

УДК 378.022

**Панченко А.І., д.т.н., проф., Волошина А.А., д.т.н., проф.,
Тітова О.А., к.пед.н, доц.**

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГІДРОПРИВОДІВ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Анотація – в статті висвітлено інноваційні аспекти інженерної діяльності студентів при виконанні курсового проектування гідроприводів мехатронних систем сільськогосподарської техніки.

Ключові слова – інженерна діяльність студентів, інноваційний підхід, етапи проектування, інженерне рішення. професійна діяльність.

Постановка проблеми. Вітчизняна галузь сільськогосподарського машинобудування знаходиться у процесі переналаштування та модернізації з чітким усвідомленням того факту, що нині для задоволення потреб вимогливого споживача проектна діяльність має здійснюватися із застосування провідних світових підходів, методів і засобів.

Технологічні процеси аграрного виробництва включають багато операцій, які донині здійснюються вручну, тому проектування спрямоване на максимальну механізація і автоматизація через розроблення мехатронних систем. Сьогодення вимагає підвищити техніко-економічний рівень і якість проектів. Це стає можливим тільки завдяки застосуванню принципово нової технології проектування, яка передбачає багатоваріантне опрацювання інженерних рішень і вибір з них оптимального.

Тому, застосування інноваційних підходів при проектуванні гідроприводів мехатронних систем сільськогосподарської техніки з метою покращення професійної діяльності майбутнього інженера є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні вчені у своїх дослідженнях [1-3] доводять інтегративний інноваційний характер професійної інженерної діяльності. При цьому завдання інженера – вміти оцінити пріоритетність цінностей (або критеріїв, які їх описують) і на цій основі бути здатним прийняти оптимальне рішення, яке потім буде реалізовано [4]. Багато уваги приділяється використанню інтегрованої системи моделювання технологічних процесів при проектуванні [5]. Проектування технологічного об'єкту пов'язане зі створенням, перетворенням і поданням у доступній прийнятій формі образу розроблюваного об'єкту [6-8].

Особливу місце серед методів проектування посідає теорія розв'язку винахідницьких задач, розроблена Г. Альтшуллером [9-11]. Разом з «озброєнням» майбутнього інженера прийомами для рішення конкретних технічних

задач, теорія розв'язку винахідницьких задач забезпечує «... таку технологію мислення, яку у старих термінах ми називаємо талантом» [9]. За переконанням автора творча задача «завжди містить протиріччя, яке потрібно усунути подолати або ... послабити» [10], таким чином, винахідництво – це усвідомлення та усунення протиріч усередині системи, зокрема технічної. Згідно з теорією розв'язку винахідницьких задач протиріччя у технічних задачах класифікуються, а кількість протиріч, на відміну від кількості творчих задач, обмежується типовими прийомами їх подолання, які було проаналізовано та зібрано автором у методиці винахідництва у величезну «Таблицю вибору прийомів усунення технічних протиріч». Прийоми та їх сполучення представлено на різних рівнях [11]:

- елементарні (дроблення, поєднання, принцип асиметрії, тощо);
- «сильніші» (пари прийомів типу «прийом-антиприйом»);
- складні (сполучення елементарних прийомів з парними) – уможливають докорінні зміни об'єкту, націлені на удосконалення об'єкту до рівня «ідеальної машини» та являють собою синтез низки дій.

Означені основи дають підстави представити розв'язання задачі інженерами через такі етапи [12]:

- пошук: ідентифікація, усвідомлення, вивчення проблеми;
- формулювання проблеми таким чином, щоб досягти «ідеального кінцевого результату» (визначення протиріч, вимог до «ідеального» рішення);
- організація (визначення цілей, підготовка ресурсів, тощо);
- винайдення ідей (генерування безлічі ідей рішення із застосуванням відповідних технік без критичного аналізу);
- критичний аналіз ідей з урахуванням визначених вимог з прогнозуванням наслідків реалізації ідеї та прийняттям обґрунтованого рішення;
- післядія (у контексті інженерного проекту це ціла низка операцій реалізації ідеї від концепту до прототипу).

Проектування, орієнтоване на споживача – це підхід до вирішення проблем, який зазвичай використовується в рамках проектування для прийняття рішень на основі результатів спостереження за проблемою, мозкового штурму, концептуалізації, розробленні та реалізації рішення, моделюванні та виготовленні прототипів та їх впровадженні [13].

Багато уваги приділено конструктивним особливостям гідравлічних машин, що використовуються в гідроприводах мехатронних систем [14]. Запропоновані моделі [14-17] і розрахункові схеми [18] дозволяють описати процеси, що відбуваються в елементах гідравлічного приводу мехатронної системи та наведено особливості моделювання [19]. Моделювання проводилося для гідроприводів мехатронних систем різних типів обумовлених величиною навантаження в умовах експлуатації [20]. Проведено оцінку адекватності математичної моделі процесів, що відбуваються в елементах гідроприводу мехатронної системи самохідної техніки [21]. Питання покращення професійної діяльності майбутніх інженерів не розглядалися.

Формулювання цілей статті. Покращення професійної діяльності майбутнього інженера шляхом застосування інноваційних підходів при проектуванні гідроприводів мехатронних систем сільськогосподарської техніки.

Виклад основного матеріалу досліджень. Проектування гідравлічного приводу мехатронних систем сільськогосподарської техніки – процес творчий, який залежить від багатьох зовнішніх чинників. Будь-який гідропривід можна виконати за допомогою різних схем, різного типу і типорозміру гідрообладнання, в різноманітному компонуванні і т.д. Основними факторами при проектуванні гідравлічних приводів мехатронних систем сільськогосподарської техніки є технологія її використання, умови експлуатації, діапазон зміни зовнішніх навантажень, і т.п.

При проектуванні гідроприводу мехатронних систем сільськогосподарської техніки загальний опис об'єкту представляють принциповою схемою мехатронної системи. На наступному рівні із системи виокремлюється підсистема гідроприводу, яка у свою чергу представляється у вигляді гідравлічної схеми, що включає елементи основного та допоміжного обладнання: (насосу, гідродвигуна, розподільників, дроселів, клапанів, робочих рідин, фільтрів, теплообмінників, трубопроводів та ін.). Подальше застосування принципів ієрархічності і декомпозиції призводить до виділення рівнів описів технологічних операцій, тобто описів технологічних процесів та фізико-хімічних явищ, що відбуваються в елементах системи.

Крім розподілу описів за ступенем деталізації властивостей об'єкту застосовують декомпозицію описів за характером цих властивостей. Така декомпозиція спричиняє появу низки аспектів описів: функціонального, конструкторського і технологічного. Розв'язування задач, пов'язаних з перетворенням чи одержанням описів, що відносяться до цих аспектів, називають відповідно *функціональним, конструкторським і технологічним проектуванням*.

Функціональний аспект передбачає відтворення основних принципів функціонування, характеру фізичних і інформаційних процесів, що відбуваються в об'єкті, відображається у принципових, функціональних, структурних схемах та супроводжуючих документах.

Конструкторський аспект пов'язаний з реалізацією результатів функціонального проектування, тобто відповідає за визначення геометричних форм об'єктів та їх взаємного розташування у просторі.

Технологічний аспект відноситься до процесу впровадження результатів конструкторського проектування та стосується опису методів і засобів виготовлення об'єктів.

Усередині кожного аспекту можливе своє специфічне виділення ієрархічних рівнів. Так функціональний аспект опису технологічної системи включає в себе ієрархічні рівні принципових, функціональних і структурних схем.

Розглянемо основні етапи або фази проектування, та пов'язану з ними професійну діяльність інженера (рис. 1), на основі відомих алгоритмів проектної діяльності [22**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

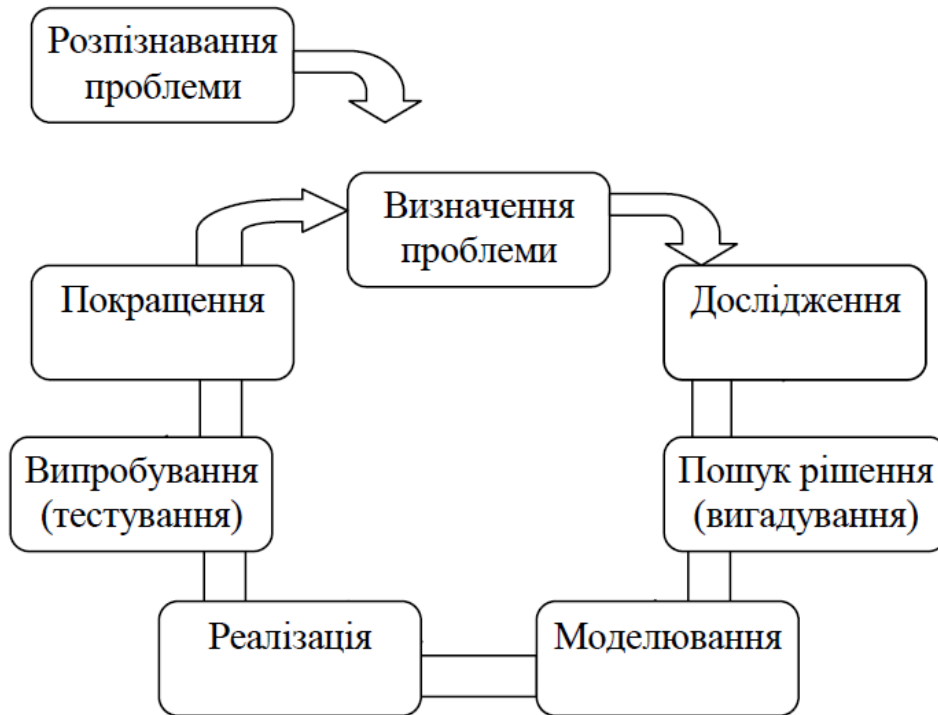


Рис. 1. Етапи вирішення проблеми

Діяльність інженера починається тоді, коли виявляється потреба у певних змінах. Причому важливим є усвідомлення того, що така необхідність виникає з боку споживача. У сучасному виробництві спілкування із споживачем для того, щоб встановити проблему є добре організованим процесом, яким займаються спеціально підготовлені команди фахівців, що гіпотетично забезпечує майбутній фінансовий успіх потенційного інженерного рішення. Особливістю аграрного виробництва є те, що часто інженер, який покликаний вирішувати певну проблему одночасно і є споживачем, що має побачити цю проблему.

Виявлення та визначення проблеми замовника є першим і найважливішим кроком при розробленні нових рішень. Приділяючи належну увагу справжнім потребам споживача, інженер усвідомлює виклик, залишаючи себе відкритим для нових і непередбачуваних ідей.

Наступний крок спрямований на визначення того, що потрібно зробити для успішного рішення, обмеження, над якими має працювати розробник, та будь-які бажані атрибути, які хочете включити замовник. На цьому етапі необхідно розшифрувати, на що буде спрямовано рішення, а не те, яке рішення очікується. Перш ніж застосовувати будь-яку техніку генерування ідей необхідно чітко визначити цілі, відповівши на питання: *Що, без сумнівів (абсолютно, на 100%), має робити розроблювана конструкція?* Цей етап

пов'язаний з специфічними твердженнями, оформленими одним реченням на основі запитів та потреб клієнта. Перелік вимог визначає конкретне уявлення того, які функції має виконувати конструкція. Причому, вимоги не тільки визначають, а і обмежують можливе рішення. Тому запит клієнта перетворюється на вимоги до інженерного рішення. Існує дуже специфічний спосіб визначення вимоги. Іноді у промисловості це називається заявою. Речення починається з «Проект має...», або «Рішення повинно...». Слова «має» та «повинно» вказують на те, що рішення повинно абсолютно, на 100%, без сумніву, виконувати означені функції.

Вимоги мають бути максимально конкретними, включаючи те, що не потрібно робити. Іноді замовник може вже мати бачення рішення, проте не у повній мірі пояснити його інженерові. Тому для розробника важливо задавати зондуючі питання, щоб переконатися, що висвітлено кожну деталь. Процес визначення вимог часто циклічний і має кілька повторень, щоб винахідник міг переконатися, що все абсолютно чітко та встановити певні межі для подальших процедур проектування.

Якщо це можливо, вимоги включають кількісну інформацію та не містять таких узагальнень як «недорогий», «безпечний», «легкий», «швидкий» тощо, які у різних ситуаціях різними людьми можуть трактуватися по-різному. Вимоги повинні завжди повідомляти інженеру, *що* має вирішити проект, а не *як* його вирішити. Наприклад, є необхідність розробити телефон, який не розбивається. Перші думки обмежують рішення у рамках проектування телефону таким чином, щоб він був захищений при падінні. Таким чином обмежується творчість інженера, і результат буде досить очікуваним: наприклад, застосування зовнішньої гумової оболонки. А, можливо, не це було потрібно, можливо, є інший спосіб, – наприклад, застосування гнучкого екрану.

Ще одна річ, яку слід враховувати при визначенні вимог, – це фізичні обмеження навколишнього оточення.

Коли проблему виявлено, перший крок інженера – ґрунтовне визначення проблеми, тобто встановлення особливих потреб з боку споживача, цілей, які досягатимуться інженерним рішенням, вимог, які це рішення має задовольнити, критеріїв, що вимірюватимуть успішність рішення та обмеження його можливих функцій.

Наступний етап – це дослідження, яке дає змогу краще зрозуміти проблему, та, що є дуже важливим, підтвердити, що інженер стоїть перед вирішенням правильної (саме тієї, з якою зіткнувся споживач) проблеми. На цьому етапі вивчаються існуючі рішення, їх переваги та недоліки.

Потім починається творчий процес: підбір, уявлення, вигадання, конструювання можливостей вирішення проблеми. Це вимагає від інженера дивергентного мислення, володіння техніками генерування ідей, оскільки досвідчені інженери передових виробництв зауважують, що на цьому етапі важливо винайти якомога більше варіантів, і кількість тут переважає якість. До уваги приймаються всі, навіть зовсім неймовірні ідеї. Потім всі рішення критично

аналізуються з урахуванням тих критеріїв, які було встановлено на першому етапі.

Для звуження першого, можливо, великого переліку рішень інженери визначають критерії, які використовуватимуть для розмежування варіантів. Критерій – це мірило, яке допомагає щось оцінити. Сформувавши перелік критеріїв, розробник може вирішити, що важливо. Для прикладу розглянемо покупку автомобіля. Кожен автомобіль буде відповідати вимозі щодо уміння пересуватися. Але при визначенні «самого того» увагу привертають такі речі, як витрата палива, комфорт, стереосистеми, навіть колір. Це все стосується критеріїв, які використовуються, щоб допомогти звужити перелік варіантів, щоб знайти ідеальний автомобіль. Критерії мають бути такими, щоб їх можна було оцінити та застосувати до всіх запропонованих варіантів.

Після вибору оптимального рішення на основі критеріїв відбувається *моделювання потенційного рішення* – це та наступна фаза, що суттєво відрізняє діяльність інженера-професіонала від діяльності аматора. Інженерна діяльність в цей період базується на наукових підходах, застосовуючи математичне або комп'ютерне моделювання, здійснення розрахунків, що потім супроводжується тривимірним моделюванням та розробленням креслень для подальшого виготовлення певних конструкцій.

Тут проявляться аналітична та синтетична діяльність інженера, що дає йому змогу прийняти детерміновані рішення. Але навіть такий підхід не виключає ймовірнісних рішень, які базуються на досвіді інженера і передбачають певні ризики. З огляду на це можна зробити висновок проте, що чим більше інженер матиме змогу вирішувати нестандартні задачі, починаючи з перших курсів навчання в університеті, тим багатший досвід він отримає, тим більш виправдані ризики він зможе дозволяти у своїй професійній діяльності.

Завершують процес операції *виготовлення прототипів та випробування* з урахуванням всіх вимог та критеріїв, що потім неодноразово може супроводжуватися фазою *покращення*.

Наведені фази проектування із застосуванням інноваційних підходів при проектуванні гідроприводів мехатронних систем сільськогосподарської техніки спрямовані на покращення професійної діяльності майбутнього інженера.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що основними етапами проектування, пов'язаними з професійною діяльністю інженера є: виявлення та обґрунтування проблеми; дослідження, яке дає змогу краще зрозуміти проблему та підтвердити, що інженер стоїть перед вирішенням правильної проблеми (саме тієї, з якою зіткнувся споживач); підбір, уявлення, моделювання, конструювання можливостей вирішення проблеми; використання технології математичного моделювання лабораторного експерименту; застосування прикладних програм автоматизації проектування; виготовлення прототипів та випробування з урахуванням всіх вимог, що потім неодноразово може супроводжуватися фазою покращення.

Наведені фази проектування із застосуванням інноваційних підходів при проектуванні гідроприводів мехатронних систем сільськогосподарської техніки спрямовані на покращення професійної діяльності майбутнього інженера.

Список використаних джерел.

1. Глотова Г. В. Развитие творческого потенциала будущих инженеров в вузах США и Западной Европы: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08. Казань, 2005. 209 с.
2. Горохов В. Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества в России и Германии в конце XIX – начале XX столетия. Логос, 2009. 729 с.
3. Гурье Л. И. и др. Методология инженерной деятельности в концепции инновационного образования. Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2005. 58 с.
4. Хунинг А. Инженерная деятельность с точки зрения этической и социальной ответственности. Сборник статей. Перевод с немецкого и английского. Москва, Прогресс, 1989. С. 404-419.
5. Сахаров О. С., Щербина В. Ю., Гондляр О. В., Сівецький В. І. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості: навчальний посібник. Київ: ТОВ «Поліграф Консалтинг», 2006. 156с.
6. Казак І.О. Методологія проектування: конспект лекцій Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 46 с.
7. Черков Л. Б. Основы методологии проектирования машин. Москва: Изд-во «Машиностроение», 1988. 152 с.
8. Щербина В. Ю. Методологія проектування: курс лекцій. Київ: Видавництво «ЕКМО», 2010. 168 с.
9. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 240 с.
10. Альтшуллер Г. С. Алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ-85-В). URL: <https://www.altshuller.ru/triz/ariz85v.asp>.
11. Альтшуллер Г. С. Теория решения изобретательских задач. Справка «ТРИЗ-88». Баку, 1988. 98 с.
12. Тітова О. А., Панченко А. І., Волошина А. А. Методологічні засади проектування гідроприводу мехатронних систем сільськогосподарської техніки. Мелітороль: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 179 с.
13. Ярцев А. Философия науки и техники. Проблемы начала XXI века. Litres, 2017. 180 с.
14. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Конструктивные особенности планетарных гидромоторов серии PRG / Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХП», 2018. № 17 (1293). С.88-95.
15. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Математическая модель насосной станции с приводным двигателем / Праці Таврійського дер-

жавного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. Вип. 13. Т. 6. С. 45-61.

16. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Методика проектирования элементов вытеснительных систем гидровращателей планетарного типа / Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси та устаткування. – Х.: НТУ «ХП», 2014. № 1 (1044). С. 136-145.

17. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А., Обернихин Ю. П. Математическая модель рабочих процессов распределительной системы гидровращателя планетарного типа / Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХП», 2015. № 45 (1154). С. 53-59.

18. Панченко А. И. Планетарно-роторные гидромоторы. Расчет и проектирование: монография / А.И. Панченко, А.А. Волошина // Мелітополь: Издательско-полиграфический центр «Люкс», 2016. 236 с.

19. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Модель гідравлічного приво́ду мехатронної системи / Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. 18. Т. 2. С. 59-83.

20. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Особенности моделирования рабочих процессов, происходящих в гидравлической системе насос-клапан-гидровращатель. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. Вип. 6. Т. 1. С. 63-79.

21. Панченко А. И., Волошина А. А., Панченко И. А. Оценка адекватности математической модели планетарного гидромотора в составе гидроагрегата / Промислова гідравліка і пневматика, 2018. № 1 (59). С. 55-71.

22. Introduction to Engineering: Imagine. Design. Engineer! Arizona State University. URL: <https://courses.edx.org/courses/course-v1:ASUx+FSE100x+2177C/course/>.

Panchenko A., Voloshina A., Titova O. Innovative aspects of engineering in designing hydraulic drive of mechatronic systems for agricultural equipment

Summary. innovative aspects of engineering activity of students in course design of hydraulic actuators of mechatronic systems of agricultural machinery are covered in the article

Key words: engineering activity, innovative approach, design stages, engineering solution, professional activity.