траєкторії на перехідних ділянках виглядають як концентричні кола з центром в точці  $O_1(- (K - W)/m_1 \lambda)$  при розгоні і з центром в точці  $O_2((K + W)/m_1 \lambda)$  при гальмуванні (рис.2).

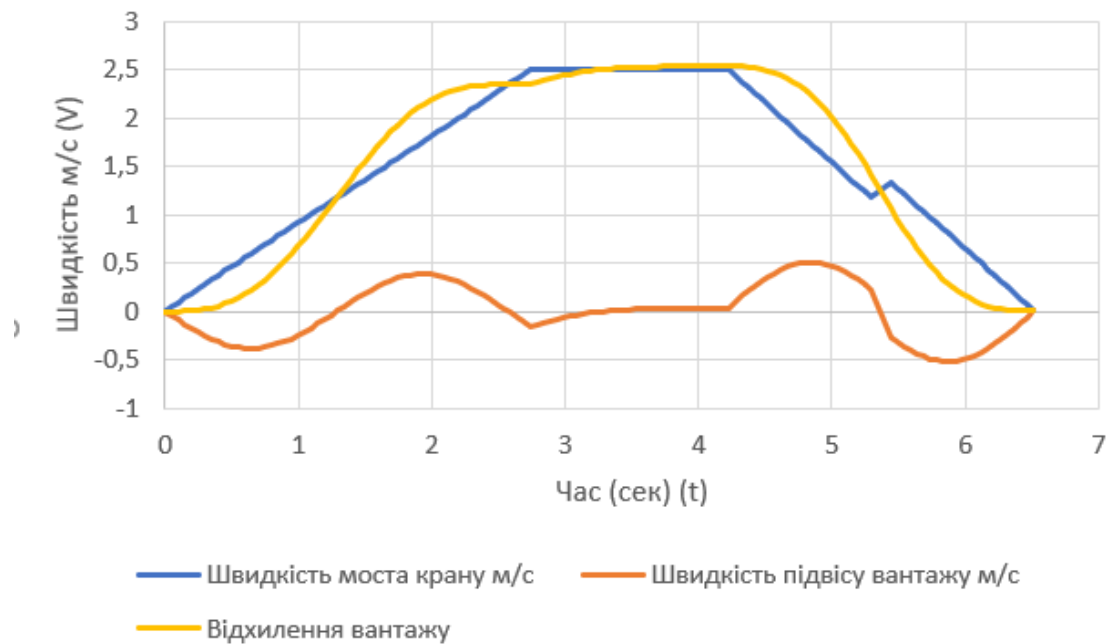


Рисунок 2 – Графіки перехідних процесів при оптимальному керуванні з збільшеним порогом по швидкості 2.5 м/с.

Порівнюючи рис. 1 та рис. 2, можна побачити значну різницю в швидкості виконання перевантажувального циклу (6.5 сек. замість 11 сек.), і це на відносно невеликій ділянці (8м). При гарному обладнанні, зберігається точність позиціонування вантажу після зупинки, з гасінням коливання близькому до 0.

Висновком можна зробити те що запроваджуючи автоматичну систему керування мостовим краном через бортовий комп'ютер, є потенційна можливість вийти за рамки обмежень вимог охорони праці без підвищення рівня небезпеки, під час виконання робіт, звісно для повинні бути підготовані приміщення і персонал. І завдяки мікропроцесорному керуванню, можна досягти збільшення продуктивності перевантажувальних процесів і машин, при цьому без втрат по якості/точності роботи, що є перспективним в сучасному світі.

### Список використаних джерел

1. Антощенков Р. В., Свіргун В. П., Свіргун О. А., Свіргун В. В. Аналіз роботи мікропроцесорної системи керування мостовим краном з використанням оптимальних законів керування. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024. Том 9. № 2. С. 12 – 17. Antoshchenkov R., Svirgun V., Svirgun O., Svirgun V. Analysis of the operation of the microprocessor control system of a bridge crane using optimum control laws. Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology. 2024. Volume 9. № 2, pp. 12 – 17.

2. Свіргун В.П., Свіргун В.В. Дослідження оптимальних законів керування макетом крану при незначних за тривалістю перехідних процесах/ XVI-й Міжнародний форум молоді "МОЛОДЬ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА У ХХІ СТОРІЧЧІ". Збірка матеріалів форуму. – Харків: ХНТУСГ. 2020. – С. 14.

3. Антощенко Р. В., Свіргун В. П., Свіргун В. В. Мікропроцесорна система керування мостовим краном на базі Arduino. Науковий журнал «Інженерія природокористування». 2022. Том 1 №23. С. 87 – 91.

4. Міністерство соціальної політики України, Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання, НПАОП 0.00-1.80-18, URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18>

## ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ ТРАКТОРІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

**Кісь О.В., асп., Задорожній В. П. асп.**

*Державний біотехнологічний університет*

*В роботі наведено переваги застосування гібридних тракторів у сільському господарстві.*

Широке використання вуглеводневого палива, яке використовується для живлення різноманітної сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів і комбайнів, негативно впливає на довкілля та значно погіршує якість повітря. Сільськогосподарські трактори є машинами, які споживають найбільше палива та забруднюють навколишнє середовище. На сільськогосподарський сектор припадає майже 10% щорічного виробництва парникових газів (ПГ). Підвищений рівень викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) вважається однією з причин глобального потепління; кожен літр спаленого дизельного палива виділяє 2,7 кг CO<sub>2</sub>. Транспортні засоби з двигунами внутрішнього згоряння є основними джерелами викидів забруднюючих речовин. У сільськогосподарському секторі дизельні двигуни є найбільш поширеною силовою установкою. Згідно з нашими знаннями, більшість досліджень представляють результати щодо споживання палива при додаванні деяких біопродуктів або оцінюють викиди сільськогосподарських машин, фіксуючи параметри ДВЗ. У реальних польових операціях ці параметри зазвичай змінюють свої значення, кілька досліджень аналізують продуктивність тракторів під час виконання деяких реальних сільськогосподарських завдань, але немає контрольних значень щодо викидів забруднюючих речовин.

Серед стійких технологій для аграрного сектора багатообіцяючі перспективи має розробка гібридних електричних тракторів. Цей підхід стане переважаючим напрямком у розвитку систем гібридного приводу у найближчому майбутньому. Інтеграція звичайного ДВЗ з системою електричного приводу відповідає принципам сталого сільського господарства, захисту навколишнього середовища та сприяння екологічному виробництву продуктів харчування.

Гібридні електротрактори можуть забезпечити:

– підвищену ефективність: інтеграція електричної трансмісії дозволяє