

Міністерство освіти і науки України
Національний транспортний університет

ТАРАНДУШКА ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА



УДК 65.018.2

**НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ В СИСТЕМАХ АВТОСЕРВІСУ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі автомобілів та технологій їх експлуатації Черкаського державного технологічного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Матейчик Василь Петрович,
Національний транспортний університет, декан
автомеханічного факультету.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Кравченко Олександр Петрович,
Державний університет «Житомирська
політехніка», професор кафедри автомобілів і
транспортних технологій;

доктор технічних наук, професор,
Грицук Ігор Валерійович,
Херсонська державна морська академія,
професор кафедри експлуатації суднових
енергетичних установок;

доктор технічних наук, професор,
Аулін Віктор Васильович,
Центральноукраїнський національний
технічний університет, професор кафедри
експлуатації та ремонту машин.

Захист відбудеться «06» квітня 2021 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.03 в Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вулиця Михайла Омеляновича-Павленка, 1, аудиторія 209.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий «05» березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



С.В. Ковбасенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Автосервісні підприємства (АСП) виконують важливу функцію підтримки та забезпечення працездатного стану транспортних засобів (ТЗ) протягом експлуатації. Якість виконання технологічних процесів (ТП) під час технічного обслуговування та ремонту ТЗ напряму впливає на безпеку пересування автошляхами.

Забезпечення належного рівня безпеки, енергоефективності та екологічності ТЗ досягається якісним виконанням ТП відновлення їх працездатності шляхом ТО та ремонту ТЗ в умовах експлуатації. Аналіз перспективних тенденцій зміни структури парку та конструкцій ТЗ, новітніх технологій діагностування їх технічного стану та обслуговування, методів оцінювання якості послуг існуючих АСП, останніх директив ЄС щодо застосування відповідних технічних регламентів показав, що потрібні інноваційні підходи до організації систем технічного сервісу ТЗ, оцінювання якості технологічних процесів підтримування та відновлення працездатного стану ТЗ та забезпечення ефективності функціонування систем автосервісу на різних ієрархічних рівнях.

Аналіз сучасних досліджень в забезпеченні якості технічного обслуговування та ремонту ТЗ показав, що більшість методик оцінювання якості базується на економічних параметрах та не враховує параметри стану АСП, та характеристик автомобілів, що обслуговуються, а також факторів, що характеризують зовнішнє середовище, які в сукупності утворюють систему автосервісу.

Тому розробка методології оцінювання якості технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ в системах автосервісу, яка б враховувала комплексний підхід до перспективних тенденцій зміни структури парку та конструкцій транспортних засобів, новітніх технологій діагностування їх технічного стану та обслуговування, є актуальною проблемою, що вирішується в дисертаційній роботі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи була складовою частиною науково-дослідницьких робіт Черкаського державного технологічного університету (ЧДТУ): “Розробка загальної методології оцінювання якості технологічних процесів системи автосервісу”, № держреєстрації 0120U103772, НДР “Дослідження якості виконання технологічних процесів автосервісних підприємств”, № держреєстрації 0120U103771, від 07-09-2020.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є забезпечення належного рівня безпеки, енергоефективності та екологічності ТЗ в умовах експлуатації шляхом підвищення якості технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ в системах автосервісу з врахуванням їх соціально-економічної ефективності на різних ієрархічних рівнях.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі ієрархічно пов'язані завдання:

- аналіз ролі якості ТП відновлення працездатності ТЗ в забезпеченні їх

- безпеки, енергоефективності та екологічності в умовах експлуатації;
- розробка методології оцінювання якості ТП систем автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях;
- виконання систематизації систем автосервісу на макрорівні за морфологічними ознаками їх основних функціональних елементів;
- виконання структурної та параметричної ідентифікації моделей оцінювання рівня якості ТП відновлення працездатного стану ТЗ в системах автосервісу;
- експериментальне дослідження впливу параметрів основних функціональних елементів на якість ТП підтримування та відновлення технічного стану ТЗ в системах автосервісу різних типів;
- обґрунтування вибору типу моделі для дослідження рівня якості технологічних процесів в системах автосервісу різних морфологічних структур та їх верифікація;
- дослідження впливу характеристик функціональних елементів системи автосервісу на якість ТП відновлення працездатності ТЗ за результатами комп'ютерного експерименту;
- розробка рекомендацій щодо оптимізації структури діючих систем автосервісу для досягнення цільових показників якості;
- оцінка соціально-економічної ефективності забезпечення цільового рівня якості ТП систем автосервісу.

Об'єктом дослідження є системи автосервісу на мікро-, макро- та мета-рівнях, що включають технологічні процеси відновлення працездатності ТЗ та зворотні зв'язки, які забезпечують управління цими процесами для досягнення цільового рівня якості.

Предметом дослідження є методи оцінювання та способи підвищення якості технологічних процесів систем автосервісу з врахуванням їх соціально-економічної ефективності на різних ієрархічних рівнях.

Методи дослідження. Розробка наукових основ підвищення якості технологічних процесів систем автосервісу здійснювалась за допомогою застосування методів системного аналізу, які дозволили сформувати структуру та логічну організацію досліджень та розробити модель функціонування системи автосервісу, яка враховує особливості основних процесів системи, зворотні зв'язки та зв'язки з середовищем.

Застосування методу морфологічного аналізу, зокрема методу морфологічного ящика, дозволило виокремити суттєві морфологічні ознаки основних функціональних елементів системи автосервісу.

Метод синтезу дозволив досліджувати існуючі та перспективні структури систем автосервісу та способи підвищення якості їх ТП.

Оцінка способів підвищення якості ТП систем автосервісу проводилась з використанням методів математичного моделювання, теорії нечітких множин за окремими якісними та кількісними параметрами.

Побудова математичних моделей системи виконувалась з врахуванням вимоги універсальності шляхом описання окремих підсистем та елементів за допомогою теоретичних та емпіричних залежностей. Перевірка адекватності

математичних моделей виконувалась шляхом порівняння розрахункових результатів з експериментальними даними.

Комплекс експериментальних досліджень різних способів підвищення якості ТП систем автосервісу включав визначення коефіцієнту якості ТП шляхом проведення комп'ютерного експерименту із застосуванням статистичної обробки отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що *вперше*:

- запропоновано та з системних позицій обґрунтовано методологію комплексного оцінювання якості ТП відновлення працездатності транспортних засобів трирівневої системи автосервісу, яка пов'язує розроблені функціональні та математичні моделі, методи оцінювання та алгоритми оптимізації її підсистем на мікро-, макро- та мета- рівнях, що дозволяє здійснювати управління якістю ТП системи на різних рівнях ієрархії.

- застосовано метод систематизації морфологічних структур для систем автосервісу, що дозволяє формувати морфологічні структури як існуючих, так і перспективних систем автосервісу за морфологічними ознаками основних функціональних елементів, з врахуванням рівня якості ТП;

- розроблено систему нечіткого логічного виведення, яка дозволяє на основі нечіткої інформації про характеристики функціональних елементів систем автосервісу отримувати кількісні значення показників якості ТП;

- розроблено комплекс критеріїв для оцінювання якості та оптимізації функціонування систем автосервісу, що дозволяє забезпечити цільовий рівень якості ТП;

- на основі розроблених лінійних та нелінійних моделей системи автосервісу на макрорівні визначено закономірності впливу суттєвих характеристик основних функціональних елементів на якість ТП, що дозволяє визначати існуючий рівень якості ТП та прогнозувати його оптимальне значення для будь-якого типу АСП;

удосконалено та досліджено спосіб визначення соціально-економічної ефективності функціонування систем автосервісу, який відрізняється врахуванням характеристик її функціональних елементів, що впливають на якість ТП відновлення працездатності ТЗ, та дозволяє підвищити прибуток (ефективність) системи автосервісу за рахунок коригування її поточного стану;

набули подальшого розвитку:

- метод використання індикаторів та системи показників діяльності систем автосервісу, в якому, на відміну від попередніх, на ряду з економічними характеристиками системи враховуються її технічні, екологічні та інформаційні характеристики, надаючи можливість на основі алгоритмів теорії графів обрати актуальну програму оптимізації поточної структури системи, враховуючи морфологічні ознаки її функціональних елементів;

- спосіб оптимізації ТП систем автосервісу за критерієм ефективності, який на відміну від інших ґрунтується на розв'язанні задачі багатокритеріальної оптимізації, що містить цільові функції соціально-економічної ефективності автосервісу та потенційних втрат власників ТЗ і обмеження на параметри її функціональних елементів, та дозволяє визначити оптимальну морфологічну

структуру системи на будь-якому рівні ієрархії.

Практичне значення одержаних результатів роботи складають:

- методика оцінювання ТП системи автосервісу на макрорівні, що враховує вплив 19 характеристик функціональних елементів «Автосервісне підприємство», «Автомобілі» та «Середовище» на рівень якості та ефективності функціонування системи;
- алгоритм вибору морфологічної структури системи автосервісу та оптимізація її функціонування за критеріями рівня якості ТП;
- програмний комплекс в середовищі Delphi 7.0 для дослідження впливу окремих параметрів функціональних елементів на рівень якості ТП системи автосервісу на макрорівні;
- морфологічні структури систем автосервісу на макрорівні;
- кількісні значення діапазонів параметрів окремих морфологічних ознак основних функціональних елементів;
- комплекс лінійних та нелінійних математичних моделей систем автосервісу для оцінювання якості ТП відновлення працездатності ТЗ;
- кількісні значення дійсних та цільових коефіцієнтів якості ТП для конкретних морфологічних структур системи автосервісу (діючих АСП) в заданих умовах функціонування;
- рекомендації щодо забезпечення цільових коефіцієнтів якості для діючих АСП;
- методика оцінювання соціально-економічної ефективності функціонування систем автосервісу з врахуванням характеристик основних функціональних елементів існуючих та перспективних морфологічних структур системи, що визначають цільовий рівень якості ТП.

Результати дисертаційної роботи прийняті до використання в директораті автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України, ПРАТ «ЧЕРКАСИ-АВТО», ТОВ АСКО-ЕКСПЕДИЦІЯ, ТОВ «АНТ-АВТО-СЕРВІС». Матеріали роботи застосовуються в навчальному процесі Черкаського державного технологічного університету при підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальностями 274 – Автомобільний транспорт, 275 – Транспортні технології при викладанні дисциплін «Методологія наукових досліджень», «Математичне моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту».

Особистий внесок здобувача. Всі наукові положення, розробки і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно і виконані в ЧДТУ.

Основні результати досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані автором особисто та викладено в роботах [2, 3, 4, 5, 6]. Особистий внесок дисертанта в колективних публікаціях полягає в такому: застосовано системний підхід для визначення параметрів, що характеризують якість виконання технологічних процесів на автосервісних підприємствах [7, 8], застосовано системний підхід для визначення номенклатури найчастіше виконуваних послуг та формування номенклатури споживчих критеріїв на автосервісних підприємствах [9, 15], застосовано системний підхід для

визначення основних параметрів схеми вентиляції кузова автомобіля для безпечної експлуатації [27, 28], проведено розрахунок витрат енергоресурсів для експлуатації різних типів автомобілів, що відображає складову рівня екологічної безпеки [29], розраховано оцінку відповідності виконання технологічних процесів до вимог нормативно-технічної документації [11], виконано розрахунок вартості послуг автосервісу [30], розроблено морфологічну матрицю системи автосервісу, за допомогою якої можливо описати функціонування будь-якого типу автосервісного підприємства [1], отримано математичну залежність для розрахунку індикаторів поточного стану автосервісного підприємства [17], розроблено модель в системних об'єктах, що відображає функціонування мережі автосервісних підприємств [12], розроблено функціональну модель вибору стратегії форми організації виробництва автосервісних підприємств за стандартом функціонального моделювання IDEF0 [13], виконано моделювання початкових даних на базі апарату інтервальної математики, теорії ймовірності та математичної статистики на нижньому рівні моделі та проведено дослідження векторної задачі з нечіткими або інтервально заданими параметрами на верхньому рівні моделі визначення форми організації виробництва для оптимального функціонування автосервісного підприємства [14, 15], розроблено алгоритми вибору оптимальної форми організації виробництва в підсистемі менеджменту якості автосервісного підприємства [16], розроблено математичну модель у загальному вигляді для розрахунку функції ефективності системи автосервісу [18], запропоновано оцінювати якість технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів на трьох рівнях системи автосервісу [19], запропоновано описувати будь-яку систему автосервісу набором ознак, де кожна ознака визначається процедурою вимірювання необхідних властивостей [20], визначено, що форма організації виробництва повинна враховувати наступні ознаки: регіон, де розташоване АСП, споживчі, виробничі критерії та технологію виконання послуг [21], застосовано системний підхід для забезпечення безпеки, енергоефективності транспортних засобів при зміні їх конструкції [23], запропоновано управляти якістю робіт на автосервісних підприємствах, оцінюючи рівень якості окремого технологічного процесу [22], запропоновано алгоритм для вибору оптимальної форми організації виробництва автосервісного підприємства [24], запропоновано алгоритм визначення оптимальних значень параметрів функціонального елементу «Автосервісне підприємство» на макрорівні системи автосервісу [25], з метою визначення суттєвих параметрів, що впливають на якість виконуваних послуг на автосервісних підприємствах, пропонується проводити дослідження підприємств на мікро-, макро- та мета- рівнях [26], виконано систематизацію експлуатаційних характеристик легкового автомобіля залежно від розташування його антикрила [31], проаналізовано та систематизовано зміну значень параметрів стійкості та керованості легкового автомобіля при застосуванні багажника розробленої конструкції [32].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на: Всеукраїнській науково-практичній конференції, «Новітні шляхи створення, експлуатації,

ремонту і сервісу автомобілів». (Коблево, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Фінансово-економічне та обліково-аналітичне забезпечення підприємницької діяльності” (Черкаси, СУЕМ, 2016); Міжнародної науково-практичної конференції, «Фінансово-економічне та обліково-аналітичне забезпечення підприємницької діяльності ”(Черкаси, СУЕМ, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (Херсон, 2018); Міжнародної науково-технічної конференції “Systemy i srodki transport samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki ” (Польща, Жешув, 2018 р.); «LXXVI науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету» (Київ, НТУ, 2020 р.); VII Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні тенденції розвитку машинобудування та транспорту», (Кременчук, 2020 р.).

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи висвітлені у 32 опублікованих наукових працях, у тому числі: 2 монографії (у закордонних виданнях), 2 патенти, 20 публікацій у наукових фахових виданнях України та інших держав (з них 11 публікацій, що включені до міжнародних наукометричних баз, у тому числі 1 публікація у виданні, що індексується у Scopus); 8 тез у збірниках доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 242 найменування, додатків. Основна частина виконана на 256 сторінках, містить 118 рисунків, 36 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Вказано напрями впровадження результатів роботи, наведено відомості про апробацію та публікації за темою.

У першому розділі розкриті характеристики об’єкта та предмета дослідження, наведено статистичні дані щодо рівня автомобілізації регіонів України, проведено аналіз організаційно-технологічної структури систем автосервісу.

Дослідженнями, спрямованими на підвищення ефективності роботи автосервісних підприємств та вдосконалення ТП технічного обслуговування та експлуатаційних характеристик ТЗ в різних аспектах свого часу займалися такі науковці:

М.Ф. Дмитриченко, І.П. Курніков, І.А. Луйк, В.П. Матейчик, О.Д. Марков, В.П. Волков, В.В. Волгин, О.А. Лудченко, В.Є. Канарчук, С.І. Андрусенко, В.В. Біліченко, Е.К. Посвятенко; І.В. Грицук, В.В. Аулін, А.Д. Чигринець, В.І. Сабаєва, С.С. Селіванов, В.Н. Конопльов, Ю.Н. Демін, Л.Б. Миротин, О.М. Ложачевська, Р.В. Григоренко, М. Royer-Torney, С. Mennenga, D. Velimirović, Ї. Duboka, Р. Damnjanović, R. Oliva, R. Kallenberg, D. Tse,

P. Wilton та ін.

Проведено порівняльний аналіз поняття якості, яке змінювалося з плином часу, було визначено, що якість автосервісних послуг залежить від витрат матеріальних і трудових ресурсів, тому вона є технічною і економічною категорією одночасно. Необхідні ресурси залежать від рівня розвитку науки, техніки та технології, забезпеченості матеріальними та енергетичними можливостями країни, а також від стану навколишнього середовища.

Важливою метою системи автосервісу є управління технічним станом транспортних засобів протягом експлуатації. Працездатність автомобілів під час експлуатації, визначається якістю виконання технологічних процесів підтримування та відновлення технічного стану ТЗ в системах автосервісу. Тому для забезпечення безпеки, енергоефективності та екологічності автомобілів необхідно розробити методологію, яка дозволяє оцінювати та прогнозувати рівень якості технологічних процесів по відновленню працездатності ТЗ, що враховує найважливіші параметри системи автосервісу.

Найвагоміші параметри системи автосервісу відображають характеристики автосервісного підприємства, автомобілів, що обслуговуються та середовища, де розташоване підприємство.

Було визначено 19 найвагоміших параметрів. Очевидно, що кожен параметр має вплив на якість виконання технологічних процесів. Вектори параметрів є різноспрямованими та не можуть рівнозначно впливати на якість ТП відновлення працездатності ТЗ. Тому постає конфлікт вимог до параметрів, які забезпечують найвищу якість ТП (рис. 1).

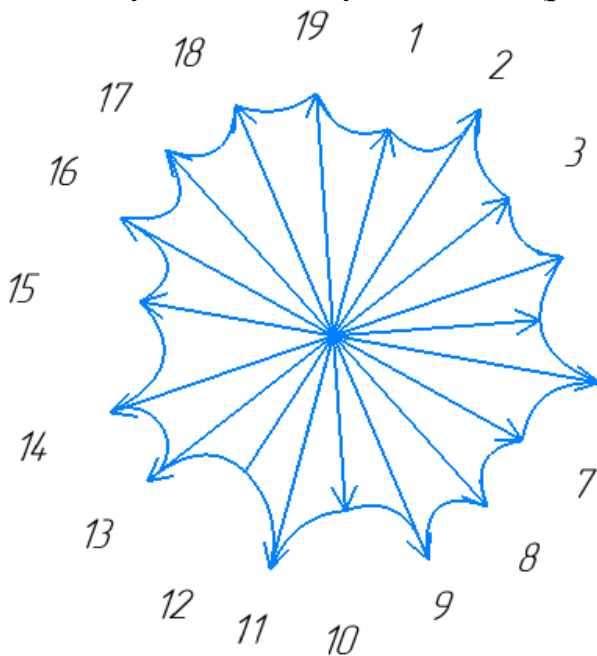


Рисунок 1 – Ілюстрація «конфлікту» параметрів, що впливають на якість ТП

1 – вид АСП; 2 – потужність АСП; 3 – рівень забезпеченості площами; 4 – рівень забезпеченості технологічним обладнанням; 5 – рівень забезпеченості персоналом; 6 – рівень забезпеченості матеріальними ресурсами; 7 – рівень інформаційного забезпечення; 8 – рівень екологічної безпеки; 9 – форма організації виробництва; 10 – повна маса автомобіля; 11 – тип енергетичної установки; 12 – вік автомобіля; 13 – місце локації; 14 – щільність населення; 15 – рівень автомобілізації; 16 – насиченість потужностями; 17 – рівень логістичного потенціалу; 18 – коефіцієнт лояльності; 19 – рівень доходу власників ТЗ.

Таким чином, визначення ступеня впливу кожного параметру на якість виконання технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ дасть можливість контролювати та забезпечувати цільовий рівень якості послуг на АСП.

У другому розділі розроблено методологію оцінювання якості технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ в системі автосервісу на кожному рівні ієрархії, запропоновано метод вибору оптимальної морфологічної схеми системи автосервісу, враховуючи значення коефіцієнтів якості на кожному рівні системи та соціально-економічну ефективність системи автосервісу.

Методологія оцінювання якості системи автосервісу базується на оцінці якості виконання технологічних процесів в системах автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях (рис. 2):

- мікрорівень системи – якість окремого технологічного процесу;
- макрорівень системи – якість виконаних ТП на окремо взятому підприємстві;
- метарівень системи – якість виконаних ТП на рівні окремо взятої мережі.

Кожен рівень розглядається як система та описується групою параметрів. Вихідні дані, що є характеристиками рівня якості ТП по відновленню працездатності ТЗ в системі автосервісу потрапляють на вхід блоку «Оцінка показників якості» та оптимізуються в середині блоку «Керування параметрами» поточного рівня. Оптимізовані значення передаються на вхід блоку «Оцінка показників якості» більш високого рівня.

Кожен рівень системи автосервісу відповідає підсистемі управління якістю.

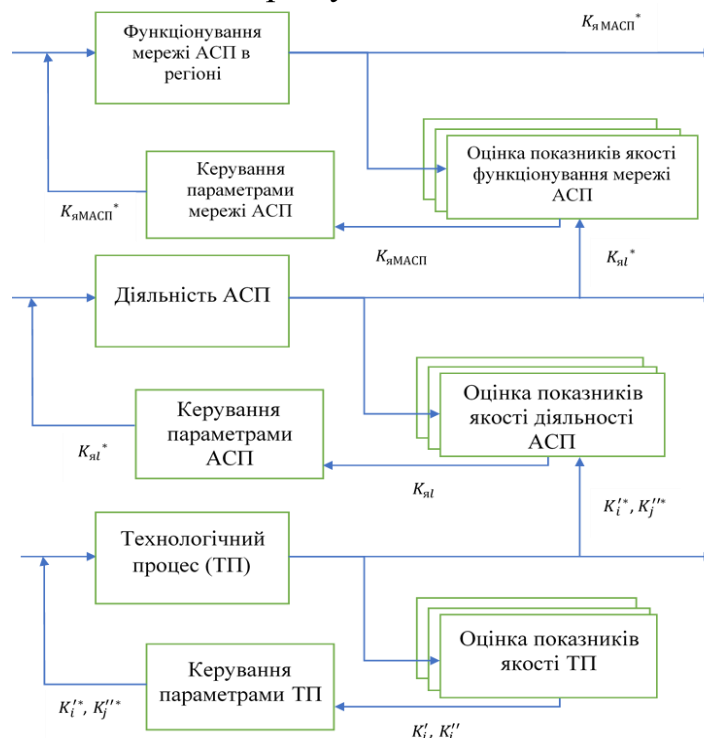


Рисунок 2 – Трирівнева модель функціонування системи автосервісу

Запропоновано комплекс критеріїв для оцінювання якості на кожному рівні

системи автосервісу. Зокрема, на мікрорівні, визначаються коефіцієнти, що відображають часткові показники якості ТП:

$$K'_i = \frac{R_1}{R_2}, \quad (1)$$

де K'_i – показник рівня якості відділу технічного контролю (ВТК) АСП; R_1 – кількість робіт, що було здано до ВТК з першого пред'явлення; R_2 – загальна кількість робіт, що було здано до ВТК.

$$K''_j = \frac{O_1 + O_2}{O_1 + O_2 + O_3}, \quad (2)$$

де K''_j – показник схвальних оцінок замовників; O_1, O_2, O_3 – кількість оцінок «добре», «задовільно», «незадовільно» відповідно.

На макрорівні визначається комплексний показник якості ТП АСП:

$$K_{\text{я}} = \alpha \cdot K' + (1 - \alpha) \cdot K'', \quad (3)$$

$$K' = \min(K'_i), \quad (4)$$

$$K'' = \min(K''_j). \quad (5)$$

На метарівні визначається комплексний показник якості мережі АСП:

$$K_{\text{яМАСП}} = ||K_{\text{я}_s}|| = \min(K_{\text{я}_s}), \quad (6)$$

де $||K_{\text{я}_s}||$ – норма комплексних показників якості ТП АСП, що входять до мережі.

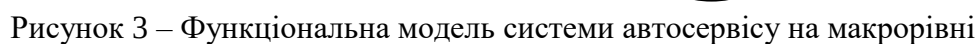
Кожен ієрархічний рівень системи автосервісу включає набір послідовних процесів, зворотних зв'язків та обмежень, що описують функціонування різних рівнів системи.

За допомогою системних об'єктів моделей стає можливим наглядно відобразити всі фактори, що впливають на кожную підсистему та коригувати якість їх функціонування. Основним ієрархічним рівнем, який забезпечує відповідний рівень якості ТП, є макрорівень системи автосервісу.

Функціональна модель макрорівня системи автосервісу зображена на рис. 3.

В процесі дослідження роботи АСП виділяються основні процеси на різних рівнях функціонування (А, В, С, D, E, F, G, H): «Планування та забезпечення діяльності АСП»; «Забезпечення виконання технологічних процесів»; «Контроль за діяльністю АСП»; «Оптимізація діяльності АСП». Кожний з цих процесів має вхідні і вихідні данні. Кожен рівень функціонування має своє цільове призначення. Рівні А, С, E, G відповідають за виконання процесів, а В, D, F, H – за їх вдосконалення.

Перед плануванням та забезпеченням діяльності АСП проводиться аналіз вхідних даних на рівні А: визначаються значення необхідних параметрів АСП,



(Env1); визначаються розміри інвестиційних фондів та прибутку, які можна задіяти для фінансування діяльності (розвитку) АСП (Env2); досліджуються вікові групи ТЗ регіону, що будуть обслуговуватись (цю інформацію отримують з регіонального сервісного центру) (Env3); визначаються найбільш імовірні пошкодження автомобілів (статистичні дані, дані мобільних додатків та система діагностування V2I) (Env4), розраховуються оптимальні витрати матеріальних та енергетичних ресурсів (Env5).

На основі вхідних даних починається процес «Планування та забезпечення діяльності АСП», в ході якого, визначають перелік необхідних продуктивних сил (трудові, матеріальні ресурси та ін.) (Res) та енергетичних ресурсів ($Energy$), що формуються в зовнішньому середовищі (Env5).

В результаті процесу рівня А здійснюються дії по забезпеченню АСП енергетичними ресурсами ($ERes$), продуктивними силами (засоби праці, предмети праці, персонал) (PF), формуються цілі, завдання щодо функціонування АСП, плани та виробничі програми (ЦЗП), складається номенклатура послуг АСП (H), прогнозується необхідна кількість устаткування (Q_{ϕ}), персоналу (P_{ϕ}), необхідних площ (S_{ϕ}), кількість матеріальних ресурсів ($T_{нааяв}$), обсяг енергетичних ресурсів (ER_{ϕ}), інтенсивність попиту матеріалів (DM), що планується використовувати при виконанні технологічних процесів.

В результаті акумулювання вихідних потоків формуються вихідні дані: послуги (H) (номенклатура, вартість), продуктивні сили ($PForces$), енергоресурси ($ERes$), інтенсивність попиту матеріалів (DM) (матеріальні ресурси), цілі, завдання, плани, виробничі програми (ЦЗП).

На рівні В відбувається перевірка обмежень та формується зворотний зв'язок для оптимізації процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП». Тут проводиться перевірка, щоб значення розрахованої площі складських приміщень не перевищувало фактичної площі складських приміщень ($S_{ск.ф}$), та проводиться контроль, щоб загальні витрати на придбання та зберігання запасних частин (ЗЧ) та експлуатаційних матеріалів (EM) прагнули до мінімуму ($TCU \rightarrow \min$).

Після перевірки обмежень на рівні В формуються функції прогнозування технічного стану ТЗ, підбирається множник Лагранжа в математичній моделі управління запасами, визначається оптимальна стратегія замовлень. Потім відбувається оптимізація процесу «Планування та забезпечення діяльності АСП», як результат процесу, з'являється настанова з якості (НЯ) для даного АСП.

На рівні С відбувається процес «Забезпечення виконання технологічних процесів». Вхідними даними для процесу рівня С є продуктивні сили (засоби праці, предмети праці, персонал) ($PForces$), енергетичні ресурси ($ERes$), результати моніторингу ($DTCsKt$ – коди несправностей з системи V2I та запити з мобільних додатків), інформація про послуги (H), що надаються АСП (номенклатура, вартість, нормування операцій, тобто визначення трудомісткості механізованих операцій виробничого процесу (T_m) та визначення загальної трудомісткості всіх операцій виробничого процесу (T_o)), цілі, завдання, плани,

виробничі програми (ЦЗП), автомобілепотік (A), який формується з зовнішнього середовища ($Env6$).

На основі вхідних даних проводиться процес «Забезпечення виконання технологічних процесів». Результатом даного процесу є наступні вихідні дані: ступінь механізації виробничого процесу ($F_{\text{мех}}$), автомобілепотік (A), заповнена технологічна карта, негативний вплив на навколишнє середовище (НС) шкідливих відходів (ШВ) та виробничих відходів (ВВ), механічної енергії та теплової енергії, що надходить в зовнішнє середовище ($Env7$).

Наступним кроком, на рівні D, відбувається перевірка наявності необхідної технологічно-конструкторської документації ($D_{\text{т.к}}$), кількості керівництв по ремонту та експлуатації марок автомобілів, що обслуговуються ($D_{\text{р.е}}$), наявності сучасних новітніх технологій (СНТ) у виробничому процесі АСП, дотримання технічних регламентів (ТР), врахування вимог споживача (СР), що надходять з зовнішнього середовища ($Env6$). Після перевірки обмежень на рівні D формується зворотний зв'язок, який має на меті оптимізувати процес «Забезпечення виконання технологічних процесів».

На основі невідповідності існуючих параметрів технологічних процесів до регламентованих ($\Delta P_{\text{ТП}}$) визначають технологію керування виробничим процесом та відбувається коригування управління технологічними процесами. На базі результатів оцінки відповідності якості транспортних засобів до вимог споживачів, технічних умов, технічних регламентів, нормативної документації ($R_{\text{вж}}$) приймаються рішення щодо покращення результатів оцінки відповідності якості ТЗ вимогам, які висувуються. Зауважимо, що після нейтралізації та очищення шкідливі та виробничі відходи поступають у зовнішнє середовище ($Env7$).

Якщо в автомобілепотоці було виявлено транспортний засіб, що не відповідає вимогам якості, то передається сигнал про прийняті рішення щодо покращення технічного стану автомобіля на вхід рівня С та інформація про додаткові витрати запасних частин (Z) і використання теплової енергії ($E_{\text{т}}$) на вхід рівня А. Після повторного забезпечення виконання технологічних процесів визначається частковий показник рівня якості робіт, що виконано відповідно до вимог нормативно-технічної документації і було здано до ВТК (K') та частковий показник рівня якості виконаних робіт, який визначено як мінімальний з коефіцієнтів схвальних оцінок замовників послуг (K''). Вони передаються на вхід процесу рівня Е.

Рівень Е відповідає за процес «Контроль за діяльністю АСП». Вхідними даними даного процесу є: фактичні показники продуктивних сил, нормативні показники продуктивних сил (розраховуються з використанням інформації, що характеризує нормативні показники продуктивних сил ($Env8$)), інформація з технологічних карт (ТК), показники рівня прогресивності технологічного процесу ($P_{\text{пр}}$), інтегрований показник рівня інноваційності технологічного процесу ($I_{\text{інн}}$), функціональні моделі «as-is» та «to be», часткові рівні якості робіт (K' та K''). На основі вхідних даних виконується процес «Контроль за діяльністю АСП». Виходом процесу є результати самооцінки АСП ($C_{\text{сам}}$), параметри вектора

F , що описує виробничий процес АСП, оцінки кожного параметру поточного стану АСП.

На рівні F перевіряється ефективність процесу контролю ($E_{ф.к} \rightarrow Max$) та відповідність цілей, завдань щодо функціонування АСП, планів, виробничих програм (ЦЗП) до тих, які було передано з рівня A . Після визначення відхилень від цілей та завдань (Δ ЦЗП) та оптимальних значень складових показників ефективності процесу контролю ($E_{ф.к*}$) формується зворотний зв'язок до контролю за діяльністю АСП та передається інформація про причини відхилень від цілей, завдань щодо функціонування АСП, планів, виробничих програм ($Root$) на вхідні дані рівня A . Інформація про технологію проведення комплексного контролю за діяльністю АСП ($T_{контроль}$) та технологію аналізу результатів контролю ($T_{ан}$) передається на вхід рівня E . Після повторного проведення контролю за діяльністю АСП формуються вихідні дані щодо вектору поточного стану (R_B) та комплексного показника якості виконаних послуг (K_A), які передаються на рівень G .

Рівень G відповідає за оптимізацію діяльності АСП. Вхідний потік даного підпроцесу містить наступні складові:

- вектор поточного стану $R_B = (S, Q, P, I, W, ES, C_{сам}, F_{сер}, F_{вир})$, де S – рівень забезпеченості підрозділів АСП необхідною площею, Q – рівень забезпеченості виробничих ділянок обладнанням та оснащенням, P – рівень забезпеченості підрозділів АСП кваліфікованим персоналом, I – оцінка руху та повноти інформаційних потоків та наявності документації, W – рівень забезпеченості матеріальними ресурсами, ES – рівень екологічної безпеки, $C_{сам}$ – самооцінка підприємства, $F_{сер}$ – оцінка виробничого середовища, $F_{вир}$ – оцінка форми організації виробництва;

- комплекс критеріїв: комплексний показник якості робіт (K_A); споживчі критерії і виробничі критерії (K_P) та вектор вагів параметрів стану V , що надходять з зовнішнього середовища (Env9); споживчі оцінки (C) та коефіцієнт лояльності споживачів (K_L), які надходять з зовнішнього середовища (Env10).

На основі цих даних відбувається процес «Оптимізація діяльності АСП». Вихідними даними цього процесу є індикатори кожного параметру вектору поточного стану АСП, $E_i = V_i/R_{Bi}$ – i -й індикатор поточного стану, де V_i – вага i -го параметру поточного стану, R_{Bi} – значення i -го параметру поточного стану.

На рівні H відбувається визначення максимального значення з індикаторів поточного стану $max E_i(R_B)$ та з множини програм оптимізації ($PROG$) обирається та, яка стосується параметра з найбільшим значенням індикатора E_i . Вибір програми оптимізації, а також сам процес «Оптимізація діяльності АСП» керуються ззовні (Env11) за допомогою інтелектуальної інформаційної системи (ИС). Інформаційний потік з вибраною програмою оптимізації поступає на вхід рівня A . Таким чином забезпечується постійне вдосконалення виробничого процесу АСП.

Розроблена функціональна модель макrorівня системи автосервісу дозволяє виділити основні функціональні елементи: «Автосервісне

підприємство», «Автомобілі», «Середовище».

З використанням методу морфологічного аналізу визначено основні морфологічні ознаки та варіанти їх реалізації, які представлено у вигляді морфологічної матриці (табл.1). Градація кількісних варіантів морфологічних ознак визначалась за допомогою методу експертних оцінок.

Поєднання окремих варіантів усіх морфологічних ознак формує нову морфологічну структуру системи автосервісу.

Позначивши кожен варіант морфологічної ознаки x_{ij} , отримуємо морфологічну формулу системи автосервісу, що відображає оригінальну морфологічну структуру. Наприклад морфологічна формула типової системи автосервісу буде мати вигляд:

$$\left[(x_{14}; x_{26}; x_{34}; x_{42}; x_{54}; x_{63}; x_{73}; x_{84}; x_{93}) + \right. \\ \left. + (x_{10\ 1}; x_{11\ 1}; x_{12\ 2}) + (x_{13\ 3}; x_{14\ 4}; x_{15\ 3}; x_{16\ 3}; x_{17\ 3}; x_{18\ 2}; x_{19\ 3}) \right], \quad (7)$$

тобто це АСП, що належить до авторизованих СТО (x_{14}), з потужністю 11-12 постів (x_{26}), високим рівнем забезпеченості площами (x_{34}), середнім рівнем забезпеченості технологічним обладнанням (x_{42}), високим рівнем забезпеченості персоналом (x_{54}), середнім рівнем забезпеченості матеріальними ресурсами (x_{63}), середнім рівнем інформаційного забезпечення (x_{73}), безпечним рівнем екологічної безпеки (x_{84}), дільнично-постовою формою організації виробництва (x_{93}); обслуговує автомобілі повною масою до 3,5 т. ($x_{10\ 1}$), з бензиновими & дизельними енергоустановками ($x_{11\ 1}$) віком до 15 років ($x_{12\ 2}$), яке розташоване у м. Черкаси - великому населеному пункті, з населенням 280 тис.чол. ($x_{13\ 3}$), з дуже високою щільністю населення – 4058 чол./км² ($x_{14\ 4}$), з високим рівнем автомобілізації регіону >300 авт./1000 мешканців ($x_{15\ 3}$), високою насиченістю потужностями – 11,8 пост./км² ($x_{16\ 3}$), високим рівнем логістичного потенціалу ($x_{17\ 3}$), середнім коефіцієнтом лояльності ($x_{18\ 2}$), з середнім та високим рівнем доходу власників ТЗ, що обслуговуються на даному АСП ($x_{19\ 3}$).

Зі зміною значення будь-якого варіанту морфологічної ознаки, формується нова морфологічна структура системи автосервісу. Таким чином, морфологічна матриця дозволяє описати усі існуючі, а також сформувати нові, більш ефективні, структури систем автосервісу.

Оцінювання соціально-економічної ефективності функціонування будь-якої морфологічної структури системи автосервісу виконується за залежністю:

$$E_{\phi} = F(f(X_{ij}), g(X_{ij})), \quad (8)$$

де X_{ij} – i -та морфологічна ознака j -го варіанту її реалізації, $i = \overline{1, 19}$, $j = \overline{1, n}$; $f(X_{ij})$; – дохід автосервісу протягом року; $g(X_{ij})$, – загальні витрати автосервісу протягом року.

Розроблено алгоритм щодо вибору морфологічної структури системи автосервісу, з врахуванням її соціально-економічної ефективності, що представлено на рис. 4.

Таблиця 1

Морфологічна матриця морфологічних структур систем автосервісу макрорівня

АСП									Автомобілі			Середовище						
1. Вид АСП	2. Потужність АСП (кількість постів)	3. Рівень забезпеченості площами	4. Рівень забезпеченості технологічним обладнанням	5. Рівень забезпеченості персоналом	6. Рівень забезпеченості матеріальними ресурсами	7. Рівень інформаційного забезпечення	8. Рівень екологічної безпеки	9. Форма організації виробництва	10. Повна маса автомобіля, т	11. Тип енергетичних установок	12. Вік автомобіля	13. Місце локації, тис. чол.	14. Щільність населення, чол./ км. кв.	15. Рівень автомобілізації, авт./1000 мешканців	16. Насиченість потужностями, кількість постів/км.кв.	17. Рівень логістичного потенціалу	18. Коефіцієнт лояльності	19. Рівень доходу власників ТЗ
1.1. Пункт ТО 1	2.1. 1-2 1	3.1. Дуже низький 0-0,4	4.1. Низький 0-0,6	5.1. Дуже низький 0-0,4	6.1. Дуже низький 0-0,4	7.1. Дуже низький 0-0,4	8.1. Особливо небезпечний 0,2	9.1. Постова з універсальним обладнанням 1	10.1. До 3,5 1	11.1. Бензинові & дизельні 1	12.1. До 3 років 1	13.1. Малі НП <50	14.1. Низька <500	15.1. Низький <200	16.1. Недостатня <5	17.1. Низький 0-0,4	18.1. Низький 0-0,4	19.1. Низький & середній 1
1.2. Автотремонтна майстерня 2	2.2. 3-4 2			5.2. Низький 0,4-0,6			8.2. Небезпечний 0,2-0,37											19.2. Середній 2
1.3. СТО 3	2.3. 5-6 3	3.2. Низький 0,4-0,6	4.2. Середній 0,6-0,8	5.3. Середній 0,6-0,8	6.2. Низький 0,4-0,6	7.2. Низький 0,4-0,6	8.3. Середньо небезпечний 0,37-0,63	9.2. Постова зі спеціалізованим обладнанням 2	10.2. До 7,5 2	11.2. Газобалонні 2	12.2. До 15 років 2	13.2. Середні НП 50-250	14.2. Середня 500-1000	15.2. Середній 200-300	16.2. Середня 5-10	17.2. Середній 0,4-0,6	18.2. Середній 0,4-0,6	19.3. Середній & високий 3
1.4. Авторизовані СТО 4	2.4. 7-8 4			5.4. Високий 0,8-1			8.4. Безпечний 0,63-0,8											
1.5. Спеціалізовані 5	2.5. 9-10 5	3.3. Середній 0,6-0,8	4.3. Високий 0,8-1	5.5. Високий 0,8-1	6.3. Середній 0,6-0,8	7.3. Середній 0,6-0,8	9.3. Дільнично-постова 3	10.3. Незалежно від маси 3	11.3. Електричні & гібридні 3	12.3. Незалежно від віку 3	13.3. Великі НП 250-500	13.4. Значні (крупні) НП 500-1000	14.3. Висока 1000-4000	15.3. Високий > 300	16.3. Висока >10	17.3. Високий 0,6-0,8	18.3. Високий 0,6-0,8	19.4. Високий 4
1.6. Комплексне 6	2.6. 11-12 6																	
	2.7. >12 7	3.4. Високий 0,8-1	4.4. Надлишковий >1	5.6. Надлишковий >1	6.4. Високий 0,8-1	7.4. Високий 0,8-1	8.5. Цілком безпечний 0,8-1	9.4. Індивідуальна 4				13.5. Найзначніші >1000	14.4. Дуже висока > 4000			17.4. Дуже високий 0,8-1	18.4. Дуже високий 0,8-1	19.5. Низький & середній & високий 5

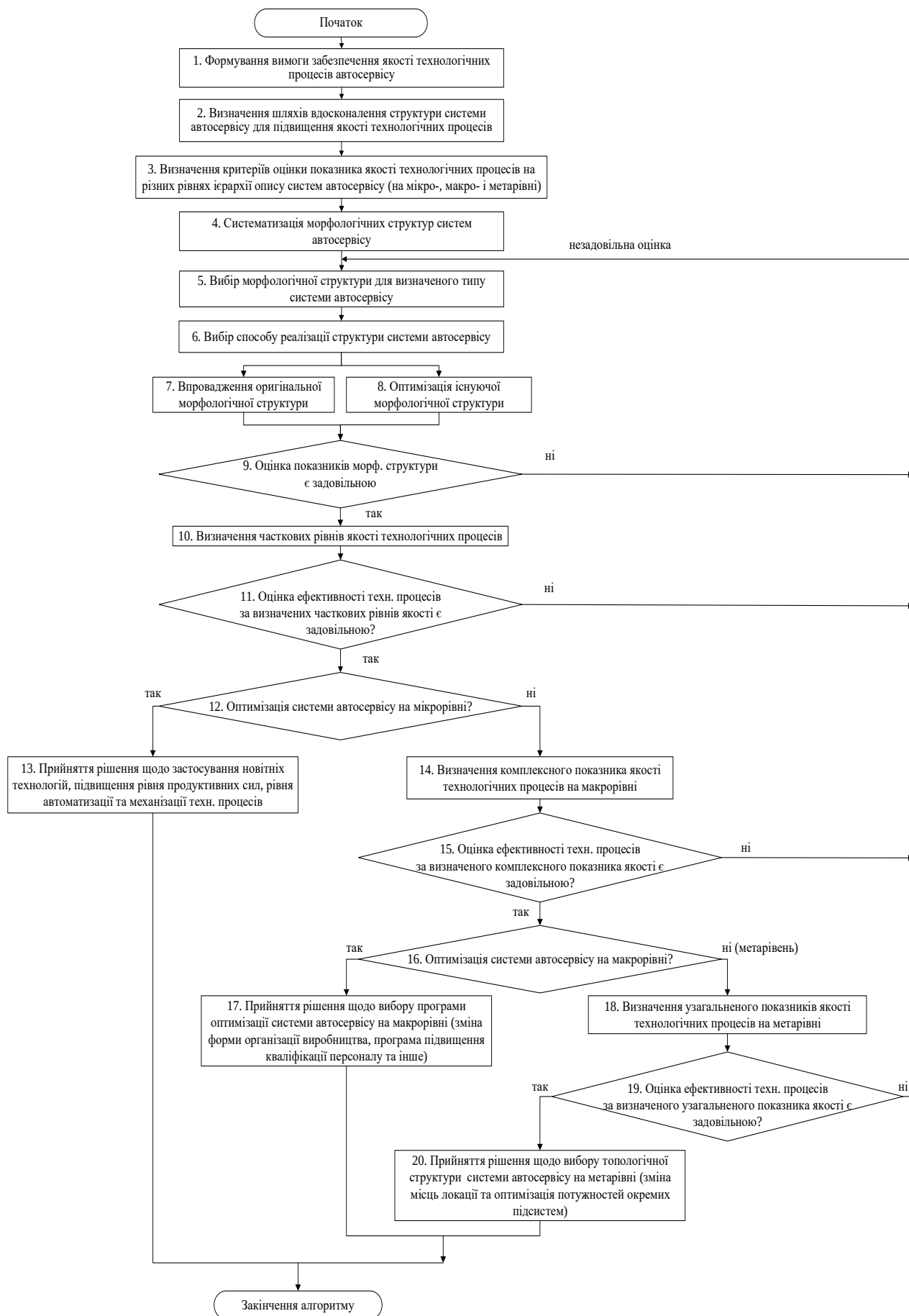
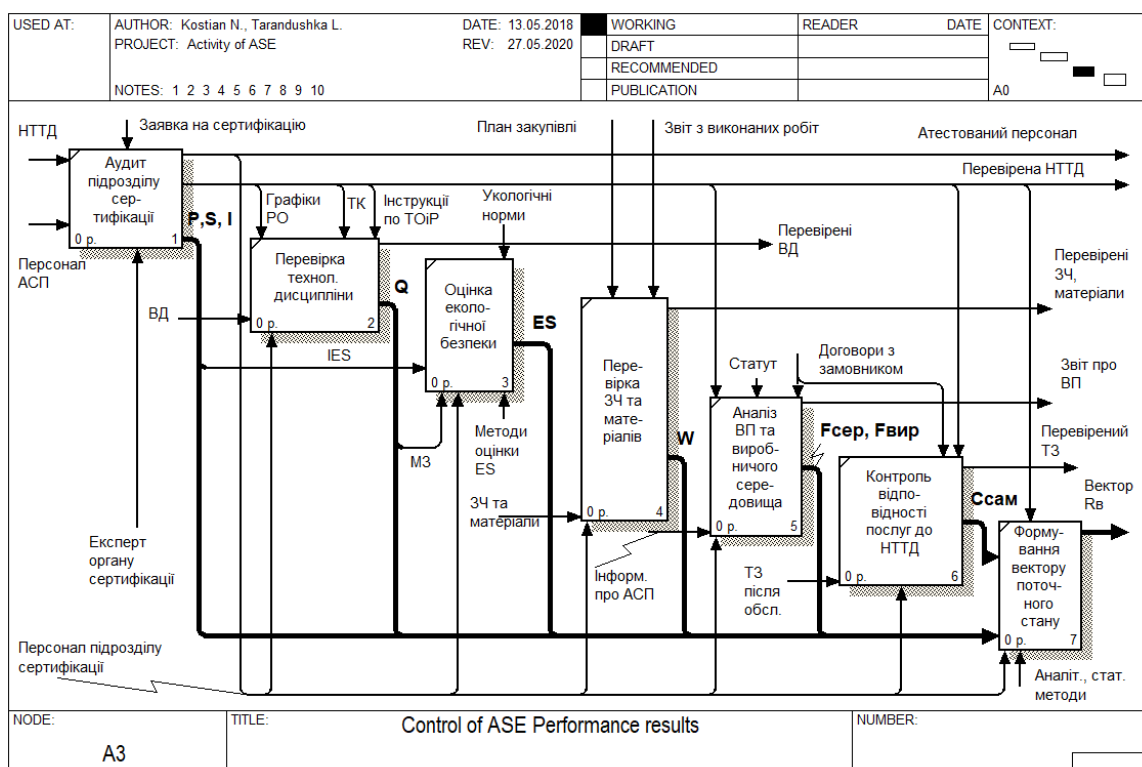


Рисунок 4 – Алгоритм вибору морфологічної структури системи автосервісу

Для детального опису виконання технологічних процесів на мікрорівні системи автосервісу виконано декомпозицію процесу «Забезпечення виконання технологічних процесів» макрорівня системи. В результаті виконання даного процесу визначаються значення часткових показників рівня якості ТП (K' , K'') відновлення працездатності ТЗ, від яких залежить комплексний показник якості ТП АСП.

Для опису функціонування системи автосервісу на метарівні розроблено функціональну модель мережі АСП, яка включає наступні процеси: «Планування діяльності та розвитку МАСП», «Забезпечення та організація функціонування МАСП», «Контроль функціонування МАСП», «Аналіз та оптимізація МАСП». З використанням даної Моделі визначається комплексний показник функціонування мережі АСП ($K_{\text{МАСП}}$) та умови наближення ефективного попиту мережі до потенційного.

В третьому розділі виконано математичний опис макрорівня системи автосервісу. Зокрема, розроблено функціональну модель процесу «Контроль за діяльністю АСП» (рис. 5) та запропоновано алгоритми оптимізації складових процесів макрорівня системи автосервісу.



НТТД – нормативна та техніко-технологічна документація; РО – плановий ремонт технологічного обладнання та оснащення; ТК – технологічні карти; ТЗ – транспортний засіб; ТОіР – технічне обслуговування і ремонт ТЗ; ВД – виробничі дільниці; ІЕС – інформація щодо параметрів екологічної безпеки; МЗ – метрологічні засоби; ЗЧ – запасні частини; ВП – виробничий процес

Рисунок 5 – Функціональна модель процесу «Контроль за діяльністю АСП» за стандартом IDEF0

Загальне керування діяльністю АСП здійснюється у відповідності до вимог

середовища функціонування, очікувань інвесторів, вимог споживачів та параметрів індикаторів стану АСП.

Тому в межах функціональної моделі виконуються наступні процеси: аудит підрозділу сертифікації, перевірка технологічної дисципліни, оцінка екологічної безпеки, перевірка запасних частин та матеріалів, аналіз виробничого процесу та виробничого середовища, контроль відповідності послуг до нормативно-технологічної документації, в результаті яких, формується база даних фактичних значень основних параметрів вектору поточного стану АСП.

В процесі порівняння фактичних значень параметрів з нормативними S_H , Q_H , P_H , W_H та з врахуванням функціональної моделі «as-is» формується вектор поточного стану АСП:

$$R_B = (r_{Bi}) = (S, Q, P, I, W, ES, C_{\text{сам}}, F_{\text{сер}}, F_{\text{вир}}), \quad (9)$$

$$r_{Bi} = \frac{r_{Bi\phi}}{r_{BiH}}, \quad (10)$$

де r_{Bi} – значення i -го параметру стану АСП; $r_{Bi\phi}$ – фактичне значення i -го параметру стану АСП; r_{BiH} – нормативне значення i -го параметру стану АСП.

На основі вектору поточного стану та комплексного показника якості ТП АСП формується множина програм оптимізації $PROG = \{PROG_i\}$ та розраховуються індикатори поточного стану.

Індикатори поточного стану розраховуються за формулою:

$$E_i = \frac{V_i}{r_{Bi}}, \quad (11)$$

де V_i – вага i -го параметру, що визначаються експертами; r_{Bi} – значення i -го параметру стану; E_i – i -й індикатор поточного стану АСП.

Серед індикаторів обирається максимальний, що впливає на вибір конкретної програми оптимізації $PROG_i$.

Одним з найважливіших параметрів функціонального елементу АСП, що впливають на якість ТП відновлення працездатності ТЗ, є форма організації виробництва.

Визначення оптимальної форми організації АСП базується на математичних моделях нижнього та верхнього рівнів. Узагальнену структуру запропонованої методики, наведено у вигляді алгоритму розрахунку показників якості та визначення оптимальної форми організації виробництва на АСП (рис. 6). Даний алгоритм містить блоки виклику підпрограм визначення вагів (показників важливості) критеріїв привабливості послуг за моделями нижнього рівня та визначення найкоротшого шляху в тридольному графі, що було побудовано на верхньому рівні моделювання, де вершинам графа є локація АСП, найчастіше виконувані послуги та форма організації підприємства, а ребрами графа є показники споживчої якості та рівня якості виконання робіт з відповідною формою організації (показники важливості).

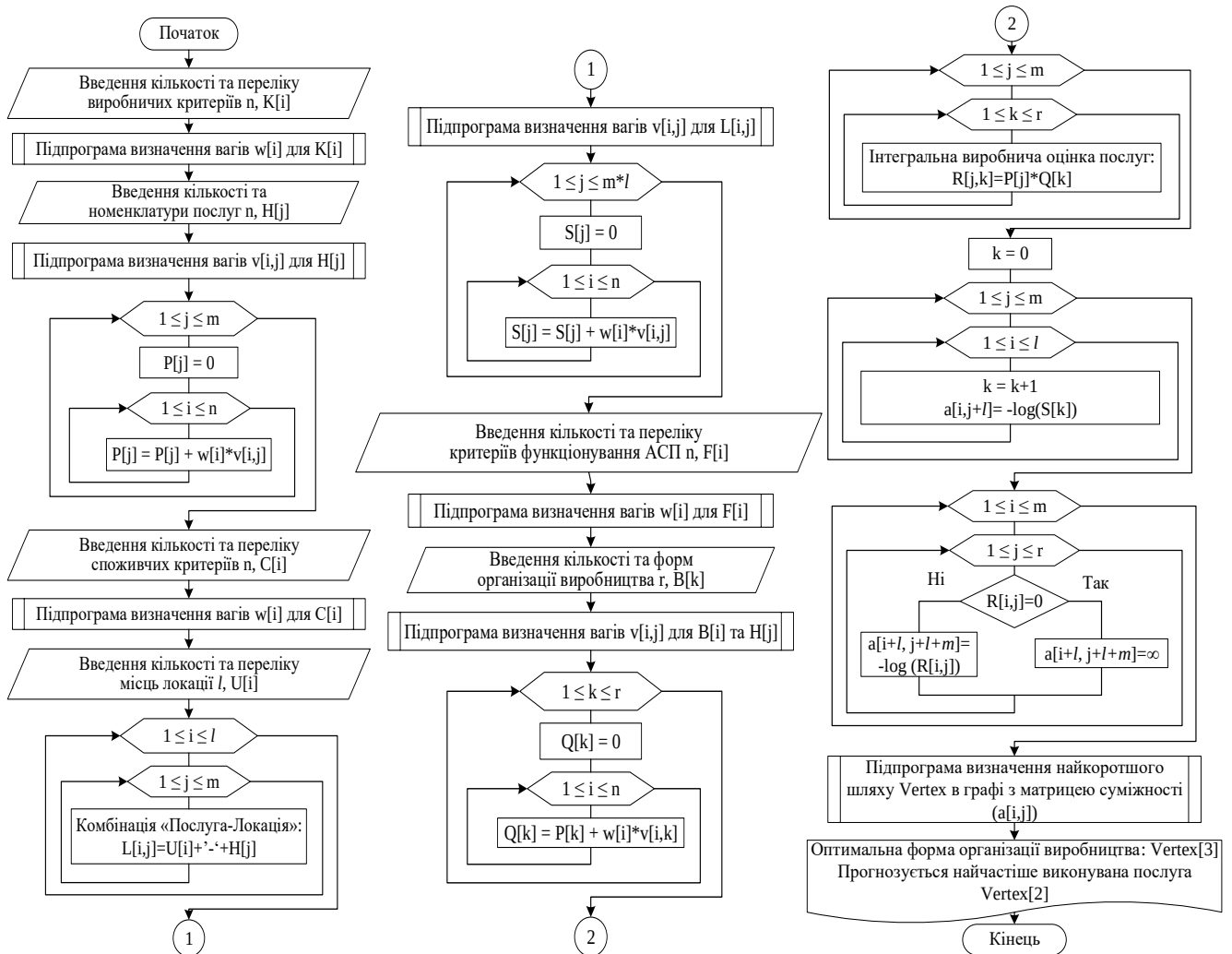


Рисунок 6 – Алгоритм програми оптимізації за формою організації виробництва

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень та визначено параметри математичної моделі системи автосервісу, які однозначно відповідають морфологічним ознакам її функціональних елементів. Для дослідження системи автосервісу було проведено обстеження 28 АСП різної морфологічної структури (табл. 2).

За допомогою алгоритму Фаррара-Глобера було здійснено препроцесінг початкового масиву даних та визначено серед 19 параметрів системи 7 незалежних. Виокремлення незалежних параметрів сприяло побудові адекватних моделей та знизило складність подальших розрахунків.

Таблиця 2

Результати рівня якості ТП досліджуваних АСП

№ АСП	Назва АСП	Параметри системи автосервісу																			Рівень якості технологічних процесів
		АСП									Автомобілі			Середовище							
		1. Вид АСП	2. Потужність АСП (кількість постів)	3. Рівень забезпеченості площами	4. Рівень забезпеченості техн. обладнанням	5. Рівень забезпеченості персоналом	6. Рівень забезпеченості мат. ресурсами	7. Рівень інформаційного забезпечення	8. Рівень екологічної безпеки	9. Форма організації виробництва	10. Повна маса автомобіля, т	11. Тип енергетичних установок	12. Вік автомобіля	13. Місце локації	14. Щільність населення, чол./ км.кв.	15. Рівень автомобілізації, авт./1000 мешканців	16. Насиченість потужностями, постів / км.кв.	17. Рівень логістичного потенціалу	18. Коефіцієнт лояльності	19. Рівень доходу власників ТЗ	
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	
1	JWT Service, м. Черкаси	2	2	0.62	1.5	2.42	0.8	0.3	0.4	4	1	1	2	3	4	2	3	0.67	0.75	4	0.92
2	АТЛ Автосервіс, м. Черкаси	3	4	0.59	0.97	1.44	0.7	0.8	0.5	1	2	4	3	3	4	2	3	0.7	0.8	3	0.8
3	ТОВ "Боярд і К", м. Черкаси	3	1	0.35	0.76	0.4	0	0.2	0.1	4	1	1	3	3	4	2	3	0.38	0.6	1	0.42
4	КОЛОС-АВТО, м. Черкаси	6	3	0.85	0.93	1.9	0.52	0.8	0.7	3	2	4	1	3	4	2	3	0.66	0.7	3	0.74
5	ТОВ "Бурос", м. Черкаси	4	5	0.72	0.95	0.86	0.6	0.85	0.9	3	2	4	1	3	4	2	3	0.68	0.85	3	0.79
6	ДП "ЧАРЗ-АВТО", м. Черкаси	4	2	0.41	0.92	1.14	0.4	0.5	0.8	3	3	1	3	3	4	2	3	0.6	0.3	3	0.74
7	ПАТ "Черкаси-АВТО", м. Черкаси	4	7	0.84	0.79	1.79	0.65	0.75	0.8	3	2	4	3	3	4	2	3	0.65	0.45	3	0.73
8	V12, м. Золотоноша, Черкаська обл.	3	2	0.21	0.69	0.67	0.4	0.35	0.3	1	2	1	3	1	3	1	1	0.62	0.5	1	0.38
9	ТОВ "АНТ-АВТО-СЕРВІС", м. Черкаси	5	4	0.65	0.98	0.61	0.7	0.75	0.5	2	2	4	3	3	4	2	3	0.66	0.7	3	0.68
10	Автомийка самообслуговування "Шампунь", м. Черкаси	1	3	0.68	1	1.21	1	0.65	0.3	2	3	4	3	3	4	2	3	0.7	0.9	1	0.93
11	OILER Деміївка, м. Київ	6	5	0.72	0.97	0.92	0.74	0.8	0.7	3	2	4	2	5	3	3	3	0.68	0.72	3	0.72
12	ТОВ "Дніпромотор", м. Дніпро	4	3	0.3	0.83	0.72	0.28	0.6	0.7	1	2	4	2	4	3	2	3	0.55	0.42	3	0.64
13	"СТО-35 км", м. Бориспіль	6	3	0.35	0.49	0.58	0.25	0.45	0.5	1	2	4	3	2	3	1	1	0.57	0.38	5	0.37
14	Шиномонтаж мобільний, м. Київ	1	1	0.17	0.9	0.63	0.53	0.35	0.3	4	2	4	3	5	3	3	3	0.72	0.81	3	0.81
15	ПП "Гараж", м. Черкаси	2	1	0.1	0.43	0.51	0.53	0.1	0.2	4	2	1	3	3	4	2	3	0.4	0.25	1	0.2
16	"РИВЬЕРА", с. Костянтинівка, Смілянський р-н, Черкаська обл.	6	1	0.3	0.58	0.76	0.18	0.4	0.3	1	2	1	3	2	3	1	1	0.54	0.32	5	0.45
17	Шиномонтаж (Чорновола, 10), м. Черкаси	1	1	0.21	0.8	0.8	0.36	0.2	0.2	2	2	4	3	3	4	2	3	0.66	0.43	1	0.53
18	Garant Auto Technic, м. Київ	4	6	0.82	0.98	1.7	0.72	1	0.9	3	2	4	2	5	3	3	3	0.81	0.9	4	0.91
19	ФОП "Ольвія", м. Черкаси	2	1	0.44	0.68	0.77	0.35	0.3	0.5	3	3	1	2	3	4	2	3	0.59	0.7	2	0.6
20	Автомийка "НЕПТУН", м. Черкаси	1	3	0.7	0.9	0.85	0.8	0.55	0.5	2	2	4	3	3	4	2	3	0.65	0.82	3	0.69
21	Шиномонтаж "Шипшина", м. Черкаси	1	1	0.3	0.78	0.7	0.35	0.5	0.4	2	2	4	3	3	4	2	3	0.67	0.4	2	0.38
22	Шиномонтаж "Твоя шина", м. Черкаси	1	2	0.55	0.8	0.82	0.68	0.6	0.5	2	2	4	3	3	4	2	3	0.74	0.7	3	0.71
23	"Інтер Дизель", м Хмельницький	5	2	0.71	1.1	0.94	0.81	0.8	0.7	3	3	1	2	3	3	3	2	0.65	0.86	2	0.84
24	"Мотор-Газ", м. Київ	5	5	0.78	0.99	1.05	0.75	0.7	0.7	3	2	2	2	5	3	3	3	0.62	0.82	1	0.89
25	VipGaz, м. Київ	5	7	0.72	1	1	0.81	0.9	0.8	3	2	2	2	5	3	3	3	0.7	0.84	1	0.91
26	Tesla Service, м. Київ	4	4	0.82	0.97	1.07	0.87	0.85	1	3	1	3	2	5	3	3	3	0.75	0.87	4	0.9
27	ПП Горобець, с. Руська Поляна, Черкаський р-н	2	1	0.32	0.4	0.5	0.2	0.1	0.1	4	1	1	3	1	1	3	1	0.43	0.6	1	0.57
28	ФОП Овчаренко С. С., с. Леськи, Черкаський р-н	2	2	0.34	0.63	0.55	0	0.2	0.5	1	2	1	2	1	2	2	1	0.34	0.8	3	0.7

Отримано модель системи автосервісу у вигляді множинної лінійної регресії, яка дозволяє кількісно оцінити вплив кожного із зазначених параметрів на функціонування АСП:

$$K_{\text{я}} = 0,50551 + 0,0137 \cdot X_2 + 0,2263 \cdot X_5 + 0,0216 \cdot X_9 + 0,0796 \cdot X_{10} + 0,0152 \cdot X_{11} - 0,123 \cdot X_{12} - 0,0189 \cdot X_{19}. \quad (12)$$

Середньоквадратичне відхилення модельних значень від табличних склало:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_{\text{я} \text{ tabl}}^i - K_{\text{я} \text{ model}}^i)^2 = 0,032254, \quad (13)$$

де n – кількість АСП у вибірці; i – індекс АСП в масиві вихідних даних; $K_{\text{я} \text{ tabl}}^i, K_{\text{я} \text{ model}}^i$ – відповідно табличне та модельне значення коефіцієнту якості виконаних технологічних процесів на i -му АСП.

Побудовано нелінійні моделі для системи автосервісу у вигляді систем нечіткого логічного виведення (рис. 7-9). З метою формування системи нечітких правил здійснено розбиття просторів входних та вихідного параметрів на інтервали – терми A_i^j (i – номер параметру, j – варіант реалізації відповідної морфологічної ознаки) та побудовано для кожного з них функції належності μ (рис. 7). Розбиття базується на результатах попереднього морфологічного аналізу (табл. 1).

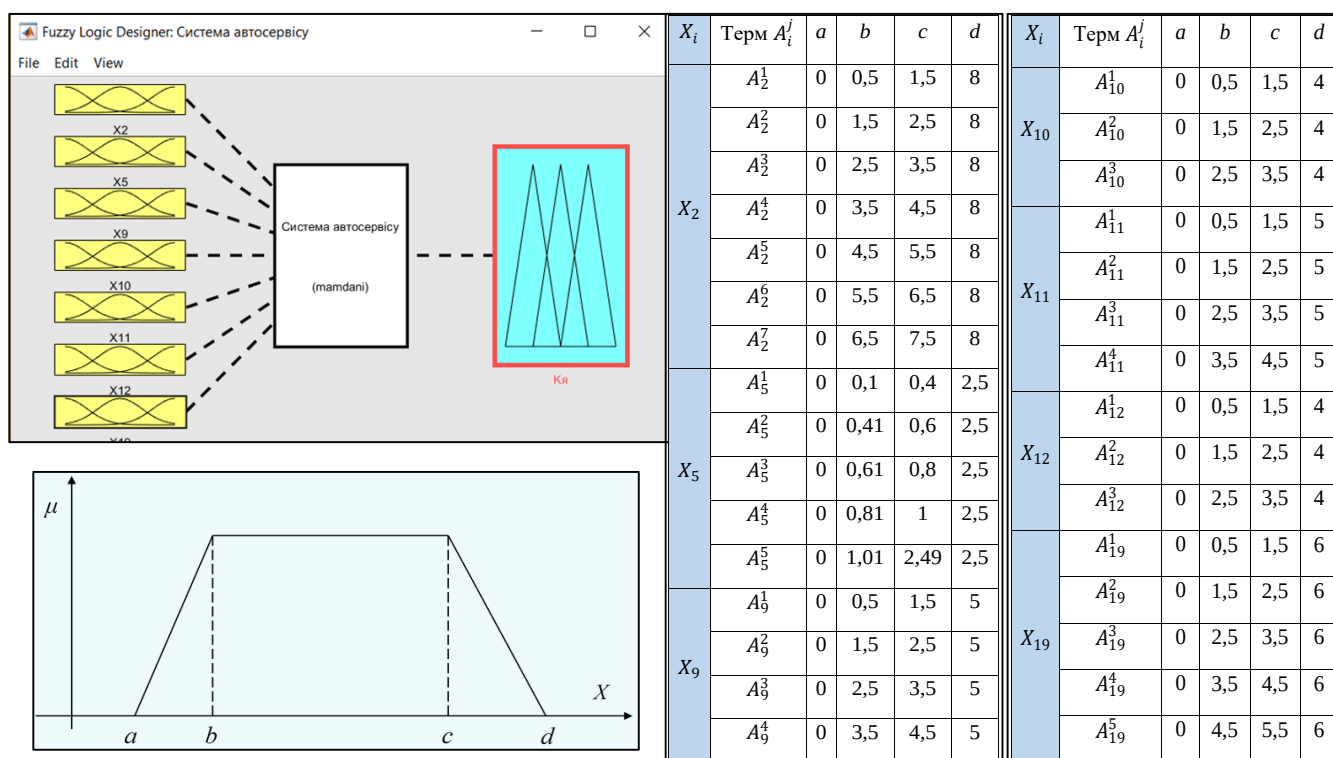


Рисунок 7 – Нелінійна модель системи автосервісу на основі нечітких множин

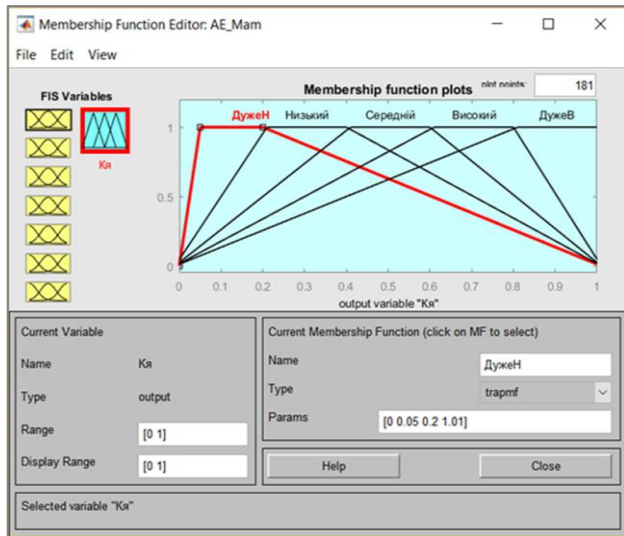


Рисунок 8 – Функції належності результуючого параметру нелінійної моделі системи автосервісу типу Мамдані

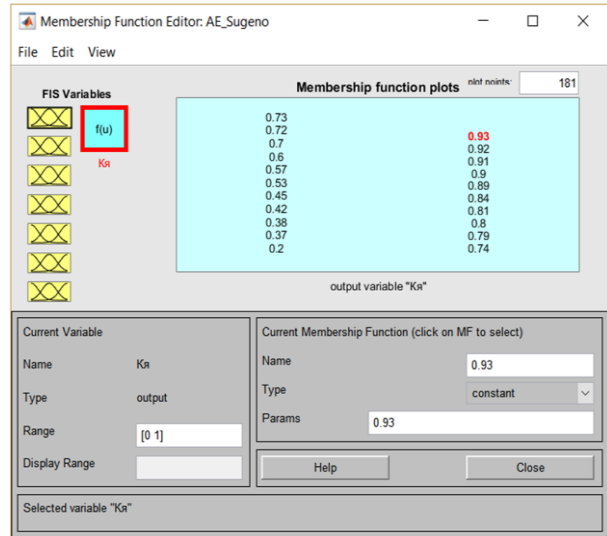


Рисунок 9 – Константні функції належності результуючого параметру нелінійної моделі системи автосервісу типу Сугено

При побудові нелінійної моделі типу Мамдані сформовано базу, що містить 22 логічних правила згідно (14):

$$V_{p=1}^{22}(\text{Якщо } \bigwedge_{i=1}^7 X_i \in A_{ip}^j, \text{ то } K_{\text{я}} \in B_p^s), \quad (14)$$

де X_i – i -й параметр системи «АСП – Автомобіль – Середовище»; A_{ip}^j – j -й терм, до якого належить значення i -го параметру системи, для АСП з індексом p в масиві вхідних даних; $K_{\text{я}}$ – коефіцієнт якості виконання технологічних процесів; B_p^s – s -й терм, до якого належить значення $K_{\text{я}}$ для АСП з індексом p .

При побудові нелінійної моделі типу Сугено сформульована наступна база правил:

$$V_{p=1}^{22}(\text{Якщо } \bigwedge_{i=1}^7 X_i \in A_{ip}^j, \text{ то } K_{\text{я}} = K_{\text{я} \text{ tabl}}), \quad (15)$$

де $K_{\text{я} \text{ tabl}}$ – значення коефіцієнта якості виконаних технологічних процесів відповідного АСП на навчальній вибірці (рис. 12).

Визначено, що найменшу похибку до реальних систем автосервісу має математична модель типу Сугено, в якій реалізовано метод дефазифікації зваженого середнього.

Відносно середньоквадратичне відхилення виходу даної моделі в два рази менше, ніж в моделі типу Мамдані, та в п'ять разів менше в порівнянні з лінійною моделлю (табл. 3). Більш висока точність моделі Сугено пояснюється тим, що значення вихідної характеристики в зазначеній моделі задано в кількісному вигляді.

Перевірка адекватності математичних моделей функціонування макрорівня системи шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень показала, що математичні моделі задовільно описують основні процеси системи

і можуть бути використані для оцінки ефективності різних способів підвищення якості технологічних процесів систем автосервісу.

Таблиця 3

Порівняння точності результатів моделювання системи

№АСП	Квадратичне відхилення			Відносне квадратичне відхилення		
	σ_{linear}	$\sigma_{Mamdani}$	σ_{Sugeno}	S_r^{linear}	$S_r^{Mamdani}$	S_r^{Sugeno}
4	0,063536	0,0121	0,003136	0,09223	0,017564	0,0046
9	0,020603	0,030625	0,001156	0,04456	0,066231	0,0025
12	0,000079	0,000025	0,000009	0,00019	0,000061	0,00002
20	0,033473	0,007225	0,011236	0,05795	0,012509	0,0195
22	0,023552	0,002025	0,0036	0,04672	0,004017	0,0071
26	0,052283	0,038025	0,024649	0,06455	0,046944	0,0304
Середнє значення	0,032254	0,015004	0,007298	0,05103	0,024554	0,010683

Отримана модель системи автосервісу може бути застосована для контролю поточного і прогнозування перспективного рівнів якості технологічних процесів та для аналізу різних варіантів стратегій оптимізації роботи АСП.

У п'ятому розділі було досліджено вплив характеристик функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» на величину коефіцієнта якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів для АСП різних типів, надано рекомендації щодо забезпечення цільових коефіцієнтів якості для діючих АСП з врахуванням соціально-економічної ефективності автосервісу.

Для аналізу впливу суттєвих параметрів функціонального елемента «АСП» спеціалізованих підприємств на коефіцієнт K_y необхідно дослідити відповідні графіки (рис. 10-12), що побудовано на основі моделі логічного виведення Сугено.

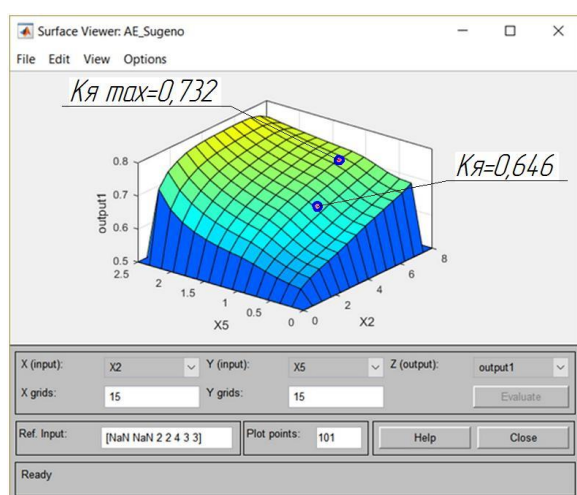


Рисунок 10 – Залежність коефіцієнту якості від потужності АСП (X_2) та рівня забезпеченості персоналом (X_5) для спеціалізованого АСП

Зазначений функціональний елемент характеризується параметрами: X_2 – потужність АСП, X_5 – рівень забезпеченості персоналом, X_9 – форма організації виробництва. Алгоритм нечіткого виведення потребує, щоб функції належності різних термів одного й того ж параметру перетинались. Тому для досягнення достатньої точності моделювання верхні границі останніх термів просторів значень кожного параметру було винесено за межі області визначення даного параметру та не враховано в процесі подальшого аналізу.

Досліджено динаміку змін коефіцієнта якості ТП відновлення працездатності ТЗ на спеціалізованих АСП (рис. 13-21). Модельне значення коефіцієнту якості ТП досліджуваного спеціалізованого АСП складає 0,646. Квадратичне відхилення від статистичного значення коефіцієнту якості ТП (0,68) складає 0,0012, а відносне квадратичне відхилення – 0,0025.

За результатами аналізу поверхні (рис. 13) можна стверджувати, що найбільше значення коефіцієнту якості ТП досягається при $X_5 \geq 1$, що відповідає високому та надлишковому рівням забезпеченості персоналом. Високе значення зазначеного показника при надлишковому рівні забезпеченості персоналом пояснюється прямою залежністю якості виконаних робіт від кількості персоналу та його кваліфікації. Проте збільшення людських ресурсів потребують збільшення витрат на утримання персоналу, забезпечення підвищення його кваліфікації та витрат на заходи контролю щодо дотримання технологічної дисципліни.

Тому рівень забезпеченості персоналом доцільно обмежити одиницею $=1$, що відповідає $K_{я\max} = 0,732$ (рис. 10). За умови середнього та високого рівнів забезпеченості персоналом у кожному термі X_2 коефіцієнт $K_{я} \approx const$. Персонал має вузьку спеціалізацію. Тому підвищувати кваліфікацію працівників необхідно лише за конкретним профілем. Більш досвідчений працівник, що пройшов стажування, може забезпечити навчання іншого персоналу. Кількість працівників може бути зменшено за рахунок підвищення рівня автоматизації виробництва.

Визначено, що рівень якості в більшій мірі залежить від рівня забезпеченості персоналом, ніж від кількості постів (рис. 13). Даний висновок підтверджується більшим значення коефіцієнта перед параметром X_5 в рівнянні лінійної множинної регресії (12).

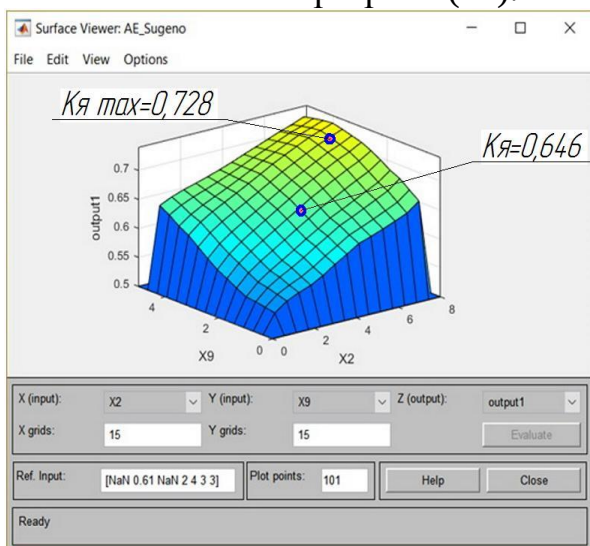


Рисунок 11 – Залежність $K_{я}$ від потужності АСП (X_2) та форми організації виробництва (X_9) для спеціалізованого АСП

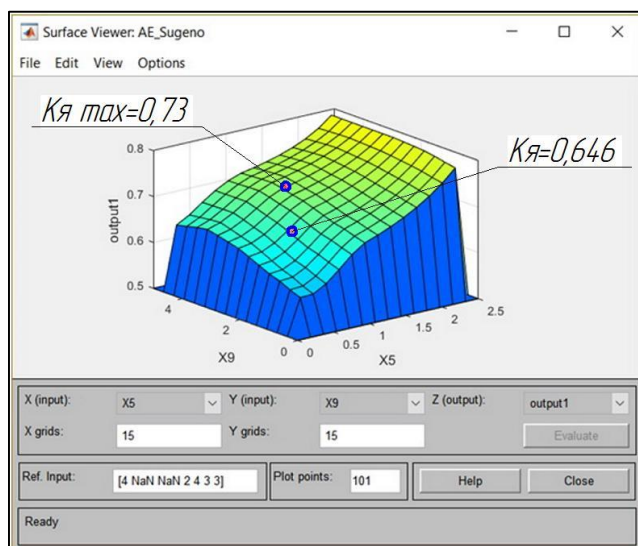


Рисунок 12 – Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та форми організації виробництва (X_9) для спеціалізованого АСП

В результаті аналізу поверхонь (рис. 11 та рис. 12) виявлено, що оптимальними формами організації виробництва на спеціалізованих АСП є дільнично-постова та індивідуальна. При збільшенні кількості постів доцільною стає дільнично-постова форма виробництва, але, враховуючи додаткові умови, можуть застосовуватись індивідуальна форма виробництва та постова форма зі спеціалізованим обладнанням.

При надлишковому рівні забезпеченості персоналом форма організації виробництва незначуще впливає на якість технологічних процесів ($\Delta K_{\text{я}} \rightarrow 0$). Проте при $X_5 < 0,8$ (дуже низький, низький, середній рівні) незначна перевага залишається за дільнично-постовою формою виробництва. Доцільність використання дільнично-постової форми виробництва обумовлено тим, що для спеціалізованих АСП, необхідним є наявність спеціалізованих виробничих дільниць.

Таким чином, підвищення коефіцієнту якості ТП на 13 % на спеціалізованому АСП можна досягти шляхом впровадження дільнично-постової форми організації виробництва, $X_9 = 3$, забезпечення кількості постів $X_2 > 12$ (7 терм) та високого рівня персоналу, $X_5 = 1$.

Функціональний елемент «Автомобілі» характеризується параметрами: X_{10} – повна маса автомобіля, X_{11} – тип енергетичних установок та X_{12} – вік автомобіля.

В процесі аналізу поверхні $K_{\text{я}} = F(X_{10}, X_{11})$ було виявлено наступні закономірності: значення показника якості ТП спеціалізованих АСП зростає із збільшенням значення X_{10} та X_{11} . Максимальне значення $K_{\text{я}}$ спостерігається при $X_{10} \in A_{10}^3$ та $X_{11} \in A_{11}^4$. Вплив повної маси автомобілів більш вагомий ніж тип енергетичних установок, оскільки значення приросту $K_{\text{я}}$ в середньому більше при прирості X_{10} ніж при тому ж значенні приросту X_{11} . Даний висновок підтверджується значеннями відповідних коефіцієнтів множинної регресії (13). Проте, поверхня $K_{\text{я}} = F(X_{10}, X_{11})$ має незначний уклін, тобто X_{10}, X_{11} незначуще впливають на показник якості ТП, тому доцільно розглядати поєднання їх варіантів реалізації з інформацією про вік автомобіля (комбінації $X_{10} \times X_{12}$ та $X_{11} \times X_{12}$).

В процесі аналізу поверхонь $K_{\text{я}} = F(X_{10}, X_{12})$ та $K_{\text{я}} = F(X_{11}, X_{12})$ (рис. 16, рис. 17) виявлено, що найбільше значення показника якості ТП спеціалізованих АСП досягається при обслуговуванні автомобілів віком до 3 років, $X_{12} \in A_{12}^1$ ($X_{12} = 1$). Зі збільшенням віку автомобілів кут нахилу поверхні збільшується, тобто зростає динаміка погіршення якості виконання ТП. Залежність показника якості технологічних процесів від віку автомобіля наближається до лінійної. В лінійній моделі (13) різниця ваг $a_{10} - a_{12}$ більша за різницю $a_{11} - a_{12}$, що відповідає більшому куту нахилу відповідних поверхонь в проекції $K_{\text{я}} \times X_{11}$ ніж в проекції $K_{\text{я}} \times X_{10}$ (рис. 13, рис. 14).

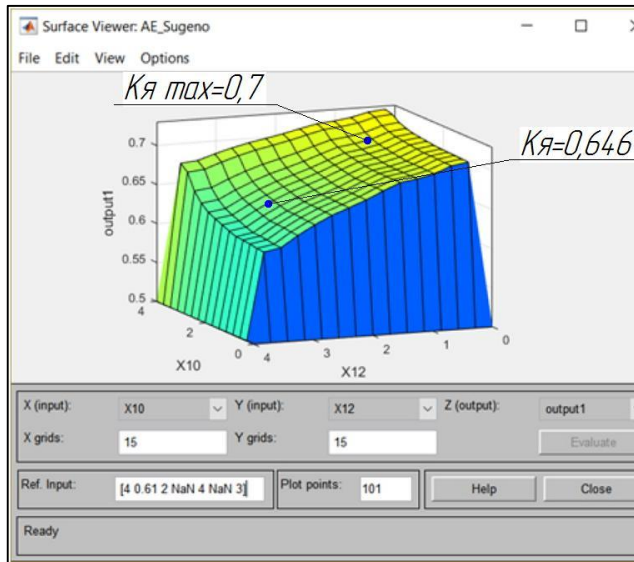


Рисунок 13 – Залежність $K_{я}$ від повної маси автомобіля (X_{10}) та віку автомобілів (X_{12}) для спеціалізованого АСП

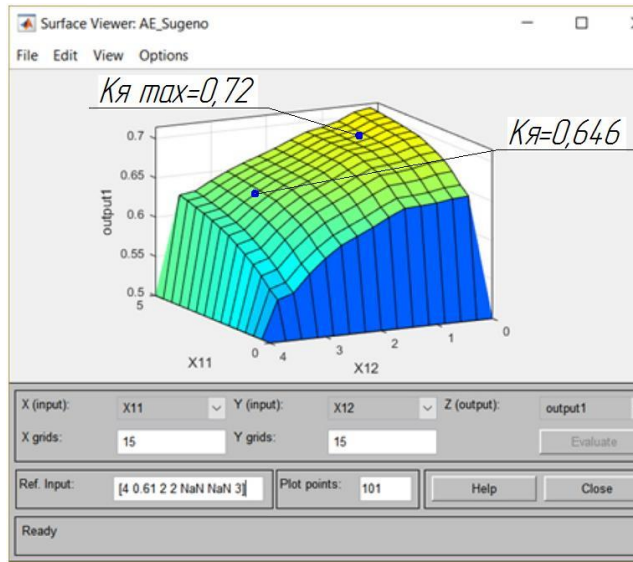


Рисунок 14 – Залежність $K_{я}$ від типу енергетичних установок (X_{11}) та віку автомобілів (X_{12}) для спеціалізованого АСП

На відміну від увігнутих поверхонь $F(X_{10}, X_{12})$ поверхні $F(X_{11}, X_{12})$ є опуклими. Таким чином, при одному й тому ж віці автомобіля відхилення $K_{я}$ від максимального значення буде значно більшим при ремонті та ТО автомобілів з бензиновими та дизельними установками ніж з іншими: $\Delta K_{я1} \rightarrow \max$ при $X_{11} = 1$. При $X_{11} = 2, 3, 4$ $\Delta K_{я2} \approx \Delta K_{я3} \approx \Delta K_{я4} \rightarrow 0$.

Таким чином, виходячи з аналізу динаміки змін $K_{я}$ залежно від X_{10} та X_{11} у сполученні з X_{12} , для спеціалізованих АСП прогнозується збільшення $K_{я}$ на 11,45 %.

При дослідженні динаміки змін показника якості ТП спеціалізованих АСП під впливом середовища функціонування в комбінації з параметрами функціональних елементів «АСП» та «Автомобілі» (рис. 15-17) отримано наступні результати.

Для спеціалізованого АСП максимальний рівень якості ремонту та ТО $K_{я \max} = 0,7$ (рис. 15-16) досягається при обслуговуванні клієнтів з середнім та високим доходом ($X_{19} = 3$), а мінімальне значення – при обслуговуванні автомобілів всіх категорій за рівнем доходу ($X_{19} = 5$).

За додаткових умов, таких як збільшення потужності АСП до 7 постів та більше, високий рівень забезпеченості персоналом, розширення спектру автомобілів, що обслуговуються, достатньо високий рівень якості ТП також прогнозується при виконанні послуг за замовленням клієнтів з середнім рівнем доходу ($X_{19} = 2$) (рис. 15-17). Доцільним є налаштування форми організації виробництва, залежно від доходу клієнтів, з метою отримання високого рівня якості технологічних процесів. Постова форма організації ($X_9 = 1,2$) сприяє високому рівню якості при обслуговуванні клієнтів з високим та середнім рівнями доходу ($X_{19} = 3$), дільнично-постова ($X_9 = 3$) є доречною для ремонту та ТО ТЗ, власники яких мають високий рівень доходу ($X_{19} = 4$).

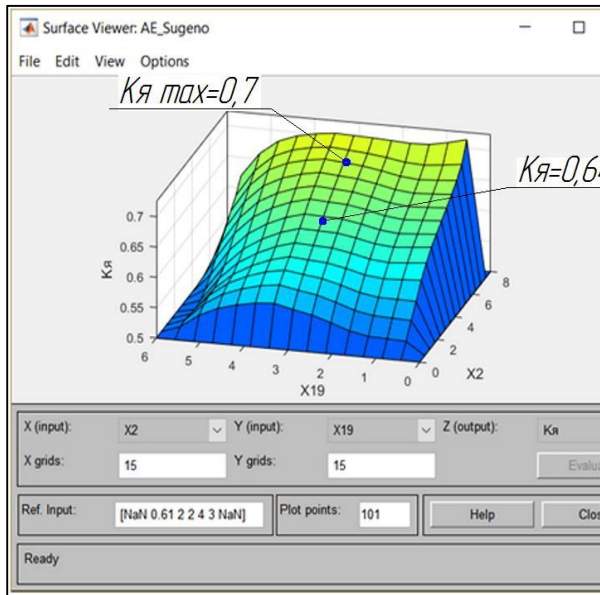


Рисунок 15 – Залежність $K_{я}$ від потужності (X_2) та доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

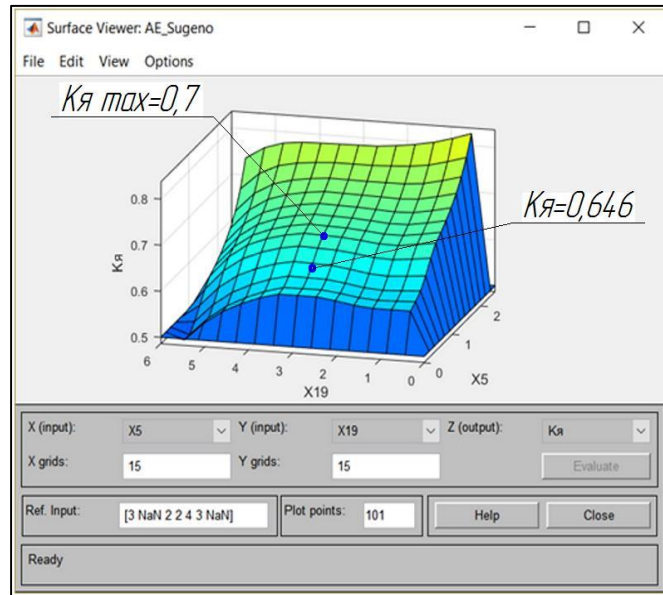


Рисунок 16 – Залежність $K_{я}$ від рівня забезпеченості персоналом (X_5) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

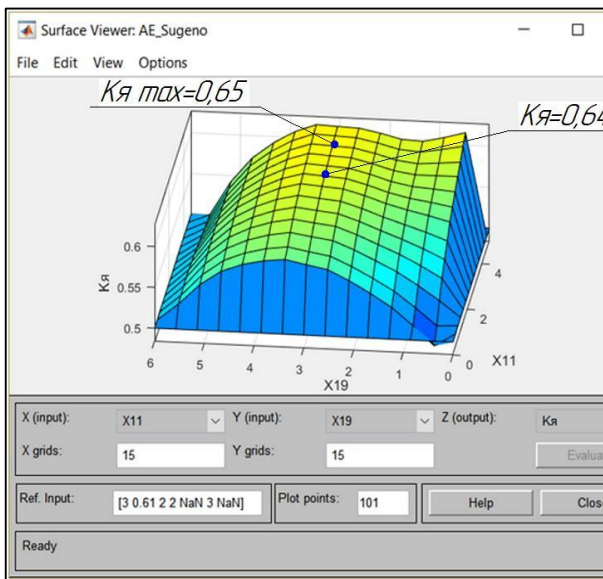


Рисунок 17 – Залежність $K_{я}$ від типу енергетичних установок (X_{11}) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

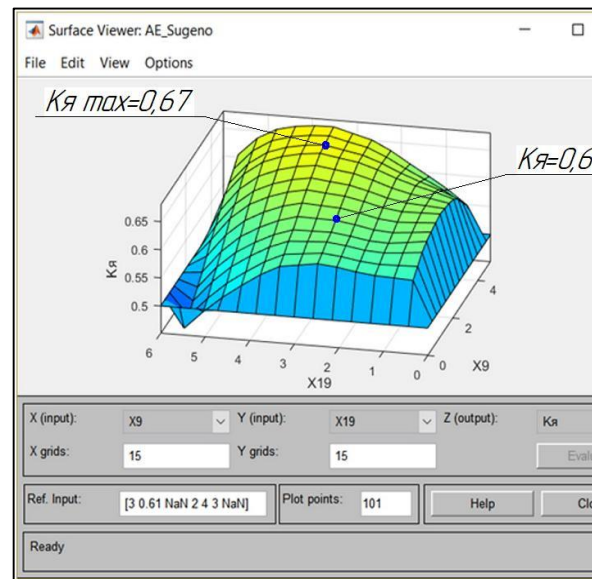


Рисунок 18 – Залежність $K_{я}$ від форми організації виробництва (X_9) та рівня доходу власників ТЗ (X_{19}) для спеціалізованого АСП

За індивідуальної форми організації виробництва спеціалізованого АСП ($X_9 = 4$) досягається максимум рівня якості $K_{я \max} = 0,67$ при наданні послуг клієнтам з високим рівнем доходу ($X_{19} = 4$) (рис. 18).

В процесі дослідження взаємного впливу параметрів функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» на якість ТП підприємств технічного сервісу різних типів визначено, що зміна значень морфологічних ознак основних функціональних елементів дозволяє підвищити рівень якості ТП підтримування та відновлення технічного стану ТЗ до 48,1 %.

Аналіз доцільності здійснення оптимізаційних робіт базується на розрахунку значення приросту показника соціально-економічної ефективності обслуговування автомобілів в системах автосервісу. За критерій ефективності прийнято прибуток АСП протягом року, що в загальному вигляді розраховується за формулою (8) та залежить від доходу і загальних витрат автосервісу.

Складові (8) залежать від параметрів системи, що відповідають морфологічним ознакам її функціональних елементів. Тому було запропоновано та апробовано методику розрахунку соціально-економічної ефективності роботи системи автосервісу з врахуванням результатів дослідження систем автосервісу різних типів, отриманих на попередніх етапах.

Дохід автосервісу в зоні клієнтського радіусу розраховується за формулою (16):

$$f(X_{ij}) = f_1(x_2) \cdot f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15}) \cdot f_3(x_4, x_5, x_6), \quad (16)$$

де $x_2, x_4, x_5, x_6, x_{12}, x_{14}, x_{15}$ – відповідні параметри морфологічної матриці, що описують систему автосервісу (табл. 1)

Загальні витрати автосервісу протягом року розраховуються за формулою (17):

$$g(X_{ij}) = f'_4(x_5) + f_5(x_2, x_6) + f_6(x_5) + f'_7(x_4, x_9) + f_8(x_2), \quad (17)$$

де x_2, x_4, x_5, x_6, x_9 – відповідні параметри морфологічної матриці.

Таким чином, при підстановці (16, 17) в формулу (8) буде отримано наступний аналітичний вираз для розрахунку соціально-економічної ефективності функціонування, а відповідно і річного прибутку, системи автосервісу на макрорівні:

$$E_\Phi = f_1(x_2) \cdot f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15}) \cdot f_3(x_4, x_5, x_6) - [f'_4(x_5) + f_5(x_2, x_6) + f_6(x_5) + f'_7(x_4, x_9) + f_8(x_2)]. \quad (18)$$

Критерій доцільності реалізації цільового рівня якості визначається за наступним виразом:

$$\Delta E_\Phi = E_{\Phi_2} - E_{\Phi_1} > 0, \quad (19)$$

де E_{Φ_1}, E_{Φ_2} – значення соціально-економічної ефективності автосервісу до та після оптимізації системи автосервісу відповідно, що є функціями від коефіцієнту якості технологічних процесів системи автосервісу.

При $\Delta E_\Phi < 0$ пропонується знаходити оптимальні значення параметрів системи автосервісу на основі розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації, що містить систему цільових функцій річної соціально-економічної ефективності функціонування системи автосервісу на макрорівні (18)

Таким чином, отримано задачу багатокритеріальної оптимізації (20, 21):

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{\phi} = \Pi = f_1(x_2) \cdot f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15}) \cdot f_3(x_4, x_5, x_6) - \\ - [f'_4(x_5) + f_5(x_2, x_6) + f_6(x_5) + f'_7(x_4, x_9) + f_8(x_2)] \rightarrow \max; \\ B_{\text{кл}} = f'_4(x_1, x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{18}, x_{19}) \cdot [L_{\text{км}} \cdot f_5(x_{12}, x_{19}) + \\ + (f_6(R_{\text{кл}j}, x_{14}, x_{15}) + f_7(x_4, x_5, x_6, x_7, x_{17}) + f_8(x_2, x_{14}, x_{15}) + \\ + f'_9(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) + T_{\text{др}} + f_{10}(x_2, x_{17}) \\ \times f_{11}(x_{19}))] \rightarrow \min, \end{array} \right. \quad (20)$$

при обмеженнях значень незалежних параметрів:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{2 \text{ стат.}} < x_2 \leq ((x_{14} \cdot \frac{x_{15}}{1000} \cdot R_{\text{кл}}) / f_2(x_{12}, x_{14}, x_{15})) : x_{18} \\ x_{5 \text{ стат.}} < x_5 \leq 1, \text{ при } x_{5 \text{ стат.}} \leq 1 \\ 0 < x_5 \leq 1, \text{ при } x_{5 \text{ стат.}} > 1 \\ 1 \leq x_9 \leq 4 \\ 1 \leq x_{10} \leq 3 \\ 1 \leq x_{11} \leq 4 \\ 1 \leq x_{12} \leq 3 \\ 1 \leq x_{19} \leq 5 \\ x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19} \geq 0 \\ x_2, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19} - \text{цілі числа} \end{array} \right. , \quad (21)$$

де $B_{\text{кл}}$ – витрати клієнтів; $R_{\text{кл}}$ – клієнтський радіус системи автосервісу; $T_{\text{др.}}$ – час, витрачений на вирішення питань додаткових робіт; $x_{2 \text{ стат.}}$, $x_{5 \text{ стат.}}$ – статистичні значення відповідних параметрів, що отримано до оптимізації автосервісу;

На основі отриманих на попередніх етапах оптимальних значень параметрів типових систем автосервісу визначено математичні вирази для розрахунку значень залежних параметрів системи через базисні. На їх основі та інформації про оптимальну морфологічну структуру спеціалізованих систем автосервісу отримано аналітичні залежності для функцій $f_1 - f_{15}$, аргументами яких є незалежні параметри системи автосервісу (табл. 4).

Таблиця 4

Аналітичні вирази часткових функцій соціально-економічної ефективності виконання технологічних процесів системи

$f_j(X)$	Аналітичне представлення
$f_1(X)$	$1,33 + 1,67x_2$
$f_2(X)$	$-192,75 + 465x_{12} - 96,375x_{14} - 88,875x_{15} = -486,737 + 6,29658x_2 - 69,1391x_5 - 37,9492x_9 - 49,4612x_{10} - 24,8252x_{11} + 481,24x_{12} + 18,9932x_{19}$

Продовження табл.4

$f_3(X)$	$-12164 + 19438x_4 + 4644x_5 - 13192x_6 = 7218,683 - 954,499x_2 +$ $+8442,104x_5 - 370,709x_9 - 1542,99x_{10} + 12,09033x_{11} - 2716,28x_{12} +$ $+74,54599x_{19}$
$f_4'(X)$	$179559 + 3065641x_5$
$f_5(X)$	$675673,1x_2 - 74303,6x_6 = 10419,79 + 656039,7231x_2 - 24150,2x_5 -$ $-3055,21x_9 - 12037,9x_{10} - 3473,83x_{11} + 3778,745x_{12} + 4847,564x_{19}$
$f_6(X)$	$35911,79 + 613128,2x_5$
$f_7'(X)$	$-32608,7x_4 + 15978,26x_9 = -29432,2 + 1110,463x_2 - 13573,6x_5 +$ $+15700,72x_9 - 997,559x_{10} - 1055,64x_{11} + 5686,032x_{12} + 1319,626x_{19}$
$f_8(X)$	$-240960 + 204240x_2$
$f_9'(X)$	$0,2 - 0,05645x_1 - 1,85x_{18} + 5,2K_{\text{я}} = 0,48489 + 0,03983x_2 + 1,07859x_5 +$ $+0,12999x_9 + 0,40902x_{10} + 0,04463x_{11} - 0,20629x_{12} - 0,05012x_{19}$
$f_{10}(X)$	$0,84444x_{12} + 2,48889x_{19}$
$f_{11}(X)$	$0,16 + 0,01R_{\text{кл}} - 0,08x_{14} - 0,03x_{15} = -0,01586 + 0,0082x_2 - 0,06137x_5 -$ $-0,01579x_9 - 0,03645x_{10} - 0,01709x_{11} + 0,00313x_{12} + 0,01144x_{19} + 0,01R_{\text{кл}}$
$f_{12}(X)$	$-5,4 + 3,1x_4 - 11,625x_5 + 31,2x_6 - 21,2x_7 + 3,5x_{17} = -6,188474 -$ $-1,205919x_2 - 0,710652x_5 + 1,395129x_9 + 2,4524803x_{10} +$ $+0,9526787x_{11} - 0,773554x_{12} - 2,389633x_{19}$
$f_{13}(X)$	$0,8 - 0,015x_2 + 0,295x_{14} - 0,073125x_{15} = 1,162308 - 0,05772x_2 +$ $+0,243019x_5 - 0,00772x_9 + 0,11509x_{10} + 0,048272x_{11} + 0,031944x_{12} -$ $-0,02401x_{19}$
$f_{14}'(X)$	$0,302 - 0,4K_{\text{я}} = 0,099794 - 0,00549x_2 - 0,09051x_5 - 0,00865x_9 - 0,03184x_{10} -$ $-0,0061x_{11} + 0,049161x_{12} + 0,007556x_{19}$
$f_{15}(X)$	$-5,84464x_2 + 66,12662x_{17} = 22,8011 - 6,01563x_2 + 7,921351x_5 +$ $+0,221792x_9 + 3,846347x_{10} + 3,081714x_{11} - 1,79944x_{12} - 0,50401x_{19}$
$f_{16}(X)$	$-424 + 181x_{19}$

Таким чином, цільові функції задачі оптимізації набувають наступного вигляду:

$$E_{\Phi} = f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) = f'(K_{\text{я}}) \rightarrow \max, \quad (22)$$

$$B_{\text{кл}} = f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) = f''(K_{\text{я}}) \rightarrow \min. \quad (23)$$

Функції (22) та (23) можна звести до цільової функції (24):

$$\frac{f'(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19})}{f''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19})} = f'''(x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{19}) \rightarrow \max. \quad (24)$$

Апробацію запропонованої методики здійснено на прикладі спеціалізованого АСП «АНТ-АВТО-СЕРВІС», м. Черкаси. Результати аналізу приросту соціально-економічної ефективності досліджуваного АСП підтвердили доцільність впровадження оптимізаційних робіт. Річна ефективність автосервісу (прибуток) при цьому зросла на 2 486 465 грн.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена розробці методів оцінювання та способів підвищення якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів в системах автосервісу на різних ієрархічних рівнях на основі системного підходу до формування їх можливих морфологічних структур, оптимізації параметрів підприємств технічного сервісу, транспортних засобів, що обслуговуються, та зовнішнього середовища функціонування, як основних функціональних елементів системи, з метою належного підтримування технічного стану транспортних засобів для забезпечення необхідного рівня їх безпеки, енергоефективності та екологічності протягом періоду експлуатації.

Запропоновані в дисертаційній роботі методи, моделі та алгоритми дозволяють формувати нові структури систем автосервісу, оптимізувати параметри їх основних функціональних елементів для підвищення якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів та забезпечення ефективності їх функціонування.

Основні наукові і практичні результати досліджень.

1. Забезпечення належного рівня безпеки, енергоефективності та екологічності транспортних засобів досягається якісним виконанням технологічних процесів відновлення їх працездатності та підтримування технічного стану в умовах експлуатації. Аналіз перспективних тенденцій зміни структури парку та конструкцій транспортних засобів, новітніх технологій діагностування їх технічного стану та обслуговування, методів оцінювання якості послуг існуючих автосервісних підприємств, останніх директив ЄС щодо застосування відповідних технічних регламентів показав, що потрібні нові підходи до організації систем технічного сервісу транспортних засобів, оцінювання якості технологічних процесів підтримування та відновлення працездатного стану ТЗ і забезпечення ефективності функціонування систем автосервісу на різних ієрархічних рівнях.

2. Запропонована методологія оцінювання рівня якості ТП відновлення технічного стану ТЗ в системах автосервісу, в рамках якої розроблено функціональні моделі на мікро-, макро- та мета- рівнях системи, що враховують комплекс критеріїв функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище».

3. Запропоновано метод систематизації морфологічних структур системи автосервісу на макрорівні, який враховує 19 суттєвих морфологічних ознак функціональних елементів системи: «АСП», «Автомобілі», «Середовище».

4. Вперше побудовано комплекс математичних моделей функціонування системи автосервісу, що враховують незалежні параметри її функціональних елементів. Запропонована лінійна математична модель системи автосервісу у вигляді рівняння лінійної множинної регресії, дозволяє кількісно оцінити вплив кожного із незалежних параметрів на якість ТП відновлення технічного стану ТЗ. Розроблені нелінійні моделі системи автосервісу, у вигляді систем нечіткого логічного виведення Мамдані та Сугено, надають можливість аналізувати

поточний стан системи та формувати рекомендації щодо зміни її структури з метою досягнення цільового рівня якості ТП відновлення працездатності ТЗ.

5. Досліджено вплив параметрів основних функціональних елементів систем автосервісу на якість ТП підтримування та відновлення технічного стану ТЗ. Проведено перевірку адекватності лінійних та нелінійних моделей, що описують вплив незалежних параметрів функціональних елементів на комплексний показник якості. Для подальшого аналізу обґрунтовано вибір нелінійної моделі типу Сугено, що дає найменшу, по відношенню до інших моделей, відносну похибку у межах 0,5 % - 13,4%.

6. Досліджено вплив незалежних параметрів функціонального елементу «АСП» на рівень якості технологічних процесів відновлення працездатності ТЗ в системах автосервісу на макрорівні. Показано, що для досліджуваних підприємств технічного сервісу різних типів зміна значень функціональних елементів (потужність АСП, рівень забезпеченості персоналом та форма організації виробництва) дає можливість підвищити рівень якості ТП відновлення працездатності ТЗ від 2,1% до 48,1 %.

7. Досліджено вплив незалежних параметрів функціонального елементу «Автомобілі» на рівень якості технологічних процесів відновлення технічного стану ТЗ. Зокрема показано, що при зміні комбінацій незалежних параметрів функціонального елементу «Автомобілі» можливо підвищити рівень даного показника 0,2 до 24,2 % для різних типів АСП.

8. Досліджено взаємний вплив параметрів функціональних елементів «АСП», «Автомобілі», «Середовище» на якість ТП відновлення працездатного стану ТЗ. Показано, що для досліджуваних підприємств технічного сервісу різних типів зміна значень морфологічних ознак основних функціональних елементів дозволяє підвищити рівень якості ТП підтримування та відновлення технічного стану ТЗ від 0,9 % до 46 %.

9. Розроблено та апробовано методику оцінювання соціально-економічної ефективності функціонування систем автосервісу з врахуванням характеристик основних функціональних елементів існуючих та перспективних морфологічних структур системи, які визначають цільовий рівень якості технологічних процесів. Проведено оцінювання соціально-економічної ефективності систем автосервісу з врахуванням запропонованих рекомендацій щодо підвищення якості ТП забезпечення працездатного стану ТЗ. Зокрема показано, що реалізація запропонованих рекомендацій щодо оптимізації параметрів основних функціональних елементів досліджуваної системи автосервісу дозволила отримати річний приріст соціально-економічної ефективності її функціонування в розмірі 2486465 грн./рік.

10. Результати дисертаційної роботи прийняті до використання в директораті автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України, ПРАТ «ЧЕРКАСИ-АВТО», ТОВ АСКО-ЕКСПЕДИЦІЯ, ТОВ «АНТ-АВТО-СЕРВІС». Матеріали роботи застосовуються в навчальному процесі Черкаського державного технологічного університету при підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальностями 274 – Автомобільний

транспорт, 275 – Транспортні технології при викладанні дисциплін «Методологія наукових досліджень», «Математичне моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації, в яких опубліковані основні результати дисертації та належать до видань, що індексується у Scopus.

1. Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises / L. Tarandushka, V. Mateichyk, N. Kostian та ін.] // Eastern-European journal of enterprise technologies – 2020. – 2/3 (104), pp. 58–75. Scopus.

Публікації, в яких опубліковані основні результати дисертації та належать до наукових фахових видань України.

2. Тарандушка Л.А. Морфологічний опис верхнього рівня моделі функціонування автосервісних підприємств / Л. А. Тарандушка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – №1(148). – С. 84–89.

3. Тарандушка Л.А. Побудова функціональної моделі автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка // Вісник Національного транспортного університету. – 2020. – №1(46). – С. 333–340.

4. Тарандушка Л.А. Розробка функціональної моделі виконання технологічних процесів на автосервісних підприємствах / Л.А. Тарандушка // Житомирська політехніка. Технічна інженерія. – 2020. – №1(85). – С. 3–8.

5. Тарандушка Л.А. Дослідження зміни показника якості технологічних процесів з врахуванням взаємного впливу функціональних елементів системи автосервісу / Л.А. Тарандушка // Збірник наукових праць.-Українського державного університету залізничного транспорту Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Вип.192 – С. 45–51.

6. Тарандушка Л.А. Дослідження впливу параметрів функціонального елемента «Автомобілі» на показник якості технологічних процесів системи автосервісу / Л.А. Тарандушка // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2020. – №40. – С. 179–187.

7. Тарандушка Л.А. Технологія моніторингу показників якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»: науковий збірник / Черніг. нац. техноло. ун-т. – 2014. – №1(71). – С. 116–122.

8. Тарандушка Л.А. Розробка системи параметрів для оцінки якості процесів технічного обслуговування та ремонту автомобілів / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка, С.М. Одокієнко // Международный научный журнал «Технологический аудит и резервы производства». – Харьков. – 2016. – №3. – С. 52–56.

9. Тарандушка Л.А. Ранжування номенклатури послуг для автосервісних підприємств / Л.А. Тарандушка, В.В. Яновський // Вісник НТУ. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – 2018. – №3(42). – С. 146–153.

10. Формування номенклатури споживчих критеріїв для розробки моделі організації автосервісного виробництва / А.П. Солтус, Л.А. Тарандушка, В.В. Біліченко, Н.Л. Костян // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця. – 2018. – №2(8). – С. 119–126.

11. Тарандушка Л.А. Оцінка рівня роботи автосервісів за параметрами показників якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький. – 2014. – №5. – С. 36–39.

12. Розробка функціональної моделі мережі автосервісних підприємств / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костян, О.Д. Марков, В.В. Біліченко. // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця – 2020. – №1(11). – С. 133–139.

13. Тарандушка Л.А. Функціональна модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костян // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – Луцьк. – 2018. – №1(10). – С. 131–136.

14. Тарандушка Л.А. Математична модель вибору форми організації виробництва для якісного виконання послуг на станції технічного обслуговування / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси. – 2015. – №2. – С. 64–70.

15. Тарандушка Л.А. Аналітична модель оптимізації процесу роботи станцій технічного обслуговування / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2015. – №3. – С. 114–120.

16. Тарандушка Л.А. Програмна підтримка реструктуризації виробництва в системі управління якістю автосервісного підприємства / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костян // Науковий Вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу. – 2019. – №2(47) – С. 48–56.

Публікації, в яких опубліковані основні результати дисертації та належать до наукових закордонних видань.

17. Mateichyk V.P. Optimization of autoservice enterprises activity based on the current state indicators / V.P. Mateichyk, L.A Tarandushka, N.L. Kostian. // Systemy i srodki transportu samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki: wybrane zagadnienia: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2018. – №14. – P. 91–99.

18. Tarandushka L. Determination of efficiency of optimization measures in the car service system / L. Tarandushka, N. Kostian, M. Rud, P. Mateichyk, I. Lavryk // Systemy I srodki transportu. Bezpieczenstwo I materialy

eksploatacyjnie: monografia: Politechnika Rzeszowska. Rzeszow. – 2020. – №20. – Р. 93–102.

Публікації, які засвідчують апробацію дисертації.

19. Тарандушка Л. А. Трирівнева модель системи менеджменту якості автосервісних підприємств / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян. // Всеукр. Наук.-практ. Конф. Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. – 2018. – С. 65–67.

20. Тарандушка Л.А. Теоретико-інформаційний підхід при оцінці інформативних ознак для організації процесів технічного обслуговування та ремонту рятувальних автомобілів. / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. – 2014. – С. 305–308.

21. Тарандушка Л.А. Структурована модель форм і методів організації технічного обслуговування та ремонту автомобілів на автотранспортних підприємствах / Управління економіко-соціальними системами розвитку суспільства в умовах євроінтеграції: збірник тез доповідей учасників / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Черкаси: Східноєвропейський університет економіки та менеджменту. – 2015. – С. 177–179.

22. Тарандушка Л.А. Моделі управління якістю виконуваних робіт на автомобільних підприємствах / Л.А. Тарандушка, І.П. Тарандушка // Фінансово-економічне та обліково-аналітичне забезпечення підприємницької діяльності. Збірник тез доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції, Черкаси. – 2017. – С. 163–166.

23. Тарандушка Л.А. Моделювання аеродинаміки пристроїв заднього виду вантажних автомобілів / Л.А. Тарандушка, О.В. Батраченко // Наукові праці всеукраїнської науково-практичної конференції "Застосування сучасних систем автоматизованого проектування в конструкторській та дослідницькій практиці". – м. Харків: ХНАДУ, 2019. – С. 36–38.

24. Тарандушка Л.А. Автоматизація вибору форми організації виробництва для якісного виконання послуг на станції технічного обслуговування / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян, І.П. Тарандушка // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: Зб. тез доповідей. – Черкаси : СУЕМ, 2016. – С. 357–359.

25. Тарандушка Л.А. Оптимізація параметрів автосервісного підприємства для підвищення якості технологічних процесів / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян, І.П. Тарандушка // VII Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні тенденції розвитку машинобудування та транспорту» – м. Кременчук: КрНУ, 2020. – С. 77–80.

26. Тарандушка Л.А. Методика визначення рівня якості виконуваних послуг на автосервісних підприємствах / Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян // LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів,

студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету – м. Київ: НТУ, 2020. – С. 83.

Публікації, які додатково відображають результати дисертації.

27. Тригуб О.А. Визначення продуктивності нагнітаючих вентиляторів системи автоматичної вентиляції кузова автомобіля (САВКА) / О.А. Тригуб, В.В. Загубинога, Л.А. Тарандушка // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. – №4(139). – С. 95–102.

28. Тригуб О.А. Алгоритмізація процесів роботи системи автоматичної вентиляції кузова автомобіля / О.А. Тригуб, Л.А. Тарандушка, Б.Ю. Бичок // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2018. – №1. – С. 90–96.

29. Тарандушка Л.А. Аналіз та розрахунок витрат на енергоресурси для експлуатації різних типів автомобілів / Л.А. Тарандушка, М.Л. Павлик // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2016. – №2. – С. 28–32.

30. Tarandushka L. Automation of calculating the cost of transport services using the theory of decision trees / L. Tarandushka, N. Kostian. // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Техн. науки : журнал. – 2017. – №1. – С. 207–213.

31. Легковий автомобіль: пат.144246 Україна : B62D 37/02 (2006.01). Пилипенко О.М., Батраченко О.В., Тарандушка Л.А.; заяв. 04.06.2018; дата публ. 25.09.2020, Бюл. №18.

32. Багажник легкового автомобіля: пат.132445 Україна : B62D 31/00, B62D 33/02 (2006.01). Тарандушка Л.А., Хандюк М.В., Філімонова Н.В., Батраченко О.В.; заяв. 01.10.2018; дата публ. 25.02.2019, Бюл. №4.

АНОТАЦІЯ

Тарандушка Л.А. Наукові основи забезпечення якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів в системах автосервісу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми по забезпеченню належного рівня безпеки, енергоефективності та екологічності транспортних засобів в умовах експлуатації шляхом підвищення якості технологічних процесів відновлення їх працездатності, з врахуванням соціально-економічної ефективності, в системах автосервісу на мікро-, макро- та мета- рівнях.

В дисертаційній роботі обґрунтована загальна методологія оцінювання якості функціонування системи автосервісу з врахуванням необхідних морфологічних ознак, на основі нелінійної моделі системи логічного виведення Сугено.

Визначено, що для досліджуваних підприємств технічного сервісу різних типів зміна значень параметрів функціональних елементів дає можливість

підвищити рівень якості технологічних процесів відновлення працездатності транспортних засобів від 0,1% до 22,1 %.

Розроблено методику оцінювання соціально-економічної ефективності функціонування системи автосервісу, яка дозволяє визначити оптимальну її морфологічну структуру в заданих умовах середовища.

Ключові слова: система автосервісу, транспортні засоби, технологічний процес, якість, морфологічна структура, математична модель, соціально-економічна ефективність.

АННОТАЦИЯ

Тарандушка Л.А. Научные основы обеспечения качества технологических процессов восстановления работоспособности транспортных средств в системах автосервиса. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта» – Национальный транспортный университет, Киев, 2021.

Диссертация посвящена решению проблемы по обеспечению надлежащего уровня безопасности, энергоэффективности и экологичности транспортных средств в условиях эксплуатации путем повышения качества технологических процессов восстановления их работоспособности, с учетом социально-экономической эффективности, в системах автосервиса на микро-, макро- и мета- уровнях.

В диссертационной работе обоснована общая методология оценки качества функционирования системы автосервиса с учетом необходимых морфологических признаков.

В диссертационной работе обоснована общая методология оценки качества функционирования системы автосервиса с учетом необходимых морфологических признаков, на основе нелинейной модели системы логического вывода Сугено.

Определено, что для исследуемых предприятий технического сервиса различных типов изменение значений параметров функциональных элементов дает возможность повысить уровень качества технологических процессов восстановления работоспособности транспортных средств от 0,1% до 22,1%.

Разработана методика расчета социально-экономической эффективности работы системы автосервиса, которая учитывает пятнадцать морфологических признаков ее функциональных элементов.

Ключевые слова: система автосервиса, транспортные средства, технологический процесс, качество, морфологическая структура, математическая модель, социально-экономическая эффективность.

ABSTRACT

Tarandushka L.A. Scientific basics of assurance the quality of technological processes of restoration of vehicles' serviceability in systems of car service centers. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of the doctor of technical sciences on specialty 05.22.20 "Exploitation and repair of vehicles" – National transport university, Kyiv, 2021.

The thesis is devoted to solving the problem of ensuring the appropriate level of safety, energy efficiency and environmental friendliness of vehicles in operation by improving the quality of technological processes to restore their efficiency, taking into account socio-economic efficiency in car service systems at micro-, macro- and meta-levels.

The thesis gives the grounds on the common methods of evaluating the quality of car service system considering the necessary morphological features. In this work:

- the functional models of micro- macro- and meta-levels of car service system were developed. It allows to comprehensively research the processes inside the system, to identify the gaps in functioning of a network, individual car service centers (CSC), implementation of technological process and to take into account changes in values of system parameters over time. The level of quality of works performed is a link between three subsystems of a main car service's system;
- the criteria for evaluating the quality of car service system on micro-macro- meta-levels were determined;
- the methods of optimizing the the level of quality of technological processes on different levels of car service system were determined;
- algorithm of the process of evaluating the car service and improving the quality of technological processes in system was described.

Mathematical dependences between the parameters of processes on macro level of the system were determined. It gives the opportunity to evaluate the list of all the parameters and the relationship between them during the operation of the system on macro level.

The functional model "Control over the activities of CSC" of the system of car service on macro level was developed. This model suggests mathematical model of system operation optimization based on indicators of current state. The given model allows to determine the direction of further optimization of the system of car service.

Due to Farra-Hlober algorithm preprocessing of the initial data set was made and among 19 parameters of the system 7 independent were defined. Definition of independent parameters contributed to the construction of adequate models and reduced the complexity of further calculations.

The model of car service system in the form of multiple lineal regression was received. This model allows to quantify the influence of each of the parameters on the functioning of CSC. Nonlinear models for car service system in form of fuzzy inference systems were constructed. Modeling accuracy grew due to the use of apparatus of fuzzy sets, which includes the possibility to use inaccurate, approximate data.

In the process of testing nonlinear models of logic inference systems Mamdani and Sugeno on CSC control sample was determined that more adequate to the real car service system is mathematical model of Sugeno type, in which the method of dephasification of the weighted average is implemented. One of the benefits of using fuzzy inference systems is possibility of visualization of results of the research on any CSC.

Adequacy of mathematical models on macro level functioning of the system was checked by comparison with the results of experimental studies. The check has shown that mathematical models satisfactorily describe the main processes of the system and can be used for evaluating the effectiveness of different ways of improving the quality of technological processes of car service systems.

Interdependent influence of the characteristics of the functional element of CSC on indicator of quality of technological processes of individual enterprises was researched and conditions of achieving its maximum value were determined. The influence of characteristics of functional elements “Automobiles”, “Environment” on the quality indicator was researched.

It is determined that for the studied enterprises of technical service of different types the change of parameters values of functional elements gives the chance to increase the level of technological processes quality of vehicles' restoration of serviceability from 0,1% to 22,1%.

Calculation method of social-economic effectiveness of the work of car service system was developed, it takes into account fifteen morphological features of its functional elements.

Key words: car service system, vehicles, technological process, quality, morphological structure, mathematical model, socio-economic efficiency.