

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ**

**Вступ.** Визначення технічних параметрів вантажопідйомних машин є обов'язковим етапом підготовки техніко-комерційної пропозиції, яка складається при зверненні на завод потенційного замовника й на підставі якого підприємство надалі виготовляє кран. При цьому замовник, завдяки сучасному рівню розвитку реклами й комунікацій, прагне охопити найбільшу кількість пропозицій на ринку й робить це в найкоротший термін, одночасно направляючи запити безлічі підприємств. В остаточному підсумку виготовлювачі вантажопідйомної техніки виявляються «закидані» запитами. Виникає протиріччя: з одного боку відкриваються перспективи одержання великої кількості замовлень. Цілком очевидно, що чим більше відповідей на запити потенційних клієнтів, тим більше укладених договорів на виготовлення вантажопідйомної техніки. З іншого боку, прагнення обробити найбільшу кількість отриманих запитів може обтяжити підприємство, оскільки формування техніко-комерційної пропозиції однотипна, рутинна робота, яка, займає багато часу. Досвід показує, обробка кількох десятків запитів потребує стільки часу, скільки даний співробітник витрачає на участь у проектуванні одного крана. Враховуючи, що з десятків отриманих запитів, лише одиниці перетворюються в реальні проекти, ці численні витрати часу і інших ресурсів виявляються даремними й перетворюються в збиток. Однак ігнорування запитів внаслідок нездатності обробити, може привести до відходу потенційного клієнта до більш розторопного конкурента. Таким чином, нарівні з широкими можливостями просування на ринку, для підприємства-виготовлювача є необхідним прискорення обробки запитів, що надходять, і визначення технічних параметрів вантажопідйомної техніки відповідно до вимог замовника.

У статті розглядається автоматизація розрахунків технічних параметрів мостових кранів загального призначення. Мостові крани широко поширені й мають великий діапазон розкиду значень основних параметрів: вантажопідйомність, проліт, робочі швидкості, групи режиму роботи. Тому, для даного класу вантажопідйомної техніки, вирішення описаної вище проблеми є актуальним.

### **Аналіз літературних джерел.**

Українські й закордонні наукові школи в області підйомно-транспортної техніки створили велику теоретичну базу для розрахунків параметрів вантажопідйомних кранів. Одним з найбільш повних зібрань теоретичних відомостей з розрахунків і проектування вузлів кранів є робота [1]. У роботі також є дані про масу мостових кранів різної вантажопідйомності й прольотів. Передові методики розрахунків і конструкції вузлів вантажопідйомних кранів представлені в ряді сучасних робіт українських авторів, наприклад у роботі [2] і інших аналогічних працях. Робота [3], присвячена автоматизації порівняння техніко-економічних характеристик систем приводів кранів, а робота [4] питанням вибору критеріїв для такого порівняння. Ряд робіт присвячений автоматизації синтезу параметрів окремих вузлів крана, як це проведено в роботі [5] для стріли порталних кранів. Комплексний підхід у питанні визначення параметрів вантажопідйомних кранів і автоматизоване формування технічної документації, у тому числі й графічної (наприклад, габаритне креслення), висвітлені недостатньо і вимагають подальших досліджень у цьому напрямку.

**Метою роботи** є створення автоматизованої розрахунково-графічної системи визначення технічних параметрів підйомно-транспортних машин і формування габаритного креслення, що є частиною техніко-комерційної пропозиції.

**Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:**

- визначити набір параметрів крана, достатній для формування техніко-комерційної пропозиції;
- виявити причину значних працезатрат при складанні технічної частини комерційної пропозиції й запропонувати концепцію розв'язку проблеми
- вибрати програмну платформу для створення автоматизованої розрахунково-графічної системи проектування, розробити її діалоговий інтерфейс і функціональну частину.

**Основна частина.** Стандартний шлях вирішення проблеми значних працезатрат при підготовці технічної частини комерційної пропозиції – створення бази технічних рішень для всіх можливих комбінацій вхідних параметрів, що вказуються замовником в опитувальному листі. Однак досвід показує, що навіть у цьому випадку доводиться проробляти конструкцію з новими параметрами й вносити корегування в наявні креслення, а збільшення кількості габаритних креслень в базі практично не знижує час на їхню розробку. Причина такого положення в тому, що навіть базові параметри мостового крана, такі як, вантажопідйомність, проліт, група режиму роботи крана й механізмів, робочі швидкості механізмів, діапазон підйому при найпоширеніших уніфікованих значеннях утворюють кілька тисяч можливих комбінацій. Врахування додаткових змінних параметрів, як, наприклад, різновид пролітної конструкції, вантажозахоплювального пристрою, кабіни, приводів, кількість коліс крана й багатьох інших, різко збільшує цю, ведучи її за десятки тисяч варіантів. Множення цієї цифри на кількість годин, необхідних на розробку одного креслення, показує, що на практиці створення універсальної бази не доцільно.

На ТОВ «Харківський завод Підйомно-транспортного встаткування» разом із творчим колективом кафедри «Підйомно-транспортні машини й устаткування» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» розроблене і успішно впроваджене принципово інше рішення, яке дозволяє зменшити час створення габаритного креслення в 4-5 раз. Воно полягає в застосуванні програмного забезпечення, яке в автоматизованому режимі здійснює ряд розрахункових операцій і графічних побудов. Для цього програма інтегрована в середовище креслення Autocad з можливістю обміну даними із середовищем Excel, де зберігаються вихідні дані опитувального листа, проводяться обчислення параметрів майбутнього крана й записуються результати розрахунків. Габаритне креслення, створене у зазначеному програмному забезпеченні й вікно Autocad з додатковою панеллю інструментів представлені на рис.1.

Програма реалізована мовою C#, який активно розвивається й сумісний з усіма сучасними інструментами розробки програмного забезпечення. Це гарантує можливість довготривалої підтримки й доопрацювання програмного забезпечення. Крім того, використання сучасної мови програмування забезпечує простоту впровадження таких функцій, як багатопотокові обчислення, робота з реляційними базами даних і багато іншого. Завдяки цьому є можливість розширення функціонала програми згідно з вимогами підприємства з будь-яким рівнем інтеграції інформаційних технологій у проектуванні й виробництві.

Розроблене програмне забезпечення містить два ядра – графічне й розрахункове. Основне завдання графічного функціонала полягає в автоматизованій побудові проєкцій крана, для якого будується габаритне креслення. Для цього в бібліотеку програми завантажена спеціальним образом перероблена база креслень. Проєкція будується мо-

дульним способом – з окремих елементів: візок, кабіна, вантажозахватний пристрій і т.д.. При цьому не потрібно витратити багато часу на пошук, копіювання й редагування ескізу потрібного елемента. Програма сама запропонує підходящі варіанти, а проєктувальникові залишається тільки вибрати потрібний рядок з невеликого списку й указати курсором точку вставки елемента на екрані. Інша важлива функція полягає в заповненні всіх таблиць на кресленні одним кліком кнопки на інтерфейсі програмного забезпечення. Вихідні дані й результати розрахунків автоматично заносяться у відповідні таблиці. Концепція створення габаритного креслення заснована на максимальній економії часу. Тому автоматизовані також і допоміжні операції: збереження креслення в растровому форматі необхідної якості для подальшої вставки в документ, збереження креслення на диску, друк габаритного креслення. Функції програмного забезпечення, створені спеціально для даних креслень дозволяють заощаджувати час у порівнянні з використанням штатних команд Autocad. Переслідуючи мету підвищення продуктивності праці, приділена увага зручності роботи із самою програмою. Наприклад, при вставці блоку стандартними засобами багатьох версій Autocad, відбувається постійне перерисовування блоку при найменшому переміщенні курсору миші. Це змушує користувача чекати, поки блок буде нарисований повністю, щоб оцінити його розташування на новому місці. Подібні очікування можуть займати більш 10 секунд і так при кожному, навіть незначному, переміщенні курсору. При вставці блоку засобами запропонованого програмного забезпечення реалізований такий режим, у якому перерисовування відсутнє що дозволяє в кінцевому результаті заощадити велику кількість часу, а також не дратувати користувача постійним очікуванням повного відрисовування блоку.

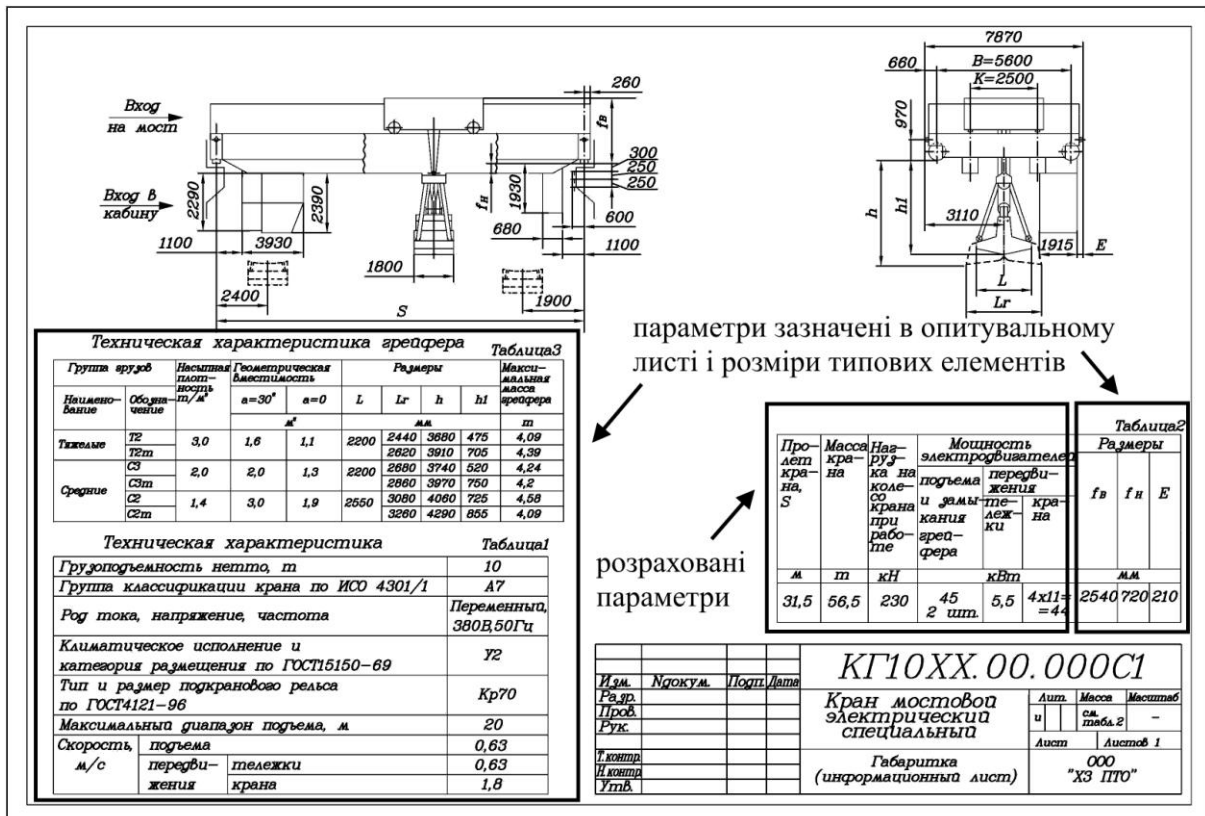


Рисунок 1 – Габаритне креслення мостового крана створене за допомогою автоматизованої розрахунково-графічної системи

Інноваційність системи полягає в принципово нових підходах до визначення параметрів крана, які реалізовані в розрахунковому ядрі програмного забезпечення. Ці параметри визначаються не шляхом прийняття ряду конструкторських рішень з наступним підтвердженням їх правильності розрахунками на міцність, витривалість і т.д., а шляхом автоматизованого розрахунку на основі науково обґрунтованих функціональних залежностей, побудованих за даними аналогічних кранів.

Такий підхід неможливо реалізувати без потужного математичного апарата й нових, запропонованих авторами проекту ідей з області теорії статистики й обробки даних, оскільки навіть несуттєва похибка розрахунків параметрів, наприклад, такого як маса крана, може привести до значного необґрунтованого завищення або заниження вартості в комерційній пропозиції.

Подальшим розвитком програмного забезпечення може стати його впровадження в систему контролю якості підприємства. Розраховуючи параметри на основі функціональних залежностей, можна одержати науково-обґрунтовані інтервали їх відхилень. Перевіряючи, чи укладаються параметри фактично виготовленого крана в цей діапазон відхилень і чи відповідають вони критеріям грубих промахів, визначається, чи є кран «бракованим» по даних параметрах або відхилення лежать у межах припустимого розкиду значень.

Таким чином, замовник крана, одержуючи габаритне креслення в найкоротший строк, з високою ймовірністю не переключиться на роботу з іншим підприємством, тому шанси одержати замовлення різко збільшуються. Крім того, такий підхід свідчить про високу технологічність підприємства й повсюдне застосування комп'ютерних технологій, що підвищує імідж організації в цілому.

**Висновки.** 1. Встановлено, що визначення параметрів нового крана й створення його габаритного креслення з урахуванням кількості запитів вимагає відчутних працевитрат. 2. Запропонована концепція комплексних розрахунків технічних параметрів підйомно-транспортних машин із застосуванням методів математичної статистики на основі існуючої теоретичної бази й бази значень параметрів раніше виготовлених і успішно працюючих кранів. 3. Створено автоматизовану розрахунково-графічну систему визначення технічних параметрів підйомно-транспортних машин і формування габаритного креслення, що є частиною техніко-комерційної пропозиції. Запропоноване програмне забезпечення, що представляє собою надбудову середовища Autocad, використовує розрахункові й графічні можливості базових програм Autocad і Excel.

**Література:** 1. *Справочник по кранам: В 2 т. Т.2 Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов* / М. П. Александров, М. М. Гохберг. / Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 559 с. ил.; 2. *Вантажопідйомні машини : навч. посібник* / О.В. Григоров, Н.О. Петренко. – Х. : НТУ «ХПІ», 2006. – 304 с.; 3. Бушер В.В. *Автоматизована система порівняння техніко-економічної ефективності електроприводів кранових механізмів* / В. В. Бушер, С. П. Савич, С. Л. Савич, В. С. Медведєв // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2016. – 2/8 (80) 2016. – с. 37-49.; 4. Герасимьяк, Р. П. *Разработка системы критериев выбора электропривода для крановых механизмов* / Герасимьяк Р. П., Савич С. П., Шабовта М. Ю. // *Восточно-Европейский жур-*

нал передовых технологий. – 2015. – 5/1 (77) 2015. – с. 51-58. 5. Мисюра В.А. Автоматизированный синтез параметров стреловых систем порталных кранов / В. П. Мисюра, В. А. Михеев // Пийдйомно-транспортна техніка: Зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. №4. – С. 8-12.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Spravochnyk po kranam: V 2 t. T.2 Kharakterystyky y konstruktivnyye skhemy kranov. Kranovyye mekhanizmy, ykh detaly y uzly. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya kranov* / М. Р. Aleksandrov, М. М. Hokhberh. / L.: Mashynostroenye. Lenynhr. otd-nye, 1988. – 559 s. yl.; 2. *Vantazhopidionni mashyny : navch. posibnyk* / O.V. Hryhorov, N.O. Petrenko. – Kh. : NTU «KhPI», 2006. – 304 s.; 3. *Busher V.V. Avtomatyzovana systema porivniannia tekhniko-ekonomichnoi efektyvnosti elektropryvodiv kranovykh mekhanizmiv* / В. V. Busher, S. P. Savych, S. L. Savych, V. S. Medvediev // *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiyi*. – 2016. – 2/8 (80) 2016. – с. 37-49.; 4. *Herasymiak, R. P. Razrabotka systemy kryteryev vybora elektropryvoda dlia kranovykh mekhanizmov* / Herasymiak R. P., Savych S. P., Shabovta M. Yu. // *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiyi*. – 2015. – 5/1 (77) 2015. – с. 51-58. 5. *Mysiura V.A. Avtomatyzovannyyi syntez parametrov strelovykh system portalnykh kranov* / V. P. Mysiura, V. A. Mykheev // *Piidionno-transportna tekhnika: Zb. nauk. pr. – Dnipropetrovsk, 2006. – Vyp. №4. – S. 8-12.*

Григоров О.В., Журавель О.В., Стрижак В.В., Стрижак М.Г., Пономарьев О.Е.

#### АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ

Обґрунтована актуальність створення й базові принципи роботи автоматизованої розрахунково-графічної системи визначення технічних параметрів підйомно-транспортних машин і підготовки технічної документації для комерційних пропозицій. Наведений приклад габаритного креслення, створеного за допомогою розробленого програмного забезпечення.

Григоров О.В., Журавель А.В., Стрижак В.В., Стрижак М.Г., Пономарёв О.Э.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

Обоснована актуальность создания и представлены базовые принципы работы автоматизированной расчетно-графической системы определения технических параметров подъемно-транспортных машин и подготовки технической документации для коммерческих предложений. Приведен пример габаритного чертежа, созданного при помощи разработанного программного обеспечения.

O. Grygorov, O. Zhuravel, V. Stryzhak, M. Stryzhak, O. Ponomarjov

#### AUTOMATION OF CALCULATION OF TECHNICAL PARAMETERS OF LIFTING AND TRANSPORT MACHINES FOR COMMERCIAL PROPOSALS

The relevance of the creation is substantiated and the basic principles of the automated calculation and graphic system for determining the technical parameters of lifting and transport machines and the preparation of technical documentation for commercial proposals are presented. An example of a dimensional drawing created using the developed software is given.